

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ свойств таблеток из модельного дисперсионного топлива

УДК 621.039.543-026.772

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А8Д	Зайцев Илья Константинович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ	Видяев Дмитрий Геннадьевич	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Передерин Ю.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ядерные физика и технологии	Бычков П.Н.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код компетенции	Результаты освоения ООП (компетенции)
Универсальные	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные	
ОПК(У)-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, предоставлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-3	Способен использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области
ПК(У)-2	Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов атомной отрасли с использованием стандартных методов и компьютерных кодов для проектирования и анализа
ПК(У)-3	Готов к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу полученных экспериментальных данных
ПК(У)-4	Способен использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования
ПК(У)-5	Готов к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок
ПК(У)-6	Способен использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу исходных данных для проектирования объектов атомной отрасли
ПК(У)-7	Способен к расчету и проектированию деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием
ПК(У)-8	Готов к разработке проектной и рабочей технической документации, оформлению законченных проектно-конструкторских работ
ПК(У)-9	Способен к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам
ПК(У)-10	Готов к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов
ПК(У)-11	Способен к контролю за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования
ПК(У)-12	Готов к эксплуатации современного физического оборудования, приборов и технологий
ПК(У)-13	Способен к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда
ПК(У)-14	Готов разрабатывать способы применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных,

	сверхвысокочастотных и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем
ПК(У)-15	Способен к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Проведение обзора видов дисперсионного топлива, матриц, требований к матрицам и таблеткам. Исследование свойств таблеток из модельного дисперсионного топлива: плотности на различных этапах изготовления и теплопроводности
Перечень графического материала	– Презентация

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и энергосбережение	Якимова Т.Б.
Социальная ответственность	Передерин Ю.В.

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

1. Литературный обзор
2. Исследование свойств таблеток из модельных оксидов
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и энергосбережение
4. Социальная ответственность

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2022
---	------------

Задание выдал руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ	Видяев Д.Г.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А8Д	Зайцев Илья Константинович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А8Д	Зайцеву Илье Константиновичу

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/Физика кинетических явлений

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 в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей в соответствии со штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Коэффициенты для расчета заработной платы.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %.</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>Анализ потенциальных потребителей результатов исследования. Исследование конкурентных технических решений. Проведение SWOT-анализа</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения научного исследования. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Проведение оценки сравнительной эффективности проекта.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	канд. экон. наук		15.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А8Д	Зайцев И.К.		15.03.2022

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 0А8Д	ФИО Зайцеву Илье Константиновичу
-----------------------	--

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии

Тема ВКР:

Анализ свойств таблеток из модельного дисперсионного топлива
--

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: таблетки из модельного дисперсионного топлива Область применения: атомная промышленность.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Правовые нормы трудового законодательства; – Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ: – ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – психофизиологические факторы; – опасность поражения электрическим током.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду; – разработка организационных и технических мероприятий по защите окружающей среды.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – выбор и описание типичной ЧС: пожар; – обоснование мероприятий по предотвращению ЧС; – порядок действий при возникновении ЧС.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Передерин Ю. В.	к.т.н.		15.03.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А8Д	Зайцев И.К.		15.03.2022 г.

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки (специальность) 14.03.02. Ядерные физика и технологии
 Уровень образования высшее
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла
 Период выполнения _____ (весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.04.2022	<i>Постановка цели и задач</i>	20
27.04.2022	<i>Составление и утверждение ТЗ</i>	10
30.04.2022	<i>Подбор и изучение материалов по тематике</i>	10
1.05.2022	<i>Разработка календарного плана</i>	8
06.05.2022	<i>Обсуждение литературы</i>	9
12.05.2022	<i>Выбор исходных параметров</i>	7
17.05.2022	<i>Выбор методики проведения эксперимента</i>	7
24.05.2022	<i>Проведение эксперимента и изучение результатов</i>	7
29.05.2022	<i>Оформление расчетно-пояснительной записки</i>	5
30.05.2022	<i>Оформление графического материала</i>	5
31.05.2022	<i>Подведение итогов</i>	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Видяев Д.Г.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Бычков П.Н.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 83 страницы, 16 рисунков, 43 таблицы, 25 источника литературы, 1 приложение.

Ключевые слова: таблетки, дисперсионное топливо, модельные оксиды, матрица, пресс-форма.

Объектом исследования являются таблетки из модельных оксидов.

Цель работы состоит в проведении анализа физических свойств таблеток из модельного дисперсионного топлива, изготовленного на основе оксидов-имитаторов и углеродной матрицы.

В процессе исследования проведен литературный обзор, рассмотрено дисперсионное топливо, требования, предъявляемые к таблеткам и матрице, метод изготовления таблеток, приведены свойства модельных оксидов, проведен анализ свойств таблеток из модельных оксидов: плотность, теплопроводность, влияние процесса изготовления на свойства получаемых таблеток.

Структура работы: выпускная квалификационная работа состоит из четырех частей.

В первой части проведен обзор дисперсионного ядерного топлива, требования к таблеткам и матрицам ядерного топлива, используемые имитаторы делящихся материалов.

Во второй – представлено описание подготовки пресс-порошков, исследование свойств таблеток из модельных оксидов, проведен расчет теплопроводности таблеток дисперсионного ядерного топлива и модельных оксидов, сравнение полученных результатов.

В третьей части приведен экономический расчет затрат на проведение исследования, составлен календарный план работы.

В четвертой – рассмотрена охрана труда и техника безопасности при проведении научно-исследовательской работы.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	13
1.1. ДИСПЕРСИОННОЕ ТОПЛИВО.....	13
1.2. МАТРИЦА И ДЕЛЯЩИЙСЯ МАТЕРИАЛ.....	16
1.3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТАБЛЕТОК.....	17
1.4. ИМИТАТОРЫ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ.....	18
2. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТАБЛЕТОК ИЗ МОДЕЛЬНЫХ ОКСИДОВ ..	22
2.1. СОСТАВ КОМПОЗИЦИЙ.....	22
2.2. ПОДГОТОВКА ПРЕСС-ПОРОШКА.....	23
2.3. ИЗМЕРЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ПОСЛЕ УТЯСКИ	24
2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕССОВАНИЯ	26
2.5. ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛУЧЕННЫХ ТАБЛЕТОК.....	31
2.6. НАГРЕВ ТАБЛЕТОК	34
2.6.1. Подготовка к нагреву образцов	34
2.6.2. Нагрев образцов в трубчатой печи.....	35
2.7. ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ТАБЛЕТОК ПОДВЕРЖЕННЫХ НАГРЕВУ	36
2.8. ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТАБЛЕТОК.....	39
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	43
3.1. АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	43
3.2. SWOT-АНАЛИЗ.....	45
3.3. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЕКТА	47
3.3.1. Определение трудоемкости выполнения проекта	49
3.3.2. Разработка графика проведения ВКР.....	49
3.4. БЮДЖЕТ ПРОЕКТА.....	52
3.4.1. Материальные затраты	52
3.4.2. Затраты на специальное оборудование.....	53
3.4.3. Заработная плата исполнителей ВКР	53
3.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды	55
3.4.5. Накладные расходы.....	56
3.4.5. Формирование бюджета затрат ВКР.....	56
3.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ) ЭФФЕКТИВНОСТИ ВКР..	57
3.5.1. Оценка научно-технического эффекта.....	57
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ	59

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	60
4.1. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	60
4.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....	60
4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	61
4.2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	63
4.2.1. Анализ вредных и опасных факторов	63
4.3. ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ ОТ ДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ	65
4.3.1. Отклонение показателей микроклимата	65
4.3.2. Повышенный уровень электромагнитного излучения	66
4.3.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	67
4.3.4. Превышение уровня шума	70
4.3.5. Психофизиологические факторы.....	71
4.3.6. Электробезопасность	72
4.4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	74
4.5. ПОЖАРНАЯ И ВЗРЫВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	75
4.6. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	77
4.6.1. Анализ типичных ЧС при проведении исследования	77
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ	78
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	80
ПРИЛОЖЕНИЕ А	83

Введение

В настоящее время одной из актуальных и весомых задач в области ядерной отрасли считается создание устойчивой энергетики будущего. В современной атомной энергетике обычно применяется керамическое ядерное топливо, которое обладает существенным недостатком – низким коэффициентом теплопроводности.

Одно из возможных решений этой проблемы – использование дисперсионного ядерного топлива. У такого вида топлива значительно выше коэффициент теплопроводности за счет материала матрицы, что позволяет не только увеличить количество теплоты, которое уносится теплоносителем, но также и уменьшить термическое напряжение топливной таблетки, а, следовательно, и повысить безопасность применения ядерных энергетических установок.

Материалами матрицы, в которую диспергированы топливные частицы, могут выступать металлы, сплавы, а также неметаллы, в частности, графит. В связи с данной актуальностью можно выделить цель и задачи работы.

Цель работы состоит в проведении анализа физических свойств таблеток из модельного дисперсионного топлива, изготовленного на основе оксидов-имитаторов и углеродной матрицы.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

1. изучить характеристики дисперсионного топлива, применяемого в современных реакторах;
2. выбрать составы модельных топливных композиций и изготовить таблетки на их основе;
3. провести анализ физических свойств получаемых таблеток на всех этапах их изготовления.

1. Литературный обзор

1.1. Дисперсионное топливо

Ядерным топливом называется материал, который содержит достаточное количество делющихся нуклидов для организации цепной реакции деления [1].

Дисперсионным ядерным топливом называется специальное однородное по составу вещество, содержащее две и более фазы, из которых одна фаза – ядерное топливо, а вторая (или остальные) представляют собой неделяющийся материал. Неделющуюся фазу называют матрицей [2].

ТВЭЛ, состоящий из дисперсионного ядерного топлива, сочетает в себе прочность керамического топлива с пластичностью матрицы и ее хорошим ядерно-физическим и антикоррозионными свойствами теплопроводностью и др. Процесс деления происходит внутри топливной частицы вокруг. Но часть матрицы, которая соприкасается с ядерным топливом, подвергается действию осколков деления.

Главной составной частью ТВЭЛ являются таблетки из диоксида урана. Они определяют работоспособность ТВЭЛ, поэтому к ним предъявляются довольно жесткие требования. Кроме того, они должны соответствовать многим параметрам. Другие характеристики реакторов различного типа и работающих в разных режимах, базовых или маневренных, отличаются друг от друга, но большинство основных требований являются общими.

Плотность таблеток определяется двумя факторами: содержанием влаги и водорода, а также взаимодействием топлива с оболочкой. Оболочки ТВЭЛ, сделанные из циркония при температуре их эксплуатации вследствие образования гидроксида циркония, разрушаются от воздействия воды. Оболочки, подверженные воздействию гидрирования, становятся более хрупкими и могут разрушаться под влиянием напряжения температуры ТВЭЛ. Связанное топливо с оболочкой считается основной причиной преждевременной разгерметизации ТВЭЛ. Для стабильности и равномерной

загрузки в твэлы и реактор существенное значение имеет допустимый интервал плотности таблеток.

Также важным параметром таблеток является их геометрия. Исходя из соображений улучшения работы твэлов и повышения безопасности реактора, к диаметру таблеток предъявляются довольно жесткие требования для обеспечения строгого зазора между таблетками и оболочкой.

В результате основные требования, предъявляемые к таблеткам [3]:

- плотность $(10,4-10,7)\pm 0,1$ г/см³ (ВВЭР-1000);
- геометрия (геометрия таблеток должна обеспечивать зазор 130 – 150 мкм между таблетками и оболочкой, высота таблеток – 1,1-1,5 диаметра);
- допустимое содержание влаги $5-7\cdot 10^{-4}$ %;
- внешний вид (таблетки должны быть без механических повреждений);
- термическая стабильность (таблетки не должны спекаться при выводе реактора на номинальную мощность);
- микроструктура (размер и форма зерна, количество и крупность пор 2-3 мкм).

Пористость таблеток необходима потому, что она компенсирует радиационное распухание и повышает радиоактивную стойкость ядерного топлива. Однако, высокая пористость снижает теплопроводность топлива, а конечным результатом этого является снижение радиационной стойкости [4].

На основе влияния радиально направленного теплового потока в сердечнике стержневого твэла с диоксидом урана происходит перестройка его структуры (рисунок 1).

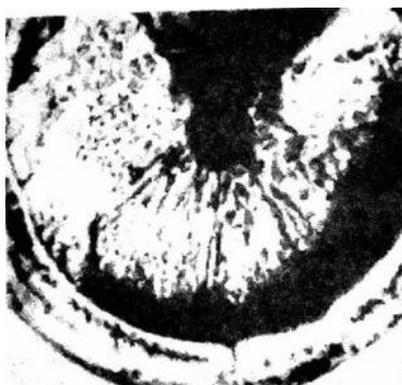


Рисунок 1 – Столбчатые кристаллы и центральный канал в облученном диоксиде урана [4]

Границы формирования зон в таблетке соответствуют радиальному распределению температуры:

- 1) в периферийной зоне, прилегающей к оболочке твэла с температурой 1700-1800 °С, сохраняется исходная структура;
- 2) зона столбчатых кристаллов со средней плотностью в пределах 10 - 10,8 г/см³ в радиальном направлении ограничена областью температур от 1800-2800 °С;
- 3) зона плавления при температурах в центре сердечника, превышающих температуру плавления диоксида урана.

Радиационная стойкость твэлов оценивается радиационной стойкостью частиц топлива. Высокорадиационная стойкость топлива позволяет равномерно распределять мелкие поры диаметром около 0,5 мкм. Однако в топливе с низкой радиационной стойкостью наряду со средними и крупными порами есть много крупных пор диаметром 5-10 мкм (рисунок 2).

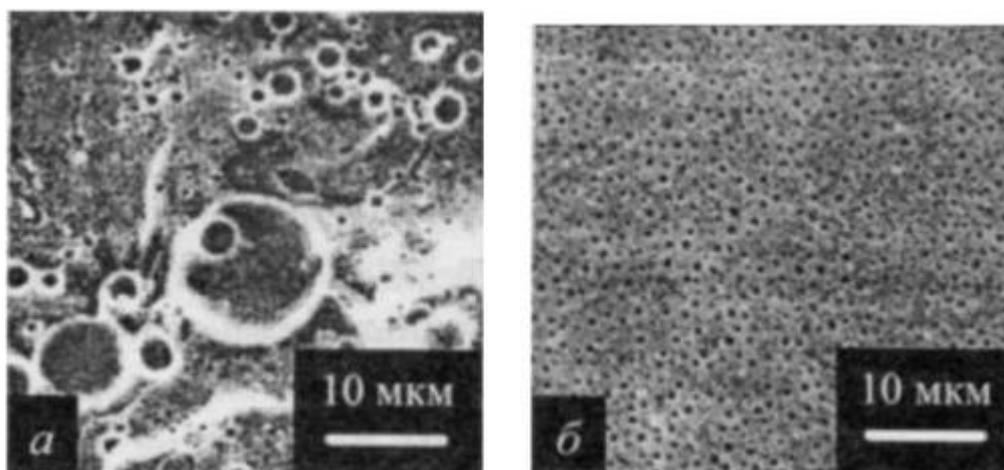


Рисунок 2 – Морфология газовых пор в топливных гранулах [5]

1.2. Матрица и делящийся материал

Матрица является одним из компонентов дисперсионного ядерного топлива, обеспечивающая его высокую радиационную стойкость.

Первое и основное требование к материалу матрицы – незначительное поглощение нейтронов. Также материал матрицы должен удовлетворять следующим требованиям [1]:

- иметь высокую температуру плавления;
- высокая теплопроводность;
- совместимость с топливной композицией и материалом оболочки;
- не подвергаться фазовым превращениям в диапазоне рабочих температур;
- обладать высокими механическими свойствами;
- быть устойчивым в условиях реакторного облучения.

В качестве матрицы применяют металлические материалы, графит, материалы на основе оксидов, нитридов, карбидов.

Алюминий и его сплавы широко используются в качестве матрицы дисперсионного ядерного топлива для твэлов исследовательских реакторов из-за хороших ядерных и теплофизических свойств. Цирконий нашел широкое применение как матричный материал в реакторах корабельных ядерных энергетических установок, где плотность теплового потока больше, за счет

большой температуры плавления, чем у алюминия. Среди оксидов в качестве матричного материала в основном рассматривали ZrO_2 , MgO , Al_2O_3 , Y_2O_3 , CeO_2 и более сложные оксидные системы.

1.3. Изготовление таблеток

Технология получения таблеток включает в себя следующие основные стадии:

- подготовка пресс-порошка;
- прессование таблеток;
- спекание таблеток;
- шлифование таблеток;
- сушка таблеток;
- контроль готовых таблеток.

На каждой стадии производства закладываются основные характеристики готовой продукции. На рисунке 3 приведена схема изготовления таблеток и контролируемые параметры.

Возможны различные варианты подготовки пресс-порошков, отличающиеся применяемым технологическим оборудованием. В настоящее время в основном применяют два способа подготовки пресс-порошка:

- 1) мокрое гранулирование: жидкие органические вещества (связки) смешивают с диоксидом урана, смесь перемешивают и гранулируют с помощью механических грануляторов;
- 2) сухое гранулирование: порошок предварительно прессуют в брикеты, которые затем размалывают, гранулируют и добавляют в него небольшое количество сухого связующего.

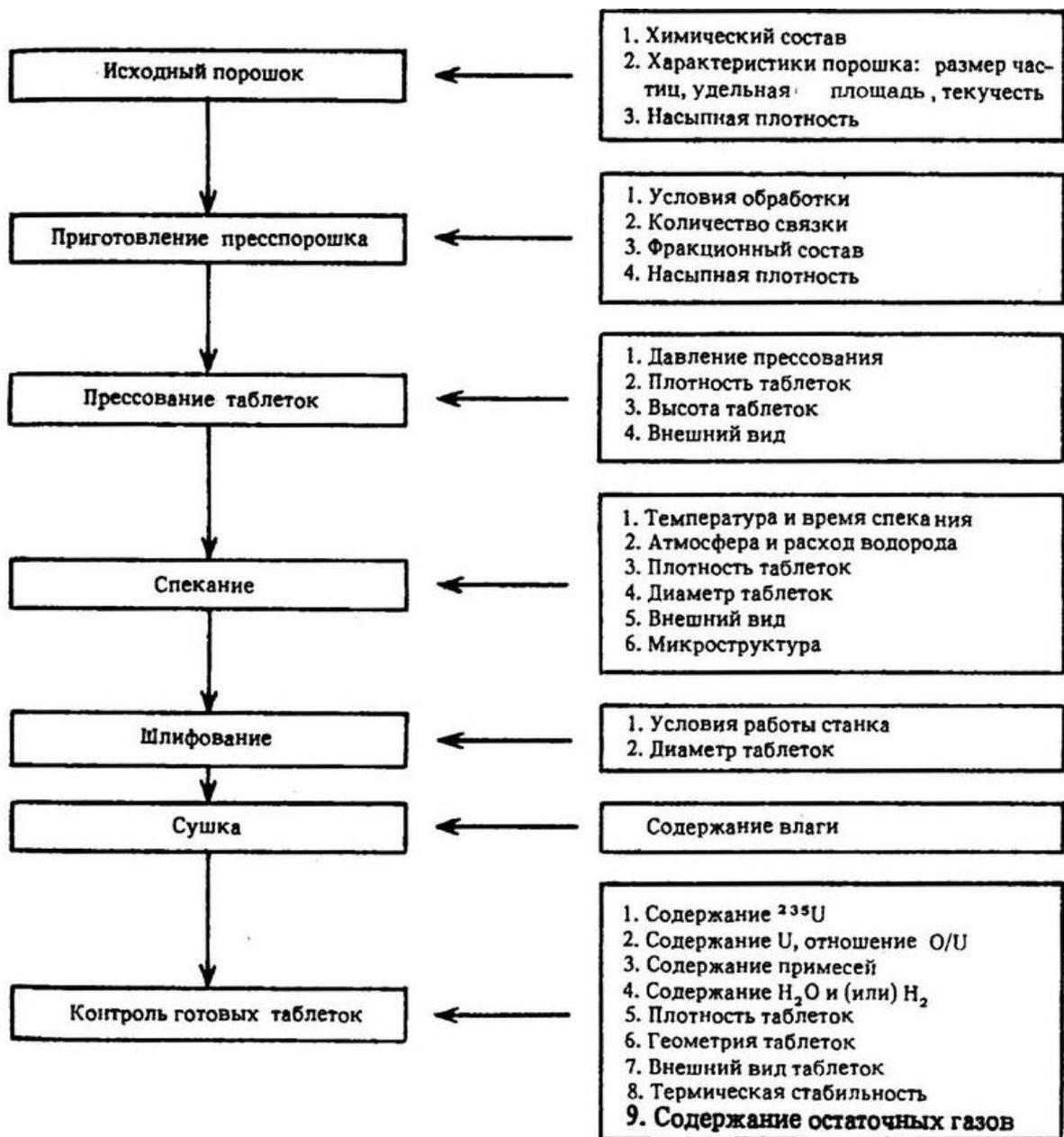


Рисунок 3 – Схема изготовления таблеток и контролируемые параметры [1]

Наиважнейшими операциями, от которых зависит качество готовых таблеток при изготовлении топливных таблеток, являются прессование и спекание.

1.4. Имитаторы делящихся материалов

В основном делящиеся материалы, используемые в дисперсионном ядерном топливе, представляют собой смеси оксидов урана и тория, а также плутония. По причине их повышенной радиоактивности изготовление

топливных таблеток и дальнейшее исследование представляется сложной задачей. Поэтому оксиды ThO₂, UO₂ и PuO₂ в составе таблеток заменяются на имитаторы, которые обладают наиболее близкими к ним свойствами. В качестве имитаторов делящихся материалов используются оксиды CeO₂, Nd₂O₃ и Sm₂O₃ [17].

Двуокись церия CeO₂ образуется при прокаливании гидроокиси или любого другого соединения с термически непрочным кислотным остатком. Довольно высокая теплота образования (при 25° С равна 233,2 ккал/моль), обуславливает значительную устойчивость двуокиси церия. Водородом она восстанавливается лишь при высокой температуре (около 1250°С) с образованием Ce₂O₃ [7].

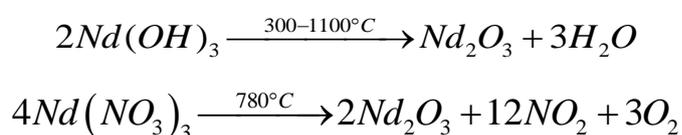
Свойства диоксида церия и тория представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства диоксида церия и диоксида тория

	CeO ₂	ThO ₂
Молярная масса, г/моль	172,115	264,04
Насыпная плотность, г/см ³	7,65	9,7
Температура плавления, °С	2400	3050
Температура кипения, °С	3500	≈4400
Растворимость в воде, г/100 мл	16	нерастворим
Постоянная решетки <i>a</i> , А	5,415-5,400	5,559-586

Оксид неодима (III) — бинарное неорганическое соединение металла неодима и кислорода с формулой Nd₂O₃, голубовато-фиолетовые кристаллы, не растворяется в воде.

Неодим окись (Nd₂O₃) получается путем нагревания цветного металла неодима в воздухе, который за счет этого очень быстро нагревается и реагирует при этом с неметаллами – азот, галогены, сера, водород и другие.



3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данная ВКР направлена на исследование свойств таблеток, состоящих из модельного топлива и углеродной матрицы, на различных стадиях их изготовления.

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих предъявляемым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования [14].

3.1. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений позволяет своевременно вносить корректировки в проект, чтобы успешнее противостоять конкурентам. Поскольку рынки пребывают в постоянном движении, необходимо периодически проводить такой анализ. Проведенный анализ для разработанной программы на текущий момент представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Сложность реализации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
2. Безопасность	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
3. Надежность	0,2	4	3	4	0,8	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность метода	0,2	3	3	2	0,6	0,6	0,4
2. Затраты на производство	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
4. Финансирование производства	0,05	2	2	2	0,1	0,1	0,1
Итого	1				4,1	3,3	3,1

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_i B_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что использование углеродной матрицы имеет преимущество в надежности и затратах на производство топлива.

3.2. SWOT-анализ

Для проведения SWOT-анализа сначала определим сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта. Результат представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Матрица SWOT, первый этап

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	С1. Низкая стоимость производства. С2. Безопасность при хранении и использовании. С3. Техническая простота осуществления метода.	Сл1. Технический углерод плохо сохраняет форму без пластификатора после прессования. Сл2. Индивидуальный подбор величины давления пресса и времени выдержки таблеток
Возможности: В1. Возрастание спроса на технологию из-за широкой области применения. В2. Возможность внедрения в массовые производства.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на технологию.		

В таблице 26 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями и слабых сторон с угрозами, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 26 – Матрица SWOT, второй этап

Возможности проекта	Сильные стороны проекта		
	C1	C2	C3
B1	+	+	+
B2	+	+	+
Возможности проекта	Слабые стороны проекта		
	Сл1	Сл2	
B1	-	+	
B2	-	+	
Угрозы проекта	Сильные стороны проекта		
	C1	C2	C3
У1	+	+	+
Угрозы проекта	Слабые стороны проекта		
	Сл1	Сл2	
У1	-	+	

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «+» – сильное соответствие, «-» – слабое соотношение, «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Итоговая матрица SWOT-анализа приведена в таблице 27:

Таблица 27 – Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Низкая стоимость производства. С2. Безопасность при хранении и использовании. С3. Техническая	Слабые стороны проекта: Сл1. Технический углерод плохо сохраняет форму без пластификатора после прессования. Сл2. Индивидуальный
--	--	---

	простота осуществления метода.	подбор величины давления прессы и времени выдержки таблеток
Возможности: В1. Возрастание спроса на технологию из-за широкой области применения. В2. Возможность внедрения в массовые производства.	1. Простота в использовании получение результатов в короткое время, облегчает внедрение методики в массовое производство.	1. Все перечисленные минусы могут отрицательно повлиять на возможность внедрения в массовое производство.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на технологию.	1. Небольшие траты из-за возможности влияния на процесс повысят спрос на технологию.	1. Опасные факторы и отсутствие выработанной методики, связанные с новизной метода, могут сказаться на заинтересованности инвесторов.

Таким образом, на основе результатов SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон разработки.

3.3. Планирование проекта

Работа по теме включает в себя следующие этапы:

- 1) Составление технического задания;
- 2) Изучение проблемы, обзор литературы;
- 3) Календарное планирование работ;

- 4) Определение параметров эксперимента;
- 5) Проведение эксперимента;
- 6) Проведение эксперимента;
- 7) Оформление отчета.

Для выполнения выпускной квалификационной работы сформирована рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления. Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Расчет параметров линейного графика требует определения продолжительности работ. При отсутствии нормативов времени на проведение отдельных видов работ используются вероятностные оценки. Порядок составления этапов и работ приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания	1	Составление технического задания	научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Изучение проблемы, обзор литературы	студент
	3	Календарное планирование работ	студент
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Определение параметров эксперимента	научный руководитель, студент
	5	Проведение эксперимента	научный руководитель, студент
	6	Анализ полученных зависимостей	студент

Обобщение и оценка результатов	7	Оформление отчета	студент
--------------------------------	---	-------------------	---------

3.3.1. Определение трудоемкости выполнения проекта

Для оптимизации работ используем классический метод линейного планирования и управления, в результате составим линейный график выполнения всех работ.

Для определения трудовых затрат сначала необходимо задать минимально возможную трудоемкость выполнения этапа и максимально возможную, тогда ожидаемая трудоемкость определяется по формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (4)$$

Продолжительность работы в рабочих днях определяется следующим образом:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i} \quad (5)$$

где $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на этапе, чел.

3.3.2. Разработка графика проведения ВКР

Поскольку ВКР является сравнительно небольшим, то оптимальным является построение ленточного графика проведения работ, для большей наглядности и удобства. Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Перед построением диаграммы Ганта определим длительность работ каждого этапа в календарных днях. Вычисление начинается с определения коэффициента календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,478$$

Зная коэффициент, можно определить длительность работ в календарных днях:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k \quad (7)$$

Используя вышеуказанные формулы, оформим вычисление в виде таблицы 29:

Таблица 29 – Временные показатели проведения инженерного проекта

Этап	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}$, чел-дни			
1	2	3	2,4	Н.р.	2,4	4
2	5	7	5,8	с.	5,8	9
3	4	6	4,8	с.	4,8	8
4	7	12	9	Н.р.+с.	4,5	7
5	5	7	5,8	Н.р.+с.	2,9	5
6	6	14	9,2	с.	9,2	14
7	7	10	8,2	с.	8,2	13
Итого						60

На основании таблицы 29 построена диаграмма Ганта, которая представлена в таблице 30.

Таблица 30 – Календарный план-график (диаграмма Ганта) проведения проекта

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, неделя						
				апрель			май			
				1	2	3	1	2	3	
1	Составление задания	н.р.	4	■						
2	Изучение проблемы, обзор литературы	с.	9		■	■				
3	Календарное планирование работ	с.	8			■	■			
4	Определение параметров эксперимента	н.р.+с.	7				■			
5	Проведение эксперимента	н.р.+с.	5					■		
6	Анализ полученных зависимостей	с.	14						■	■
7	Оформление отчета	с.	13							■

3.4. Бюджет проекта

Бюджет проекта складывается из материальных затрат, основной заработной платы исполнителей ВКР, отчислений во внебюджетные фонды и накладных расходов.

3.4.1. Материальные затраты

Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$C_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (8)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении ВКР;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов, планируемых к использованию при выполнении ВКР;

C_i – цена материального ресурса за единицу;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, значение которого варьируется от 15 до 25 %.

Затраты на электроэнергию рассчитываются следующим образом:

$$C = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об}, \quad (9)$$

где $C_{эл}$ – тариф на электроэнергию, для Томска на 2022 год тариф составляет 3,85 руб./(кВт·ч);

P – мощность оборудования, у использованного оборудования мощность питания равна 180 Вт (ноутбук) и 6 кВт (трубчатая печь).

$F_{об}$ – время использования оборудования, время использования 408 (ноутбук) и 40 ч (трубчатая печь) часов.

Расчет:

$$C = 3,85 \cdot (0,18 \cdot 408 + 6 \cdot 40) = 1206,74 \text{ руб.}$$

Таблица 31 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	С _м , руб.
Бумага А4	1	250	250
Электричество	313,44	3,85	1206,74

Итого	1456,74
--------------	---------

3.4.2. Затраты на специальное оборудование

При выполнении ВКР использовалось личное оборудование и трубчатая печь, расположенная в 10 корпусе ТПУ в 001В аудитории. Рассчитаем сумму амортизационных отчислений:

$$C_a = \sum_{i=1}^n \frac{Ц_{бал} \cdot H_a \cdot g_i \cdot t}{\Phi_{эф}}, \quad (10)$$

где $Ц_{бал}$ – стоимость вида оборудования;

H_a – норма годовых амортизационных отчислений;

g_i – количество единиц оборудования;

t – время работы оборудования;

$\Phi_{эф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

В работе спецоборудованием является ноутбук стоимостью 50000 рублей и трубчатая печь Carbolite STF 15/610 стоимостью 2850000 рублей. Норма амортизации 25 %. Время использования оборудования $51 \cdot 8/24 = 17$ дней (ноутбук) и $5 \cdot 8/24 = 1,67$ день.

$$C_a = \frac{0,25 \cdot (50000 \cdot 1 \cdot 17 + 2850000 \cdot 1 \cdot 1,67)}{251} = 5587,15 \text{ руб.}$$

3.4.3. Заработная плата исполнителей ВКР

Заработная плата исполнителей ВКР складывается из основной и дополнительной:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (11)$$

Основную заработную плату можно определить так:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (12)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ.

Среднедневная заработная плата работника определяется по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (13)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (10,4 месяца, при отпуске в 48 рабочих дней, 6-дневная неделя);

$F_{\text{д}}$ – расчетный годовой фонд рабочего времени персонала.

Таблица 32 – Расчетный годовой фонд рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	52	52
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	48
-невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Расчет среднедневной заработной платы и основной заработной платы для научного руководителя (оклад профессора, доктора наук 52700 руб.):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{68510 \cdot 10,4}{251} = 2838,7 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 2838,7 \cdot 16 = 45419,2 \text{ руб.}$$

Для студента (при расчетах принимается, что оклад студента принимается равным минимальному размеру оплаты труда 13890 руб.):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{18057 \cdot 10,4}{251} = 748,2 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 748,2 \cdot 56 = 41899,2 \text{ руб.}$$

Таблица 33 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
-------------	------------------------	----------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------------	-------------------------

Научный руководитель	52700	1,3	68510	2838,7	16	45419,2
Студент	13890	1,3	18057	748,2	56	41899,2
Итого						87318,4

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.).

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (14)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}} = 0,14$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 34 – Заработная плата исполнителей ВКР

Заработная плата	Руководитель	Студент
Основная зарплата $Z_{\text{осн}}$, руб.	45419,2	41899,2
Дополнительная зарплата $Z_{\text{доп}}$, руб.	6358,69	5865,89
Итого по статье $Z_{\text{зп}}$, руб.	51777,89	47765,09
Итого	99542,98	

3.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{общ}} \quad (15)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, варьируется от 30 до 35 %. При расчетах примем, что $k_{\text{внеб}} = 30,2$ % для образовательных и научных учреждений.

Из предыдущих пунктов, $Z_{\text{общ}} = 133786,3$ руб. Тогда величина отчислений составит:

$$C_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 99542,98 = 30061,98 \text{ руб.}$$

3.4.5. Накладные расходы

Вычисление накладных расходов производится по формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot Z_{1-3} \quad (16)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, при расчете примем равным 16 %.

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 106586,87 = 17053,9 \text{ руб.}$$

3.4.5. Формирование бюджета затрат ВКР

На основании проведенных расчетов, составим таблицу с полученными затратами ВКР.

Таблица 35 – Бюджет затрат ВКР

Затраты	Сумма, руб.
Материальные затраты	1456,74
Затраты на специальное оборудование	5587,15
Заработная плата исполнителей проекта	99542,98
Отчисления во внебюджетные фонды	30061,98
Накладные расходы	17053,9
Итого	153702,75

3.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности ВКР

3.5.1. Оценка научно-технического эффекта

Оценка научно-технического эффекта производится на основании коэффициента социально-научного эффекта:

$$H_T = \sum_{i=1}^3 r_i k_i \quad (17)$$

где r_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

k_i – количественная оценка i -го признака.

Таблица 36 – Весовые коэффициенты признаков научно-технического эффекта

Признаки научно-технического эффекта	Примерные значения весового коэффициента
Уровень новизны	0,6
Теоретический уровень	0,4
Возможность реализации	0,2

Таблица 37 – Баллы уровней новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиальное	Результаты исследований открывают новое направление в данной области науки и техники	8-10
Новое	По-новому или впервые объяснены известные факты, закономерности	5-7
Относительно новое	Результаты исследований систематизируют и обобщают имеющиеся сведения, определяют пути дальнейших исследований	2-4
Традиционные	Работа, выполненная по традиционной методике, результаты исследований носят информационный характер	1
Не обладающие новизной	Получен результат, который был ранее известен	0

Таблица 38 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
Установление закона; разработка новой теории	9-10
Глубокая разработка проблемы: многоаспектный анализ связей, взаимозависимости между фактами с наличием объяснения	7-8
Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, новшество и т..)	3-6
Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии или практические рекомендации частного характера	0,6-2
Описание отдельных элементарных фактов (вещей, свойств и отношений); изложение опыта, наблюдений, результатов измерений	0-0,5

Таблица 39 – Вероятность реализации по времени и масштабу реализации

Время реализации	Баллы
В течении первых лет	5-10
От 5 до 10 лет	3-4
Более 10 лет	0-2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	0-2
Отрасль (министерство)	3-4
Народное хозяйство	5-10

Проект оценивается следующим образом:

- балл уровня новизны – 3
- балл значимости теоретического уровня – 5
- балл по вероятности реализации – 4+2=6

$$H_T = 0,6 \cdot 3 + 0,4 \cdot 5 + 0,2 \cdot 6 = 5$$

Таблица 40 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень научно-технического эффекта	Коэффициент научно-технического эффекта
Низкий	1-4
Средний	5-7
Сравнительно высокий	8-10
Высокий	11-14

Исходя из таблицы 40, уровень научно-технического эффекта – средний.

Выводы по разделу

1. Анализ конкурентных технических решений показал, что использование углеродной матрицы имеет преимущество в надежности и затратах на производство топлива.

2. Из SWOT-анализа установлено, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон разработки.

3. Бюджет проекта составил 153702,75 рублей.

4. Уровень научно-технического эффекта является средним.

4. Социальная ответственность

Данная ВКР направлена на исследование свойств таблеток, состоящих из модельного топлива и углеродной матрицы, на различных стадиях их изготовления. Эксперименты проводились в лаборатории № 001В 10 корпуса Томского политехнического университета, при этом использовался гидравлический пресс и трубчатая печь фирмы Carbolite.

В разделе рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на процесс исследования, рассмотрены воздействия исследуемого объекта на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации [15]. В этом документе указано, что охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются одной из главных забот государства.

Согласно [15] каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске для здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

В трудовом кодексе Российской Федерации говорится, что нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Работодатель обязан вести учет времени, отработанного каждым работником [16].

4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения необходимых предметов и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как изображено на рисунке 15.

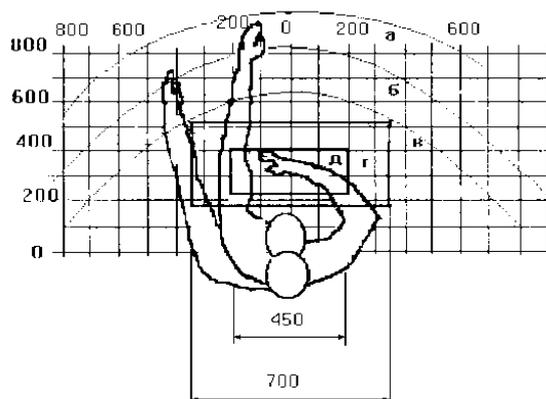


Рисунок 15 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:

а - зона максимальной досягаемости рук; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- дисплей размещается в зоне а (в центре);
- клавиатура - в зоне г, д;
- системный блок размещается в зоне б (слева);
- принтер находится в зоне а (справа);
- литература и документация, необходимая при работе находится в зоне легкой досягаемости ладони - в (слева);
- в выдвижных ящиках стола - литература, не используемая постоянно [17].

При выборе рабочего места, а именно письменного стола, должны быть учтены требования, представленные в таблице 41.

Таблица 41 – Требования к оснащению рабочего места, предусматривающего длительную работу за ПК

Ширина рабочего стола	От 80 до 140 см
Высота рабочего стола	75 см
Глубина рабочего стола	От 60 до 80 см
Расстояние от глаз до монитора	От 50 до 60 см

Расстояние клавиатуры от края стола	От 10 до 30 см
Сидение	Должно позволять регулировку по высоте, повороту и углу наклона спинки (регулировки должны быть независимыми друг от друга)
Пространство для ног	Ширина от 30 см, глубина – от 40 см, с углом наклона до 20 градусов

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране [17].

Также должна предусматриваться возможность регулировки экрана монитора:

- по высоте +3 см;
- наклон относительно вертикали 10 - 20 градусов;
- в левом и правом направлениях.

В случае если работа оператора предполагает однообразную умственную деятельность, которая требует значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, то лучше всего выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки (слабонасыщенные оттенки холодного голубого или зеленого цветов), которые не ослабляют внимание. Если работа требует большой умственной и физической напряженности, тогда следует использовать более теплые оттенки, которые способствуют повышению концентрации внимания [17].

В лаборатории № 001В 10 корпуса ТПУ полностью выполняются установленные нормы [17].

4.2. Производственная безопасность

4.2.1. Анализ вредных и опасных факторов

Для проведения экспериментов в работе используется гидравлический пресс и трубчатая печь.

Производственные условия на месте выполнения работы характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые по природе возникновения делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические [18].

Опасные и вредные факторы, которые могут воздействовать на персонал при проведении эксперимента и работе на ПЭВМ, приведены в таблице 42.

Таблица 42 – Опасные и вредные факторы в лаборатории № 001В 10 корпуса ТПУ

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение вычислений на ПЭВМ	-	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность [19],
	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и так далее)	-	СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона [20].
	-	Пожарная безопасность	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность [21].
Работа на оборудовании: прессование таблеток	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.).	Механические опасности	ГОСТ 31733-2012 – Прессы гидравлические [22]

К психологически вредным факторам, воздействующим на персонал, можно отнести:

- нервно-эмоциональные перегрузки;
- умственное напряжение;
- физические перегрузки.

4.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных и опасных факторов

4.3.1. Отклонение показателей микроклимата

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с нормами [18] и приведены в таблице 43.

Таблица 43 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	23-25	40-60	0,1
Теплый	22-24	40	0,1

Отклонение показателей микроклимата от нормы не вызывает нарушений состояния здоровья, но может приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности [18].

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию.

Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. Оптимальная кратность воздухообмена в производственных помещениях находится в достаточно широких пределах: от 3 до 40 раз в час [18].

Согласно [23] в кабинете необходима кратность воздухообмена $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного человека. Кабинет, в котором выполнялась работа рассчитан на 4 рабочих места, таким образом производительность вентиляции составит:

$$L = k \cdot Q = 4 \cdot 40 = 160 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (33)$$

где k – количество человек;

Q – кратность воздухообмена на одного человека.

Такую производительность обеспечивает вентилятор типа Вентс 125 ВКО с максимальной производительностью $185 \text{ м}^3/\text{ч}$ и мощностью 16 Вт [24].

Таким образом, показатель микроклимата в лаборатории №001В 10 корпуса ТПУ соответствует установленным нормам [18].

4.3.2. Повышенный уровень электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение – распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля. Экран и системные блоки ЭВМ производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна соответствовать уровню, представленному в таблице 44.

Повышенный уровень электромагнитного излучения может негативно влиять на организм человека, приводить к нервным расстройствам, нарушению сна, значительному ухудшению зрительной активности, ослаблению иммунной системы, расстройствам сердечно-сосудистой системы [20].

Таблица 44 – Допустимые уровни параметров электромагнитного поля

Наименование параметров		Величина допустимого уровня
Напряженность электромагнитного поля	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен располагаться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты [20].

Таким образом, установлено, что в лаборатории №001В 10 учебного корпуса ТПУ уровень электромагнитного излучения соответствует санитарным нормам [20].

4.3.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

По нормативам освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [18].

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5 %.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы:

- комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники;

– местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов) [18].

Площадь помещения:

$$S = a \cdot b, \quad (32)$$

где a – длина, м; b – ширина, м.

$$S = 6 \cdot 5,35 = 32,1 \text{ м}^2.$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50 \%$, свежепобеленного потолка $\rho_{II} = 70 \%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для светодиодных лент $Z = 1,1$.

Выбираем светодиоды Varton 9w, световой поток которых равен $\Phi_{лц} = 2900$ лм.

Выбираем светильники со светодиодами типа Diora LPO. Этот светильник имеет две светодиодные ленты мощностью 9 Вт каждая, длина светильника равна 1260 мм, ширина – 124 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для светодиодных светильников с защитным рассеивателем лежит в диапазоне 1,1 – 1,3. Принимаем $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (33)$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса;

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухлентовых светильников Diora: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3.5 - 1 - 0.5 = 2 \text{ м.} \quad (34)$$

Из формулы

$$\Phi_n = \frac{(E \cdot S \cdot K_z \cdot Z)}{N \cdot \eta}, \quad (35)$$

находим число светодиодных лент N :

$$N = \frac{(E \cdot S \cdot K_z \cdot Z)}{\Phi_n \cdot \eta}. \quad (35)$$

η определяем через индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{(a \cdot b)}{h \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 5,35}{2(6 + 5,35)} \approx 1,4. \quad (36)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа Dioga со светодиодными лентами при $\rho_{\Pi} = 50 \%$, $\rho_C = 70 \%$ и индексе помещения $i = 1,5$ равен $\eta = 0,48$.

Тогда

$$N = \frac{(E \cdot S \cdot K_z \cdot Z)}{\Phi_n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 32,1 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2900 \cdot 0,48} = 11,4 \text{ лент.}$$

Принимаем количество светодиодных лент 12. При этом получается 6 светильников, то есть 2 ряда по 3 светильника.

Потребный световой поток светодиодных ламп:

$$\Phi_n = \frac{(E \cdot S \cdot K_z \cdot Z)}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 32,1 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,48} = 2759 \text{ лм.}$$

Из условий равномерности освещения определяем расстояния L_1 и $\frac{L_1}{3}$, L_2 и $\frac{L_2}{3}$ по следующим уравнениям:

$$6000 = L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + 2 \cdot 124; L_1 = 3451 \text{ мм, } \frac{L_1}{3} = 1150 \text{ мм;} \quad (37)$$

$$5350 = 2 \cdot L_2 + \frac{2}{3} \cdot L_2 + 3 \cdot 1260; L_2 = 588,75 \text{ мм, } \frac{L_2}{3} = 196,25 \text{ мм;} \quad (38)$$

На рисунке 16 изображен план помещения и размещения светильников

со светодиодными лентами в лаборатории №001В 10 учебного корпуса ТПУ.

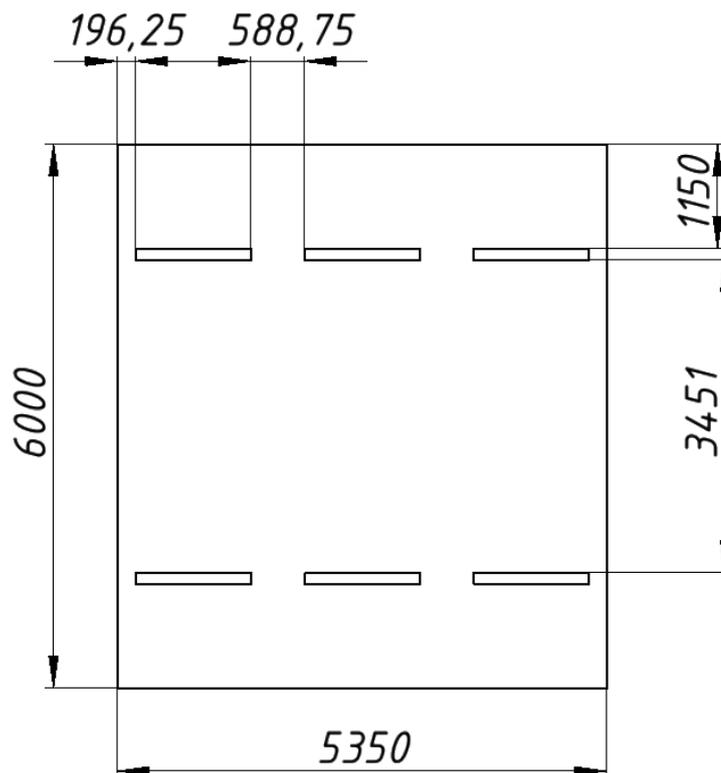


Рисунок 16 – План помещения и размещения светильников со светодиодными лентами

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{(\Phi_{л\delta} - \Phi_{л})}{\Phi_{л\delta}} \cdot 100\% \leq 20\%; \quad (39)$$

$$\frac{(\Phi_{л\delta} - \Phi_{л})}{\Phi_{л\delta}} \cdot 100\% = \frac{(2900 - 2759)}{2900} \cdot 100\% = 4,9 \%$$

Таким образом, получено, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Мощность осветительной установки получилась:

$$P = 12 \cdot 9 = 108 \text{ Вт.}$$

Рассчитанное количество светильников и расстояние между ними в лаборатории №001В 10 учебного корпуса ТПУ соответствует фактическому.

4.3.4. Превышение уровня шума

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но и действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. В нашем случае источником шума является откачивающий компрессор. Уровень шума компрессора менее 55 дБ, что соответствует санитарным нормам [25], приведенным в таблице 45.

Таблица 45 – Нормативы уровня шума при различных видах работ

	Максимально допустимый уровень шума (дБ), в полосах следующих октав (Гц)									Эквивалентные уровни шума, дБА
	86	71	61	54	49	45	42	40	38	
Научная работа, расчеты, конструирование										50
Офисы, лаборатории	93	79	70	68	58	55	52	52	49	55

В лаборатории №001В 10 учебного корпуса ТПУ уровень шума соответствует санитарным нормам [25].

4.3.5. Психофизиологические факторы

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Трудовая деятельность работников непроемственной сферы относится к категории работ, связанных с использованием больших объемов информации, с применением компьютеризированных рабочих мест, с частым принятием ответственных решений в условиях дефицита времени, непосредственным контактом с людьми разных типов темперамента и т.д. Это обуславливает высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижает

активность центральной нервной системы, приводит к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стрессу.

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха [18].

4.3.6. Электробезопасность

Рабочее помещение относится к 1-й категории по электробезопасности, так как на рабочем месте отсутствуют электроустановки с напряжением свыше 1000 В [19].

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки [19].

Степень опасного воздействия электрического тока на организм человека зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды [18].

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие [19].

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства [19].

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава [19].

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта [19].

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение, и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения [18].

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются [19]:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путём использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- использование защитного заземления, защитного зануления, защитного отключения;
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Организационными мероприятиями по электробезопасности являются периодические и внеплановые инструктажи. Периодический инструктаж проводится всему неэлектротехническому персоналу, выполняющему следующие работы: включение и отключение электроприборов, уборка помещений вблизи электрощитов, розеток и выключателей и т. д. Весь

неэлектротехнический персонал должен быть аттестован на первую квалификационную группу по электробезопасности. Периодический инструктаж проводится не менее одного раза в год [18].

Внеплановый инструктаж проводится руководителем подразделения при введении в эксплуатацию нового технического электрооборудования.

При выполнении ВКР в лаборатории №001В 10 корпуса ТПУ применена трубчатая печь фирмы Carbolite. Данная печь питается от сети с промышленным напряжением 380 В и номинальной потребляемой мощностью 6 кВт. При использовании данного оборудования строго выполнялись требования по электробезопасности.

4.4. Экологическая безопасность

В работе исследование свойств таблеток, состоящих из модельного топлива и углеродной матрицы, на различных стадиях их изготовления, при этом используется ПЭВМ, гидравлический пресс и трубчатая печь.

Влияние эксплуатации оборудования на окружающую среду минимально. Наибольший вред от них в работе – потребление электроэнергии. ПЭВМ и трубчатая печь не производят выбросов вредных веществ, не создают излучения, способного нарушить экологическую безопасность природы. Однако их производство и утилизация составляют серьезную проблему. Так, при производстве ПЭВМ используются тяжелые, щелочноземельные металлы, ртуть, пластик и стекло, что без должной утилизации по окончании службы попадает в природу и остается в не переработанном виде от века до полутора тысяч лет [18].

Мероприятия, позволяющие сохранять экологическую безопасность находясь на рабочем месте [18]:

- правильная утилизация;
- использование энергосберегающих ламп;
- использование аккумуляторов вместо солевых батареек.

Снижение уровня загрязнения окружающей среды возможно за счет более эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями. Это использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии [18].

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, ответственно относиться к утилизации различных устройств, так как они могут разлагаться в окружающей среде до сотен лет.

4.5. Пожарная и взрывная безопасность

В зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д [21]. Так как помещение лаборатории по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины возгорания [21]:

- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные [21].

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации [21].

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования [18].

Режимные мероприятия: установление правил организации работ, соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности [18]:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении пожара сообщить руководителю, органам противопожарной безопасности предприятия и приступить к тушению пожара огнетушителем.

При возникновении аварийной ситуации необходимо [21]:

- сообщить руководству (дежурному);
- позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС по

телефону 112;

– принять меры по ликвидации последствий аварии в соответствии с инструкцией.

4.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.6.1. Анализ типичных ЧС при проведении исследования

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка, сложившаяся на определенной территории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

При проведении исследования наиболее вероятной ЧС является пожар. Пожар в рабочем помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера. В таблице 46 рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации, методы по их предотвращению и ликвидации последствий.

Таблица 46 – Чрезвычайные ситуации, методы их предотвращения и ликвидации последствий

№	Чрезвычайная ситуация	Методы предотвращения ЧС	Ликвидация последствий ЧС
1	Пожар	Проведение вводного и повторного (через 6 мес.) инструктажа; Соблюдение технологических режимов производства; Создание условий для эвакуации персонала	Вызов пожарной службы и спасателей (тел. 112); Вызов скорой медицинской помощи
2	Удар током	Проведение вводного и повторного (через 6 мес.) инструктажа; Содержание энергетических сетей в исправном состоянии	Вызов скорой медицинской помощи (тел. 030, 112); Оказание первой помощи
3	Травмирование в результате падения с высоты	Проведение вводного и повторного (через 6 мес.) инструктажа; Создание систем предупреждения	Вызов скорой медицинской помощи (тел. 030, 112); Оказание первой помощи

		<p>падений; Соблюдать требования безопасности при выполнении работ на высоте</p>	
--	--	--	--

Выводы по разделу

В данной главе проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований:

- микроклимат [18];
- шум и вибрация [25];
- электромагнитное излучение [20];
- освещенность [18];
- психофизиологические факторы [18];
- электробезопасность [19];
- пожаро-взрывобезопасность [21].

Помещение № 001В 10 корпуса ТПУ отнесено:

- по электробезопасности – к 1 классу [19];
- по пожаро-взрывобезопасности – к категории В [21].

Также рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации, методы их предотвращения и ликвидации последствий.

Основные результаты и выводы

В результате выполнения выпускной квалификационной работы получены следующие результаты:

1. На основании литературных данных проведен анализ состава и основных характеристик элементов дисперсионного ядерного топлива, применяемого в современных ядерных реакторах. Показано, что в качестве модельных для оксидов урана, плутония и тория можно применить оксиды неодима, самария и церия, соответственно.

2. Определены составы композиций порошков для модельного дисперсионного топлива с углеродной матрицей и параметры их фабрикации. В результате проведенного для разработанной нами пресс-формы прочностного расчета установлено, что в качестве ее материала можно использовать сталь марки AISI 304, позволяющую выдерживать давление при изготовлении таблеток до 100 МПа. Получены таблетки из пресс-порошков различного состава и проведен анализ их физических свойств на всех этапах изготовления. Установлено, что в результате обжига плотность таблеток возрастает, а явной зависимости плотности готовых таблеток от давления прессования не наблюдается.

3. Исследована зависимость коэффициентов теплопроводности дисперсионного топлива и модельного дисперсионного топлива с матрицей из углерода от содержания делящегося вещества в пределах от 5 до 20 масс. %. Установлено, что значения теплопроводности дисперсионного топлива и топлива из модельных оксидов близки по значениям, что говорит о возможности использования модельные оксиды для проведения исследований тепловых характеристик реальных топливных таблеток.

Список использованных источников

1. Алексеев, С. В. Дисперсионное ядерное топливо / С. В. Алексеев, В. А. Зайцев, С. С. Толстоухов. — Москва : Техносфера, 2015. — 248 с. — ISBN 978-5-94836-428-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://ezproxy.ha.tpu.ru:2225/book/87736> (дата обращения: 07.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Бойко В.И. Топливные материалы в ядерной энергетике: учебное пособие / В.И. Бойко, Г.Н. Колпаков, О.В. Селиваникова. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. — 186 с.
3. Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов. В 2 кн. Кн. 1. / Ф.Г. Решетников, Ю.К. Бибилашвили, И.С. Головнин и др. / Под ред. Ф.Г. Решетникова — М.: Энергоатомиздат, 1995 — 320 с.
4. Самойлов А.Г. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов: учебник для вузов. — М: Энергоатомиздат, 1996. — 400 с.
5. Ватулин А.В. Радиационная стойкость высокоплотного уран-молибденового дисперсионного топлива для исследовательских ядерных реакторов / Ватулин А.В., Морозов А.В., Супрун В.Б., Петров Ю.И., Трифонов Ю.И. // Атомная энергия, Т. 100, 2006 — 35 — 46 с.
6. Серебренников В.В. Химия редкоземельных элементов, том I. — Томск: Издательство Томского университета, 1959 г. — 533 стр.
7. Леонов А.И. Высокотемпературная химия кислородных соединений церия. - Л.: Наука, 1970.
8. Егошина Ю.А., Поцелуева Л.А. Современные вспомогательные вещества в таблеточном производстве // Успехи современного естествознания. — 2009. — № 10. — С. 30-33;
9. Кузнецов, А.В. Экспериментально-теоретическое обоснование выбора способа прессования и вспомогательных веществ в технологии

таблетированных форм: Дис. . д-ра фармац. наук. / А.В. Кузнецов Пятигорск, 2002. - 281 с.

10. Черметпрокат: [Электронный ресурс]. URL: <https://tomsk.chermetprokat.ru/sortovoy-prokat/krug/krug-60/> (Дата обращения 15.04.2022).

11. Ростехсталь: [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostechsteel-tomsk.ru/goods/116263326-krug_stalnoy_60_mm_09g2s (Дата обращения 15.04.2022).

12. Черметпрокат: [Электронный ресурс]. URL: <https://tomsk.chermetprokat.ru/nerzhaveyuschiy-prokat/krug-nerzhaveyuschiy/krug-60-nerj/> (Дата обращения 15.04.2022).

13. Мендоса О., Каренгин А.Г., Новоселов И.Ю., Шаманин И.В. Определение теплофизических свойств композиционного материала с использованием различных моделей // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2017. - №2. - С. 178-183.

14. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно– методическое пособие / И.Г. Видяев, Н.А. Гаврикова, Г.Н. Серикова. – Томск: НИ ТПУ, 2014. – 36 с.

15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.03.2021) // Собрание законодательства РФ. - 07.01.2002.

16. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ

17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ».

18. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

19. ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность».

20. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона».

21. ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность».
22. ГОСТ 31733-2012 – Прессы гидравлические. – М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с
23. СНиП 41-01-2003. ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ: дата введения 2004-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200035579> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст : электронный.
24. Vents : сайт. – 2017-2021.– URL: <https://vents-shop.ru/ventilyator-vents-125-vko/> (дата обращения 07.05.2022). – Текст: электронный.
25. СанПин 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».