

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Кафедра Физико-энергетические установки

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Совершенствование алгоритмов обработки акустического сигнала в целях повышения эффективности оценки качества компонентов АЭС

УДК 620.179.162

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2Г	Абрамцев В.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ФЭУ ФТИ	Седнев Д.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Сечина А.А.	К.Х.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ ФТИ	Долматов О.Ю.	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
Р1	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.
Р2	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.
Р3	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.
Р4	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.
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р6	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.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	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).
Р9	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.
Р10	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.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
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 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 разработке 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 образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физико-технический

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Кафедра Физико-энергетические установки

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ФЭУ

Долматов О.Ю.

16.05.2016

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Г	Абрамцев В. В.

Тема работы:

Совершенствование алгоритмов обработки акустического сигнала в целях повышения эффективности оценки качества компонентов АЭС	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	1333/С от 18.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	– пенал для хранения ОЯТ (патент RU 2 500 045 С1, 27.11.2013); – стыковые сварные соединения, выполненные аргоно-дуговой сваркой; – PCUS ProLab.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– анализ нормативно-правовых документов по вопросам неразрушающего контроля в атомной энергетике; – анализ литературы по вопросам методов цифровой обработки сигналов; – формирование и выделение требований к методам цифровой обработки сигналов; – проведение ультразвукового контроля; – проведение цифровой обработки результатов ультразвукового контроля;

	– анализ результатов цифровой обработки сигналов.
Перечень графического материала	структурная электрическая схема ультразвуковой системы контроля.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сечина А.А
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику:	16.05.2016
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ФЭУ ФТИ	Седнев Д.А.	к.т.н.		16.05.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Г	Абрамец В.В.		16.05.2016

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

Студенту:

Группа	ФИО
0A2Г	Абрамец В.В.

Институт	ФТИ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физики и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	– стоимость расходных материалов; – стоимость расхода электроэнергии;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– норматив заработной платы;
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– тариф на электроэнергию; – коэффициенты для расчета заработной платы.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	– потенциальные потребители результатов исследования; – анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– расчет затрат на оборудование; – расчет заработной платы исполнителей.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	– определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки; – определение интегрального показателя эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Сечина А.А.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2Г	Абрамец В.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Г	Абрамец В.В.

Институт	ФТИ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/Безопасность и нераспространение ядерных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места на предмет возникновения:	– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	– электробезопасность; – пожаро- и взрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПК.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью; – предлагаемые средства защиты.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:	– электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Г	Абрамец В.В.		

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки (специальность) 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Уровень образования высшее

Кафедра Физико-энергетические установки

Период выполнения (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.05.2016	<i>Выдача задания</i>	
19.05.2016	<i>Изучение нормативной базы и специализированной литературы</i>	
26.05.2016	<i>Проведение ультразвукового контроля и графическая обработка сигналов</i>	
09.06.2016	<i>Проведение цифровой обработки сигналов и анализ результатов</i>	
16.06.2016	<i>Оформление ВКР, подготовка к защите</i>	
24.06.2016	<i>Сдача работы</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ФЭУ ФТИ	Седнев Д.А.	к.т.н.		16.05.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ	Долматов О.Ю.	к.ф.-м.н., доцент		16.05.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 84 стр., 20 рис., 14 табл., 28 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: атомная энергетика, сухое хранение отработавшего ядерного топлива, неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, цифровая обработка сигналов.

Объектами исследования являются методы цифровой обработки акустических сигналов.

Цель работы – разработать методику совершенствования алгоритмов обработки акустического сигнала при неразрушающем контроле компонентов атомной энергетике.

В процессе исследования проводилась разработка методики совершенствования алгоритмов обработки акустических сигналов с возможностью применения к сварным швам пенала для хранения отработавшего ядерного топлива, рассмотрены аспекты социальной ответственности и финансового менеджмента.

В результате исследования апробированы методы цифровой обработки сигналов, вошедшие в основу методики. Проведены подтверждающие эксперименты, которые выявили целесообразность применения методики совершенствования алгоритмов обработки акустического сигнала при неразрушающем контроле.

Область применения: Ядерный технический контроль и регулирование.

Значимость работы состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы в методике совершенствования акустических сигналов, разрабатываемой с целью повышения точности ультразвукового контроля, применяемого с целью обеспечения технической безопасности.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе использованы следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов;

ГОСТ 12.0.003–74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы;

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;

СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;

СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение;

СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

В данной работе применены следующие сокращения:

АЭ – атомная энергетика;

АЭС – атомная электростанция;

ВВЭР-1000 – водо-водяной энергетический реактор с номинальной электрической мощностью 1000 МВт;

ГХК– Горно-химический комбинат;

НК– неразрушающий контроль;

ПК – персональный компьютер;

ПНИЭР – программа научно-исследовательских и экспериментальных работ;

РБМК-1000 – реактор большой мощности канальный с номинальной электрической мощностью 1000 МВт;

СОП – стандартный образец предприятия;

ФЦП – федеральная целевая программа;

ЯТЦ – ядерный топливный цикл.

В данной работе применены следующие определения и сокращения:

объект контроля: изделие, подвергающееся проведению неразрушающего контроля;

отработанное ядерное топливо (ОЯТ): Извлечённые из активной зоны тепловыделяющие элементы (ТВЭЛ) или их группы, тепловыделяющие сборки ядерных реакторов атомных электростанций и других установок;

радиоактивные отходы (РАО): Ядерные материалы и радиоактивные вещества, дальнейшее использование которых не предусматривается;

средства измерения: Техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным в течение известного интервала времени;

ультразвуковой контроль (УЗК): Вид неразрушающего контроля основанный на исследовании распространения ультразвуковых волн в исследуемом объекте;

ультразвуковая томография: Построение 3d изображения объекта контроля и дефектов внутри него с помощью ультразвуковых сенсоров;

цифровая обработка сигналов (ЦОС): Преобразование сигналов, представленных в цифровой форме.

Оглавление

Реферат	10
Оглавление	13
Введение	15
1 Обеспечение безопасности объектов АЭ.....	19
1.1 Нормативно-правовая база в области обеспечения оценки качества компонентов АЭ	19
2 Методы неразрушающего контроля качества сварных соединений	21
2.1 Радиография.....	22
2.2 Современные методы УЗК	26
2.2.1 Эхо-импульсный метод ультразвуковой дефектоскопии	28
3 Основы математической обработки акустических сигналов	32
3.1 Первичная ЦОС	34
3.1.1 Классификация методов первичной ЦОС	34
3.1.2 Методы шумоподавления сигналов	36
4 Практическая часть	40
4.1 Исходные данные	40
4.2 Обработка сканов и анализ результатов	42
4.3 Усреднение результатов УЗК	43
4.4 Частотная фильтрация результатов УЗК	45
4.4 Результат ЦОС из результатов УЗК.....	46
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	48
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	50
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	50
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	51
5.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	52
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	52

5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работы	52
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	53
5.3	Бюджет научного-технического исследования.....	54
5.3.1	Расчет материальных затрат	55
5.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	56
5.3.3	Расчет основной заработной платы.....	57
5.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды	59
5.3.5	Накладные расходы.....	60
5.3.6	Формирование бюджета затрат проекта.....	60
5.4	Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	61
6	Социальная ответственность	64
6.1.	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	64
6.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПК	65
6.2.1	Организационные мероприятия.....	65
6.2.2	Технические мероприятия.....	66
6.2.3	Условия безопасной работы.....	67
6.3.	Электробезопасность	68
6.4.	Пожарная и взрывная безопасность	69
	Заключение	71
	Список публикаций студента.....	73
	Список использованных источников	75
	Приложение А	80
	Приложение Б.....	81
	Приложение В.....	83

Введение

Развитие ядерных технологий повлекло за собой появление побочных продуктов, таких как радиоактивные отходы и отработавшее ядерное топливо. Их количество растет стремительно, а полная утилизация невозможна. Не смотря технические трудности и большие финансовые затраты, должно быть обеспечено безопасное хранение РАО и ОЯТ. Кроме того, дальнейшее использование ОЯТ всегда считалось перспективным направлением в атомной энергетике, эта идея нашла воплощение при создании МОХ-топлива. Однако, темпы развития этой технологии к сожалению, уступают темпам накопления ОЯТ.

К 2030 году в России, предположительно, будет накоплено около 40000 т отработавшего ядерного топлива, получаемого с реакторных установок АЭС (рис.1). Учитывая, что концепция развития ядерного топливно-энергетического комплекса направлена на реализацию замыкания ЯТЦ, требуется вводить дополнительные мощности хранения ОЯТ.

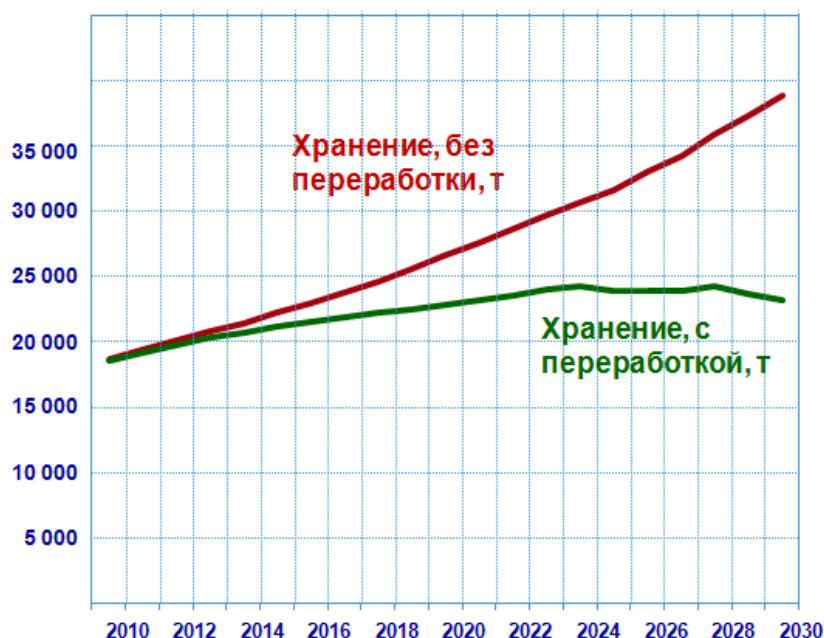


Рисунок 1 – Темпы накопления ОЯТ тепловых реакторов в России

Горно-химический комбинат является на сегодняшний день единственным предприятием в России, разрабатывающим специализированный комплекс хранения ОЯТ. На ГХК с 1985 года функционирует «мокрое» хранилище ОЯТ реакторных установок ВВЭР-1000. Но к 2012 году хранилище было реконструировано в комплекс долгосрочного централизованного хранения ОЯТ не только в «мокрое», но и «сухое» виде. Уже в 2012 году было загружено ОЯТ с энергетических реакторов РБМК-1000.

Комплекс долгосрочного централизованного хранения ОЯТ состоит из трех хранилищ:

- «мокрое» хранилище ОЯТ реакторных установок ВВЭР-1000;
- «сухое» хранилище камерного типа ОЯТ реакторных установок ВВЭР-1000;
- «сухое» хранилище камерного типа ОЯТ реакторных установок РБМК-1000.

Предполагается, что комплекс хранения ГХК будет позволять размещение всего объема ОЯТ энергетических реакторных установок Российских АЭС, выгруженного из блоков как реакторов типа РБМК-1000, так и ВВЭР-1000. На данный момент строительство всех хранилищ завершено [1].

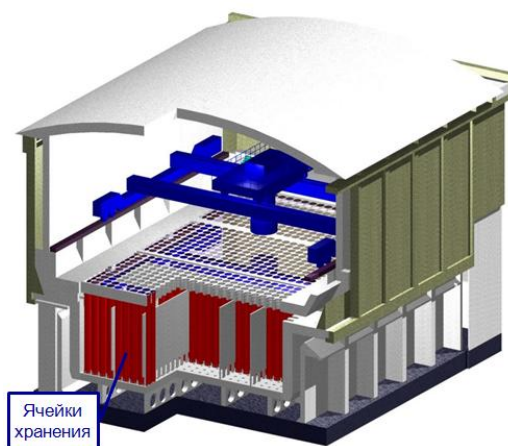


Рисунок 2 – Продольный разрез модуля воздухоохлаждаемого хранилища ОЯТ, ячейка хранения

Отработавшее ядерное топливо, находящееся в хранилище, непосредственно расположено в пенале для хранения, который является разработкой ГХК (патент RU 2 500 045 C1, 27.11.2013). Он представляет собой усовершенствованный герметичный пенал для хранения ампул с пучками тепловыделяющих элементов.

В целях поддержания безопасности предприятие осуществляет оценку технического состояния и диагностику целостности пеналов. Наиболее уязвимыми местами пенала являются сварные соединения, поэтому необходимо обеспечить возможность проведения эффективного контроля их качества.

Мониторинг состояния во время эксплуатации не должен повлечь разгерметизацию, а на стадии производства – нарушение целостности конечного изделия, поэтому применяются методы неразрушающего контроля. При контроле сварных соединений предприятие обязательно применяет визуальный, измерительный методы НК, а также радиографический или ультразвуковой.

В связи с увеличением количества топлива, требующего хранения, на предприятии образовался недостаток мощностей для проведения радиографического анализа, что привело к внедрению систем ультразвукового контроля. Главный недостаток УЗК в недостаточной точности и сильном влиянии фонового акустического шума на полезные сигналы от дефектов структуры сварного соединения, что негативно сказывается на оценке качества изделия. Повышение эффективности достигается применением высокоточного оборудования для процедуры контроля. Использование высококачественного оборудования часто невозможно или затруднено из-за его дороговизны, альтернативой в этом случае является включение в методику контроля этапа дополнительной математической обработки полученных сигналов, который позволит значительно улучшить полученные результаты оценки качества компонентов АЭ.

Актуальность работы заключается в необходимости применения ультразвукового контроля высокой точности на объектах ЯТЦ.

Целью работы является совершенствование алгоритмов обработки акустического сигнала в целях повышения эффективности оценки качества.

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи:

- выявление особенностей обеспечения технической безопасности компонентов АЭ;
- изучение и анализ нормативно-правовой базой по теме работы;
- изучение и анализ отечественных и зарубежных источников, описывающих математические методы обработки акустических сигналов;
- проведение экспериментальных измерений;
- обработка и анализ результатов с целью совершенствования методов обработки акустического сигнала.

1 Обеспечение безопасности объектов АЭ

Согласно ФЗ №170 от 21 ноября 1995 года «Об использовании атомной энергии» необходимо обеспечивать ядерную, радиационную, пожарную и техническую безопасность [2]. Важной составляющей поддержания технической безопасности является контроль за состоянием ответственных компонентов на всех стадиях их жизнедеятельности.

Множество компонентов АЭ имеют в своем составе металлические конструкции, от качества которых зависит их работоспособность. В отношении безопасности при хранении ОЯТ необходимо удостовериться в качестве произведенного пенала, его целостности и надежности в процессе эксплуатации. Именно поэтому пеналы, а также другие металлические конструкции подвергаются контролю.

1.1 Нормативно-правовая база в области обеспечения оценки качества компонентов АЭ

Целью контроля состояния металлического оборудования и трубопроводов в процессе эксплуатации является:

- выявление и фиксация дефектов металла;
- выявление и фиксация изменения физико-механических свойств и структуры металла;
- оценка состояния металла [3].

Контроль подразделяется на предэксплуатационный, периодический и внеочередной.

Предэксплуатационный контроль должен проводиться до пуска оборудования и трубопроводов в эксплуатацию для фиксации начального состояния металла, с которым впоследствии сопоставляются данные периодического контроля.

Периодический контроль неразрушающими методами должен проводиться в следующие сроки (согласно ПНАЭ Г-7-008-89 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок»):

- первый – не позднее, чем через 20000ч работы оборудования и трубопроводов;

- последующие – для оборудования группы А и оборудования и трубопроводов группы В, изготовленных из труб или обечаек с продольными сварными швами, не позднее, чем через каждые 30000 ч работы, отсчитываемых от проведенного предыдущего периодического контроля;

- для остального оборудования и трубопроводов, подлежащий контролю, – через каждые 45000 ч работы, отсчитываемых от проведенного предыдущего контроля.

Группу оборудования можно определить с помощью Приложения 2 в ПНАЭ Г-7-008-89 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок».

Выполнение предусмотренного контроля (после первого) может быть распределено по промежуточным этапам в рамках указанной периодичности длительностью не менее 5000 ч.

Перечень параметров, подлежащих проверке, численные значения, методика и периодичность их контроля должны быть регламентированы технической документацией.

При вводе пены в эксплуатацию в обязательном порядке производится предэксплуатационный контроль сварных швов, которые обеспечивают герметизацию после загрузки тепловыделяющих сборок.

2 Методы неразрушающего контроля качества сварных соединений

В атомной энергетике предъявляются высокие требования к технической безопасности [2]. Контроль качества на стадии изготовления отдельных узлов является неотъемлемым условием для достижения технической безопасности объектов. Кроме того, каждое предприятие ставит одной из главных задач обеспечение производства высококачественной продукции. В связи с этим необходимо с точностью определять соответствуют ли показатели качества изделий установленным требованиям.

Отработавшее ядерное топливо, находящееся в хранилище, непосредственно расположено в пенале для хранения, который является разработкой ГХК.

Как уже было сказано ранее, сварные соединения являются наиболее уязвимой частью пеналов, поэтому для оценки их технического состояния необходимо провести инспекцию швов.

Контроль качества сварных соединений и наплавов включает:

- аттестацию контролеров;
- контроль сборочно-сварочного и термического оборудования, аппаратуры и приспособлений;
- входной контроль основных материалов;
- контроль качества сварочных и наплавочных материалов;
- операционный контроль;
- неразрушающий контроль;
- разрушающий контроль;
- контроль качества исправления дефектов;
- гидравлические (пневматические) испытания.

Производственный контроль необходимо проводить с учетом сохранения целостности компонентов, для чего применяют методы неразрушающего контроля.

Согласно ПНАЭ Г-7-008-89 все сварные соединения должны быть подвергнуты сплошному неразрушающему контролю методами, предусмотренными для сварных соединений соответствующей категории. Нормативно-правовая база, действующая в РФ, предполагает контроль качества ответственных компонентов несколькими методами неразрушающего контроля.

Сплошной контроль сварного соединения проводят по всей протяженности каждого сварного соединения или по всей площади наплавленной поверхности каждой наплавленной детали. Выборочному контролю подвергают отдельные участки сварных соединений и наплавленных поверхностей или отдельные сварные соединения (наплавленные детали).

На сегодняшний день существуют различные методы неразрушающего контроля:

- визуальный;
- измерительный;
- прогонкой металлическим калибром (шариком);
- капиллярный;
- магнитопорошковый;
- радиографический;
- ультразвуковой;
- контроль герметичности.

При контроле сварных соединений предприятие обязательно применяет визуальный и измерительный методы неразрушающего контроля, но может выбрать между радиографическим и ультразвуковым.

2.1 Радиография

Рентгеновский контроль сегодня активно используется для выявления различных дефектов в сварных швах и соединениях. Метод основывается на различном поглощении материалами рентгеновских лучей, а степень

поглощения напрямую зависит от атомного номера элементов и плотности среды конкретного материала. Наличие таких дефектов, как трещины, включения инородных материалов, шлаки и поры приводит к тому, что рентгеновские лучи ослабляются, в той или иной степени. Регистрируя при помощи радиографии, по их интенсивности можно определить наличие, а также расположение различных неоднородностей материала.

Большой опыт применения рентгенографического контроля в области атомной энергетике обусловлен его высокой точности. При строительстве большого числа советских АЭС уровень развития других методов неразрушающего контроля не позволяла выявлять дефекты с точностью порядка радиографии, что говорило об их неконкурентоспособности.

При радиографическом контроле могут также оцениваться недоступные для внешнего осмотра вогнутости и выпуклости корня шва. Радиографический контроль проводится в целях выявления в наплавках и сварных соединениях (шве и околошовной зоне):

- трещин;
- непроваров;
- пор;
- металлических и неметаллических включений, плотность которых отличается от плотности металла сварного соединения (вольфрамовых, шлаковых, оксидных и т.п.);
- недоступных для внешнего осмотра подрезов, прожогов и т.п.

При проектировании узлов и конструкций АЭС и назначении рентгеновского контроля необходимо учитывать, что:

- контроль может быть осуществлен только при наличии двухстороннего доступа к контролируемой наплавке или сварному соединению, обеспечивающего возможность установки кассеты с пленкой и источника излучения в соответствии с требованиями методики, приведенной в ПНАЭ Г-7-017-89 «Унифицированные методики контроля основных материалов

(полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Радиографический контроль»;

- подвергаться контролю при внутреннем диаметре штуцеров и труб не менее 15 мм;

- контролю могут подвергаться наплавки и сварные соединения с отношением радиационной толщины наплавленного металла к общей радиационной толщине в направлении просвечивания не менее 0,2.

До проведения контроля на все подлежащие контролю наплавки и сварные соединения составляются технологические карты контроля, в которых описываются основные сведения о контролируемой наплавке или сварном, отмечается схема просвечивания с указанием места установки эталона чувствительности, тип и номер эталона чувствительности, требуемую чувствительность, источник излучения (для рентгеновских аппаратов указываются напряжение и максимальный размер фокусного пятна рентгеновской трубки, для радионуклидных источников - тип источника; для ускорителя - энергия ускоренных электронов), расстояние от источника излучения до контролируемого сварного соединения или наплавки и расстояние от сварного соединения или наплавки до радиографической пленки, тип и размеры радиографической пленки, толщину усиливающих экранов, количество и размеры контролируемых участков, начало и направление разметки участков. Применяются и типовые технологические карты, разработанные головной материаловедческой организацией.

Как уже говорилось ранее, существенным недостатком данного метода является использование большого числа специального оборудования и расходных материалов. В качестве источников излучения при радиографическом контроле должны использоваться рентгеновские аппараты, радионуклидные источники для гамма-дефектоскопии (иттербий-169, тулий-170, селен-75, иридий-192, кобальт-60) и источники жесткого тормозного излучения

(бетатроны, микротроны и линейные ускорители с энергией излучения, не превышающей 35 МэВ).

При радиографическом контроле должны использоваться аттестованные радиографические пленки с надлежащим сроком годности.

Применяются кассеты для зарядки пленки обеспечивать плотное прилегание пленки к усиливающим экранам. В качестве усиливающих экранов для энергии меньше 1 МэВ следует применять только металлические усиливающие экраны - свинцовые и свинцово-оловянистые фольги, в остальных случаях допускается применение медно-латунных и стальных усиливающих экранов. Для защиты пленки от рассеянного излучения рекомендуется использовать свинцовые защитные экраны.

Также обязательно применение маркировки, что является крайне кропотливым процессом. Маркировка должна обеспечивать возможность определения конструкции и участка сварного соединения, к которым относится радиографический снимок, а также возможность нахождения записи в журнале результатов контроля, относящейся к снимку, или снимка по записи в журнале.

Для оценки чувствительности радиографического контроля следует применять проволочные, канавочные или пластинчатые эталоны чувствительности.

Для оценки вогнутости и выпуклости корня шва, недоступного для внешнего осмотра и измерения, следует применять стальные образцы - имитаторы вогнутости и выпуклости.

Как и при большинстве методов неразрушающего контроля, подлежащие контролю сварные соединения должны быть очищены от окалина, шлака, брызг металла и других загрязнений. При этом также должны быть устранены все обнаруженные при внешнем осмотре наружные дефекты, а также неровности, изображения которых на снимке могут помешать выявлению и расшифровке изображений внутренних несплошностей и включений сварного соединения.

Просмотр и расшифровку снимков следует производить после их полного высыхания в затемненном помещении с применением специальных осветителей-

негатоскопов. Следует использовать негатоскопы с регулируемой яркостью и размерами освещенного поля. При этом, не все снимки допускаются к расшифровке, так как должны удовлетворять требованиям к ним.

Необходимо отметить, что должны соблюдаться требования безопасности. Основными видами опасности для персонала при радиографическом контроле являются воздействие на организм ионизирующего излучения и вредных газов, образующихся в воздухе под воздействием излучения, и поражение электрическим током.

Выше говорилось о технологической сложности проведения радиографического контроля: применение большого числа расходных материалов и вспомогательного оборудования, наличие ограничений для проведения контроля (например, необходимость двухстороннего доступа к шву) и к пленкам перед расшифровкой. При этом сам процесс контроля и анализ пленок занимает длительное время, что говорит о низкой скорости рентген-контроля.

Радиографический контроль является высокоточным, но его сравнительно низкая производительность не позволяет обеспечить контроль всего числа пеналов с ОЯТ в связи с накоплением топлива на ГХК.

2.2 Современные методы УЗК

Акустический метод неразрушающего контроля заключается в регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых или возникающих в объектах. Чаще всего используют упругие волны ультразвукового диапазона (с частотой колебаний более 20 кГц). Этот метод называют еще ультразвуковым.

Ультразвуковые волны способны проникать в материальные среды на большую глубину, преломляясь и отражаясь при попадании на границу двух материалов с различной звуковой проницаемостью. Именно эта способность ультразвуковых волн используется в ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений.

Ультразвуковой контроль качества сварных швов и соединений заключается в отражении от металла направленных пучков звуковых колебаний. Данный метод актуально применять к стали и цветным металлам. Излучатель генерирует звуковую волну, а приемники сигналов улавливают отраженные колебания, которые далее превращаются в электрический импульс и подаются на усилитель для дальнейшего воспроизведения с помощью индикатора. Акустический контакт обеспечивается путем покрытия поверхности изделия связующей средой.

Для контроля следует применять установки и аппаратуру, которые должны отвечать требованиям методических стандартов и инструкциям, одобренными Ростехнадзором. Допускается применение других установок и аппаратуры, не указанных в стандартах и инструкциях (например, полученных по импорту), при условии, что их применение обеспечивает выполнение всех требований и конструкторской документации по контролю сварных соединений и наплавленных деталей и согласовано с головной материаловедческой организацией.

Контроль каждым методом следует проводить по государственным стандартам на соответствующие методы контроля или методическим отраслевым стандартам, конкретизирующим методики контроля сварных соединений и наплавленных деталей. При отсутствии указанных стандартов допускается проведение контроля по методическим инструкциям, разработанным головной материаловедческой организацией. Упомянутые стандарты или инструкции могут использоваться после одобрения их Ростехнадзором России.

В ходе выполнения работы была разработана общая методика ультразвукового контроля (рис.3), универсальность которой заключается в возможности ее адаптации в зависимости от объекта контроля и применяемого оборудования. Последовательность контроля ультразвукового метода включает в себя ряд этапов. При процедуре УЗК наиболее важными являются этапы

«Оборудование контроля» и «Настройка системы контроля», поскольку от качества их выполнения зависят полученные результаты.

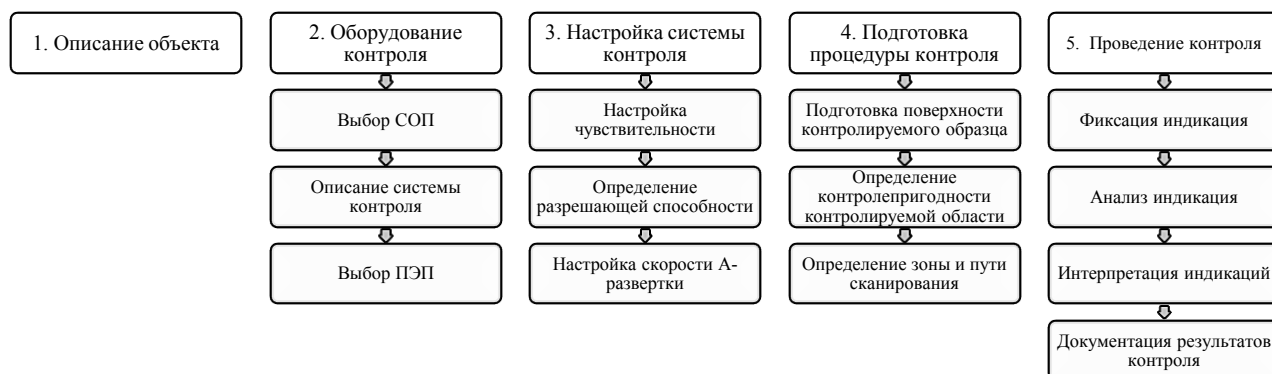


Рисунок 3 – Унифицированная методика контроля объектов АЭ

Условия контроля влияют на выбор метода ультразвуковой дефектоскопии, на котором основано оборудование и сконструирован преобразователь. При этом универсальным считается эхо-импульсный метод.

2.2.1 Эхо-импульсный метод ультразвуковой дефектоскопии

При контроле сварных соединений следует применять эхо-импульсный, теневой (зеркально-теневой) или эхо-теневой методы. Выбор метода проведения ультразвукового контроля зависит от условий доступа к исследуемой зоне, а именно к сварному шву. На рисунке 4 представлены схемы контроля эхо-импульсным методом в зависимости от условий доступа: голубым цветом показаны препятствия к непосредственному доступу датчика к поверхности.

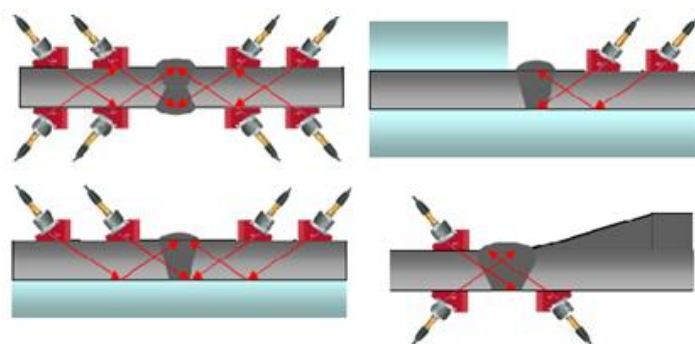


Рисунок 4 – Схемы контроля стыковых сварных соединений в зависимости от условий доступа

Наиболее распространённый метод – эхо-импульсный метод ультразвукового неразрушающего контроля. Это объясняется тем, что этот метод, в отличие от других, применим при одностороннем доступе к исследуемому объекту, и при этом позволяет определить размеры дефекта, его координаты, характер.

Эхо-импульсный метод, также называемым эхо-методом, основан на импульсах ультразвуковых волн, посылаемых излучателем через сварной шов. При встрече с дефектом импульсы отражаются от него, и их улавливает приемник. Глубину нахождения можно определить, измерив время от момента подачи импульса до приема обратного сигнала.

При эхо-методе приемник сигналов может представлять собой один совмещенный преобразователь (рис.5). Это обусловлено тем, что эхо-метод основан на отражении звука от дефекта.



Рисунок 5 – Схема контроля совмещенным преобразователем при эхо-методе

Также при эхо-импульсном методе применяют отдельную (рис. 6а) и отдельно-совмещенную (рис. 6б) схемы включения преобразователей согласно ГОСТу 14782-86.

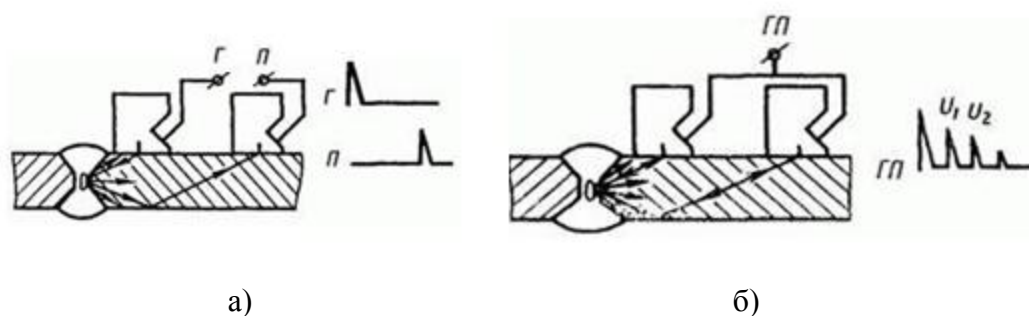


Рисунок 6 – Схемы включения преобразователей при эхо-методе: а – раздельная;
б – раздельно-совмещенная

Импульсный эхо-метод позволяет решать следующие задачи дефектоскопии:

- обнаружение и определение координат дефектов, представляющих собой нарушения сплошности и расположенных как на поверхности, так и внутри определение размеров дефектов и изделий;
- обнаружение зон крупнозернистости в металлических изделиях и заготовках.

Аппаратура, реализующая данный метод, позволяет определить характер дефектов, идентифицировать их по размерам, формам, ориентации.

Для атомной энергетики обеспечение безопасности является неотъемлемым требованием, так как последствия, связанные с ее нарушением, могут быть катастрофическими. Поэтому требуется крайне высокий уровень безопасности всех типов объектов атомной энергетики. В том числе, хранилище ядерных материалов является одним из критических объектов отрасли. Согласно ПНАЭ Г-7-008-89 необходимо регулярно контролировать качество оборудования объектов атомной энергетики.

Одной из важнейших задач является получение достаточного уровня точности результатов. Эффективность контроля качества достигается применением высокоточного оборудования и благодаря разработке стандартизированной методики для процедуры контроля.

Если использование высокоточного оборудования невозможно или затруднено, что чаще всего бывает по причине его дороговизны, то целесообразно включение в методику этап математической обработки полученных сигналов.

Применение методов математической обработки могут значительно улучшить полученные результаты и повысить эффективность оценки качества компонентов АЭС.

3 Основы математической обработки акустических сигналов

В области вычислительной техники цифровая обработка сигналов охватывает как технические, так и программные средства.

В задачах ЦОС выделяют этапы предварительной (первичной) и вторичной обработки сигналов. Это связано с тем, что в общем случае на входе наблюдается смесь $V(t)$ полезного сигнала $x(t)$, некоторого шума $n(t)$ и различных помех разной природы $p(t)$:

$$V(t) = x(t) + n(t) + p(t), \quad (1)$$

где $n(t)$ - характеристика технического устройства;

$p(t)$ - некоторое искажающее воздействие физической среды, в которой распространяется сигнал (например, затухание).

Для ультразвукового контроля соотношения сигнал/шум и сигнал/помеха являются показательными, описывающие и способности ультразвуковой системы, и наличие полезных сигналов. Если в результате контроля полезный сигнал от дефекта не превышает средний уровень фонового сигнала 6 дБ, то данная область считается неконтролепригодной.

Важнейшей задачей предварительной обработки сигнала является подавление $n(t)$ и $p(t)$ (шума и помех). Такая задача оптимально может быть решена только на основе использования избыточности представления исходного сигнала, а также имеющихся сведений о свойствах полезного сигнала, помехи и шума для увеличения вероятности правильного приема

Вследствие того, что на вход приемного устройства системы поступает сумма полезного сигнала и помехи, вероятность правильного приема будет определяться отношением полезного сигнала к помехе. Для повышения вероятности правильного приема сигнала должна быть произведена предварительная обработка принятого сигнала, обеспечивающая увеличение отношения сигнал/помеха.

Известны следующие предварительной обработки сигналов, обеспечивающие улучшение соотношения сигнал/помеха:

- метод накопления;
- частотная фильтрация;
- корреляционный метод;
- согласованная фильтрация;
- нелинейная фильтрация.

Все эти методы основаны на использовании различий свойств полезного сигнала и помехи.

Кроме повышения характеризующих соотношений, при предварительной обработке решается задача обнаружения сигнала и определения местоположения его источника. На этапе предварительной обработки в ряде случаев формируются также некоторые количественные оценки сигнала (амплитуда, частота, фаза).

Во входной смеси может и не быть полезного сигнала $x(t)$, поэтому на выходе системы предварительной обработки не будет никакого сигнала; следовательно, интенсивность потока данных на выходе будет ниже, чем на входе.

Система вторичной обработки сигнала предназначена для идентификации обнаруженного сигнала, его классификации и выдачи информации об обнаруженных сигналах оператору или формирования управляющего воздействия. На этом этапе обработки возможна гибкость используемых алгоритмов, за счет необходимости поддержки обмена с другими техническими средствами или диалога с оператором.

В случае ультразвукового контроля вторичная обработка сигналов является анализом индикаций (рис.7), то есть анализ полезных сигналов и интерпретация их с целью выявления дефектов в контролируемом участке.

3.1 Первичная ЦОС

Характерной чертой предварительной обработки сигнала является постоянство алгоритма обработки при его достаточно высокой вычислительной сложности. Системы предварительной обработки могут быть построены как на программируемых вычислительных средствах, так и на основе специальных вычислителей с жесткой логикой.

3.1.1 Классификация методов первичной ЦОС

Математические методы обработки сигналов можно подразделить на три группы, если в основу классификации положить принцип формирования отдельного отсчета результата по некоторой совокупности элементов отсчетов исходного сигнала.



Рисунок 7 – Классификация методов ЦОС по принцип формирования отдельного отсчета результата исходного сигнала

Для точечных преобразований характерно то, что в таких преобразованиях обработка каждого элемента исходных данных производится независимо от соседнего. Иначе говоря, значение каждого отсчета результата определяется как функция от одного отсчета исходного сигнала, причем номера отсчетов сигнала и результата одинаковы. Точечные преобразования достаточно просты и наименее громоздки с точки зрения вычислительных затрат.

При локальных преобразованиях обеспечивается формирование каждого элемента матрицы (вектора результата) как функции от некоторого множества соседних элементов матрицы или вектора отсчетов исходного сигнала, составляющих некоторую локальную окрестность. При этом полагается, что местоположение вычисляемого отсчета результата координатами центрального элемента локальной окрестности. Для формирования следующего элемента матрицы результата выполняется смещение окрестности вдоль строки матрицы исходных данных или вдоль исходного вектора. Такая перемещаемая окрестность часто носит название окна сканирования. При обработке матрицы исходных данных после прохождения всей строки матрицы исходных данных окно сканирования смещается на одну строку и возвращается в начало следующей строки, после чего продолжается обработка. Просматриваемая при перемещении окна сканирования полоса строк матрицы носит название полосы сканирования.

Глобальное преобразование предусматривает формирование каждого отсчета результата как функции от всей совокупности отсчетов исходного сигнала и некоторого множества меняющихся от одного отсчета результата к другому по определенному правилу коэффициентов, составляющих так называемое ядро преобразования. Примером подобных преобразований могут служить дискретные ортогональные преобразования типа преобразования Фурье, Хартли, Адамара.

Все преобразования ЦОС могут быть подразделены по своему типу на линейные и нелинейные преобразования.

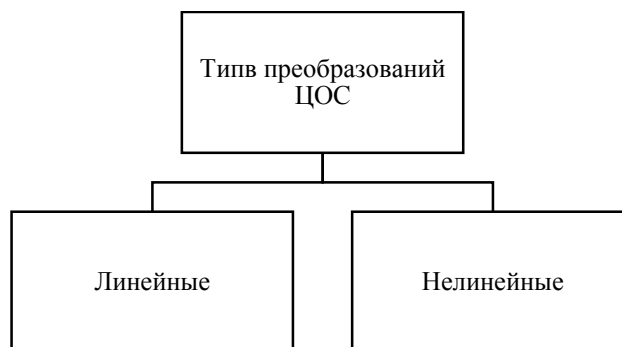


Рисунок 8 – Классификация преобразований ЦОС

Примерами линейных преобразований могут служить преобразования Фурье, Хартли, свертка и корреляция. К нелинейным преобразованиям относятся, в частности, многие алгоритмы распознавания, гистограммные преобразования и ранговая фильтрация.

3.1.2 Методы шумоподавления сигналов

Звуковой сигнал, записываемый в реальных акустических условиях, часто содержит нежелательные шумы, которые могут порождаться окружающей средой или звукозаписывающей аппаратурой. Спектр выходных сигналов представляет себя сумму полезных сигналов $x(t)$ и шумов, электронных $n(t)$ и фоновых $p(t)$:

$$V(t) = x(t) + n(t) + p(t). \quad (2)$$

Это означает, что шум суммируется с «чистым» сигналом $x(t)$ и не зависит от него.

Характеристикой шума является его стационарность. Стационарность означает, что свойства шума (мощность, спектральный состав) не меняются во времени.

Примерами таких шумов могут являться постоянное шипение микрофона или усилительной аппаратуры, гул электросети. Работа различных приборов, не меняющих звучания по времени (вентиляторы, компьютеры) также может создавать шумы, близкие к стационарным. Не являются стационарными шумами различные щелчки, удары, шелест ветра, шум автомобилей.

В зависимости от типа шума могут применяться различные методы шумоподавления для выделения полезных сигналов. Типичным способом избавления от составляющей нестационарных шумов – усреднение, а стационарных – частотная фильтрация.

3.1.2.1 Усреднение сигналов

Усреднение сигналов является одним из простейших способов ЦОС, не требующий больших вычислительных мощностей. При небольшой выборке спектров для обработки достаточно персонального компьютера.

Данный метод подразумевает наличие определенного числа однотипных спектров. Для УЗК – результаты сканирования в одной точке или с минимальным перемещением. Если сканы представляют собой функцию амплитуды по оси Y от времени (или расстояния) по оси X . Производится нахождение среднеарифметической амплитуды Y в каждой точке X . Таким образом нестационарные электрические шумы, изменяющиеся во времени, будут компенсироваться друг другом.

На рисунке 9 показано усреднение по 2, 4, 56 и 1024 спектрам, где по оси X отложен номер измерения N , а по оси Y сравнительная амплитуда сигнала. А на рисунке 10 скан (зависимость амплитуды сигнала от времени) ультразвукового контроля и усреднение по 50 и 200 аналогичным сканам.

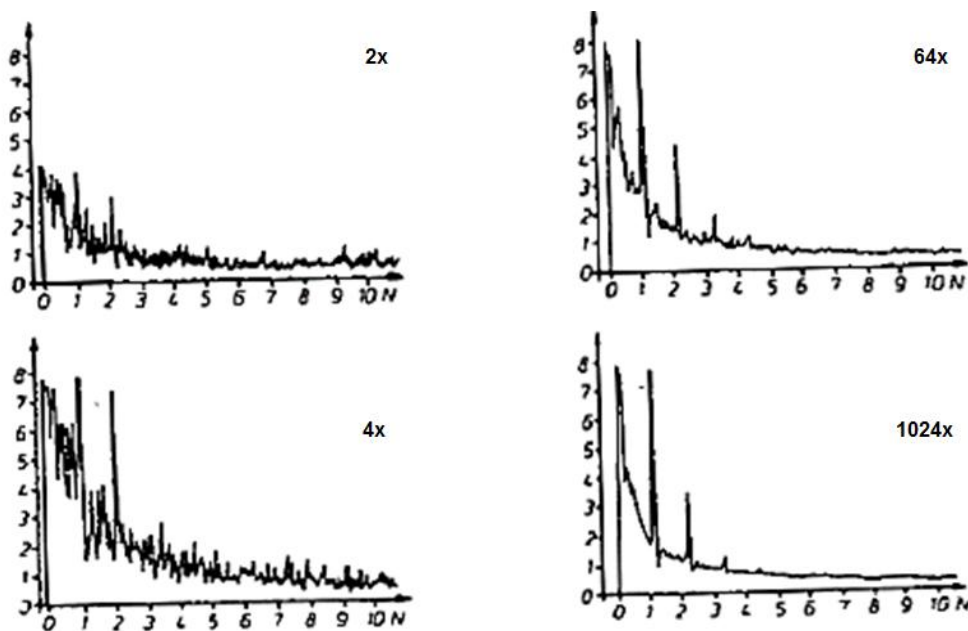


Рисунок 9 – Усреднение по n -му числу спектров

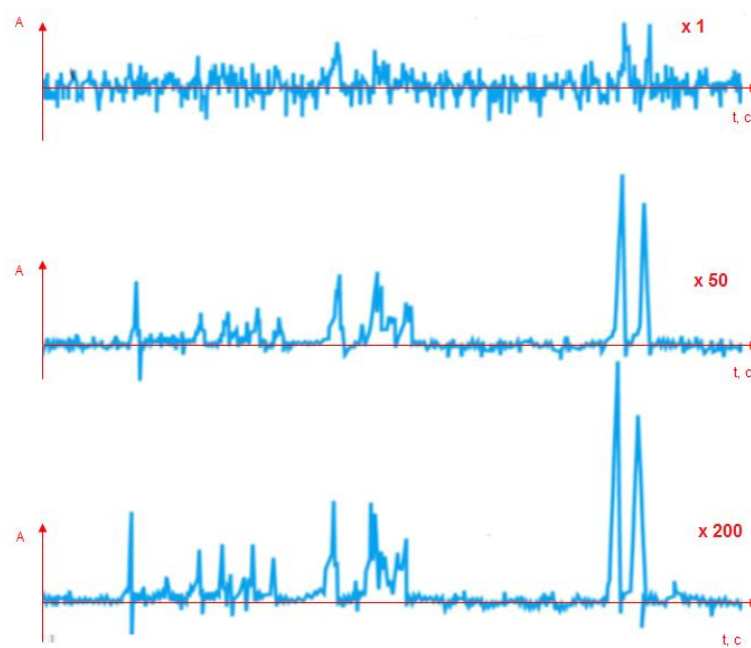


Рисунок 10 – Скан результатов УЗК и усреднение по 50 и 200 сканам

3.2.1.2 Частотная фильтрация

Эффект от умножения спектров сигналов при свертке называется фильтрацией. Когда спектры умножаются как комплексные числа, происходит умножение амплитуд гармоник исходного сигнала и ядра свертки. Таким образом, мы получаем возможность изменять спектр сигнала. Это очень полезная операция. Например, в звукозаписи изменение спектра сигнала позволяет очищать запись от шумов, компенсировать искажения сигнала различными устройствами звукозаписи, менять тембры инструментов, акцентировать внимание слушателя на отдельных партиях. В обработке изображений фильтрация позволяет применять к изображению разные эффекты: размытие, подчеркивание границ, тиснение и многие другие. В других областях фильтрация часто служит для разделения различных сигналов, смешанных в один, очищения сигнала от шумов. Также фильтрация является составным компонентом многих других, более сложных процессов.

Основное свойство любого фильтра – это его частотная (frequency response) и фазовая характеристики. Они показывают, какое влияние фильтр

оказывает на амплитуду и фазу различных гармоник обрабатываемого сигнала. Если фильтр имеет линейную фазу, то рассматривается только частотная характеристика фильтра. Обычно частотная характеристика изображается в виде графика зависимости амплитуды от частоты (в децибелах). Например, если фильтр пропускает все сигналы в полосе $0 \dots 10$ кГц без изменения, а все сигналы в полосе выше 10 кГц подавляет в 2 раза (на 6 дБ), то частотная характеристика будет выглядеть так:

$$A_f = \begin{cases} 0 \text{ дБ}, & f < 10 \text{ кГц} \\ -6 \text{ дБ}, & f > 10 \text{ кГц} \end{cases}$$

Частотная характеристика в 0 дБ показывает, что данные частоты фильтр пропускает без изменения. Те частоты, амплитуда которых ослабляется фильтром в 2 раза, должны иметь амплитуду на 6 дБ меньше. Поэтому их амплитуда составляет -6 дБ. Если бы фильтр усиливал какие-то частоты, то его частотная характеристика была бы на этих частотах положительная (в децибелах).

В зависимости от общего вида частотной характеристики можно выделить следующие распространенные типы фильтров: НЧ-фильтры (low-pass filters), ВЧ-фильтры (high-pass filters), полосовые фильтры, которые пропускают (band-pass filters) или подавляют (band-reject filters) сигнал только в определенной частотной полосе. Существуют и другие типы фильтров с более сложными частотными характеристиками.

Для частотной фильтрации характерно представление результатов в частотном представлении результатов (рис.11), так как позволяет оценить вклад сигналов разной частоты.

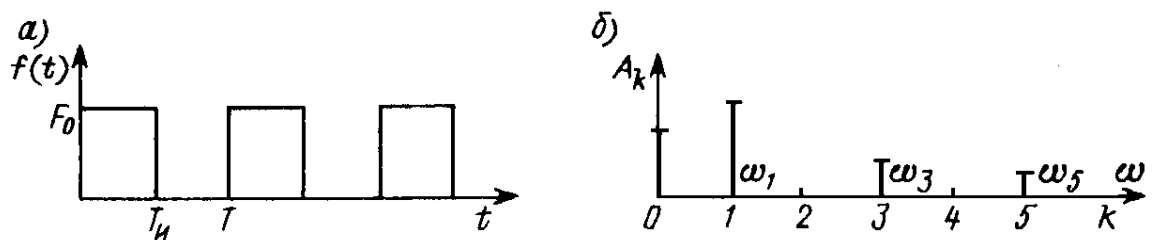


Рисунок 11 - Спектр с вкладом нескольких гармоник с разной частотой: а – временное представление, б – частотное представление

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Научно-исследовательские работы прежде всего связаны с научным поиском, проведением исследований с целью получения научных обобщений и созданием (модернизацией) продукции, однако необходимо учитывать ресурсоэффективность и ресурсосбережение проекта. Поэтому перспективность научного исследования определяется не только значимостью проделанной работы, но и зависит от коммерческой значимости.

Все научно-исследовательские работы можно разделить на три группы:

- фундаментальные исследования, выполняемые с целью расширения научных знаний, явлений и закономерностей их развития;
- поисковые исследования, выполняемые с целью нахождения путей использования выявленных явлений и закономерностей в конкретной области науки и техники для создания принципиально новых изделий, материалов и технологий;
- прикладные исследования, направленные на решение научных проблем, совершенствование методов с целью получения конкретных результатов, используемых в опытно-конструкторских разработках при создании научно-технической продукции (в том числе технических средств обучения).

С экономической точки зрения фундаментальные исследования наиболее затратные, финансируются, как правило, одним или даже несколькими государствами. Они представляют коммерческий интерес в обозримом будущем. Поисковые исследования могут сильно отличаться по объему использованных ресурсов, очень часто конечным продуктом является патент, однако не всегда находит свое технологическое применение. Но при успешном сочетании социальной обстановки, маркетинговых навыках и материально-финансовой базе могут воплотиться в успешный коммерческий проект, стать предпосылкой

к научно-технической революции. Прикладные исследования используют минимум ресурсов, их результат может быть внедрен в профильное производство. Однако часто внедрение результатов таких исследований происходит не по схеме «купля-продажа», так как разработчиком является предприятие, непосредственно планирующее использование разработок для устранения имеющейся проблемы.

Оценка коммерческого потенциала разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В данной работе представлена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения при совершенствовании алгоритмов обработки акустического сигнала в целях повышения эффективности оценки качества компонентов атомной энергетики.

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Несмотря на то, что данные методы совершенствования акустических сигналов могут быть применены и к другим видам сигналов, а также внедрены на организациях любой отрасли, целевым рынком являются предприятия атомной отрасли, а также их организации-партнеры.

Анализ потребителей выявил, что сегментированность рынка можно сделать по деятельности организации: промышленное предприятие АЭ или научно-исследовательская организация (учебное заведение). Так же критерием выбран объем объектов контроля.

Результаты исследования рынка методом сегментирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка услуг

Организации	Объем объектов контроля	
	малый	большой
научно-исследовательская организация		
промышленное предприятие АЭ		

Из карты сегментирования видно, что в совершенствовании алгоритмов обработки акустического сигнала в целях повышения эффективности оценки качества компонентов атомной энергетики ориентироваться на научно-исследовательские организации и промышленные предприятия АЭ с большим объемом объектов контроля. Однако для промышленного предприятия значимость данного исследования выше.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Для анализа конкурентных технических решений в рамках данной работы, помимо предлагаемых методов совершенствования обработки акустических сигналов компонентов АЭ (ф) использование радиографического оборудования рассматривается (к1) и использование высокоточного оборудования (к2).

Позиции оцениваются по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (1):

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -ого показателя.

Оценка конкурентных технических решений представлена в таблице А.1 (Приложение А).

По результатам проведенного анализа, основанного на сравнении конкурентных решений, наглядно представлено, что экономические показатели разработанной методики делают ее гораздо привлекательнее конкурентных продуктов. Это позволяет судить о возможности ее внедрения на предприятия с различным бюджетом. Однако изначально методы разрабатывались для внедрения на ГХК при контроле контейнеров с ОЯТ.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению научно-исследовательской работе, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работы	№	Исполнитель
Выбор направления исследования	Обзор проблем в АЭ, требующих решения	1	Руководитель
	Анализ актуальности возможных исследований	2	Руководитель, студент
Разработка технического задания на НИР	Разработка ТЗ на ВКР	3	Руководитель
	Составление и утверждение ТЗ	4	Руководитель, студент
Теоретические исследования	Сбор и поиск тематической литературы в рамках проекта	5	Студент
	Выбор методов для дальнейшей работы	6	Руководитель, студент
Экспериментальная часть	УЗК объекта контроля	7	Студент
	Обработка сканов УЗК в графическом редакторе	8	Студент
	Обработка результатов УЗК методом усреднения	9	Студент
	Обработка результатов УЗК методом частотной фильтрации	10	Студент
Анализ результатов экспериментальной части	Анализ результатов усреднения	11	Студент
	Анализ результатов частотной фильтрации	12	Студент
	Обобщение и оценка результатов	13	Студент
Оформление отчета по НИР	Оформление пояснительной записки	14	Студент
	Подготовка к защите ВКР	15	Студент

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работы

Следующим этапом является определение трудоемкости выполнения НИОКР. Трудоемкость выполнения НИОКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества

трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ используется следующая формула (5):

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

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, (чел.-дн.);

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

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость 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. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (6)$$

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

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, (чел.-дн.);

$ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, (чел.).

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

В ходе данной работы был построен календарный график работ и ленточный график проведения НИР в форме диаграмм Ганга.

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

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

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

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

k - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1,2, \quad (8)$$

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

$T_{вд}$ - количество выходных дней в году ($T_{вд} = 52$);

$T_{пд}$ - количество праздничных дней в году, ($T_{пд} = 12$).

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k. \quad (9)$$

Расчетные данные сведены в таблице Б.1 (Приложение Б)., на основании которой был построен календарный план-график (табл.Б.2, Приложение Б).

5.3 Бюджет научно-технического исследования

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

- материальные затраты;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.3.1 Расчет материальных затрат

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (10):

$$З_m = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхi}, \quad (10)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -ого вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -ого вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов. Примем k_T равным 0,2.

Таблица 3 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	З _м , руб.
Шариковая ручка	1	40	48
Тетрадь формата А4	1	300	360
Контактный гель для проведения УЗ контроля	1	1000	1200
Итого:			1608

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле (11):

$$С_{элект} = Ц_{эл} \cdot P \cdot F_{об}, \quad (11)$$

где $Ц_{эл}$ – тариф на промышленную электроэнергию (2,35 руб. за 1 кВт/ч);

P – мощность оборудования. кВт;

$F_{об}$ – время использования оборудования, ч.

Большая часть данной работы включает работу персонального компьютера мощностью 85 Вт. Таким образом, затраты на электроэнергию составили (12):

$$C_{\text{элект}} = 2,35 * 0,085 * 80 = 15,98 \text{ руб.} \quad (12)$$

Таким образом, материальные затраты с учетом затрат на электроэнергию составили 1623,98 руб.

5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данной работе к спецоборудованию, необходимому для организации работ по созданию комплекса, относятся система PCUS ProLab, ПЭП, персональный компьютер стоимостью 500 т.руб, 60 т.руб и 50 т.руб соответственно. Срок службы системы PCUS ProLab составляет 10 лет, ПЭП – 3 года, персонального компьютера – 5 лет.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле (13):

$$C_{\text{аморт}} = \frac{C_{\text{об}}}{T}, \quad (13)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования (руб);

T – срок службы (дней).

По результатам расчетов получаем затраты на амортизацию при проведении УЗК контроля (14):

$$C_{\text{аморт}} = \frac{500000 + 60000 + 50000}{(10 + 3 + 5) * 365} = 92,84 \text{ руб./дн.} \quad (14)$$

Оборудование использовалось в течении дней, согласно этому рассчитаем затраты на оборудование (15):

$$C_{\text{аморт}} = 6570 * 3 = 278,54 \text{ руб.} \quad (15)$$

Затраты при работе с ПК составили:

$$C_{\text{аморт}} = \frac{60000}{(10)*365} * 77 = 1265,75 \text{ руб.} \quad (16)$$

Таким образом, общие амортизационные затраты проекта составляют 1544,3 рублей.

5.3.3 Расчет основной заработной платы

Расчет основной заработной платы включает расчет оплаты руководителя и студента-исполнителя. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Данные по заработной плате приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет заработной платы по окладу

Исполнители работ	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
Руководитель	607,68	14584,32
Студент	290,68	6976,22

Статья заработной платы включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (17):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (17)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле (18):

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (18)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (19):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (19)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,24$ месяца, 5-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	89	98
– выходные дни;	81	90
– праздничные дни.	8	8
Потери рабочего времени, дни:		
– отпуск;	0	0
– невыходы по болезни.		
Действительный годовой фонд рабочего времени $F_{\text{д}}$, дни	276	267

Месячный должностной оклад работника (20):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (20)$$

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

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 6.

Таблица 6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	14584,32	1,3	18 959,6	790	6	4740
Студент	6976,22		9069,1	377,9	97	36654,22

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием;
- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, дополнительные обязанности и т.д.;
- иные выплаты;
- районный коэффициент.

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (21):

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (21)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 7. Отчисления во внебюджетные фонды не предусмотрены для стипендиальных начислений.

Таблица 7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Руководитель	36654,22
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	27,1
Отчисления, руб.	3323,75

На 2016 год в соответствии с установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

5.3.5 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле (22):

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (22)$$

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

Накладные расходы в ТПУ составляют 25-35 % от суммы основной и дополнительной зарплаты работников, участвующих в выполнении темы. Примем $k_{\text{накл}} = 20$ %. Таким образом, накладные расходы составят 8278,84 руб.

5.3.6 Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Студент
Материальные затраты	1623,98	
Затраты по основной заработной плате исполнителей	4740	36654,22
Затраты на специальное оборудование	1544,3	
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	3323,75	0
Накладные расходы	8278,84	
Затраты	8063,75	36654,22
Итого:	56165,09	

5.4 Определение ресурсной, финансовой 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 показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 12). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (23)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{фин.1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{56165,09}{56165,09} = 1. \quad (24)$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (25)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 9).

Таблица 9 — Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5
Удобство в использовании	0,15	4
Эффективность	0,20	5
Функциональность	0,15	4
Точность	0,25	3
Итого:	1	21

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 = 4,2. \quad (26)$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп.1}^{финр}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{исп.2}^{финр}} \text{ и т.д.} \quad (27)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 10) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (28)$$

Таблица 10 — Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4
3	Интегральный показатель эффективности	4

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Однако в рамках работы некорректно рассматривать экономические показатели конкурирующих аналогов, так как поставленная задача имеет одно решение имеет лишь один вариант.

Список публикаций студента

1. Абрамец В.В., Лидер А.М., Салчак Я.А., Седнев Д.А. Методы оценки технического состояния пеналов для хранения ОЯТ//VI Школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сборник тезисов докладов, 14-16 октября 2015г., г. Томск: Изд. СТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – 147с.

2. Абрамец В.В., Салчак Я.А., Седнев Д.А., Лидер А.М. Методика ультразвукового контроля сварных соединений пеналов для хранения ОЯТ//Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов IV Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» в 3 т. Т.1/Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 265 с.

3. Абрамец В.В., Лидер А.М., Салчак Я.А., Седнев Д.А. Разработка методики УЗК в целях обеспечения технологической безопасности объектов АЭ//Инновации в атомной энергетике: сб. тезисов докладов конференции молодых специалистов (25–26 ноября 2015 г., Москва). – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2015. – 86 с.

4. Абрамец В.В., Лидер А.М., Салчак Я.А., Седнев Д.А. Разработка методики УЗК в целях обеспечения технологической безопасности объектов АЭ// Инновации в атомной энергетике: сб. докладов конференции молодых специалистов (25–26 ноября 2015 г., Москва). – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2015.– 688 с.

5. Абрамец В.В., Салчак Я.А., Седнев Д.А. Совершенствование алгоритмов обработки акустического сигнала в целях повышения эффективности оценки качества компонентов томной энергетике//Ф503 Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник научных

трудов VIII Международной научно-практической конференции. – Томск, 2016.
– 262 с.

6. Dmitry Dolmatov, Vladislava Abramets. Application of frequency-domain algorithms in ultrasound imaging of composite materials//IV Russian Forum for Young Scientists with International Participation “Space Engineering”, Volume 48, 2016

Приложение А

Таблица А.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

№	Вид работ	В _i	Баллы			Конкурентоспособность		
			Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности								
1	Повышение производительности труда пользователя	0,11	3	3	3	0,33	0,33	0,33
2	Удобство в эксплуатации	0,07	3	5	5	0,21	0,35	0,35
3	Помехоустойчивость	0,02	5	0	0	0,1	0	0
4	Энергоэкономичность	0,03	3	3	2	0,09	0,09	0,06
5	Надежность	0,06	5	1	1	0,3	0,06	0,06
6	Уровень шума	0,01	4	4	4	0,04	0,04	0,04
7	Безопасность	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
8	Потребность в ресурсах памяти	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
9	Функциональная мощность	0,07	5	2	3	0,35	0,14	0,21
10	Простота эксплуатации	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
11	Качество интеллектуального интерфейса	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
12	Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Экономические критерии оценки эффективности								
1	Конкурентоспособность продукта	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
2	Уровень проникновения на рынок	0,03	3	5	3	0,09	0,15	0,09
3	Цена	0,08	3	5	4	0,24	0,4	0,32
4	Предполагаемый срок эксплуатации	0,02	5	4	4	0,1	0,08	0,08
5	Послепродажное обслуживание	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
6	Финансирование научной разработки	0,04	3	2	2	0,12	0,08	0,08
7	Срок выхода на рынок	0,07	1	5	5	0,07	0,35	0,35
8	Наличие сертификации разработки	0,01	1	5	5	0,01	0,05	0,05
	Итого:	1	-	-	-	3,83	3,69	3,57

Приложение Б

Таблица Б.1 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож } i}$	Ч_i	$T_{\text{р } i}$, раб.дн	T_k , кал.дн.
1	Обзор проблем в АЭ, требующих решения	1	5	2,6	1	2,6	4
2	Анализ актуальности возможных исследований	1	3	1,8	2	0,9	2
3	Разработка ТЗ на ВКР	1	3	1,8	1	1,8	3
4	Составление и утверждение ТЗ	2	4	2,8	2	1,4	2
5	Сбор и поиск тематической литературы в рамках проекта	10	20	14	1	14	17
6	Выбор методов для дальнейшей работы	5	10	7	2	3,5	5
7	УЗК объекта контроля	1	3	1,8	1	1,8	3
8	Обработка сканов УЗК в графическом редакторе	20	30	24	1	24	29
9	Обработка результатов УЗК методом усреднения	5	7	5,8	1	5,8	7
10	Обработка результатов УЗК методом частотной фильтрации	7	10	8,2	1	8,2	10
11	Анализ результатов усреднения	1	3	1,8	1	1,8	3
12	Анализ результатов частотной фильтрации	1	5	2,6	1	2,6	4
13	Обобщение и оценка результатов	5	10	7	1	7	9
14	Оформление пояснительной записки	10	20	14	1	14	17
15	Подготовка к защите ВКР	2	5	3,2	1	3,2	4
	Итого:	72	138	98,4	18	92,6	119

Таблица Б.2 – Календарный план-график проекта

№	T_k кал.д н.	Продолжительность выполнения работ																	
		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь					
		2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	4																		
2	2																		
3	3																		
4	2																		
5	17																		
6	5																		
7	3																		
8	29																		
9	7																		
10	10																		
11	3																		
12	4																		
13	9																		
14	17																		
15	4																		