

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Отделение электронной инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Радиографический комплекс для роторов газотурбинных двигателей

УДК 620.179.152: 621.452.3-2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Стасевский Виктор Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Костюченко Т.Г.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков А.Г.	к.и.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Нестеренко Т.Г.	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Способность совершенствовать и повышать свой интеллектуальный и общекультурный уровень и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире;
P2	Способность адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области.
P3	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P4	Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности в областях контроля качества продукции предприятий измерительной техники и точного приборостроения; приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности.
P5	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении..
P6	Умение профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и инновационные риски при их внедрении.
P7	Способность проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.
P8	Умение разрабатывать методики проведения теоретических и экспериментальных исследований по анализу, синтезу и оптимизации методов измерения контроля и диагностики, используемых в приборостроении; способность разработать и проводить оптимизацию натуральных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности и пользоваться правами на объекты интеллектуальной собственности.
P9	Умение организовывать современное метрологическое обеспечение технологических процессов производства приборных систем и разрабатывать новые методы контроля качества выпускаемой продукции и технологических процессов; решать экономические и организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.
P10	Способность проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Нестеренко Т.Г.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6В	Стасевскому Виктору Игоревичу

Тема работы:

Радиографический комплекс для роторов газотурбинных двигателей		
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 16.11.2017	№ 9068/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект исследования: радиографический комплекс для роторов газотурбинных двигателей. Проектирование элементов конструкции радиографического комплекса – платформы, планшайбы и рамы, к которым предъявляются следующие требования: - на платформе должен размещаться робот-манипулятор и поворотный стол; - планшайба должна выдерживать вес объекта исследования до 200 кг; - конструкция рамы должна обеспечивать свободное перемещение рентгеновского аппарата относительно детектора-приемника.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Разработке подлежат: - аналитический обзор по литературным источникам; - состав радиографического комплекса для роторов газотурбинных двигателей; - проектирование элементов конструкции радиографического комплекса: платформы, планшайбы и рамы; - исследование проектируемых элементов на надежность конструкции. Дополнительные разделы, подлежащие разработке: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» «Социальная ответственность». Заключение по работе.</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>3D модели разработанных элементов конструкции; Рабочий чертеж планшайбы; Рабочий чертеж корпуса для размещения детектора-приемника; Рабочий чертеж рамы.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>По менеджменту</p>	<p>Данков А.Г.</p>
<p>По социальной ответственности</p>	<p>Анищенко Ю.В</p>
<p>По английскому языку</p>	<p>Квашнина О.С.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Проектирование элементов радиографического комплекса: - Проектирование платформы; - Проектирование планшайбы; - Проектирование рамы.</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОЭИ ИШНКБ</p>	<p>Костюченко Т.Г.</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>1БМ6В</p>	<p>Стасевский В.И.</p>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6В	Стасевскому Виктору Игоревичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Потенциальные потребности и результатов исследования, анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, SWOT-анализ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Инициация проекта
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Планирование управления научно-техническим проектом, построение диаграммы Гантта, бюджет научно-технического исследования (НТИ), реестр рисков проекта
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчета интегрального показателя эффективности научного исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ	
2. Диаграмма FAST	
3. Матрица SWOT	
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	
5. Потенциальные риски	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков А.Г.	к.и.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Стасевский В.И.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6В	Стасевскому Виктору Игоревичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Объектом исследования является радиографический комплекс, предназначенный для выявления мельчайших дефектов в роторах газотурбинных двигателей. – Область применения: неразрушающий контроль.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью; – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита <ul style="list-style-type: none"> – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Производственная безопасность:</p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата от нормальных недостаточная освещенность рабочей зоны – повышенный уровень ионизирующего излучения – повышенный уровень электромагнитных излучений -перенапряжение анализаторов (зрение) <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – электрический ток
<p>2. Экологическая безопасность</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны; – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Экологическая безопасность</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);

3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – пожар
4.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные(характерные при эксплуатации объекта исследования,проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Стасевский В.И.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
 Уровень образования магистратура
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация (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)
04.10.2017 г.	Изучение литературы	25
02.11.2017 г.	Изучение патентов	10
18.12.2017г.	Макетирование радиографического комплекса	15
28.12.2017 г.	Создание 3D моделей элементов конструкции	15
10.03.2018 г.	Проведение исследований спроектированных элементов конструкции	10
21.04.2018 г.	Раздел «Финансовый менеджмент»	10
05.05.2018 г.	Раздел «Социальная ответственность»	10
15.05.2018 г.	Раздел на иностранном языке	10
10.06.2018 г.	Оформление ВКР и представление работы рецензенту	10

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Костюченко Т.Г.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Нестеренко Т.Г.	к.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 112 с, 33 рис, 24 табл., 43 источника, 6 прил.

Ключевые слова: радиографический комплекс; поворотный стол; робот-манипулятор; планшайба; рама; платформа; масс-инерционные характеристики; нагрузка; полное закрепление; конечно-элементный анализ.

Объект исследования: радиографический комплекс для роторов газотурбинных двигателей.

Цель работы – проектирование платформы, планшайбы и рамы для радиографического комплекса – конструктивных элементов для размещения робота-манипулятора, объекта контроля и рентгеновского аппарата.

В процессе работы были выполнены следующие задачи:

- Проектирование оптимальной конструкции платформы;
- Проектирование планшайбы;
- Проектирование рамы оптимальной конструкции для перемещения по ней рентгеновского аппарата;
- Выбор материалов для элементов радиографического комплекса;
- Проведение статического анализа для расчета конструкций на прочность;
- Разработка рабочих чертежей для платформы, планшайбы и рамы.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: реализована возможность сканировать крупногабаритные объекты с помощью радиографического комплекса.

Степень внедрения: выполнена по заказу АО «Объединенная двигателестроительная корпорация», г. Рыбинск.

Область применения: авиационная, космическая, автомобильная и другие отрасли промышленности для определения дефектов в изделиях разной массы и конфигурации.

Экономическая эффективность: возможность оценить эффективность и работоспособность газотурбинного двигателя на этапе проектирования.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Радиографический аппарат предназначен для превращения электроэнергии в рентгеновское излучение. Устройство рентгеновского аппарата зависит от его функции, но в целом он состоит из источника излучения, блока питания и системы управления;

Детектор ионизирующего излучения – радиационно-чувствительный элемент средств измерений, предназначенный для преобразования энергии ионизирующего излучения в другой вид энергии, удобный для регистрации и (или) измерения одной или нескольких величин, характеризующих воздействующее на детектор излучение;

T-FLEX CAD - система автоматизированного проектирования;

T-Flex Анализ - интегрированная с T-FLEX CAD среда конечно-элементных расчётов.

Статический анализ позволяет производить расчёт напряжённо-деформированного состояния конструкций под действием приложенных к системе постоянных во времени нагрузок. Учитываются напряжения, возникающие по причине температурного расширения/сжатия материала. По результатам расчета оценивается прочность конструкции, определяются наиболее уязвимые места конструкции.

В работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в ЧС. Основные положения.
2. ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В работе приведены следующие сокращения:

РК – радиографический комплекс;

ОК – объект контроля;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ЦР – цифровая радиография;

КТ – компьютерная томография;

ЦКТ – цифровая компьютерная томография;

СД – светодиоды;

ЛЛ – люминесцентная лампа;

ЧП – чрезвычайное происшествие;

ОУ – огнетушитель углекислотный;

ВДТ – видеодисплейный терминал;

ПЭВМ - персональная электронно-вычислительная машина;

ПК – персональный компьютер.

Оглавление

Введение	15
2. Радиографический комплекс для роторов газотурбинных двигателей	20
3. Формулировка задач исследования	23
4. Состав радиографического комплекса	23
4.1 Манипулятор KUKA KR 90 R2700 Pro	24
4.2 Позиционер KUKA KP1-MD250	26
4.3 Детектор- приёмник digital X-Card	27
4.4 Рентгеновский аппарат Yxlon Smart 160w	29
4.5 Модуль линейного перемещения СТМУ 2	30
5. Проектирование элементов радиографического комплекса	33
5.1. Проектирование платформы	33
5.2. Проектирование планшайбы	40
5.3. Проектирование рамы	46
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	53
6.1 Потенциальные потребители результатов исследования	53
6.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	53
6.3 Swot-анализ	55
6.4 Инициация проекта	57
6.5 Организационная структура проекта	58
6.6 Планирование управления научно-техническим проектом	58
6.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	59
6.8 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	61
6.9 Расчет основной и дополнительной заработной платы, отчислений на социальные нужды и накладные расходы	62
6.10 Реестр рисков проекта	66
7. Социальная ответственность	67
7.1 Производственная безопасность	67

7.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	69
7.4 Защита пользователей компьютерной техники	71
7.5 Переутомление анализаторов	73
7.6 Электрический ток	74
7.7 Экологическая безопасность. защита литосферы.....	75
7.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
7.9 Технические мероприятия:.....	76
7.10 Эксплуатационные мероприятия:.....	77
7.11 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	78
Заключение.....	81
Список публикаций студента.....	82
Список использованных источников	84
Приложение А. Характеристики стали 09Г2С ГОСТ 26020-83– 2005.	90
Приложение Б. Диаграмма Гантта.....	91
Приложение В. Раздел на иностранном языке	92
Приложение Г. Чертеж планшайбы	110
Приложение Д. Чертеж корпуса	112
Приложение Е. Чертеж рамы	114

Введение

Как известно, одними из наиболее механически нагруженных частей авиационного двигателя являются лопатки, используемые в составе компрессоров и турбины. Зачастую именно они определяют эксплуатационный ресурс и межремонтный период всей конструкции.

Для выявления дефектов или внутренних отклонений у роторов газотурбинных двигателей проводят неразрушающий контроль с помощью специализированных комплексов. На рынке большим спросом пользуются специализированные томографические и радиографические комплексы для неразрушающего контроля.

В Томском политехническом университете разработан радиографический комплекс для выявления мельчайших дефектов в роторах газотурбинных двигателей современных гражданских и военных самолетов.

Цель работы – проектирование платформы, планшайбы и рамы для радиографического комплекса – конструктивных элементов для размещения робота-манипулятора, объекта контроля и рентгеновского аппарата.

В процессе исследования проведён статический анализ разработанных элементов конструкции, который позволяет оценить их работоспособность при нагрузках, воздействующих на платформу, планшайбу и раму в процессе эксплуатации.

Для достижения поставленных целей были поставлены следующие задачи:

- Спроектировать оптимальную конструкцию платформы для размещения робота-манипулятора и поворотного стола. Масса стола не должна превышать 600 кг и выдерживать необходимые нагрузки при проведении радиографического исследования объекта контроля.

- Спроектировать планшайбу для установки на поворотный стол, что позволит обеспечить вращение объекта контроля вокруг вертикальной оси.

- Спроектировать раму оптимальной конструкции для перемещения по ней рентгеновского аппарата. Масса проектируемой рамы не должна превышать 14 кг.

- Разработать рабочие чертежи для платформы, планшайбы и рамы для радиографического комплекса.

Объектом исследования является радиографический комплекс.

1. Обзор литературы

В российской научной литературе компьютерная томография имеет более корректное наименование – рентгеновская вычислительная томография [1]. Существует значительное количество различных реализаций систем цифровой радиографии (ЦР) и компьютерной томографии (КТ).

ЦР и КТ используются на стадиях изготовления в промышленных отраслях, в медицинских исследованиях, а также в рентгенографических комплексах и обеспечивают безопасность пассажирских и грузовых перевозок [2–9].

В статье «Рентгенографический комплекс «Полискан-3» для контроля содержимого морских контейнеров и большегрузных автомобилей» [10] авторы описывают рентгенографический бесконтактный контроль для большегрузных автомобилей и морских контейнеров. Исследователи рассматривают инспекционный досмотровый комплекс, состоящий из двух ускорительных установок, каждая из которых имеет источник рентгеновского излучения с локальной биозащитой, и двух детекторных систем, обрабатывающих результаты просвечивания.

В статье «Современное состояние и перспективы развития систем цифровой радиографии для досмотрового контроля объектов» [11] авторы рассматривают применение методов ЦР и КТ в инспекционно-досмотровом контроле. Также в работе отмечены наиболее перспективные методы дальнейших исследований.

Авторы статьи «Цифровая радиография в дефектоскопии» отмечают, что неразрушающие методы контроля системы ЦР становятся с каждым днём все более востребованы. Специалисты утверждают, что классическая радиография постепенно теряет свою востребованность. Для реализации радиационного метода разрабатываются новые технические решения [12].

В настоящее время существует множество ЦР, и потребителю зачастую трудно определиться с выбором. В контексте данной проблемы важно отметить статью «О критериях сравнения различных модификаций методов цифровой

радиографии», авторы которой создали критерии для сравнения различных модификаций методов и различных систем ЦР [13].

Авторы статьи «Современное состояние и перспективы развития рентгеновской вычислительной томографии» представили достаточно полный и актуальный обзор современных и перспективных систем КТ, которые применяются для детекторов рентгеновского излучения (РИ) [14].

Все существующие виды промышленных томографов и микротомографов были проанализированы авторами статьи «Достижения и проблемы промышленной рентгеновской томографии» [15].

Авторы статьи «Микрофокусные рентгеновские аппараты для промышленной дефектоскопии» [16] рассмотрели преимущество данных аппаратов применительно к наиболее широко используемому сейчас в дефектоскопии методу радиографии.

Применение компьютерной томографии в промышленности быстро растет. В статье [17] авторами проведен краткий обзор рынка компьютерной томографии, представлен обзор современных технологий и технологий, охватывающих типы систем КТ, возможности сканирования и технологические достижения. В статье содержится обзор примеров применения в обрабатывающей промышленности других отраслях промышленности, например, электрических и электронных устройств, неоднородных материалов и пищевой промышленности.

Авторами статьи [18] проведен анализ рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) и КТ для сравнения качества полученного изображения при сканировании детали.

В авторе статьи «Использование структурно-энергетической теории отказов при оценке надежности и прогнозировании долговечности рабочих лопаток авиационного двигателя» [19] описаны результаты испытаний рабочих лопаток турбины первой, второй и третьей ступени. Для выявления слабых мест у лопаток проводились разрушающие испытания на вибрационных стендах. Для выявления дефектов в лопатках автор провел НК с помощью ПКТ.

В авиационной промышленности КТ используется для определения геометрии литых турбинных лопаток, для проверки изделий на качество сварных соединений, разрушения материала, пустот, и др. КТ позволяет делать качественные 3D-изображения объектов, где можно увидеть скрытую информацию о деталях, например, обнаружить микротрещины или деформации [20].

Сегодня КТ, ПКТ и ЦР – эффективные инструменты отработки технологии, которые служат для повышения надежности ответственных изделий инновационных отраслей передовых стран мира. Конкурентоспособность промышленной КТ обусловлена тем, что традиционные методы и средства НК не позволяют исследовать сложную структуру ответственных деталей и сборок, имеющих критическое значение для обеспечения автомобильных, аэрокосмических, энергетических и оборонных систем [21].

2. Радиграфический комплекс для роторов газотурбинных двигателей

В Инженерной школе неразрушающего контроля и безопасности был разработан радиграфический комплекс для АО «Объединенная двигателестроительная корпорация», г. Рыбинск.

Комплекс состоит из робота-манипулятора, рентгеновского аппарата, линейного приемника излучения и вращающегося стола, на котором размещаются объекты контроля. На рисунке 1 представлен радиграфический комплекс.

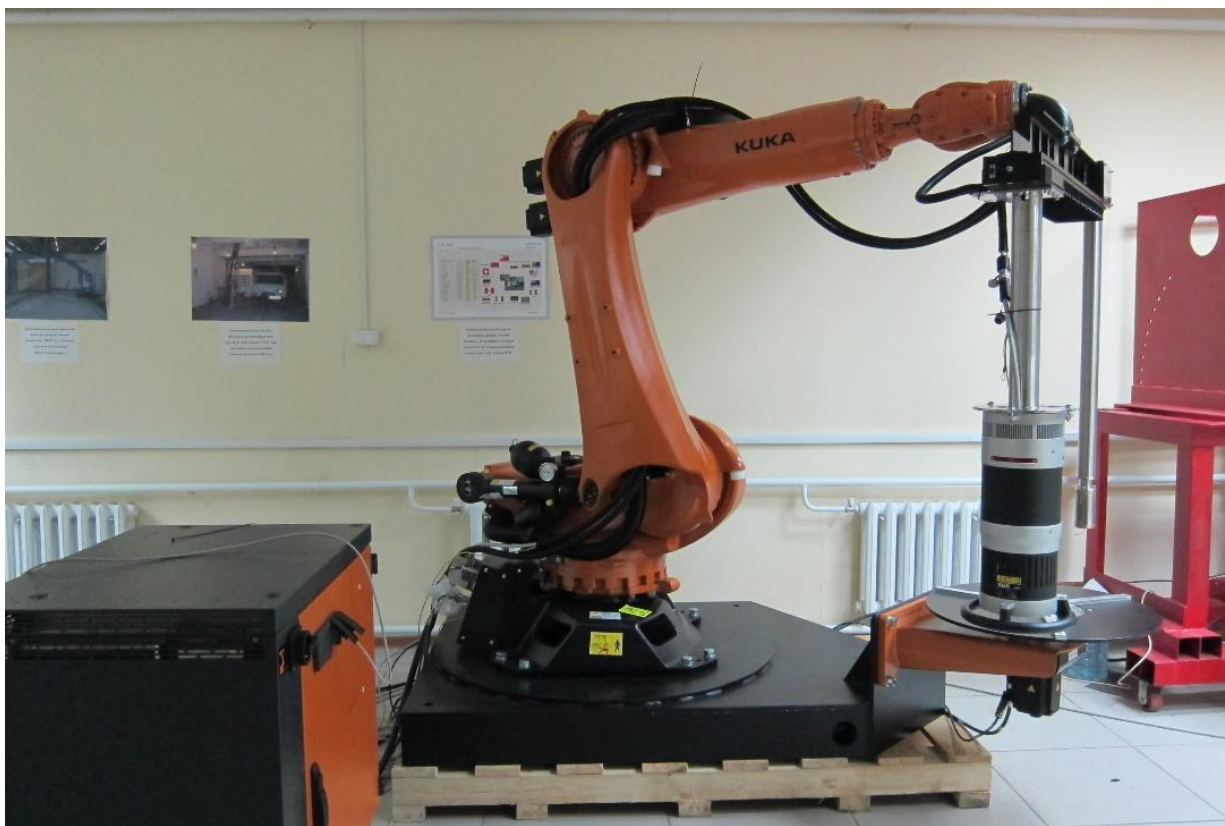


Рисунок 1 – Радиграфический комплекс

Таблица 2.1 – Характеристики радиграфического комплекса:

Характеристики	Значение
Максимальные размеры контролируемого образца (диаметр, высота), мм	700×1000
Минимальные размеры контролируемого образца (диаметр, высота), мм	200×150
Максимальная масса контролируемого образца, кг	200

Минимальный шаг углового перемещения объекта, град	0,001
Контролируемая толщина металла (по стали), мм	15
Контрастная чувствительность, не хуже	2%
Пространственная разрешающая способность (пар линий на мм)	5
Габаритные размеры комплекса (Ширина, глубина, высота), мм	2000×1400×2000
Масса (кг), не более:	2000
Напряжение питания комплексов от сети переменного тока, В	380±10%
Мощность, потребляемая комплексом от сети переменного тока, кВт, не более:	15
Время наработки на отказ, ч, не менее	6000
Средний срок службы, лет	10

Ротор газотурбинного двигателя, являющийся объектом контроля, размещается на поворотном столе, приемник излучения помещается внутрь ротора, а рентгеновский аппарат остается снаружи. Рентгеновские лучи просвечивают ротор, в результате этого сканирования специалисты получают в цифровом виде картину сварного шва в высоком разрешении, на которой видны даже очень мелкие дефекты размером до 100 микрон. На рисунке 2 представлена схема просвечивания роторного диска.

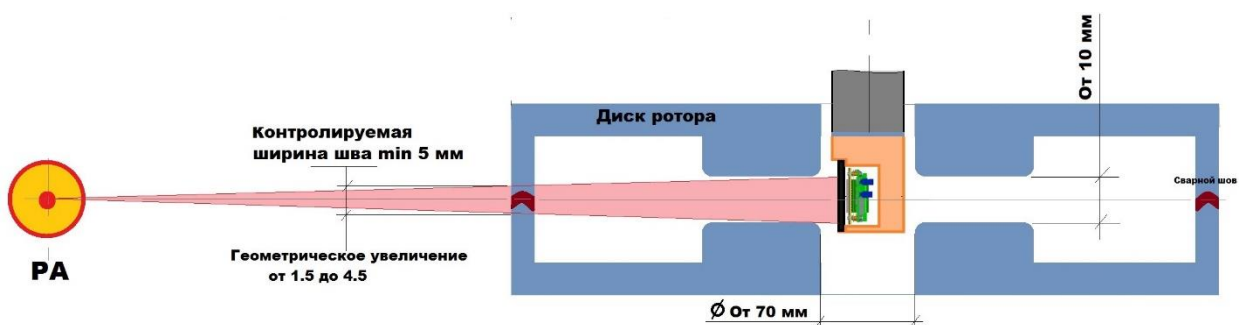


Рисунок 2 – Принципиальная схема просвечивания

Радиографический комплекс можно использовать не только для контроля роторов газотурбинных двигателей, он универсален. Его можно применять для определения дефектов изделий разной массы и конфигурации, выполненных из

различных материалов – от металлов до полимеров. Контроль качества продукции без разрушения готовых изделий и без остановки производственного процесса необходим в авиационной, космической, автомобильной и других отраслях промышленности.

3.Формулировка задач исследования

Целью работы является проектирование платформы, планшайбы и рамы для радиографического комплекса – конструктивных элементов для размещения робота-манипулятора, объекта контроля и рентгеновского аппарата. Конструкция каждого элемента должна быть оптимальной с конструктивной точки зрения и выдерживать механические нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации.

Для достижения заявленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Спроектировать оптимальную конструкцию платформы для размещения робота-манипулятора и поворотного стола. Масса стола не должна превышать 600 кг и выдерживать необходимые нагрузки при проведении радиографического исследования объекта контроля.

- Спроектировать планшайбу для установки на поворотный стол, что позволит обеспечить вращение объекта контроля вокруг вертикальной оси.

- Спроектировать раму оптимальной конструкции для перемещения по ней рентгеновского аппарата. Масса проектируемой рамы не должна превышать 14 кг.

- Разработать рабочие чертежи для платформы, планшайбы и рамы для радиографического комплекса.

- Провести прочностной анализ разрабатываемых элементов радиографического комплекса в модуле T-Flex Анализ для выявления критических мест с целью проверки принятых конструкторских решений на условие прочности.

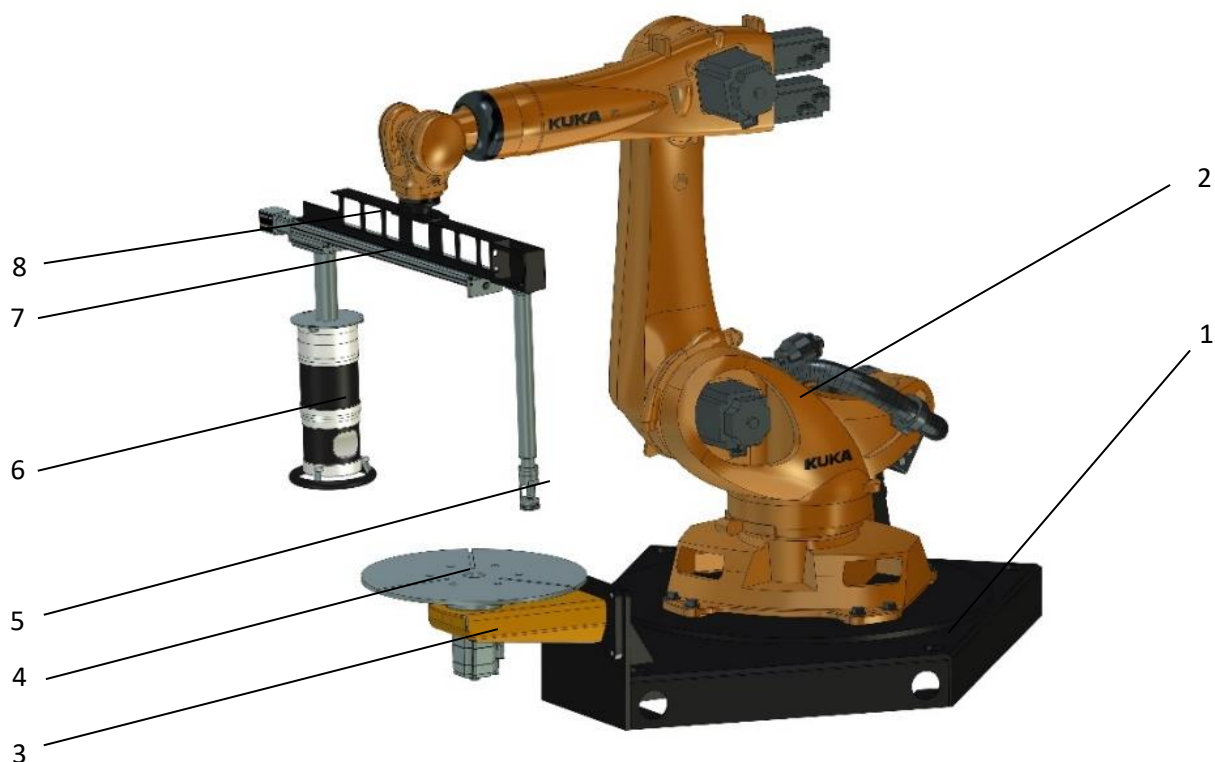


Рисунок 3 – 3D-модель радиографического комплекса

1 – платформа; 2 - манипулятор KUKA KR 90 R2700 Pro; 3 – позиционер KUKA KP1-MD250; 4 – планшайба; 5 – детектор-приёмник digital x-card ; 6 – рентгеновский аппарат серии YXLON SMART 160 W; 7 – модуль линейного перемещения СТМУ-2; 8 – рама.

4.1 Манипулятор KUKA KR 90 R2700 Pro

Робот-манипулятор KUKA – это производственный инструмент, который способен поднимать малые, средние и большие тяжеловесные грузы.

Роботы KUKA с большой грузоподъемностью объединены в серию KR QUANTEC, которая является самой многочисленной и разнообразной по функциональному наполнению среди аналогичных серий других производителей. Для работы был выбран манипулятор KUKA KR 90 R2700 серии Pro.

Серия Pro имеет повышенную прочность, широкий радиус, высокую точность руки и большую мощность моделей. Все это обеспечивает стабильную работу даже при самых высоких нагрузках. Компактное тело робота без выпирающих контуров дает возможность экономить производственные площади и создавать ячейки узкого диапазона при высокой грузоподъемности.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того чтобы узнать потенциальных потребителей результатов исследования необходимо проанализировать целевой рынок и выполнить его сегментирование.

Целевой рынок – подразумевает под собой сегменты рынка, на котором будет осуществляться продажа разработки в будущем. В свою очередь, сегментом рынка является выделенная особым образом часть рынка, а также группы потребителей, которые обладают общими определенными признаками.

Целевым рынком является ниша, занимающаяся разработкой систем детектирования для цифровой радиографии, рентгеновской вычислительной томографии и рентгеновской абсорбционной толщинометрией.

6.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Данный анализ необходим для того чтобы детально оценить предполагаемые конкурирующие разработки, которые уже существуют на рынке, внести коррективы и усовершенствовать разработки для успешного обеспечения конкуренции.

Анализ конкурирующих разработок с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

По пятибалльной шкале экспертным путем необходимо оценить по каждому показателю позиции разработки и конкурентоспособности, где 5 – наиболее сильная, а 1 – наиболее слабая позиция.

Для составления оценочной карты сравнения конкурентных технических решений были выбраны следующие существующие на данный момент и

конкурирующие между собой технические решения: 1 – имитационная модель регистрации взаимодействия рентгеновского излучения с веществом; 2 – Geant4; 3 – ЭРА-М

Анализ конкурентоспособности технических решений определялся по формуле 1:

$$K = \sum V_j B_j \quad (6.1)$$

где K - конкурентоспособность научной разработки; VJ - вес показателя; BJ – балл показателя.

Оценочная карта приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₁	Б ₂	Б ₃	К ₁	К ₂	К ₃
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэффективность	0,04	3	4	2	0,12	0,16	0,08
2. Надежность	0,2	3	4	3	0,6	0,8	0,6
3. Унифицированность	0,02	2	3	3	0,04	0,06	0,06
4. Безопасность	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
5. Потребность в ресурсах памяти	0,02	4	3	4	0,08	0,06	0,08
6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	3	4	3	0,09	0,12	0,09
7. Простота эксплуатации	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
8. Ремонтпригодность	0,03	2	3	2	0,06	0,09	0,06
9. Помехоустойчивость	0,03	2	4	3	0,06	0,12	0,09
10. Чувствительность	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
11. Достоверность	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
12. Производительность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
13. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
Экономические критерии оценки эффективности							

14. Конкурентоспособность продукта	0,01	3	3	3	0,03	0,03	0,03
15. Цена	0,04	2	2	2	0,08	0,08	0,08
16. Послепродажное обслуживание	0,01	3	3	3	0,03	0,03	0,03
17. Финансовая эффективность научной разработки	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
18. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	2	3	2	0,06	0,09	0,06
Итого	1	51	59	53	2,97	3,46	3,08

После сравнения указанных критериев научных разработок можно сделать вывод, что на данный момент времени более перспективным и ресурсоэффективным является второй тип установок. Основным достоинством данного типа установок служит повышенный уровень помехоустойчивости, более высокий уровень надежности, энергоэффективности и функциональной мощности.

6.3 Swot-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяемый для анализа внутренней и внешней среды проекта, состоящий из нескольких этапов.

Первый этап – включает в себя описание слабых и сильных сторон проекта, установление возможностей и угроз, необходимых для реализации проекта, которые появились или могут появиться в его внешней среде. Первый этап SWOT – анализа представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Комплексный анализ научно-исследовательского проекта

Характеристика	Описание
Сильные стороны	С1.Высокое быстродействие. С2.Возможность адаптации с учетом изменения условий. С3.Использование отечественных баз данныхпо ослаблению гамма излучения.
Слабые стороны	Сл1.Требует обработки полученных данных. Сл2.Требует технических доработок.

	Сл3. Материальные затраты для экспериментальной части.
Возможности	В1. Использование для оценки поглощенной космической энергии рентгеновского диапазона. В2. Расчет долговечности радио – электронной аппаратуры спутниковых и космических кораблей. В3. Оценка поглощенной энергии и ее распределения в биологических объектах.
Угрозы	У1. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства. У2. Методы моделирования постоянно совершенствуются. У3. Разработки имитационных моделей со стороны конкурентов.

Второй этап – выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Каждый фактор помечен либо знаком «+» (сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». В рамках данного этапа построена интерактивная матрица проекта, приведенная в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны			Слабые стороны		
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	В1	+	+	+	+	+	-
	В2	+	+	+	+	+	+
	В3	+	+	+	-	+	0
Угрозы проекта	У1	-	-	-	+	+	+
	У2	+	-	0	+	+	+
	У3	+	-	-	+	+	-

Данная матрица помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей SWOT-анализа, выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Третий этап – подразумевает под собой составление итоговой матрицы SWOT– анализа. Результаты данного этапа представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – SWOT – анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
Возможности и проекта	Благодаря разработки имитационной модели можно рассчитать срок службы аппаратуры в космосе, а так использовать ее для лечения людей.	Требуется усовершенствование модели для повышения производительности модели, точности полученных данных, чтобы соответствовать материальным затратам.
Угрозы проект	Несвоевременное финансовое обеспечение научного проекта ведет к приостановке разработки модели	Несвоевременное финансирование проекта ведет к приостановке модернизации имитационной модели, и как следствие приостановке разработки модели.

6.4 Инициация проекта

Целью проекта является разработка методик выбора и оценки параметров и характеристик, внесение предложений по улучшению технической составляющей высокоэнергетических инспекционных досмотровых комплексов с функцией идентификации веществ объектов контроля и их фрагментов методом дуальных энергий.

Ожидаемые результаты проекта – расширение функциональных возможностей комплекса, увеличение производительности радиографического комплекса, улучшение качества полученных цифровых изображений.

Заинтересованные стороны проекта представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Российско-китайская научная лаборатория радиационного контроля и досмотра	Разработка радиографического комплекса для роторов газотурбинных двигателей

6.5 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта раскрывает состав рабочей группы данного проекта, позволяет в полной мере оценить роль всех участников в проекте, а также прописать функции, которые выполнялись каждым из участников и величину трудозатрат в проекте.

Организационная структура показывает рабочую группу данного проекта, роль каждого участника, а также функции, выполняемые участниками, их трудозатраты в проекте. Рабочая группа проекта представлена в таблице 6.6.

Таблица 6.6. – Организационная структура проекта

Ф.И.О., должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
Стасевский В.И. Магистрант отделения электронной инженерии ШНКБ	Исполнитель	Выполнение запланированных по проекту работ	930
Костюченко Т.Г. к.т.н., доцент отделения электронной инженерии ИШНКБ	Руководитель	Консультирование по экспериментальной деятельности исполнителя	270
Итого			1200

6.6 Планирование управления научно-техническим проектом

Планирование работ представляет собой графическое представление определенного комплекса работ с помощью сетевых или линейных методов, которые дают представление о последовательности, взаимосвязи и длительности конкретных работ. Поскольку данная работа имеет малый штат исполнителей и проводится с малыми затратами, целесообразно применить систему линейного планирования с построением линейного графика.

Планирование научно-исследовательской работы заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной цели, определение сроков их выполнения, а также исполнителей, с последующим построением линейного графика проведения научных исследований.

В разработке имитационной модели регистрации рентгеновского излучения принимали участие следующие исполнители:

1. Научный руководитель

2. Магистрант

Работа включала в себя три основных этапа: подготовительный, основной и заключительный. Основной этап содержит работы по разработке будущей методики, ее созданию, а также внедрению. Подробный перечень этапов, работ и распределение исполнителей приведен в таблице 6.7.

Трудоемкость разработки у исполнителя составила 218 дней, у руководителя – 118 дней.

Диаграмма Гантта, используется для наглядности линейного календарного плана проекта, в котором все проектные работы представлены протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и окончания выполнения работ по проекту представлена в Приложении А.

6.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета 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:

материальные затраты НТИ;

затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

основная заработная плата исполнителей темы;

дополнительная заработная плата исполнителей темы;

отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

накладные расходы.

Таблица 6.7 – Перечень этапов, работ и исполнителей научно- исследовательской работы

№	Наименование работ	Срок выполнения	Длительность, дни	Участники
1	Принятие решения о разработке, постановка цели и задач.	02.11.2016	4	Руководитель, Исполнитель
2	Составление и утверждение технического задания.	10.11.2016	18	Руководитель
3	Анализ научно-технической документации, патентный обзор, литературный обзор	01.12.2016	24	Исполнитель
4	Изучение моделирования методом Монте -Карло	10.01.2017	28	Исполнитель
5	Получение навыков работы с программой Forge 2.0	10.03.2017	16	Исполнитель
6	Анализ существующих разработок	08.04.2017	10	Руководитель, Исполнитель
7	Разработка алгоритма моделирования переноса излучения в сцинтилляторе	20.05.2017	32	Руководитель, Исполнитель
8	Разработка имитационной модели регистрации рентгеновского излучения	14.09.2017	22	Руководитель, Исполнитель
9	Разработка рекомендаций по выбору параметров и характеристик разработки	05.10.2017	18	Руководитель, Исполнитель
10	Анализ полученных данных и корректировка алгоритмов	17.11.2017	14	Руководитель, Исполнитель
11	Написание диссертации	20.03.2018	50	Исполнитель

В таблице 6.8 приведена информация о затратах на покупку всех видов материалов, комплектующих и полуфабрикатов, необходимых для проведения исследований с указанием потребного количества, цены за единицу и общей суммы.

Таблица 6.8 – Материалы необходимые для проведения исследований

Наименование	Размерность	Кол-во	Цена за единицу,руб.	Сумма, руб.
Шариковая ручка	шт	2	56	112
Бумага формата А4	уп	1	240	240
Всего за материалы				352
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				17,6
Итого по статье C_m				369,6

6.8 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В таблицу 6.9 сведена информация о затратах, связанных с приобретением, изготовлением, арендой специального оборудования, необходимого для проведения экспериментальных работ, а также об амортизационных отчислениях специальных приборов и устройств, имеющихся в научно-технической организации, занимающейся проектом.

При выполнении экспериментальных работ по данному проекту использовалось имеющееся в научно-технической организации оборудование. Начисление амортизации выполняется только на оборудование стоимостью более 100 000 рублей.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сведено в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Расчет затрат на спецоборудование для научных работ

6.9 Расчет основной и дополнительной заработной платы, отчислений на социальные нужды и накладные расходы

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Персональный компьютер	1	200 000	230 000
Итого		1	200 000	230 000

6.9 Расчет основной и дополнительной заработной платы, отчислений на социальные нужды и накладные расходы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Основная заработная плата включает в себя премию, выплачиваемую ежемесячно из фонда заработной платы. Расчет основной заработной платы сведен в таблицу 6.10.

Таблица 6.10 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по категориям	Должность	Трудо-емкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Руководитель	в.н.с., к.т.н.	112	1521,30	23718,51
2	Исполнитель	м.н.с	216	634,58	9893,56

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (6.2)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле: $Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} + T_{\text{раб}}$ (6.3)

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (6.4)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (при 5-дневной рабочей недели составляет 227 дней, при 6-дневной – 247 дней).

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (Z_{\text{б}} + Z_{\text{б}}) \cdot T_{\text{раб}} \quad (6.5)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы с учетом коэффициентов за весь проектный период сведен в таблицу 6.11.

Исполнители	$Z_{б}$, руб.	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23718,51	1,3	30834,10	1521,30	112	170385,60
Исполнитель	9893,56	1,3	12861,63	634,58	216	137069,30
Итого						307454,90

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10 – 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле 6:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (6.6)$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Коэффициент дополнительной заработной платы $k_{доп} = 0,15$ который исходит из 15% от основной заработной платы. В таблице 6.12 приведена величина основной и дополнительной заработной платы за весь проектный период.

Таблица 6.12 – Заработная плата исполнителей за весь проектный период

Заработная плата за проектный период	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата, руб.	170385,60	137069,30
Дополнительная зарплата, руб.	25557,85	20560,40
Зарплата, руб.	195943,45	157629,70
Итого по статье $C_{зп}$	353573,5	

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (6.7)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (составляет 22% – пенсионный фонд РФ, 2,9% – фонд социального страхования РФ, 5,1% – федеральный фонд обязательного медицинского страхования РФ)

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 353573,15 = 106071,95 \text{ руб}$$

Накладные расходы включают в себя затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Накладные расходы составляют 80 – 100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (6.8)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot 353573,15 = 282858,52 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по статьям затрат составлена калькуляция плановой себестоимости научно-технического исследования (таблица 6.13).

Таблица 6.13 – Группировка затрат по статьям

Наименование статьи	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	369,6
Специальное оборудование для экспериментальных работ	230000
Основная заработная плата	307454,90
Дополнительная заработная плата	46118,25
Отчисления на социальные нужды	106071,95
Накладные расходы	282858,52
Итого плановая себестоимость	970900,22

6.10 Реестр рисков проекта

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

При рассмотрении рисков проекта уровень риска (высокий, средний, низкий) зависит от вероятного его наступления и степени влияния на проект. Риски с высокой степенью влияния и наибольшей вероятностью наступления относятся к рискам высокого уровня, риски с низкой степенью влияния и наименьшей вероятностью наступления – к рискам низкого уровня [33]

Реестр рисков по данному проекту представлен в таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Реестр рисков по проекту

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1–5)	Влияние риска (1–5)	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
Внеплановое отключение электроэнергии	Несохранение экспериментальных данных	1	3	средний	Автосохранение получаемых данных	Чрезвычайная ситуация
Неисправность оборудования	Невозможность проведения исследований	2	5	высокий	Наличие запасных деталей для незамедлительного ремонта	Несвоевременный мониторинг оборудования
Отсутствие финансирования	Срыв графика исследований	3	5	высокий	Наличие запаса необходимых материалов	Подвижность рыночной конъюнктуры
Заболевание исполнителя	Срыв графика исследований	2	4	Высокий	Планирование работ с запасом времени по графику	Своевременная профилактика заболевания

						ий
Отсутствие информативности в полученных данных	Срыв графика исследований	2	4	высокий	Возможность использования полученных данных в других разработках	Некорректно поставленные задачи исследования

7. Социальная ответственность

Тема моей магистерской диссертации - радиографический комплекс для роторов газотурбинных двигателей. Раздел посвящен Социальной ответственности.

Для разработки системы позиционирования радиографического комплекса требуется обеспечить правильное расположение объекта контроля относительно источника излучения и детектора-приемника. Для сканирования крупногабаритных объектов (массой до 250 кг) предлагается вариант перемещения рамы с помощью промышленной роботизированной руки «KUKA».

Для исследований необходимо провести ряд испытаний в соответствующей лаборатории. Результаты измерений сводятся в таблицы и схемы, подвергаясь обработке и сравнению. В данном разделе рассмотрены только те возможные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть во время проведения исследования в лабораторной комнате.

7.1 Производственная безопасность

В данном разделе описываете вредные и опасные факторы при эксплуатации радиографического комплекса.

Согласно ГОСТ 12.0.001-82 [33] опасные и вредные производственные факторы по природе происхождения принято разделять на химические, физические, психофизиологические и биологические.

В процессе эксплуатации радиографического комплекса могут возникать опасные и производственные факторы, которые оказывают физическое и психофизиологическое воздействие. Факторы характерные для производственной среды приведены в таблице 1.

Таблица 7.1 – Опасные и вредные факторы при эксплуатации радиографического комплекса

Источник фактора	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Эксплуатация радиографического комплекса.	1.Отклонение показателей микроклимата от нормальных 2.Недостаточная освещенность рабочей зоны 3.Повышенный уровень электромагнитных излучений 4.Перенапряжение анализаторов (зрение)	Электрический ток	СанПиН 2.2.4.548–96 СНиП 23-05-95* СП 52.13330.2011 ГОСТ Р12.1.019-2009 ГОСТ12.1.030-81 НРБ99/2009 ГОСТ Р 50923-96 ППБ 01-03

Отклонение показателей микроклимата от нормальных

Для формирования благоприятных рабочих условий, которые соответствуют физиологическим потребностям организма, существующие санитарные правила и нормы устанавливают допустимые и оптимальные метеорологические условия в рабочей зоне помещения.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [34] выполняемые работы относились к Па классу тяжести, т.е. работы, которые связаны с постоянной ходьбой,

перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие незначительного физического напряжения. Энергозатраты находятся в интервале от 175 до 232 Вт.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливаются оптимальные нормы параметров микроклимата в зависимости от периода года и категории выполняемых работ по уровням энергозатрат, которые представлены в таблице 2.

Таблица 7.2 Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, С°	Температура поверхностей, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па(175-232)	19-21	19-23	60-40	0,2
Теплый	Па(175-232)	20-22	19-23		

7.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение – процесс получения, распределения и использования световой энергии, обеспечивающий благоприятные условия видения объектов и предметов. Освещенность рабочего места влияет на самочувствие и настроение человека, определяет эффективность его труда.

Использование рационального освещения помещений и рабочих мест, является одним из важнейших условий создания безопасных и благоприятных условий труда.

Во время регистрации рентгеновского излучения в помещении использовалось только искусственное освещение. Нерациональное освещение может стать одной из причин травматизма: слепящие источники света и блики от них, плохо освещенные опасные зоны, резкие тени ухудшают видимость настолько, что могут вызвать полную потерю ориентации работающих. Как следствие, при неудовлетворительном уровне освещения резко снижается производительность труда, точность и правильность проведения процедуры досмотрового контроля.

Правильно организованное и спроектированное освещение повышает возможность нормальной производственной деятельности.

Согласно СНиП 23-05-95* (СП 52.13330.2011) [35] все зрительные работы подразделяются на 8 разрядов в зависимости от условий зрительной работы и размера объекта различения. Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии со СНиП 23-05-95* (СП 52.13330.2011).

Во время регистрации рентгеновского излучения производились зрительные работы, относящиеся к 2 разряду – очень высокая точность; наименьший размер объекта 0,15-0,30; подразряд работы – в; контраст объекта различения с фоном – средний; характеристика фона – средний.

Нормы по освещению рабочего места установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 [36]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещённость поверхности экрана не должна быть не менее 300 лк и не более 500 лк.

Для создания необходимой освещенности при системе общего освещения необходимо применение источников света ЛЛ типа: ЛТБЦЦ, ЛДЦ, СД.

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют в соответствии с ГОСТ 12.1.002–84 [37]. Стандарт устанавливает предельно допустимые уровни напряженности электрического поля частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 ч допускается при напряженности, не превышающей 5 кВ/м.

Допустимое время пребывания (ч) в электрическом поле напряженностью от 5 до 20 кВ/м включительно вычисляется по формуле

$$T=(50/E)^{-2}$$

где E – напряженность воздействующего электрического поля в контролирующей зоне, кВ/м.

Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью $20 \div 25$ кВ/м продолжается не более 10 мин. Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля устанавливается равным 25 кВ/м. Пребывание в электрическом поле напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

К средствам защиты от электрического поля промышленной частоты относятся:

стационарные и переносные заземленные экранирующие устройства (козырьки, навесы, щиты или перегородки из металлических канатов, прутков, сеток);

средства индивидуальной защиты (защитный костюм, комбинезон, экранирующий головной убор, специальная обувь); составные элементы индивидуального комплекта объединяются в единую электрическую цепь и через обувь или с помощью специального проводника со струбциной обеспечивают качественное заземление.

7.4 Защита пользователей компьютерной техники

Рабочее место пользователя персонального компьютера – место, где работник должен находиться в связи с исполнением своих должностных обязанностей, предусматривающих использование персонального компьютера.

Использование ЭВМ имеет и положительные, и отрицательные стороны. Обеспечение повышения производительности за счет постоянного совершенствования технологического процесса – это плюс; повышенный уровень нагрузки на работающих, который связан с интенсификацией производственной деятельности и специфическими условиями труда – это минус.

ПЭВМ являются источниками широкополостных электромагнитных излучений:

- ультрафиолетового 200-400 нм;

- видимого 400-750 нм;
- ближнего ИК 750-2000 нм;
- радиочастотного диапазона 3кГц;
- электростатических полей.

Таблица 7.3 Предельно-допустимые нормы ЭМП

Нормируемый параметр	ПДУ
Напряженность электрического поля на расстоянии 50 см от монитора в диапазоне частот: 5 Гц –2 кГц 2кГц– 400 кГц	25 В/м 2,5 В/м
Плотность потока магнитной индукции на расстоянии 50 см от монитора в диапазоне частот: 5 Гц –2 кГц 2кГц– 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Эквивалентный поверхностный электростатический потенциал экрана монитора	500 В

Предъявляются следующие технические требования к персональным компьютерам на производстве и в лабораторных условиях:

- для электропитания компьютеров должна быть смонтирована отдельная сеть электроснабжения;
- не допускается использование оборудования без подключения к защитному заземлению, если такое подключение предусмотрено конструкцией оборудования.
- не допускается использование оборудования с открытыми корпусами, если это не является основным режимом работы оборудования.
- электрические розетки системы электропитания должны располагаться таким образом, чтобы кабели электропитания оборудования, расположенного на рабочем месте, не пересекали рабочее место (были направлены от места расположения пользователя).

Режим труда и отдыха при работе с ПЭВМ и ВДТ должен организовываться в зависимости от вида и категории деятельности. Виды деятельности подразделяются на следующие группы:

- группа А - работа по считыванию информации с ВДТ или ПЭВМ с предварительным запросом;
- группа Б - работа по вводу информации;
- группа В - творческая работа в режиме диалога.

Для специалистов, проводящих досмотровый контроль с применением инспекционного досмотрового комплекса с функцией идентификации веществ в помещении с персональными компьютерами, продолжительность работы не должна превышать 6 часов в день.

При 12-ти часовой рабочей смене регламентированные перерывы должны устанавливаться в первые 8 часов работы аналогично перерывам при 8-ми часовой рабочей смене, а в течение последних 4 часов работы, независимо от категории и вида работ, каждый час продолжительностью 15 минут.

7.5 Переутомление анализаторов

Ранее было установлено, что работы связанные с разработкой имитационной модели регистрации рентгеновского излучения относятся к работам с очень высокой точностью (2 разряд зрительных работ). Как следствие, при работе с данными необходима предельная концентрация и фокусировка внимания к мелким деталям. Немаловажную роль в переутомлении анализаторов играет постоянное искусственное освещение, долгая, непрерывная работа на компьютере.

Указанные виды деятельности неизбежно приводят к состоянию, которое влечет за собой так называемый «синдром усталости глаз», который может проявляться следующими симптомами:

- боль в глазах;
- покраснение и раздражение белка;

- сухость и резь, ощущение «песка в глазах»;
- головные боли, повышение артериального и внутриглазного давления;
- невозможность сконцентрировать взгляд на определенном объекте;
- расплывчатость и затуманенность мелких деталей, букв, цифр;
- повышенное слезотечение;

Проявление данных симптомов влечет за собой следующие последствия:

- понижение работоспособности;
- возрастает вероятность пропуска важных деталей;
- рассеянное внимание;
- не сосредоточенность.

Для профилактики необходима правильная организация рабочего места и пространства, регулярно проветривать помещение, контроль за освещением помещения и рабочего места, обязательно чередовать работу и отдых через определенные интервалы времени. При сильной усталости глаз проводить гимнастику для глаз [38].

7.6 Электрический ток

Защитное заземление является одной из наиболее часто встречающихся мер защиты людей от поражения электрическим током. Оно предназначено для снижения до малых величин шагового напряжения и напряжения

прикосновения. Защитное заземление это – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Искусственное заземляющее устройство состоит из вертикальных электродов и горизонтально расположенной соединительной полосы[38].

Питающее напряжение в помещении для досмотрового контроля с применением инспекционного досмотрового комплекса с функцией идентификации веществ является напряжением равное 220-380 В.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

- недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения;
- защитное заземление, зануление или отключение;
- вывешивание предупреждающих надписей;
- контроль за состоянием изоляции электрических установок.

В помещении где, проводилась разработка имитационной модели регистрации рентгеновского излучения применяется защитное заземление, контроль за состоянием изоляции.

7.7 Экологическая безопасность. защита литосферы.

Защита окружающей среды – это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия отходов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Из средств неразрушающего контроля определенным воздействием на окружающую среду обладают рентгеновские аппараты и детекторы ионизирующего излучения, которые обладают повышенной радиацией.

В целях охраны окружающей среды необходимо данные отходы соответственно утилизировать. Рентгеновские аппараты сдаются в специальные хранилища, а детекторы ионизирующего излучения либо подвергаются химической переработке, либо также сдаются в хранилище. Утилизировать данные отходы могут только организации, имеющие на это соответствующую лицензию[39].

7.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Одной из наиболее вероятной ЧС может быть пожар. Пожар – это неконтролируемое горение вне очага, наносящее материальный ущерб.

Пожарная безопасность обеспечивается мерами противопожарной профилактики, направленной на исключение возникновения и поддержания условий горения, и включает комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара, ограничение распространения огня, защиты людей и тушения пожара.

В целях снижения пожарной опасности проводятся технические, эксплуатационные, организационные и режимные мероприятия.

Здание, в котором проводились работы, по пожарной безопасности относится к категории В, согласно техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности (123-ФЗ от 22 июля 2008 г.)[40].

Основным источником возгорания в лаборатории могут быть неисправности электрооборудования и электропроводки (короткое замыкание; токовые перегрузки; искрение контактов, возникновение электрической дуги; неосторожное обращение с огнем).

Предотвращение этого обеспечивается соответствующим конструктивным исполнением, эксплуатацией и содержанием электрооборудования.

7.9 Технические мероприятия:

- содержание помещения в чистоте, своевременная уборка мусора;
- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации; уходящий из помещения должен проверить выключены ли нагреваемые приборы, электроприборы и отключены ли силовая и осветительная электрическая сеть.

7.10 Эксплуатационные мероприятия:

–обеспечение оптимального электрического и теплового режимов работы прибора;

–своевременно производить профилактический осмотр контактных соединений и оборудования в целом;

–пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны быть исправны, и находиться на видном месте.

Режимные мероприятия:

– все вновь принимаемые на работу лица обязаны проходить вводный противопожарный инструктаж о соблюдении мер пожарной безопасности;

– с каждым должен быть проведен инструктаж по использованию средств пожаротушения;

– перед началом работы назначается ответственный за пожарную безопасность;

- регулярно проводить осмотры помещений, с целью выявления причин, способных привести к возникновению пожаров.

Огнетушители, в зависимости от вида огнегасительного средства находящегося в них, делятся на водные, углекислотные, пенные, хладоновые, порошковые. Огнетушители маркируются буквами, характеризующими вид огнетушителя по разряду, и цифрой, обозначающей его объём в литрах.

Углекислотные огнетушители (ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8) используют для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В и некоторых

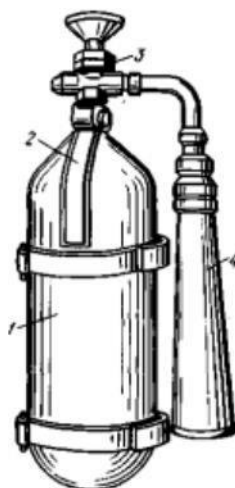


Рисунок 33 – Огнетушитель ОУ-2:
1 – баллон; 2 – курок; 3 – вентиль; 4 – раструб

Порошковые огнетушители (ОПС-6, ОПС-10) предназначены для тушения металлов, ЛВЖ, ГЖ, кремнийорганических соединений, установок, работающих под напряжением до 1000 В.

Каждый сотрудник обязан четко знать и выполнять установленные правила пожарной безопасности, не допускать действий, ведущих к возникновению пожарных ситуаций.

В случае, когда не удастся самостоятельно ликвидировать пожар, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь планом эвакуации.

7.11 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Устанавливаются следующие основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения на территории Российской Федерации в результате использования источников ионизирующего излучения:

– для населения средняя годовая эффективная доза равна 0,001 зиверта или эффективная доза за период жизни (70 лет) - 0,07 зиверта; в отдельные годы допустимы большие значения эффективной дозы при условии, что средняя годовая

эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,001 зиверта;

– для работников средняя годовая эффективная доза равна 0,02 зиверта или эффективная доза за период трудовой деятельности (50 лет) - 1 зиверту; допустимо облучение в годовой эффективной дозе до 0,05 зиверта при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,02 зиверта.

Молодые люди, не достигшие возраста 18 лет, на вредные или опасные работы не допускаются. Об этом говорится в ст. 265 ТК РФ. Перечень работ, при выполнении которых запрещается применение труда лиц моложе 18 лет, утвержден Постановлением Правительства РФ от 25.02.2000 N 163.

В отношении остальных работников, занятых на работах во вредных и опасных условиях, Трудовым кодексом предусмотрен ряд льгот и компенсаций:

- сокращенная продолжительность рабочего времени (ст. 92);
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск (ст. 117);
- оплата труда в повышенном размере (ст. 147);
- проведение за счет работодателя обязательных предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров, а также обязательного психиатрического освидетельствования (ст. 213);
- компенсационные выплаты (ст. 219);
- выдача специальной одежды, специальной обуви, средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих веществ (ст. 221);
- выдача молока и лечебно-профилактического питания (ст. 222).

В трудовых или коллективных договорах не только приводится характеристика условий труда, но и указываются те компенсации, льготы, доплаты и надбавки, которые предприятие обязуется предоставить работнику за работу в тяжелых, вредных или опасных условиях. Такое требование содержится в ст. 57 ТК РФ.

Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы были спроектированы элементы конструкции радиографического комплекса – платформа, планшайба и рама для размещения робота-манипулятора, объекта контроля и рентгеновского аппарата. Конструкция каждого элемента оптимальна с конструктивной точки зрения и выдерживает механические нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации.

В ходе работы удалось спроектировать элементы радиографического комплекса оптимальной конструкции.

Спроектирована оптимальная конструкция платформы для размещения робота-манипулятора и поворотного стола. Масса платформы составила 545 кг и выдерживает нагрузки, возникающие при проведении радиографического исследования объекта контроля.

Спроектирована оптимальная конструкция планшайбы. Масса планшайбы составляет 48,720 кг и выдерживает нагрузки, позволяет обеспечить вращение объекта контроля вокруг вертикальной оси.

Спроектирована оптимальная конструкция рамы для перемещения по ней рентгеновского аппарата. Масса рамы составляет 13,510 кг. Рама выдерживает нагрузки, возникающие при работе радиографического комплекса.

Прочностной анализ разрабатываемых элементов радиографического комплекса в модуле T-Flex Анализ подтвердил надежность разрабатываемой конструкции.

Результаты работы были оформлены в виде конструкторской документации, по которой были изготовлены разработанные элементы. Данный радиографический комплекс прошел реальные испытания и подтвердил заявленную надежность конструкции.

Список публикаций студента

1. Стасевский, Виктор Игоревич. Проектирование рамы оптимальной конструкции для радиографического комплекса [Электронный ресурс] / В. И. Стасевский, Т. Г. Костюченко // Технология машиностроения и материаловедение: Материалы международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2018. – №2. – 127 с.— Заглавие с экрана. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса.

2. Стасевский В. И. Проектирование поворотного стола специализированного томографа в T-FLex CAD / В. И. Стасевский ; науч. рук. Т. Г. Костюченко // Инженерия для освоения космоса : сборник научных трудов V Международного молодежного форума, г. Томск, 18-20 апреля 2017 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 59-62].

3. Стасевский, Виктор Игоревич. Проектирование подвижной рамы для размещения объектов томографического контроля [Электронный ресурс] / В. И. Стасевский, Т. Г. Костюченко // Автоматизированное проектирование в машиностроении. — 2016. — № 4. — [С. 62-65]. — Заглавие с экрана. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса.

4. Стасевский В. И. Линейное перемещение объектов томографического контроля по направляющим / В. И. Стасевский ; науч. рук. Т. Г. Костюченко // Неразрушающий контроль : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность", Томск, 23-27 мая 2016 г. : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. — [4 с.].

5. Стасевский, Виктор Игоревич. Линейное перемещение объектов томографического контроля посредством винтовой передачи // Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием/ Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – с. 209 – 211.

6. Стасевский, Виктор Игоревич. Обеспечение линейного перемещения регистрирующего детектора для настройки томографического комплекса [Электронный ресурс] / В. А. Смолянский, В. И. Стасевский, Т. Г. Костюченко // Автоматизированное проектирование в машиностроении. — 2015. — № 3. — [С. 17-20]. — Заглавие с экрана. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса.

Список использованных источников

1. Ключев В.В., Вайнберг Э.И. Рентгеновская вычислительная томография в промышленной диагностике // Приборы и системы управления. – 1989. – № 5. – С. 10–15.
2. Майоров А.А. Цифровые технологии в неразрушающем контроле // Журнал «В мире НК». – 2009 – №. 3. – С. 26–37.
3. Осипов С.П., Клименов В.А., Батрагин А.В., Штейн А.М., Прищепа И.А. Применение цифровой радиографии и рентгеновской вычислительной томографии при исследовании строительных конструкций и в строительном материаловедении // Вестник ТГАСУ. – 2015. – № 6. – С. 116–127.
4. Клименов В.А., Алхимов Ю.В., Штейн А.М., Касьянов С.В., Бабинов С.А., Батрагин А.В., Осипов С.П. Применение и развитие методов цифровой радиографии для технической диагностики, неразрушающего контроля и инспекции // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13. – С. 31–42
5. Цветкова Н.К., Новицкая К.А., Кологов А.В., Смирнов В.Г. Особенности применения комплексов цифровой радиографии при неразрушающем контроле корпусного производства // Технология машиностроения. – 2014. – № 7. – С. 47–50.
6. Москалёв Ю. А. Рентгеновские интроскопы НИИ интроскопии // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 2. – С. 122–124.
7. Касьянов С.В. Применение бетатронов в радиографических досмотровых системах // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 2. – С. 134–138.
8. Вайнберг Э., Цыганов С.Г., Шаров М.М. Опыт трехмерной компьютерной томографии // В мире неразрушающего контроля. – 2008. – № 1.– С. 56–59.

9. Непомнящая П.К., Карих В.П. Рентгеновская компьютерная томография приповерхностной зоны крупногабаритных изделий из энергонасыщенных материалов // Южно-Сибирский научный вестник. – 2015. – С. 76–80.
10. Ключев В.В., Вайнберг Э.И. Рентгеновская вычислительная томография в промышленной диагностике // Приборы и системы управления. – 1989. – № 5.
11. Удод В.А., Ван Я., Осипов С.П., Чахлов С.В., Усачёв Е.Ю., Лебедев М.Б., Темник А.К. Современное состояние и перспективы развития систем цифровой рентгенографии для дефектоскопии, диагностики и досмотрового контроля объектов // Дефектоскопия. – 2016. – № 9. – С. 11–28.
12. Пик Л., Клейнбергер, О. Цифровая радиография в дефектоскопии // Мир измерений. – 2010. – № 6. – С. 12–17.
13. Капустин В.И., Осипов С.П. О критериях сравнения различных модификаций методов цифровой радиографии // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 12. – С. 25–32.
14. Чахлов С.В., Осипов С.П., Темник А.К., Удод В.А. Современное состояние и перспективы развития рентгеновской вычислительной томографии // Дефектоскопия. – 2016. – № 4. – С. 56–70.
15. Вайнберг И.А., Вайнберг Э.И., Цыганов С.Г., Шаров М.М. Достижения и проблемы промышленной рентгеновской томографии. // В мире НК. 2009. № 3. С. 18-21.
16. Микрофокусные рентгеновские аппараты для промышленной дефектоскопии [Электронный ресурс] / А. М. Штейн, В. Н. Твердохлебов, Е. Ю. Усачев // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ] / Томский политехнический университет (ТПУ). — 2008. — Т. 312, № 2 :
17. Computed tomography for dimensional metrology. / Kruth, J.P.; Bartscher, M.; Carmignato, S.; Schmitt, R.; De Chiffre, Leonardo; Weckenmann, A. In: C I R P Annals, Vol. 60, No. 2, 2011, p. 821-842.

18. Micro-CT-based improvement of geometrical and mechanical controllability of selective laser melted Ti6Al4V porous structures/ Van Bael, S.; Kerckhofs, G.; Moesen, M.; Pyka, G.; Schrooten, J. Volume 528, Issue 24, 15 September 2011, Pages 7423-7431.

19. Использование структурно-энергетической теории отказов для оценки надежности лопаток компрессора высокого давления входящего в конструкцию авиационного двигателя / А. И. Черняев, В. А. Трефилов // Ракетные двигатели и энергетические установки : материалы докладов Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию основания каф. ракетных двигателей Казан. авиац. ин-та (КАИ, г. Казань, 21-22 мая 2015 г. / Казан. нац. исслед. техн. ун-т им. А. Н. Туполева - КАИ, Казан. науч. центр Рос. акад. наук, Казан. регион. отд-ние Рос. акад. космонавтики им. К. Э. Циолковского при КНИТУ-КАИ, Исслед. центр проблем энергетики КазНЦ РАН, Акад. наук Респ. Татарстан. - Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2015. - С. 110-115.

20. Румянцев, С. Применение компьютерной томографии высокого разрешения в сфере металлообработки / С. Румянцев, А. Василенко, Н. Федоров // Вектор высоких технологий. – 2013. – №3. – С.50-57;

21. Вайнберг И.А., вайнберг Э.И "состояние и перспективы промышленной рентгеновской компьютерной томографии ооо "промышленная интроскопия/- 2013. – №3. – С.67.

22. Манипулятор KUKA KR 90 R2700 Pro, [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://vektor-grupp.ru/shop/promyshlennye-roboty/promyshlennye-roboty-kuka-robotics/bolshaja-gruzopodemnost-ot-90-do-300-kg/kr-90-r2700-pro-kr-quantec-pro/>, свободный. – загл. с экрана. – ин. яз;

23. Позиционер KUKA KP1-MD250, [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/robot-periphery/positionierer/kp1-md>, свободный. – Загл. с экрана. – ин. яз;

24. Детектор - приёмник digital X-Card, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.deetee.com/digital-x-card/>, свободный. – Загл. с экрана. – ин. яз;

25. YXLON SMART 160W, [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://www.yxlon.com/products> , свободный. – загл. с экрана. – ин. яз;
26. Модуль линейного перемещения СТМУ 2, [Электронный ресурс] – Режим доступа:http://zaozmi.ru/catalog/linear_module/ctm.html, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
27. Сталь 09Г2С ГОСТ 19281-73, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://internet-law.ru/gosts/gost/59522/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
28. T–Flex Анализ. Руководство пользователя. ОАО «Топ Системы», [Электронный ресурс] .URL: <http://www.tflexcad.ru/download/documentation/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
29. Руководство пользователя T-FLEX CAD. Трехмерное моделирование. [Электронный ресурс] .URL: <http://www.tflexcad.ru/download/documentation/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
30. Рельсовая направляющая hiwin, [Электронный ресурс] .URL: <https://www.hiwin.com.ru/> свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
31. Балка двутавровая 09Г2С ГОСТ 26020-83 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.metall-energy.ru/balka-09g2s.htm>., свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
32. Проектирование рамы оптимальной конструкции для радиографического комплекса [Электронный ресурс] / В. И. Стасевский, Т. Г. Костюченко // Математическое и компьютерное моделирование процессов в машиностроении. — 2018. — № 2. — [С. 9-13]. — Заглавие с экрана. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса;
33. 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. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с;

34. ГОСТ 12.0.001-82 ССБТ. Система стандартов по безопасности труда. Основные положения, [Электронный ресурс] . <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/4/4648/index.htm> свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
35. СанПиН 2.2.4.548-96 – Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы, [Электронный ресурс] . <http://meganorm.ru/Index2/1/4294851/4294851474.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
36. СНиП 23-05-95*, СП 52.13330.2011 – Естественное и искусственное освещение, [Электронный ресурс]. http://www.norm-load.ru/SNiP/raznoe/aktualizir_sp/2/52.htm, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
37. ГОСТ Р12.1.019-2009 – Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.,[Электронный ресурс].<http://meganorm.ru/Data2/1/4293815/4293815820.pdf>. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
38. ГОСТ12.1.030-81 – Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1), [Электронный ресурс]. <http://meganorm.ru/Index2/1/4294852/4294852036.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
39. НРБ-99/2009 – Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности, [Электронный ресурс]. <http://meganorm.ru/Data2/1/4293828/4293828132.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
40. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере, [Электронный ресурс]. <http://meganorm.ru/Data2/1/4293792/4293792052.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
41. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества, [Электронный ресурс].

<http://meganorm.ru/Index2/1/4294838/4294838951.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
– Яз. рус;

42. ГОСТ Р 14.08-2005 «Экологический менеджмент. Порядок установления аспектов окружающей среды в стандартах на продукцию (ИСО/МЭК 64)» - прямое применение ИСО/МЭК 64, [Электронный ресурс]. <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/54/54173/index.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;

43. СанПиН 2.4.6.2553-09 - Санитарно-эпидемиологические требования к безопасности условий труда работников, [Электронный ресурс]. <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/56/56851/index.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;

Приложение А

Характеристики стали 09Г2С ГОСТ 26020-83– 2005.

Химический состав в % стали 09Г2С ГОСТ 26020 - 83 – 2005.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0.12	0.5-0.8	1.3- 1.7	До 0.3	До 0.04	До 0.04	До 0.3	До 0.008	До 0.3	До 0.08

Механические свойства при T = 20° С стали 09Г2С ГОСТ 26020-83– 2005.

Сортамент	Раз.	Напр	σ_B	σ_T	σ_5	Ψ	KCU	Термообр
-	мм	-	Мпа	Мпа	%	%	кДж/м ²	-
Прокат, ГОСТ 19281-73	до 10	-	345	490	21			
Катанка ГОСТ 19282-73	от 10 до 20 вкл.	-	470	325	21	66-68		

Физические свойства стали 09Г2С ГОСТ 26020-83– 2005.

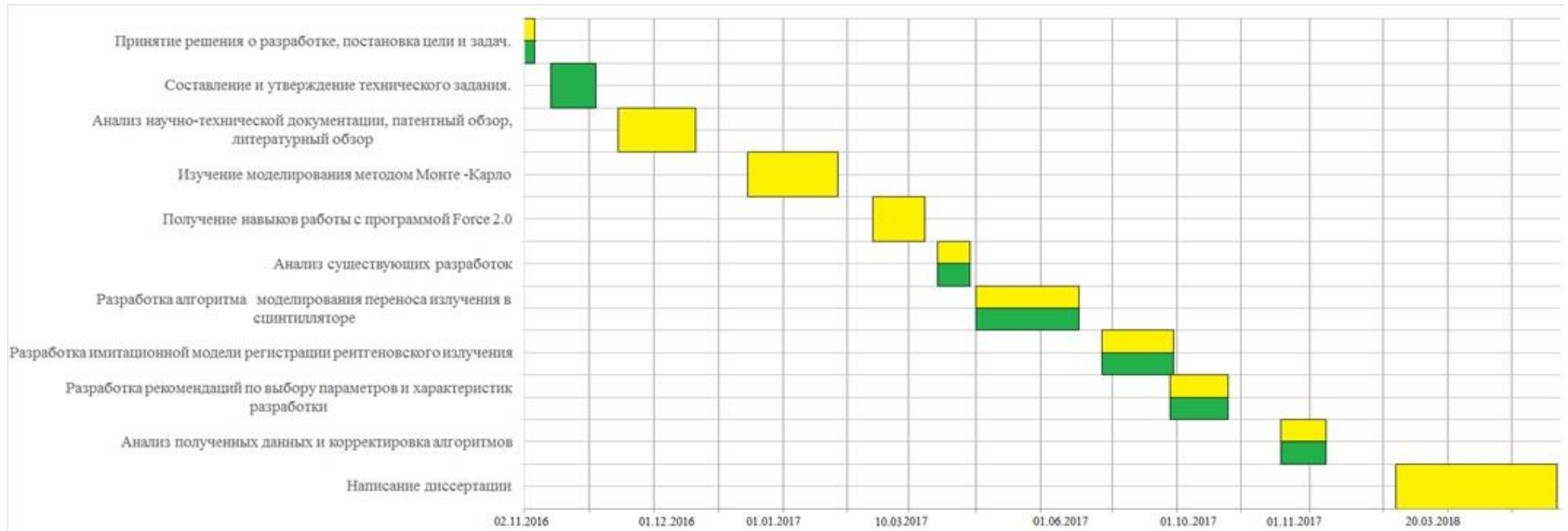
T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом · м
20				7850		

Обозначения, принятые в таблицах:

- σ_B - предел кратковременной прочности, [МПа];
- σ_T - предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа] ;
- σ_5 - относительное удлинение при разрыве, [%] ;
- Ψ - относительное сужение, [%] ;
- KCU - ударная вязкость, [кДж/м²] ;
- HВ - твердость по Бринеллю, [МПа];
- T - температура, при которой получены данные свойства, [Град] ;
- E - модуль упругости первого рода , [МПа];
- α - коэффициент температурного (линейного) расширения (диапазон 20° С - T), [1/Град];
- λ - коэффициент теплопроводности (теплоемкость стали), [Вт/(м·град)]
- ρ - плотность стали, [кг/м³];
- C - удельная теплоемкость стали (диапазон 20° С - T), [Дж/(кг·град)];
- R— удельное электросопротивление,[Ом·м].

Приложение Б

Диаграмма Гантта



Приложение В

Глава 5. Проектирование элементов радиографического комплекса

Глава 5.1. Проектирование платформы

Глава 5.2. Конструкция планшайбы

Глава 5.3. Конструкция рамы

Chapter 5. Design of elements of a radiographic complex

Chapter 5.1 Design of the platform

Chapter 5.2 Faceplate Design

Chapter 5.3 Frame design

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Стасевский Виктор Игоревич		

Консультант школы отделения ИШНКБ ОЭИ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Костюченко Т.Г.	к.т.н., доцент		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Квашнина О.С.			

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Чертеж планшайбы

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Чертеж корпуса

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Чертеж рамы

