

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ С ЗАДАНЫМИ КТ-ИНДЕКСАМИ МЕТОДАМИ 3D-ПЕЧАТИ

УДК 539.16:004.925.84:615.849.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Шкурупий Марина Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВЭП	Стучебров С.Г.	к. ф.-м. н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	к. ф.-м. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ядерные физика и технологии	Бычков П.Н.	к.т.н.		

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Профессиональные компетенции	
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
P8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым 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; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

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. Ядерная физика и технологии
 Уровень образования – бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла
 Период выполнения – весенний семестр 2018 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:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.01.2019	Составление и утверждение технического задания	2
01.02.2019	Подбор и изучение материалов по теме	4
06.02.2019	Выбор направления исследования	2
28.03.2019	Проведение экспериментов	16
04.04.2019	Анализ и описание результатов	12
25.05.2019	Подготовка к защите ВКР	4

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВЭП	Стучебров С. Г.	к. ф. - м. н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А5А	Шкурупий Марине Сергеевне

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯТЦ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность человека и окружающей среды

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Затраты на спецоборудование 12 114 руб. Основная заработная плата исполнителей темы 33 213 руб. Дополнительная заработная плата исполнителей темы 15 033 руб. Отчисления во внебюджетные фонды 10 081 руб. Накладные расходы 5 952 руб. Материальные затраты 17 740 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент города Томска -1,3
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Размер страховых взносов - 30%. Пониженная ставка - 28%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT График проведения и бюджет НИ Диаграмма Ганта

Перечень графического материала (с точным указанием чертежей):

--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН	Подопригора И.В.	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Шкурупий Марина Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А5А	Шкурупий Марине Сергеевне

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность человека и окружающей среды

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ul style="list-style-type: none"> – требования охраны труда при работе на ПЭВМ; – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – радиационная безопасность.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	к. ф.-м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Шкурупий Марина Сергеевна		

Определения, обозначения, сокращения

В данной работе описаны следующие термины с соответствующими определениями:

лучевая терапия: лечение ионизирующим излучением.

злокачественное новообразование: заболевание, характеризующееся появлением бесконтрольно делящихся клеток, способных к инвазии и распространению по всему организму.

трехмерная печать: способ послойного изготовления объекта из трехмерной цифровой модели.

рентгеновское ослабление: потеря интенсивности рентгеновского излучения в результате взаимодействия с веществом).

гентри: подвижная, как правило, кольцевая часть томографического или маммографического аппарата, содержащая сканирующее оборудование.

фантомы – модель тела или его частей, предназначенная для измерения поглощенных доз ионизирующего излучения.

Используемые в работе обозначения и сокращения:

CAD - технологии автоматизированного проектирования (computer-aided design)

АП - аддитивное производство

БП - быстрого прототипирования

ABS - акрилонитрил-бутадиен-стирольные сополимеры

FDM – (Fused Deposition Modeling) процесс послойного наложения расплавленной полимерной нити

PLA – ударопрочный биоразлагаемый полистирол;

3D – трехмерный;

ИИ – ионизирующее излучение;

МРТ - магнитно-резонансная томография;

КТ - компьютерная томография.

Оглавление

Введение	14
1. Литературный обзор	16
1.1 Аддитивные технологии	16
1.2 Создание изделий методом послойного наплавления (FDM).....	17
1.3 Компьютерная томография.....	18
1.4 Индексы Хаунсфилда.....	20
1.5 Дозиметрические фантомы.....	22
2. Материалы и методы	26
2.1 Описание используемых материалов	26
2.2 Изготовление нитей филаментов на экструдере SJ-45.....	27
2.3 Изготовление тестовых образцов из смешанных филаментов	28
2.4 КТ-диагностика тестовых образцов	30
2.5 Обработка результатов на программном обеспечении	31
3. Экспериментальные исследования	32
3.1 Расчет плотности тестовых образцов.....	32
3.2 Определение КТ-индексов тестовых объектов.....	34
3.3 Сопоставление полученной зависимости с томограммой реального пациента.....	36
3.4 Изготовление тестовых образцов по полученным данным	37
2.5 Изготовление тестовых образцов по подобранным параметрам.....	39
4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	41
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	41
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	41
4.1.2 SWOT-анализ.....	42
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	44
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	44
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	45
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования	46
4.3. Бюджет научно – технического исследования (НТИ).....	47

4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ	48
4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ.....	48
4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	49
4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	51
4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды	51
4.3.6. Накладные расходы	52
4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	52
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	53
5. Социальная ответственность	56
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	56
5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе с ПЭВМ	58
5.2.1 Организационные мероприятия.....	58
5.2.2 Технические мероприятия	58
5.2.3 Условия безопасной работы	61
5.3 Радиационная безопасность.....	63
5.4 Электробезопасность	65
5.5 Пожарная и взрывная безопасность	66
Заключение	69
Список публикаций студента	71
Список используемых источников.....	72
Приложение А	75

1. Литературный обзор

1.1 Аддитивные технологии

Аддитивное производство (АП) представляет собой процесс, в котором виртуальные трехмерные модели, полученные с помощью технологии автоматизированного проектирования (CAD) становятся реальными физическими объектами. При изготовлении модели используют цифровую нарезку данных CAD, данных 3D-сканирования или томографии для последовательного построения каждого слоя до момента, пока деталь не будет завершена без необходимости формования или механической обработки. Следовательно, аддитивное производство часто называют «многослойным производством», «прямым цифровым производством», «трехмерной печатью» или «изготовлением в твердой форме».

При применении аддитивных технологий можно решить одну из задач, изготовление модели в максимально короткие сроки методами быстрого прототипирования (БП). БП состоит из двух фаз:

- виртуальная фаза (моделирование и симуляция),
- физическая фаза (изготовление).

Виртуальное прототипирование – это разработка модели путем динамического и интерактивного моделирования. А далее идет формирование трехмерной физической модели с помощью CAD. Некоторые характеристики процесса можно сформулировать так:

- объекты могут быть изготовлены с различной геометрической сложностью без необходимости настройки станка или окончательной сборки;
- объекты могут быть изготовлены с использованием различных типов материалов, таких как композиты;
- при контролируемом процессе различные материалы могут использоваться в разных местах объекта.

Первоначальной экономической мотивацией для развития БП в 1980-х годах было ускорение и снижение затрат, связанных с разработкой продукта.

Экономическая целесообразность аддитивного производства в основном зависит от количества и скорости изготовления изделий. Поэтому оно нецелесообразно для массового производства простых предметов, но может обогнать обычные формообразующие технологии изготовления. Оценка БП-систем происходит по следующим критериям:

- размер детали;
- производительность;
- материалы;
- точность;
- стоимость.

Методы БП использовались для создания сложных трехмерных моделей в медицине с 1990-х годов. В настоящее время биомедицинское использование прототипов уже составляет примерно 10% от общего объема рынка для использования этой технологии. Основным преимуществом методов БП являются медицинские модели, которые могут быть изготовлены с пустотами, сложными внутренними геометрическими деталями и анатомическим расположением. Метод БП используется в ортодонтии и имплантологии, а также для улучшения медицинской диагностики и обеспечения точного плана хирургического и лучевого лечения [6].

1.2 Создание изделий методом послойного наплавления (FDM)

Система FDM позволяет превратить 3D-модель в реальное изделие, которое будет соответствовать смоделированной форме и размерам, при этом не затрачивая много времени и материальных ресурсов. Среди большого разнообразия конструкционных термопластов, применяемых в FDM, наиболее применяемыми являются акрилонитрил-бутадиен-стирольные сополимеры (ABS), полилактид (PLA), поликарбонат (PC) и полиамиды (PA).

Процесс изготовления изделия начинается с проектирования в системе CAD, разбивая модель на горизонтальные сечения. Если изделие слишком детализированное, то автоматически с помощью программного обеспечения

моделируются опорные конструкции. При процессе печати полимерные нити подаются в нагретую экструзионную печатающую головку, что обеспечивает трехмерное дозирование полученных полимерных расплавов. Различные нити для FDM печати получают путем смешивания расплава основного термопластичного полимера с наполнителями, волокнами, красителями и другими полимерными добавками. Молекулярные и технологические параметры, а также пакеты добавок должны быть оптимизированы для отдельных полимерных систем, которые включают термопласты, такие как полиамид, ABS, PLA, а также полипропилен и эластомеры, такие как полиэферы. Для опорных конструкций обычно используют смесь, отличающуюся от используемого пластика. Такие смеси делаются из растворимых в воде термопластов, которые легко удаляются при погружении в воду во время дальнейшей обработки изделия [6].

1.3 Компьютерная томография

Компьютерная томография была разработана в 1960-х и начале 1970-х годов Годфри Хаунсфилдом и Алланом Маклеодом Кормаком. Основными компонентами КТ-сканера являются источник рентгеновского излучения и матрица детекторов. Рентгеновские лучи испускаются из источника рентгеновского излучения на пациента, при этом часть из них поглощается. Рентгеновские лучи, которые проходят через пациента, сталкиваются с массивом детекторов, который регистрирует поток рентгеновских лучей. В одной из наиболее распространенных конфигураций источник и детекторы вращаются вокруг пациента синхронно, чтобы создать 360-градусный набор данных, в котором поглощение рентгеновских лучей пациентом происходит по окружности (рисунок 1.1). КТ изображения восстанавливаются из этого набора данных компьютерами с использованием алгоритмов. В большинстве случаев преобладает отфильтрованная реконструкция на основе обратной проекции, однако в настоящее время внедряются методы, основанные на итерационных моделях.

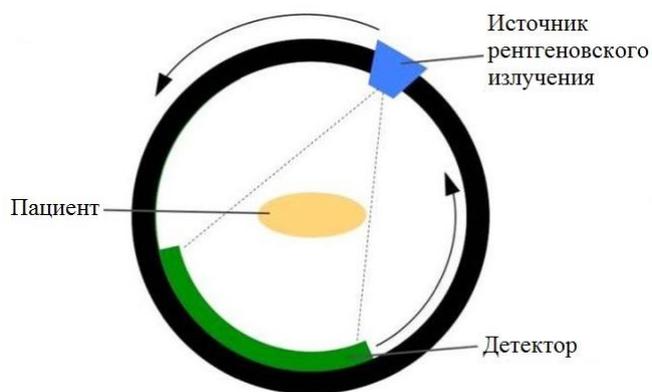


Рисунок 1.1 – Схема КТ-сканера

Ранние КТ-сканеры имели один ряд детекторов и, таким образом, могли отображать только один тонкий срез пациента, известный как срез за один оборот. Объемная визуализация выполнялась «пошагово», так что получали сначала один срез, потом пациента немного продвигали под сканером, получали второй срез и так далее. Для получения срезов требовалось около 7 минут, а для восстановления изображения требовались часы. Современные сканеры имеют до 320 рядов детекторов и сканируют так называемым спиральным способом, то есть источник и детектор постоянно вращаются, а пациент постоянно движется под сканером. Сканер с шестидесятью четырьмя детекторами может сканировать 14 см менее чем за 5 секунд, позволяя получить изображения всей интересующей части пациента за это время. Реконструкция набора изображений занимает не более одной минуты. Изображения обычно отображаются в оттенках серого, что зависит от ослабления различных тканей/веществ в поле зрения. Более сильные вещества, ослабляющие рентгеновское излучение, отображаются белым или светло-серым цветом, тогда как вещества, слабо ослабляющие, отображаются темно-серым или черным цветом. Изображения также могут быть обработаны в 3D визуализацию и отображаются в условных цветах [7].

Современные мультисрезовые компьютерные томографы имеют ряд преимуществ, так как дают возможность получать изображения исследуемых объектов толщиной срезов до 0,5 мм в различных плоскостях при очень высокой скорости сканирования, а также производить постпроцессинговую

обработку данных с получением объемных реконструкций, что приводит к высокой диагностической точности метода.

При КТ возможно различить только четыре структурных составляющих:

- кости и обызвествления;
- жир;
- воздух;
- мягкие ткани и воду.

1.4 Индексы Хаунсфилда

После диагностики на томографе выполняется анализ изображения. При оценке или классификации плотности органа/ткани значения серого, полученные во время диагностики, количественно оцениваются как единицы Хаунсфилда (HU, КТ-индексы). Значения единиц Хаунсфилда обеспечивают стандартизированную шкалу для разных систем компьютерной томографии, соответствующую различным по плотности типам ткани (рисунок 1.2). Единицы Хаунсфилда определяются как линейные преобразования измеренных коэффициентов ослабления рентгеновского излучения ткани относительно дистиллированной воды, которое помогает рентгенологам выявлять и характеризовать различия между рентгенологически схожими тканями.

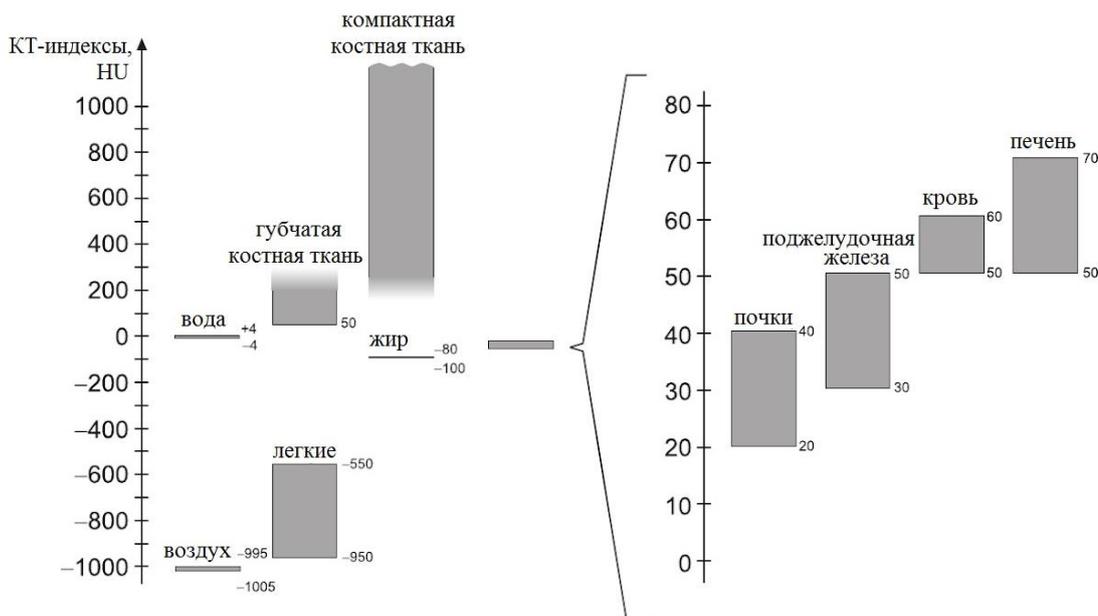


Рисунок 1.2 – Значение индексов органов и тканей человека

Единицы Хаунсфилда могут быть рассчитаны для любого материала по формуле:

$$HU = 1000 \cdot \frac{\mu_{\text{ткани}} - \mu_{\text{воды}}}{\mu_{\text{воды}}} \quad (1.1)$$

где μ - эффективный коэффициент линейного ослабления рассматриваемого вокселя, а μ - эффективный коэффициент линейного ослабления воды, измеренный в тех же условиях формирования изображения. Шкала единиц Хаунсфилда основана на двух фиксированных значениях: 0 HU для воды и -1000 HU для воздуха ($\mu_{\text{воздуха}} = 0$) Материалы или ткани, которые поглощают большее количество рентгеновских лучей, например, кости, имеют более высокое значение единиц Хаунсфилда. Хотя значения единиц Хаунсфилда не являются абсолютными измерениями плотности материала, они могут использоваться в клинических целях для количественной оценки плотности материала [8].

Значения HU зависят от ряда факторов, таких как спектральное распределение энергии рентгеновского пучка, рассеянное излучение, усиление луча и артефакты, возникающие при реконструкции изображения. Поскольку рентгеновские лучи, используемые в КТ, не являются монохроматическими, спектры падающего рентгеновского излучения и последующее усиление пучка по своей природе влияют на значения HU. Проще говоря, объекты разного размера, но в остальном с идентичными свойствами будут давать изображения с разными средними значениями HU. Кроме того, распределение уровня серого (а также контрастность и шум) между этими объектами будут различны.

С появлением КТ и МРТ стала доступна трехмерная визуализация полного строения тела и точное компьютерное моделирование организма человека, что и способствовало появлению воксельных фантомов человека. Они представляют собой модель человека, собранную из огромного количества параллелепипедов (вокселей). В основе их создания лежат данные полученные с помощью КТ, то есть Индексов Хаунсфилда [9].

1.5 Дозиметрические фантомы

На протяжении более 50 лет оценка дозы облучения с использованием дозиметрических фантомов представляет большой интерес для области радиационной защиты, медицинской визуализации и радиотерапии. Физикам в области здравоохранения нужно понимать, как излучение взаимодействует с организмом человека, чтобы они могли обеспечить безопасность работников и населения в соответствии с нормативными требованиями. В диагностической радиологии и ядерной медицине процесс визуализации, включающее рентгеновское и гамма-излучение, достаточно мощное для прохождения через ткани организма, должен быть оптимизирован для достижения необходимого качества изображения при минимизации потенциально вредных радиобиологических эффектов. Лучевая терапия направлена на введение смертельной дозы в опухоль, которая может быть подвержена движению органов, с использованием сфокусированных внешних пучков рентгеновского и гамма-излучения, электронов, протонов и тяжелых ионов, или, используя внутренние источники, которые менее проникают, в то же время, освобождая здоровые ткани от токсичности и вторичного рака. Методы анатомического моделирования развивались с течением времени, и, как и ожидалось, появляются новые фантомы.

Радиационная дозиметрия является фундаментальной наукой, которая связана с определением количества и характера распределения ионизирующей энергии, выделяемой в интересующем объекте. Точная радиационная дозиметрия в организме человека довольно сложна по нескольким причинам:

1. сценарии облучения разнообразны, часто включают сложное и уникальное геометрическое положение источника и тела человека;
2. облучение может включать несколько типов излучения, каждый из которых проходит через тело человека и взаимодействует с тканями в соответствии с различными принципами радиационной физики;

3. человеческое тело состоит из очень большого количества анатомических структур, которые неоднородны по плотности и составу, иногда под влиянием движения органов.

Например, сокращение сердца и легких может привести к сложным 3х-мерным и 4х-мерным схемам распределения дозы, которые необходимо учитывать во время медицинской визуализации или лучевой терапии. Этот последний момент подчеркивает важность анатомических моделей в дозиметрии, поскольку дозу внутри живого человека обычно невозможно измерить напрямую. Вместо этого необходимо использовать вычислительные или физические анатомические модели для оценки дозы, доставляемой работнику или пациенту, подвергшемуся воздействию ионизирующего излучения. Точность оценки дозы в решающей степени зависит от того, насколько хорошо анатомические модели учитывают специфическую геометрию и свойства ослабления излучения каждого человека, довольно сложная задача в свете того факта, что каждый человек имеет уникальную форму и размер тела [10].

Уже давно известно, что доза внутри тела может быть получена с использованием физического или компьютерного фантома, имитирующего анатомические особенности человека. Исторически термин «фантом» использовался в радиологической научной литературе для обозначения физического устройства, имитирующего человеческое тело. В сообществе радиационной защиты фантом также использовался для обозначения математически определенной анатомической модели вместо физиологически обоснованной модели, такой как модель дыхания или кровотока.

Физические фантомы сделаны из твердых материалов, которые радиологически эквивалентны тканям человека. Поскольку человеческое тело состоит в основном из воды, гомогенизированные водные или пластиковые фантомы широко используются для калибровки детекторов излучения и систем обработки. Более простые конструкции этих фантомов полезны для множественных измерений, когда стандартизация между лабораториями или

больницами имеет решающее значение. Другое использование таких однородных фантомов – калибровка расчетов путем измерения выходной мощности конкретной излучающей техники. Антропоморфные фантомы более реалистичны и лучше представляют сложную неоднородность человеческого тела; они часто состоят из нескольких тканезквивалентных материалов, которые сформованы в формы органов или костей, чтобы представлять часть или все тело. Для удобства измерения излучения фантомы представлены в виде срезов, между которыми помещаются крошечные дозиметры [11].

Подход с использованием таких антропоморфных физических фантомов для измерения дозы в органах может быть дорогостоящим и занимать много времени из-за необходимых экспериментальных и радиационных процедур безопасности. Кроме того, коммерчески доступные физические фантомы имеют стандартные размеры тела и в полной мере не отражают разнообразие человеческой анатомии. К счастью, появление компьютеров первого поколения и методов моделирования Монте-Карло, первоначально разработанных для исследований ядерного оружия, продемонстрировало возможность расчета доз органов с использованием вычислительных фантомов. Такие вычислительные фантомы включают в себя обширные детали внешних и внутренних особенностей человеческого тела, такие как форма, объем и масса радиочувствительных органов. В сочетании с информацией о плотности ткани и химическом составе, вычислительный фантом позволяет исследователю точно моделировать радиационные взаимодействия и схемы распределения энергии в организме. Хотя экспериментальная работа с физическим фантомом всего тела все еще необходима для проверки расчетов, особенно при использовании сложных условий облучения, вычислительный подход, в общем, выгоден по сравнению с экспериментальным подходом с точки зрения универсальности, эффективности, точности и безопасности. Кроме того, внутренне распределенные источники излучения лучше всего обрабатываются вычислительным подходом. Преимущество по сравнению с

экспериментальным подходом в универсальности, эффективности, точности и безопасности.

С 1960-х годов разработка и применение компьютерных фантомов превратились в специализированную область исследований, которая является неотъемлемой частью радиационной защиты, медицинской визуализации и радиотерапии. Для неионизирующего излучения аналогичные вычислительные фантомы были разработаны на протяжении многих лет для изучения биологических эффектов, вызываемых теплом, производимым излучающими радиочастотные устройства, такими как линии электропередач и беспроводные сотовые телефоны. Вычислительные фантомы получили широкое распространение в 1980-х годах с появлением персональных компьютеров. К тому времени медицинская визуализация позволила визуализировать анатомию в 3D из-за возросшей доступности передовых технологий медицинской визуализации, таких как рентгеновская КТ и МРТ [10].

4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе исследования проводились над тестовыми образцами с известными КТ-индексами, которые были созданными с целью имитировать индивидуальные медицинские фантомы, изготовленные с помощью 3D-принтера путем смешивания PLA-пластика и медной примеси.

Следовательно, основным целевым потребителем данного исследования будут являться государственные и частные медицинские учреждения, научно-исследовательские институты с аналогичными научными направлениями, а также компании занятые космической отраслью. Сегментирование данного целевого рынка представлено в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Сегментирование рынка услуг

		Организации		
		Медицинские учреждения	Научно – исследовательские институты	Космическая отрасль
Потребность	Сильная			
	Средняя			
	Слабая			

Таким образом, основной упор делается на рынок медицинских учреждений, так как от индивидуальных фантомов будет зависеть здоровье пациента. Если человечество будет с огромным успехом осваивать космическое пространство, то в дальнейшем индивидуальные фантомы будут востребованы в космической отрасли, для оценки надежности защиты скафандра и корабля.

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Для проведения анализа конкурентоспособности

разработки будет использоваться оценочная карта, приведенная в Таблице 4.2. Где Б – стандартные дозиметрические фантомы, Б_{к1} – индивидуальные дозиметрические фантомы.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; В_і – вес показателя (в долях единицы); В_і – балл *i*-го показателя.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б	Б _{к1}	К	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Технические характеристики вычислительных технологий	0,2	3	4	0,6	0,8
2. Помехоустойчивость	0,1	4	4	0,4	0,4
3. Мобильность	0,2	3	5	0,6	0,1
4. Простота эксплуатации	0,1	4	5	0,4	0,5
5. Наличие отходов	0,1	2	2	0,2	0,2
6. Наличие дорогостоящего оборудования					
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена	0,15	5	4	0,75	0,6
2. Финансирование научной разработки	0,15	3	3	0,45	0,45
Итого:	1	-	-	3,4	3,95

Полученные данные в таблице 4.2 позволяют говорить о том, что исследование является наиболее конкурентоспособно, поскольку является наиболее удобным и простым в эксплуатации.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – анализ – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

SWOT – анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

В Таблице 4.3 приведен SWOT-анализ, показаны результаты пересечений сторон, возможностей и угроз.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> – С1. Актуальность научного исследования; – С2. Применение современных технологий; – С3. Бюджетное производство; – С4. Результаты исследования с высокой точностью. 	<p>Слабые стороны проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Сл1. Ограниченная область применения модели; – Сл2. Ограниченная область потребителей; – Сл3. Дополнительные исследования для подтверждения результатов.
<p>Возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – В1. Дальнейшее использование в исследованиях разработанной модели; – В2. Использование более дешевых материалов для фантомов с аналогичными свойствами. – В3. Разработка новых процедур и улучшение проведения лучевой терапии. – В4. Увеличение качества лечения в медицинских учреждениях. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Точность исследований позволит увеличить спрос на рынке. 2. Бюджетное производство позволит увеличить заинтересованность организаций в дальнейших исследованиях. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкое число заказов ограничивает возможности исследований. 2. Разработка новых материалов для фантомов и новых процедур может увеличить число заказов и расширить область применения.
<p>Угрозы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – У1. Трудности с продвижением проекта; – У2. Низкий спрос на рынке, в силу опасения клиентов; – У3. Вероятность улучшенного производства со стороны конкурентов. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышение конкурентоспособности за счет низкой стоимости материалов на рынке; 2. Благодаря высокой точности результатов и различных дополнительных исследований можно увеличить спрос посредством устранения опасений клиентов. 3. Актуальность на данный момент и бюджетное производство могло бы устранить трудности продвижения проекта. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Привлекать финансирование другими частными медицинскими учреждениями; 2. Демонстрация научных исследований могла бы помочь в привлечении заинтересованных лиц и продвижению реализации проекта.

В результате составления итоговой матрицы SWOT-анализа, были сделаны выводы о том, что будет необходимо искать дополнительные средства финансирования при возникновении трудностей и проблем в реализации и

продвижении проекта. Все остальные слабые стороны и угрозы можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон данного исследования.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в Таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Календарное планирование	Руководитель Студент

Продолжение таблицы 4.4

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изготовление тестовых образцов	Консультант Студент
	6	Проведение экспериментальных	Консультант Студент

		исследований	
	7	Обработка данных. Анализ полученных результатов.	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Сравнение полученных результатов	Студент
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель Студент
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель Студент
	11	Составление пояснительной записки	Студент
Оформление отчёта	12	Подготовка к защите	Студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко – днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [18]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожки}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел. [18].

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении данной дипломной работы был построен ленточный график проведения научных работ в форме диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, (кален.дн.);

T_{pi} – продолжительность одной работы, (раб.дн.);

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (4.5)$$

где, $T_{\text{кг}}$ – количество календарных дней в году ($T_{\text{кг}} = 365$ дн.);

$T_{\text{вд}}$ – количество выходных дней в году ($T_{\text{вд}} = 52$ дн.);

$T_{\text{пд}}$ – количество праздничных дней в году, ($T_{\text{пд}} = 14$ дн.).

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округлены до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Все рассчитанные значения сведены в Таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Временные показатели проведения НТИ

№ работ	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ T_{pi} , дн.	Длительность работ T_{ki} , дн.
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожц}$, чел-дни			
1	1	6	3	Руководитель	3	3,66
2	15	18	16,2	Студент	16,2	19,76
3	3	5	3,8	Руководитель	1,9	4,6
4	2	7	4	Руководитель Студент	2 2	2,44 2,44
5	5	12	7,8	Консультант Студент	3,9 3,9	4,76 4,76
6	5	12	7,8	Консультант Студент	3,9 3,9	4,76 4,76
7	10	20	14	Студент	14	17,1
8	2	5	3,2	Студент	3,2	3,9
9	2	7	4	Руководитель Студент	2 2	2,44 2,44
10	3	7	4,6	Руководитель Студент	2,3 2,3	2,8 2,8
11	2	10	5,2	Студент	5,2	6,3
Итого:	58	112	79,6	-	11,2/7,8/52,7	15,94/9,52/64,26

На основе таблицы 4.5 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках НИР на основе приложения А с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различными цветами в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

4.3. Бюджет научно – технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета научно – технического исследования (НТИ) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материалы;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды.

- затраты на амортизационные отчисления.
- накладные расходы.

4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Основными материальными затратами данной исследовательской работе являются затраты на PLA-пластик и медный порошок. Результаты расчетов приведены в Таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
PLA-пластик	–	20кг	450	9000
Медный порошок	-	10кг	850	8500
Бумага	SvetoCopy	1 пачка	210	210
Ручка	-	1	30	30
Всего за материалы				17740
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого:				17740

4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ

В данный раздел включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования необходимого для проведения работ по данному научному исследованию.

Для данной работы оборудование специально не покупалось, следовательно, необходимо провести расчет амортизации использованного оборудования. К оборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относятся принтер для трехмерной печати «UP Plus 2», стоимость которого составляет 60000 рублей, назначенный срок службы – 7 лет, и Siemens Somatom Emotion, стоимость которого составляет 4250000 рублей, назначенный срок службы – 10 лет.

Ежегодную сумму амортизационных отчислений рассчитывают следующим образом:

$$A = \frac{N_A \cdot C \cdot T_0}{365 \cdot 100\%}, \quad (4.6)$$

где A – ежегодная сумма амортизационных отчислений;

C – первоначальная стоимость объекта;

T_0 – время использования оборудования;

$N_A = \frac{100}{T}$ – норма амортизационных отчислений, где T – срок службы.

Все расчеты приводятся в Таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.	Срок службы, лет	Кол-во дней использования оборудования, дн.	Сумма амортизации, за время проекта, руб.
1.	UP Plus 2	1	60000	7	20	469,67
2.	Siemens Somatom Emotion	1	4250000	10	10	11643,84
Итого:						12113,5

4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.7)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p, \quad (4.8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

– при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени представлен в Таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p, \quad (4.10)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы сводится в Таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m ,руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p ,раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	15924	0,3	0,3	1,3	33121,92	1372,4	11	15096
Консультант	25635	-	-	1,3	33325,5	1380,8	8	11047
Студент	2477	-	-	1,3	3220	133,4	53	7071
Итого:								33214

4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

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

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты ($k_{\text{доп}} = 0,12$);

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

В Таблице 4.10 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.10 – Заработная плата исполнителей НИР

Заработная плата	Руководитель	Консультант	Студент
Основная зарплата, руб/мес.	15096	11047	7071
Дополнительная зарплата, руб	1812	12372	849
Итого:	16908	12372	7920

4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды

В данном разделе расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [18].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 28% [18].

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (Таблица 4.11).

Таблица 4.11– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	15096	1812
Консультант	11046	1326
Студент	7071	849
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,28	
Итого:	10081	

4.3.6. Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных служб. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хозяйственного инвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Накладные расходы в ТПУ составляют 50-80 % от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, участвующих в выполнении темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.13)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, равный 16 %.

Накладные расходы составят:

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (16908 + 12372 + 7920) = 5952 \text{ руб}$$

4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение

бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в Таблице 4.12 [19].

Таблица 4.12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Материальные затраты НТИ	17740
2. Затраты на оборудование	12113,5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	33213
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15033
5. Отчисления во внебюджетные фонды	10081
6. Накладные расходы	5952
Бюджет затрат НТИ	94132,5

В ходе выполнения экономической части дипломной работы были проведены расчеты плановой себестоимости проведения НТИ и времени, необходимого на проведение научного-исследования. Плановая себестоимость работы составляет 94132,5 руб., основная составляющая, которой – затраты на заработную плату исполнителям научно-технического исследования.

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.14)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{фин}}^{\text{Исп1}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{94132,5}{94132,5} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.15)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме Таблицы 4.13.

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект
1. Точность расчета	0,3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5
3. Универсальность	0,2	5
4. Возможность передвижения	0,05	5
5. Надежность	0,25	4
ИТОГО	1	4,5

$$I_p = 4 * 0,3 + 5 * 0,2 + 5 * 0,2 + 5 * 0,05 + 4 * 0,25 = 4,5$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{испi}^{\text{фин}}}, \quad (4.16)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (Таблица 4.14) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Θ_{cp}):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}, \quad (4.17)$$

Таблица 4.14 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1
1.	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2.	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5
3.	Интегральный показатель эффективности	0,22

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. В данном случае имеет лишь один вариант решения задачи. Следовательно, предоставленный вариант и предполагается лучшим.

5. Социальная ответственность

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [20].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [20], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. В таблице 5.1 приведены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Определение рентгеновской плотности тестовых образцов в лаборатории НИИ Онкологии	Повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне		Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.2523-09. ГОСТ 26140-84 «Аппараты рентгеновские медицинские. Общие требования безопасности»
Обработка результатов проводилась на компьютере с ЖК-мониторе в лаборатории Томского политехнического университета	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.)		СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
		Пожарная безопасность	ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования

На инженера, работа которого связана с моделированием на компьютере, воздействуют следующие факторы:

1. Физические:

- температура и влажность воздуха;
- шум;
- статическое электричество;
- электромагнитное поле низкой частоты;
- освещённость;
- наличие излучения;

2. Психофизиологические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-

психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе с ПЭВМ

5.2.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальное удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

5.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как продемонстрировано на рисунке 5.1.

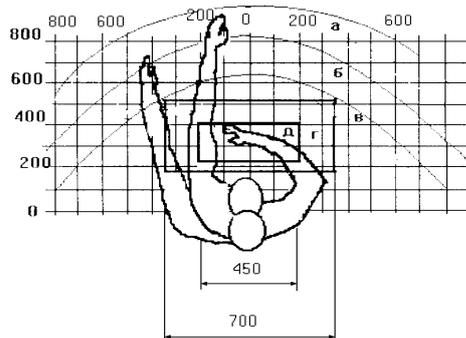


Рисунок 5.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы [21].

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); документация – в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования. Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину

поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

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.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.2.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [22] и приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом от минус 20 до 25 °С, зимой от минус 13 до 15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной

недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видео–кабеля. Согласно [22] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц – 2кГц – 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц – 400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц – 2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц – 400кГц – 25нТл.

Использование современных ЭЛТ-мониторов и ЖК-мониторов, соответствующих стандарту ТСО – 2003, гарантирует минимальные значения напряженности электромагнитных полей вблизи экранов (менее 10 В/м в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц и менее 1 В/м в диапазоне частот 2 – 400 кГц). Используемый ПК для обработки результатов ЖК-монитор LG также соответствует стандарту ТСО – 2003.

При работе с компьютером источником электромагнитного излучения является дисплей. Под влиянием электромагнитного излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Но в наше время

производства ЖК-мониторов позволяют значительно снизить уровень излучения.

5.3 Радиационная безопасность

В данной работе с помощью компьютерного томографа Siemens Somatom Emotion были определены КТ-индексы тестовых образцов. Главным элементом томографа является рентгеновская трубка мощностью 30-50 кВт, которая работает в импульсном режиме при напряжении 100-130 кВт и с частотой импульсов 50 Гц.

Рентгеновское излучение используется для получения простых рентгеновских снимков костей и внутренних органов, флюорографии, в компьютерной томографии. Исходя из того, что рентгеновское излучение относится к группе радиационных излучений, оно может оказывать негативное влияние на здоровье человека. Его биологическое воздействие на человеческий организм определяется уровнем дозы облучения, а также тем, какой именно орган тела подвергался облучению. К эффектам, обусловленным действием рентгеновского излучения, а также других ионизирующих излучений относятся:

- временные изменения в составе крови после относительно небольшого избыточного облучения;
- необратимые изменения в составе крови (гемолитическая анемия) после длительного избыточного облучения;
- возникновение катаракт;
- рост заболеваемости раком (включая лейкемию);
- более быстрое старение и ранняя смерть.

Степень опасности рентгеновского облучения для людей зависит от контингента лиц, подвергающихся облучению. Персонал (группа А) – лица, работающие с техногенными источниками, ионизирующими излучением, или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Население – все лица, включая персонал вне работы.

Накопление знаний о воздействии рентгеновского излучения на организм человека привело к разработке национальных и международных стандартов на допустимые уровни доз облучения. Уровни разделяются в соответствии с категорией по нормам радиационной безопасности. Для каждой категории облучаемых лиц допустимые уровни устанавливаются так, чтобы при данном уровне воздействия в течение года величина дозы в год не превосходила соответствующий предел дозы (Таблица 5.3 [23]).

Таблица 5.3 – Пределы допустимых доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год: в хрусталике в коже в кистях и стопах	150мЗв 500мЗв 500мЗв	15мЗв 50мЗв 50мЗв

Пределы доз и допустимые уровни для персонала группы Б равны 1/4 от группы А.

Студент, во время выполнения работ с источниками ионизирующего излучения относится к персоналу группы Б.

Существуют методы контроля, включающие три аспекта:

- наличие адекватного оборудования;
- контроль соблюдения правил техники безопасности;
- правильное использование оборудования.

Поэтому использование излучающих источников и установок, генерирующих ионизирующее излучение, регламентировано требованиями государственных стандартов и технической документацией.

По правилам радиационной безопасности компьютерные томографы должны отвечать требованиям, указанным в ГОСТ 26140-84 [24]:

- К работе по эксплуатации рентгеновского компьютерного томографа (далее КТ) допускаются лица не менее 18 лет, которые имеют

профессиональное образование, прошли вставной инструктаж и ежегодное диспансерное медицинское обследование.

– Техническое обслуживание КТ (профилактические, регламентные и ремонтные работы) совершается техническим персоналом, что имеет право на обслуживание КТ.

– Аппаратура, что входит в комплекс КТ, должна содержаться в чистоте и работоспособном состоянии.

– Не допускается загромождение помещений КТ аппаратурой и мебелью, которые не используются в работе.

– Посторонние лица могут находиться в помещении КТ только в присутствии обслуживающего персонала.

– Персоналу КТ проводится индивидуальный дозиметрический контроль. Работа без персональных дозиметров запрещена.

5.4 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях [25]:

– 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.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;

- вывешивание плакатов, указывающих место работы;

- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;

- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;

- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электропоражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей).

5.5 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [26], 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. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;

- работа с открытой электроаппаратурой;

- короткие замыкания в блоке питания;

- несоблюдение правил пожарной безопасности;

- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

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

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.

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

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;
- 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 аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112.
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Список публикаций студента

1. Исмаилова А. А. , Шкурупий М. С. , Черепенников Ю. М. Определение значений индексов Хаунсфилда объектов, изготовленных методом послойного наплавления с разными параметрами печати // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 7 т., Томск, 24-27 Апреля 2018. - Томск: ТГУ, 2018 - Т. 1. Физика - С. 150-152

2. Шкурупий М. С. , Красных А. А. , Милойчикова И. А. Исследование полимерных материалов для задач коллимации клинических электронных пучков // Функциональные материалы: разработка, исследование, применение: сборник тезисов V Всероссийского конкурса научных докладов студентов, Томск, 22-23 Мая 2018. - Томск: ТПУ, 2018 - С. 65

3. Шкурупий М.С., Гавриков Б.М., Исмаилова А.А., Красных А.А., Милойчикова И.А., Черепенников Ю.М., Стучебров С.Г. Калибровка дозиметрической пленки gafchromic EBT3 на клинических ускорителях // Актуальные вопросы фундаментальной и клинической медицины: сборник материалов конгресса молодых ученых, 24–25 мая 2018 г. - 2018 - С. 364-366

4. Шкурупий М. С. , Красных А. А. , Милойчикова И. А. , Черепенников Ю. М. , Стучебров С. Г. Изготовление тестовых образцов с заданными индексами Хаунсфилда // IX Школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сборник тезисов докладов, Томск, 17-19 Октября 2018. - Томск: Дельтаплан, 2018 - С. 102

5. Шкурупий М.С., Исмаилова А.А., Красных А.А., Милойчикова И.А., Черепенников Ю.М., Стучебров С.Г. Изготовление изделий с заданными КТ-индексами // Фундаментальная и клиническая онкология: достижения и перспективы развития: российская научно-практическая конференция, посвященная 40-летию НИИ онкологии Томского НИМЦ, Томск, 22–24 мая 2019 г. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2019. – 267 с.

Список используемых источников

1. Коростелев А. А. Современные подходы к моделированию технологии аналитической деятельности //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2013.
2. Гранов А. М., Винокуров В. Л. Лучевая терапия в онкогинекологии и онкоурологии. – СПб. : ООО" Изд-во Фолиант", 2002.
3. Климанов В. А. Дозиметрическое планирование лучевой терапии. Часть 2. Дистанционная лучевая терапия пучками заряженных частиц и нейтронов. Брахитерапия и радионуклидная терапия. Учебное пособие //М., МИФИ. – 2008.
4. Оборудование для медицины [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.doza.ru/catalog/medical/>. Дата обращения: 24.05.
5. Климанов В. А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии //М.: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». – 2011. – Т. 499.
6. Ligon SC, Liska R, Stampfl J, Gurr M, Mülhaupt R. Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing. *Chem Rev.* 2017;117(15):10212–10290. doi:10.1021/acs.chemrev.7b00074.
7. Cormode DP, Naha PC, Fayad ZA. Nanoparticle contrast agents for computed tomography: a focus on micelles. *Contrast Media Mol Imaging.* 2014;9(1):37–52. doi:10.1002/cmml.1551
8. Shah JP, Mann SD, McKinley RL, Tornai MP. Characterization of CT Hounsfield Units for 3D acquisition trajectories on a dedicated breast CT system. *J Xray Sci Technol.* 2018;26(4):535–551. doi:10.3233/XST-17350
9. Pauwels R, Jacobs R, Singer SR, Mupparapu M. CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable?. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;44(1):20140238. doi:10.1259/dmfr.20140238
10. Xu XG. An exponential growth of computational phantom research in radiation protection, imaging, and radiotherapy: a review of the fifty-year history. *Phys Med Biol.* 2014;59(18):R233–R302. doi:10.1088/0031-9155/59/18/R233

11. Borrego D, Lowe EM, Kitahara CM, Lee C. Assessment of PCXMC for patients with different body size in chest and abdominal x ray examinations: a Monte Carlo simulation study. *Phys Med Biol.* 2018;63(6):065015. Published 2018 Mar 21. doi:10.1088/1361-6560/aab13e

12. Красных А. А. , Берчук Д. Ю. , Журавлев Д. В. , Милойчикова И. А. , Черепенников Ю. М. , Стучебров С. Г. Оценка возможности изготовления материалов, пригодных для устройств быстрого прототипирования, с заданными КТ-индексами // *Ядерная физика и инжиниринг.* - 2017 - Vol. 8 - №. 1. - p. 91-95.

13. Одношнековый экструдер SJ 45/25 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://chi-line.ru/katalog-oborudovaniya/so-extruder/extruder-screen-one-sj-45-25.html>.

14. Устройство быстрого прототипирования «UP! Plus 2» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.up3d.com/up-plus-2/>.

15. Томограф Siemens SOMATOM Emotion [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dealmed.ru/tomograf_SOMATOM.html.

16. eFilm Workstation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://estore.merge.com/na/index.aspx>.

17. RadiAnt DICOM Viewer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.radiantviewer.com/ru/>.

18. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

19. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие. – М.: Энергия, 1980. – 175 с.

20. Федеральный закон от 30 июня 2006 г. N 90-ФЗ "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации, признании не

действующими на территории Российской Федерации некоторых нормативных правовых актов СССР и утратившими силу некоторых законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации"

21. ГОСТ 12.0.002-2014. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.

22. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

23. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 83 с.

24. ГОСТ 26140-84 «Аппараты рентгеновские медицинские. Общие требования безопасности».

25. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.

26. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

Приложение А

Таблица А – Календарный график-план

№ Работы	Исполнитель	Т _{кп} , дн.	февраль			март			апрель			май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
			1	Руководитель	4	■								
2	Студент	20	■	■	■									
3	Руководитель	5			■									
4	Руководитель	2				■								
	Студент	2				■								
5	Консультант	5					■							
	Студент	5					■							
6	Консультант	5					■							
	Студент	5					■							
7	Студент	17						■	■	■				
8	Студент	4							■					
9	Руководитель	2								■				
	Студент	2								■				
10	Руководитель	3									■			
	Студент	3									■			
11	Студент	6										■		

где ■ – Руководитель, ■ – Студент, ■ – Консультант.