

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование основных характеристик макетного образца серомера с функцией плотномера

УДК 681.2:531.75.546.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Ду Минян		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антропов Н.А.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН	Черепанова Н.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н.		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P1	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиций и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОСЗ+ (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4)
P2	К самоорганизации и самообразованию, работать в коллективе, к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке, толерантно воспринимать социальные, этические и культурные различия, использовать методы и средства физической культуры, приёмы первой помощи и методы защиты в условиях ЧС.	Требования ФГОСЗ+ (ОК-5,ОК-6,ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
P3	Использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, современные концепции и ограничения естественных наук, использовать фундаментальные знания разделов общей и теоретической физики, математики для создания моделей и решения типовых профессиональных задач, в том числе с использованием знаний профессионального иностранного языка.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
P4	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6)
P5	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность за последствия	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-8, ОПК-9)

	своей инженерной деятельности.	
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р6	<u>Научно-исследовательская деятельность</u> Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-1, ПК-2)
Р7	<u>Научно-инновационная деятельность</u> Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
Р8	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОСЗ+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
Р9	<u>Педагогически-просветительская</u> Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	Требования ФГОСЗ+ (ПК-9)

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение школы (НОЦ) экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Лидер А.М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б41	Ду Минян

Тема работы:

Исследование основных характеристик макетного образца серомера с функцией плотномера	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	В рамках работы проводится изготовление и исследование макетного образца серомера с функцией плотномера по определению содержания серы в статических условиях.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	– Обзор литературных источников; – Теоретические основы метода двух энергетической рентгеновской абсорбции (ДЭРА) в определении плотности нефти и количественном определении серы в нефти и нефтепродуктах. – Экспериментальное определение плотности сред переменного состава на примере водно-спиртовых растворов и определение содержания серы в нефти и нефтепродуктах . – Заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	– Анализатор ASOMA 682T-HP
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Доцент ОСГН Черепанова Н.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОКД Ларионова Е.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропов Н.А.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Ду Минян		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б41	Ду Минян

Школа	ИШЯТ	Кафедра	Экспериментальная физика
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02Физика

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материалов и оборудования Окладу участников проекта
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы рабочего времени
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам составляют 30,2 % от ФОТ на 2018 год

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	SWOT-анализ
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта; - расчет сметы затрат: - материальные затраты; - оплата труда; - отчисления во внебюджетные фонды;

	- накладные расходы
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение интегрального показателя ресурсоэффективности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Матрица SWOT 2. График проведения и бюджет 3. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Черепанова Н.В	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Ду Минян		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б41	Ду Минян

Школа	ИЯТШ	Отделение	Экспериментальная физика
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Тема дипломной работы: Исследование основных характеристик макетного образца серомера с функцией плотномера

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, – освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического – характера, электрической, пожарной и взрывной природы) негативного воздействия на окружающую природную среду – чрезвычайных ситуаций (в основном опасность пожара) – разработка плотномера для анализа сред в автоматическом режиме
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: а) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений б) приводятся данные по допустимым значениям шума на рабочем месте в) приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет потребного воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала); г) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативнотехнический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

	2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: а) механические опасности (источники, средства защиты); б) термические опасности (источники, средства защиты); в) электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита-источники-средства защиты); г) пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства- пожаротушения). 3 Охрана окружающей среды: организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации установки, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов). 4. Защита в чрезвычайных ситуациях: а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС; разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);
--	--

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Ду Минян		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2017	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2017	Определение плотности	15
30.12.2017	Определение содержания серы в нефти	20
30.04.2018	Анализ результатов	15
25.05.2018	Социальная ответственность	15
25.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2018	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропов Н.А.	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 89 с., 10 рис., 23 табл., 9 источников.

Ключевые слова: ДЭРА, содержания серы, плотности нефти, метод, измерение.

Объектом исследования является основная характеристика лабораторного образца поточного серомера с функцией плотномера с использованием радиоизотопного источника Титан-44.

Цель работы – Исследование основных характеристик лабораторного образца поточного серомера с функцией плотномера с использованием радиоизотопного источника Титан-44

Измерение серы необходимо для сортировки нефти, и обычной практикой является смешение нефти с разным содержанием серы для того, чтобы повысить ее качество, а значит и стоимость. Процесс смешения нефти контролируется по показаниям поточного анализатора общей серы.

Хотя знание содержания серы в потоках вязких углеводородов в общем случае важно для многих процессов нефтепереработки, ниже мы ограничимся рассмотрением этого вопроса только для случая сырой нефти и задач, связанных с ее транспортировкой, контролем качества на пунктах передачи ответственности, на нефтеналивных терминалах. Рассматриваемый ниже анализатор ASOMA 628T-HP предназначен в первую очередь именно для таких задач. Этот анализатор аккумулирует более чем 25- летний опыт компании в производстве поточных анализаторов серы в нефти.

Очевидно, что для решения задачи измерения в высоковязких потоках углеводородов, каким собственно и является сырая нефть, анализатор должен обеспечивать возможность анализа при повышенной температуре и давлении. Кроме того, учитывая эксплуатацию анализаторов на удаленных или необорудованных площадках, необходимо, чтобы пробоотбор или пробоподготовка были сведены к минимуму.

Оглавление

Введение	14
1 Методы и приборы определения плотности нефти и содержания серы в нефти на потоке	16
2 Теоретические основы метода двух энергетической рентгеновской абсорбции (ДЭРА) в определении плотности нефти и количественном определении серы в нефти и нефтепродуктах.....	27
2.1 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.....	27
2.1.1 Рассеяние.....	28
2.1.2 Поглощение.....	38
2.2 Методы определения плотности с использованием ионизирующих излучений.....	48
2.2.1 Радиоизотопные методы.....	48
2.2.2 Рентгеновская абсорбция.....	49
2.2.3 Теоретические основы метода ДЭРА с уравнением связи.....	49
3 Экспериментальное определения плотности сред переменного состава на примере водно-спиртовых растворов и определение содержания серы в нефти и нефтепродуктах	51
3.1 Описание серомера.....	51
3.2 Оценка стабильности работы поточного плотномера для статических и гидродинамических режимов работы	52
3.3 Определение плотности	53
3.4 Определение содержания серы в нефти.....	54
4 Заключение.....	55
5 Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение....	56
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	56
5.2 Потенциальные потребители результатов исследования	56
5.3 Анализ конкурентных технических решений	57

5.4 Технология QuaD	58
5.5 SWOT-анализ	59
5.6 Структура работ в рамках научного исследования	63
5.7 Определение трудоёмкости выполнения работ	65
5.8 Разработка графика проведения научного исследования.....	66
5.9 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	71
5.9.1 Расчёт материальных затрат НТИ	71
5.9.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ.....	71
5.9.3 Основная заработная плата исполнителей темы	72
5.9.4 Накладные расходы	75
5.9.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	75
6 Социальная ответственность	77
6.1 Техногенная безопасность	80
6.1.1 Микроклимат.....	80
6.1.2 Электромагнитные поля.....	82
6.1.3 Электрическое напряжение	83
6.1.4 Воздействие высокой температуры	83
6.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	84
6.3 Особенности законодательного регулирования проектных решений	86
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	87
6.5 Вывод	88
Список использованных источников.....	89

Введение

Точные и надежные измерения содержания общей серы в нефти и нефтепродуктах критически важны как для нефтетрейдинга, так и для оптимизации и контроля процессов нефтепереработки. В связи с этим содержание серы как в сырой нефти, так и в продуктах ее переработки регламентируется множеством национальных и международных стандартов. Учитывая тенденцию уменьшения содержания серы в разных видах топлив, значение этого анализа на потоке или в лаборатории с каждым годом возрастает.

Контроль содержания серы начинается с определения ее содержания в нефти. Хотя уровень серы в сырой нефти не регламентируется, он в значительной мере определяет ее стоимость и качество. Малосернистая нефть обычно содержит не более 0,5% общей серы, в то время как в сернистой нефти ее типичная концентрация составляет 3%. В отдельных случаях содержание серы в нефти может достигать 6%. Измерение серы необходимо для сортировки нефти, и обычной практикой является смешение нефти с разным содержанием серы для того, чтобы повысить ее качество, а значит и стоимость. Процесс смешения нефти контролируется по показаниям поточного анализатора общей серы. Ясно, что такой анализатор, устанавливаемый на узлах смешения, которые зачастую находятся в удаленных местах, должен обеспечивать быстрое и точное измерение, при этом затраты на его установку и обслуживание должны быть минимальны.

Хотя знание содержания серы в потоках вязких углеводородов в общем случае важно для многих процессов нефтепереработки, ниже мы ограничимся рассмотрением этого вопроса только для случая сырой нефти и задач, связанных с ее транспортировкой, контролем качества на пунктах передачи ответственности, на нефтеналивных терминалах. Рассматриваемый ниже анализатор ASOMA 628T-HP предназначен в первую очередь именно для таких задач. Этот анализатор аккумулирует более чем 25- летний опыт компании в производстве поточных анализаторов серы в нефти.

Очевидно, что для решения задачи измерения в высоковязких потоках углеводородов, каким собственно и является сырая нефть, анализатор должен обеспечивать возможность анализа при повышенной температуре и давлении. Кроме того, учитывая эксплуатацию анализаторов на удаленных или необорудованных площадках, необходимо, чтобы пробоотбор или пробоподготовка были сведены к минимуму.

Целью работы являлось Исследование основных характеристик лабораторного образца поточного серомера с функцией плотномер с использованием радиоизотопного источника Титан-44.

Для решения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Разработать лабораторный макет поточного варианта серомера на источнике Титан-44.
2. Исследовать стабильность сигнала в статическом и гидродинамическом режимах.
3. Определение плотности методом ДЭРАС (двух энергетическая рентгеновская абсорбция с уравнением связи).
4. Определение концентрации серы.

1 Методы и приборы определения плотности нефти и содержания серы в нефти на потоке

Для измерения содержания серы в нефти и плотности нефти в лабораторных условиях используется широкий спектр методов и приборов начиная от химических и кончая рентгенофлюоресцентными анализаторами. Остановимся на краткой характеристике наиболее известных.

1.1 Методы и приборы определения плотности нефти Определение плотности нефти ареометром

Согласно ГОСТ 3900-85, для определения плотности нефти и нефтепродуктов использовались пикнометры.

Суть этого метода заключается в погружении ареометра в тестовый продукт, считывании шкалы ареометра при температуре измерения и пересчете результатов плотности при температуре 20 ° С.

Подготовка к анализу

Образец масла доводится до температуры испытания или поддерживается при температуре окружающей среды до достижения этой температуры.

Проведение анализа

Образец испытуемого продукта выливали в цилиндр, установленный на той же плоской поверхности, что и температура образца. Газовые баллоны должны заполняться не более чем 2/3 объема образца. Воздушные пузырьки, образованные на поверхности, удаляются фильтровальной бумагой.

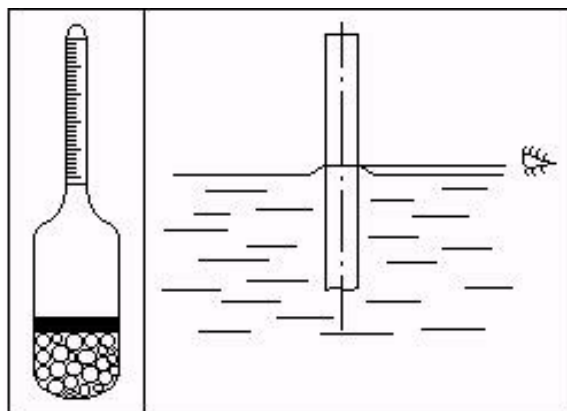


Рисунок 1 – Ареометр

Рис. 1.3. Снятие показаний

Температуру испытуемого образца измеряли до и после измерения плотности. Температура поддерживается постоянной, а погрешность не превышает $0,2^{\circ}\text{C}$.

Поместите чистый сухой пикнометр (рис. 1.2) медленно и осторожно в цилиндр тестируемого продукта. Носитель поддерживается верхним концом и не допускает смачивания части стержня над поверхностью ареометра. Когда вибрация ареометра прекращается, считывается край мениска. В этом случае глаза должны находиться на уровне мениска (рис. 1.3).

Шкала на шкале пикнометра соответствует плотности нефтяного продукта ($\text{г} / \text{см}^3$) при испытательной температуре.

Обработка результатов

Измеренная температура испытания округляется до ближайшей температуры, указанной в таблице. 1

Таблица 1 – Перевод плотности при температуре испытания в плотность при 20°C

Темп. испыт., °С	Плотность по шкале ареометра, г/см ³						
	0,810	0,820	0,830	0,840	0,850	0,860	0,870
	Плотность при 20 °С, г/см ³						
10	0,8030	0,8131	0,8232	0,8333	0,8434	0,8534	0,8635
11	0,8037	0,8137	0,8239	0,8340	0,8440	0,8541	0,8641
12	0,8044	0,8145	0,8246	0,8346	0,8446	0,8547	0,8648
13	0,8051	0,8152	0,8253	0,8353	0,8454	0,8554	0,8654
14	0,8058	0,8159	0,8259	0,8360	0,8460	0,8561	0,8661
15	0,8065	0,8166	0,8266	0,8367	0,8467	0,8567	0,8667
16	0,8072	0,8173	0,8273	0,8373	0,8474	0,8574	0,8674
17	0,8079	0,8179	0,8280	0,8380	0,8480	0,8580	0,8681
18	0,8086	0,8186	0,8287	0,8387	0,8487	0,8587	0,8687
19	0,8093	0,8193	0,8293	0,8393	0,8493	0,8593	0,8694
20	0,8100	0,8200	0,8300	0,8400	0,8500	0,8600	0,8700
21	0,8107	0,8207	0,8307	0,8407	0,8507	0,8607	0,8706
22	0,8114	0,8214	0,8313	0,8413	0,8513	0,8613	0,8713
23	0,8121	0,8220	0,8320	0,8420	0,8520	0,8620	0,8719
24	0,8128	0,8227	0,8327	0,8427	0,8526	0,8626	0,8726
25	0,8134	0,8234	0,8334	0,8433	0,8533	0,8633	0,8732

Плотность испытуемого продукта при температуре 20 ° С определяется значением плотности и величиной температуры округления, определяемой с помощью пикнометра 1.

Арифметическое среднее из двух определений является результатом теста.

Точность метода

Конвергенция. Если разница между прозрачными продуктами не превышает 0,0005 г / см³, два определения, полученные исполнителем, считаются надежными с вероятностью 95%, 0,0006 г / см³ - для черных и непрозрачных изделий.

Повторяемость. Если разница между прозрачными продуктами двух лабораторий не превышает 0,0012 г / см³, два измерения, полученные двумя лабораториями, считаются надежными с вероятностью 95%, 0,0015 г / см³ - для черного и непрозрачные изделия.

1.2 Методы и приборы определения содержания серы в нефти.

Бомбовый метод

Бомбовый метод является самым старым в ASTM. Впервые эту методику ввели в 1922-ом году. На рисунке 2 представлен структура ASTM.

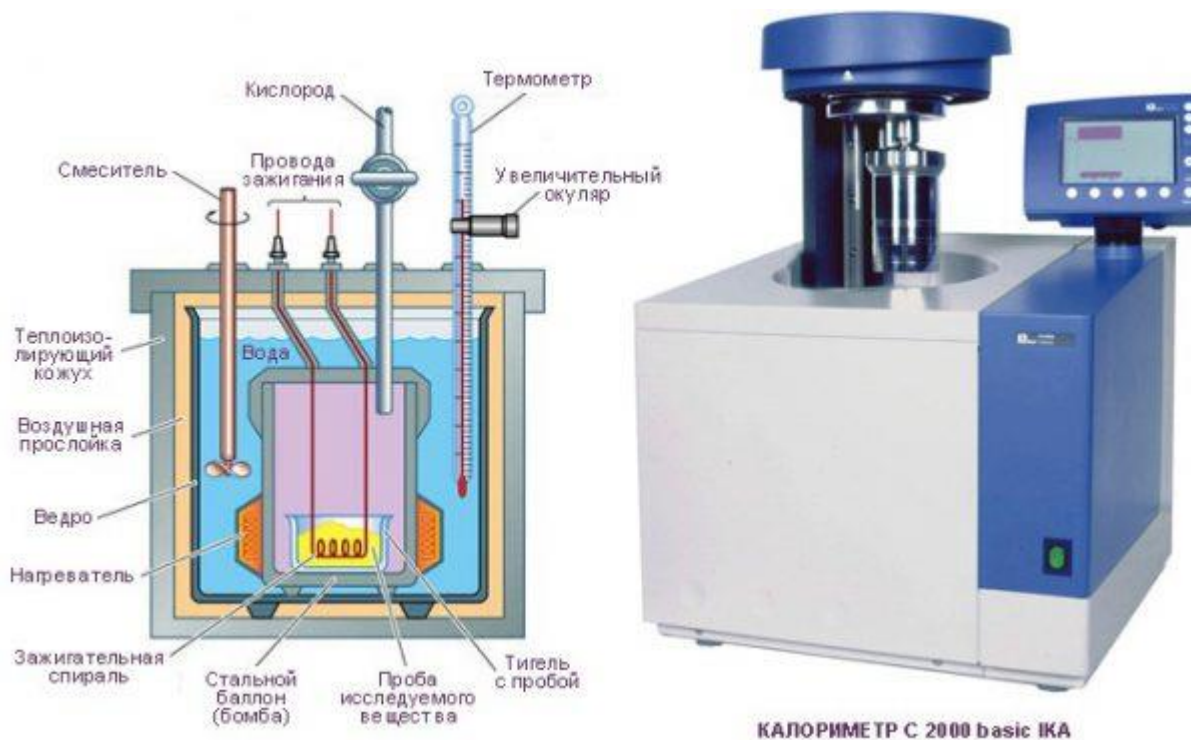


Рисунок 2 – Схема ASTM

Суть этого способа заключается в том, что сжигание исследуемого продукта происходит в калориметрической бомбе (отсюда и название), которая заполнена сжатым кислородом. При сгорании получается двуокись серы, которая поглощается с помощью щелочи, заранее налитой в бомбу. Полученные таким образом сульфиты окисляются до сульфатов, после чего количество серы определяется с помощью гравиметрического осаждения её хлористым барием. На выходе получается соединение BaSO_4 .

К легким нефтепродуктам с высокой летучестью этот метод применим с трудом, поскольку взвесить их с достаточной точностью можно лишь в закрытых сосудах (к примеру, желатиновых капсулах). Однако такие «сосуды» сами содержать серу. Трудность заключается в том, что размер поправки на серу такой капсулы чаще всего весьма существенен (до двух третей

определенного значения). В связи с этим, погрешность измерений становится слишком большой.

Также неприменима эта методика к веществам, в составе которых присутствуют элементы, которые при сгорании образуют нерастворимые сульфаты. Такие сульфаты мешают процессу осаждения. В качестве таких элементов могут выступать свинец, кремний, кальций, алюминий и железо, часто входящие в состав добавляемых в масла и смазки присадок. Мешать осаждению способны также слюда, асбест, сульфид молибдена и другие нерастворимые вещества.

Также бомбовый метод нельзя применять к содержащим металлы износа отработанным маслам.

Нижним пределом измерений серы этим способом является значение 0,1 процента. Так как максимальный вес образца для испытаний не должен превышать одного грамма (по ГОСТ-у за номером 3877 – не может быть больше 0,8 грамма), то в случае незначительных концентраций серы возможны существенные ошибки.

Ламповый способ определения серы

При использовании данной методики исследуемый образец сжигается с помощью лампы (с хлопчатобумажным фитилем) в замкнутой системе, в условиях искусственной атмосферы, содержащей 70 процентов углекислого газа и 30 процентов кислорода. Это позволяет избежать появления окислов азота, из-за которых возникает положительная погрешность при определении содержания серы с титриметрическим окончанием.

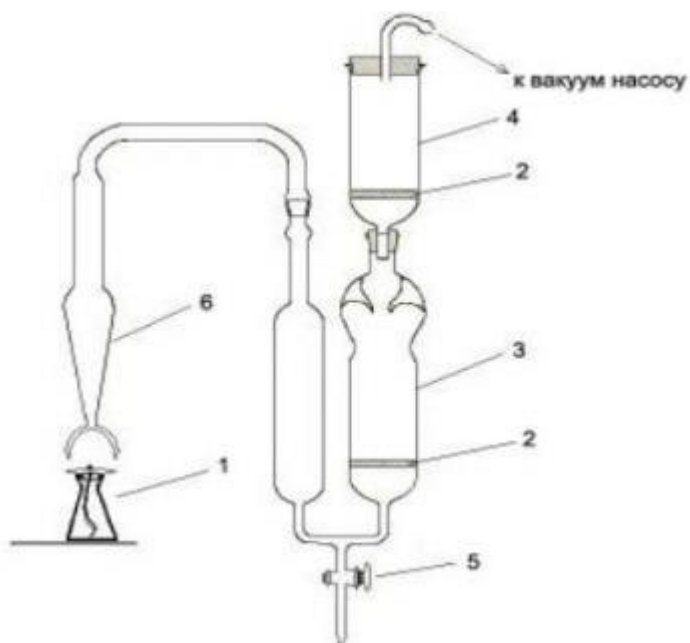


Рис 3. Схема установки определения количества серы ламповым методом: 1- лампа для сжигания(спиртовка); 2- фильтр (пористая керамическая диафрагма); 3- поглотительный сосуд; 4- туманоулавливатель; 5- сливной кран; 6- ламповое стекло

Полученная сжиганием двуокись серы поглощается, а затем окисляется перекисью водорода до серной кислоты. После этого полученный раствор продувается воздухом, чтобы удалить растворенные в нем двуокиси углерода. Содержание серы, находящейся в виде сульфата, определяется либо титрованием с помощью гидроокиси натрия, либо гравиметрическим способом путем осаждения её в виде BaSO_4 .

Если образец сжигается не в искусственной атмосфере, а в атмосферном воздухе, то окончание измерений может быть только гравиметрическим, а это — более трудоемкий процесс.

Время сжигания исследуемого образца не регламентируется. Необходимо обеспечить такое горение исследуемого вещества, при котором не образуется копоть, и проба сгорает полностью. Это необходимо потому, что тяжелые соединения серы стремятся сконцентрироваться в тяжелых остатках.

Если применяется турбидиметрическое окончание метода, то значение нижнего предела измерений снижается до 5 миллиграмм на килограмм.

Отечественная методика, описываемая ГОСТ Р 51859-2002, практически является точным переводом метода ASTM D1266-98, с одним отличием – в ГОСТ-е способ определения малых концентраций серы (но – не меньше 5 миллиграмм на килограмм) называется «нефелометрический».

Отечественная ламповая методика определения серы, которая регламентируется ГОСТ 19121, по сути представляет собой упрощенный вариант описанной выше. Во-первых, этот метод не берет в расчет образование при сгорании окислов азота, поскольку сжигание исследуемого вещества происходит в естественной атмосфере, но – с титриметрическим окончанием метода. Во-вторых, в этом способе нет методики, позволяющей определить следовые содержания серы при турбидиметрическом его окончании.

Еще одним отличием этой методики является то, что полученная после сгорания образца двуокись серы до сульфата не окисляется, а титруется сразу в форме сульфита с низкой стабильностью. Все это приводит к потере точности измерений. Нижнее значение границы определяемых этой методикой содержаний составляет 0,01 процента.

Суть этого метода – сжигание исследуемого образца нефтепродукта в стеклянной лампе с х/б фитилем, с последующим поглощением полученного сернистого газа раствором кальцинированной соды. Для определения количественного значения содержания в продукте серы лишнюю соду оттитровывают с помощью соляной кислоты.

Рентгенофлюоресцентный метод определения содержания серы в нефти.

Отечественным представителем такого типа анализаторов является анализатор

СПЕКТРОСКАН S(SL), выпускаемый Петербургской фирмой НПО «Спектрон». Основные его Аналитические характеристики следующие:

Определяемый элемент S (сера)

Предел обнаружения за 100 с 3 ppm

Диапазон измерений массовой доли серы Два диапазона:

от 0,0007% до 0,1%

(от 7 ppm до 1000 ppm);

от 0,1% до 5,0%

(от 1000 ppm до 50000 ppm);

Способ выделения линии серы Энергодисперсионный канал со спектральным фильтром

Время измерения двух параллельных образцов (1 проба) от 1 минуты.

В настоящее время на международном рынке представлены до недавнего времени были представлены два поточных анализатора серы: ASOMA 682T-HP

Анализатор ASOMA 682T-HP

Методом анализа, отвечающим всем перечисленным выше требованиям, является рентгено-абсорбционный метод [1]. Иногда этот метод обозначается латинской аббревиатурой XRA (последняя буква обозначает абсорбцию или поглощение излучения) или XRT (последняя буква обозначает пропускание). По своему названию метод аналогичен обычной абсорбционной спектроскопии, однако, измеряется не поглощение или пропускание света, а поглощение или пропускание рентгеновского излучения. Что рассматривать – поглощение или пропускание излучения – дело вкуса, с физической точки зрения это один и тот же процесс.

Измерительная схема такого анализатора чрезвычайно проста. Анализируемая нефть проходит через анализатор по трубке, на одной из сторон которой установлена рентгеновская трубка, генерирующая излучение соответствующей частоты, а на другой – приемник. При этом проба подается в анализатор при рабочем давлении и рабочей температуре потока, т.е. без всякой дополнительной пробоподготовки. Трубка, по которой проходит нефть, играет роль проточной измерительной ячейки. Рентгеновское излучение проходит через бериллиевые окошки, прозрачные для него, и интенсивность прошедшего через нефть излучения измеряется.

Такая конструкция анализатора ASOMA 682T-HP, рис. 4, оптимальна для работы с потоками высоковязких углеводородов, где для перекачки

требуется высокое давление в анализируемом потоке и повышенная температура, и где могут сформироваться отложения парафинов или аналогичных субстанций на окошках проточной ячейки. Фактически в такой схеме реализуется бесконтактный способ измерения, и единственным элементом, контактирующим с пробой, является материал окошек.

Анализатор ASOMA 682T-HP стандартно обеспечивает непрерывное и надежное определение серы при давлениях в потоке до 55 бар. Дополнительные опции могут при необходимости расширить диапазон давления. Анализатор может работать как самостоятельный прибор или интегрироваться в автоматизированную систему управления для обеспечения контроля в режиме реального времени. Столь же просто анализатор интегрируется и в системы телеметрии.

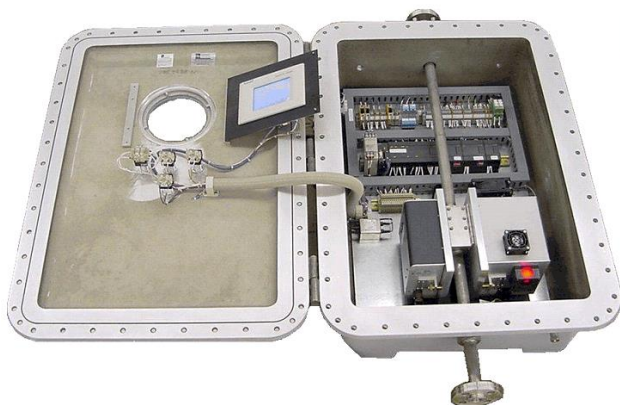


Рис.4 Анализатор ASOMA 682T-HP-EX в корпусе типа "взрывонепроницаемая оболочка"

Принцип измерения и его особенности

В отличие от распространенных рентгенофлуоресцентных (XRF) методов определения содержания серы, реализованных в лабораторных анализаторах, рентгено-адсорбционные (XRA/XRT) анализаторы работают с более высокой энергией рентгеновского излучения. Благодаря этому путь, который рентгеновское излучение проходит в слое нефти, в XRA/XRT анализаторах намного больше, а излучение гораздо меньше ослабляется собственно самой нефтью и, следовательно, меньше зависит от ее состава. Именно это обстоятельство позволяет использовать проточную схему

измерения, когда излучатель и детектор находятся на противоположных сторонах широкой трубки – ячейки. Образец нефти входит снизу в проточную ячейку, диаметр которой примерно 50 мм. С учетом толщины бериллиевых окошек общая длина пути от источника до детектора составляет примерно 85 мм. Такая "толстая" ячейка позволяет пренебречь относительным вкладом окошек, на которых могут со временем образовываться отложения, поэтому для анализа именно сырой нефти метод XRA/XRT является более предпочтительным.

Интенсивность прошедшего через ячейку рентгеновского излучения обратно пропорциональна концентрации серы, присутствующей в нефти. Интенсивность рентгеновского излучения определяется следующим уравнением, в известном смысле аналогичным уравнению Бугер-Ламберт-Бера в обычной оптической спектроскопии:

$$I = I_0 e^{-\mu d l}$$

где: I – интенсивность прошедшего через слой нефти рентгеновского излучения, I_0 – начальная интенсивность излучения, μ – коэффициент поглощения, см²/г, d – плотность, г/см³, l – толщина слоя нефти, см.

В таблице 2 показаны коэффициенты поглощения для водорода, углерода и кислорода – обычных составляющих нефть элементов, - а также серы. Коэффициенты приведены для энергии рентгеновского излучения 21 кэВ. Как видно из таблицы, при этой энергии излучения коэффициент поглощения для серы на порядок больше, чем для других элементов. Следовательно, ослабление излучения в основном связано с содержанием в нефти серы.

таблица 2

Коэффициенты поглощения элементов при 21 кэВ	
H	0.41
C	0.37
O	0.68
S	5.33

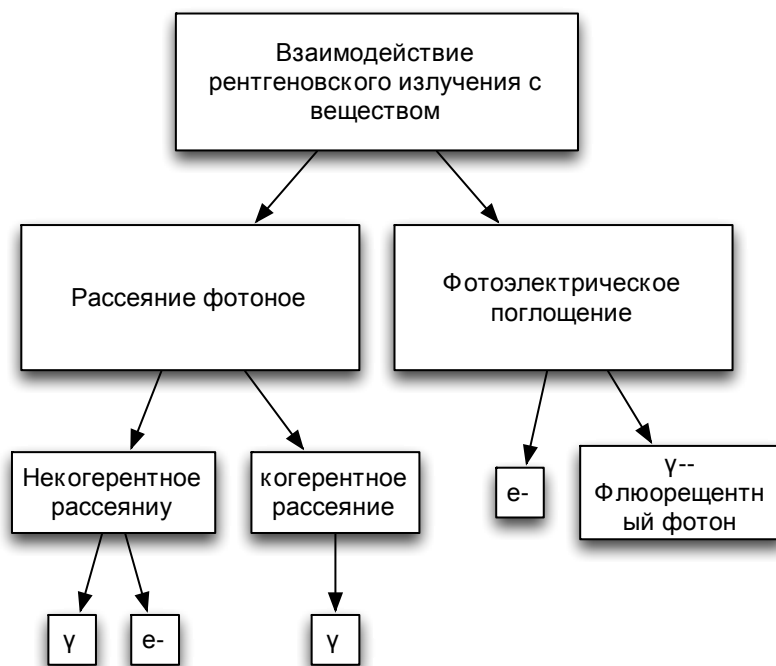
Обычно разные типы нефти или вязких углеводородов отличаются по составу, а, следовательно, и по соотношению основных составляющих нефти углерода и водорода С/Н. Однако коэффициенты поглощения для С и Н при данной энергии излучения близки, поэтому влияние соотношения С/Н на измерение содержания серы в нефти незначительно.

Источником рентгеновского излучения в анализаторе ASOMA 682T-HP служит рентгеновская трубка с родиевым (Rh) анодом. Напряжение на трубке устанавливается таким образом, чтобы энергия рентгеновских лучей была более 25 кэВ, а их интенсивность, определяемая пропорциональным счетчиком, - порядка 30 000 с⁻¹. Для получения монохроматического излучения 21 кэВ используется дополнительный палладиевый фильтр. Время жизни рентгеновской трубки при непрерывном измерении составляет более 10 лет. Газонаполненный пропорциональный счетчик служит не менее 5 лет.

Хотя энергия рентгеновского излучения анализатора оптимальна для преимущественного поглощения атомами серы, при изменении температуры потока плотность нефти, входящая в уравнение интенсивности, также меняется. Плотность зависит и от происхождения нефти, поэтому изменение плотности приводит к тому, что поглощение излучения образцами с разной плотностью, но содержащими одинаковое количество серы, будет различным. Наилучший способ скорректировать зависимость поглощения от плотности – это измерить ее в тот же момент, когда производится измерение серы. Для этой цели анализатор ASOMA 682T-HP может оснащаться встроенным плотномером или использовать сигнал от внешних плотномеров, входящих в состав оборудования узлов учета. Анализатор снабжен различными встроенными программами автоматической коррекции измерения на плотность нефти.

2. Теоретические основы метода двух энергетической рентгеновской абсорбции (ДЭРА) в определении плотности нефти и количественном определении серы в нефти и нефтепродуктах.

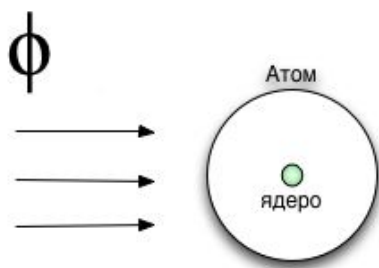
2.1 Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом



Взаимодействующие вещества с излучением сводятся к набору первичного рассеяния (упругого и неупругого), поглощения и электромагнитного излучения (излучение линии, отсутствие теплового излучения, мазерный эффект, тормозное излучение) и генерация эффекта Оже. Интенсивность передаваемого или дифрагированного излучения регистрируется при исследовании рентгеновских взаимодействий (твёрдого тела, жидкости или газа) с веществом. Эта сила незаменима и связана с различными процессами взаимодействия. Чтобы отделить эти процессы друг от друга, они зависят от условий эксперимента и физических свойств исследуемого объекта.

В большинстве случаев излучающий рентгеновский канал материала можно рассматривать как серию столкновений гранул с электромагнитными свойствами материала. Волны и частицы, а также свойства волн предсказывают преломление, отражение, рассеяние, дифракцию и поляризацию.

Следовательно, обладая свойствами волна и частица, рентгеновские лучи обладают два типа рассеяния—когерентное и некогерентное рассеяние.



При столкновений частиц с атомами взаимодействия могут сортировать частицы по типам взаимодействия, например:

$$N_{coll} = N_s + N_a \quad 1)$$

N_{coll} --среднее количество столкновений.

N_s --число рассеявшихся частиц.

N_a --число поглощённых частиц.

Рассмотрим в угоде зрения, количество N_{coll} реально представит число фона объёма.

Если разделить обе части выражение 1) на интенсивность света ϕ (плотность потока) падающих частиц. Получим:

$$\sigma = \frac{N_{coll}}{\phi} = \frac{N_s}{\phi} + \frac{N_a}{\phi} = \sigma_s + \sigma_a \quad (cm^2)$$

где σ_s --сечение рассеяния, σ_a --сечение поглощения, σ —полное сечение.

Вот это Эффективным поперечным сечением (ЭПС) σ . [1]

2.1.1 Рассеяние

Эффект рассеяния рентгеновских лучей связан с тем, что сила переменного электромагнитного поля, генерируемого рентгеновским лучом, заставляет электроны вибрировать в изучаемом материале. Осциллирующие электроны излучают рентгеновские лучи с той же длиной волны, что и первичные, и отношение мощности света, рассеянного на вещество I_g к интенсивности падающего излучения, составляет около 0,2. Для рентгеновских лучей с длинными длинами волн (мягкое излучение) коэффициент немного увеличивается, тогда как для лучей с малой длиной волны (жесткое излучение)

коэффициент немного уменьшается. В этом случае лучи наиболее сильно рассеиваются в направлении входящего луча рентгеновского излучения (и в противоположном направлении) и слабее (2 раза) в направлении, перпендикулярном главному лучу. Из приведенного выше рассеяния рентгеновские лучи делятся на два типа - когерентное и некогерентное рассеяние.

Когерентное рассеяние - это рассеяние излучения с сохранением частоты, а фаза отличается от фазы первичного излучения на π . Поэтому рассеянные волны могут мешать падающим волнам или другим когерентным рассеянными волнам.

Инкогерентное рассеяние является результатом эффекта Комптона, в котором часть энергии рассеянного фотона меньше энергии кванта основного пучка. Поэтому длина рассеянных волн в этом случае отличается от длины волны падающего излучения, и их фазы никак не связаны. Поэтому рассеянное излучение не мешает когерентному рассеянию и первичному излучению.

В зависимости от энергии излучения и материала доминирует один или другой тип взаимодействия. Для низкой энергии поглощение фотонов играет важную роль. С увеличением энергии фотонов вероятность фотоэффекта быстро падает. С увеличением энергии рентгеновского излучения основным механизмом взаимодействия фотонов с веществом является комптоновское рассеяние. Если величина передачи импульса при столкновении с электронным квантом мала, фотоны рассеяния электронов в атоме происходят без потерь энергии (или когерентного рэлеевского рассеяния).

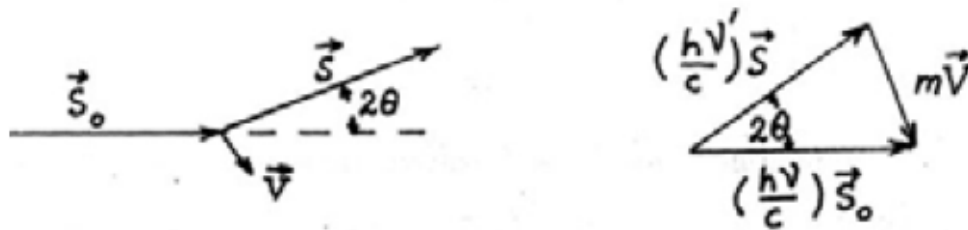


Рис 5. Схема рассеяния плоской волны на свободном электроны с комптоновской передачей

импульса: a - единичный вектор распространения волны до рассеяния; s - единичный вектор распространения рассеянной волны; V - скорость движения электрона после столкновения с фотоном; 2θ - угол рассеяния; V и V' - частота волны до и после рассеяния соответственно.

Как правило, энергия таких сталкивающихся фотонов уменьшается, что означает увеличение длины волны рассеянного рентгеновского излучения. Если падающие фотоны являются релятивистскими электронами с более высокой энергией, чем фотоны энергии, эффект Комптона заключается в увеличении частоты света. То есть в ходе этой взаимодействующей энергии на электрон-фотон падает фотон. При комптоновское рассеяние, падающее на его часть переноса электронов. Скорость электронов изменяется от одного электрона в одном случае из-за ядра и может инициировать использование другой орбиты с атомом высокой энергии или замкнутым пределом (эффект Оже), который, таким образом, входит в состояние ионизации. После этого тест столкновения рассеяния фотонов был изменен в направлении движения и его энергии (увеличение длины волны и наоборот в обратном эффекте Комптона). Согласно правилам классической механики эта обменная энергия должна удовлетворять законам сохранения энергии и импульса. Перед рассеянием, согласно закону сохранения импульса и сохранения энергии, постфотонная разность импульсов закона должна быть равна изменению углового момента электрона в милливольтках, т.е.

$$\begin{cases} mV = \frac{hv}{c}S_0 - \frac{hv'}{c}S & 1) \\ hv = hv' + \frac{mV^2}{2} & 2) \end{cases}$$

Объединив оба уравнения, можно получить выражение, связывающее изменение длины волны при комптоновском рассеянии с величиной угла рассеяния. Для этого выразим из (1) скорость, как:

$$\frac{hv}{mc}S_0 - \frac{hv'}{mc}S = V$$

В первом приближении изменение длины волны при Комптон-эффекте мало и можно считать $(v - v')^2 \sim 0$ (квадрат разности двух близких величин) или $v \sim v'$. С учетом этого из полученного выражения следует:

$$V^2 = \left(\frac{(S - S_0)hv}{mc}\right)^2 = \frac{4h^2v^2\sin^2\Theta}{m^2c^2}$$

есть уравнение

$$v - v' = \frac{c}{\lambda} - \frac{c}{\lambda'} \rightarrow \frac{(\lambda' - \lambda)c}{\lambda\lambda'} \rightarrow \frac{\Delta\lambda \cdot c}{\lambda^2}$$

получим:

$$v - v' \rightarrow \frac{\Delta\lambda \cdot c}{\lambda^2} = \frac{2hv^2\sin^2\Theta}{mc^2} = \frac{2h\left(\frac{c}{\lambda}\right)^2\sin^2\Theta}{mc^2} = \frac{2h\sin^2\Theta}{m\lambda^2}$$

$$\Delta\lambda \sim \frac{2h\sin^2\Theta}{mc} \sim 0.048\sin^2\Theta$$

max изменение длины волны:

$$\max(\Delta\lambda) = 0.048\text{\AA}$$

Для анализа результатов рассеянных рентгеновских лучей важно отметить, что наличие зависящего от длины волны эффекта Комптона зависит от угла рассеяния и не зависит от длины волны основного луча. Максимальное изменение длины волны. Свойство комптоновского рассеяния состоит в том, что его интенсивность возрастает по мере его увеличения и зависит от силы, с которой рассеянные электроны присоединяются к атому. Для легкого атома почти свободных внешних электронов эффект комптоновского рассеяния является наибольшим. Вероятность эффекта Комптона возрастает с энергией

излучения. Его интенсивность пренебрежимо мала при больших длинах волн рентгеновских лучей, но в случае излучения () можно заметить, что в некоторых случаях он рассматривается как рентгеноструктурный анализ, целью которого является изучение электронной структуры кристалла, ионов, электронов. Состояние энергии и т. Д. д. Существует также некогерентное рассеяние - тепловое диффузионное рассеяние, связанное с тепловыми колебаниями атомов в кристалле.

Рентгеновские фотоны не обладают достаточной энергией для изменения положения атома, более массивны, чем электроны, и поэтому упруго отражают его столкновение. Однако фотоны могут обменивать энергию с осциллирующим атомом (фононным спектром реального кристалла), меняя его энергию и, следовательно, длину волны. Таким образом, рассеянные лучи несколько (редко) различаются по длине волны с дифракционным тепловым диффузным рассеянием (ТДР) от упругого рассеяния и образуют пиковые длины волн. Диффузное излучение называется Галло, потому что оно дает однородный пик интенсивности дифракции в комбинированном положении Брэгга, но имеет более широкую и диффузную рентгеновскую пленку (например, при съемке монокристаллов). Поскольку они некогерентны, ТДР не мешает упругому брэгговскому рассеянию, поэтому их интенсивности складываются независимо от фазы. Сила ТДР зависит от прочности атомов в кристалле и использует упругую константу кристалла или скорость в звукораспространяющемся кристалле, что также обычно описывается упругими свойствами кристалла. Брэгговская (упругая) композиция с интенсивностью отражения ТДР заметно ниже и основана на сравнении твердости кристалла от нескольких процентов к общей (интегрированной) интенсивности отражения в несколько десятков процентов.

Рентгеновский анализ по ТДР обычно является мешающим фактором, с которым необходимо бороться с помощью поправочного коэффициента по интенсивности или экспериментальному структурному фактору (см. Ниже). Однако анализ интенсивности рассеянного рассеяния очень полезен, например,

при изучении аморфных и жидких кристаллов и позволяет оценить прочность связи на атомах кристалла.

Упругое рассеяние рентгеновских лучей

Когерентное рассеяние рентгеновских лучей от теоретического Дж. Томсона можно рассматривать как электромагнитные волны, которые заставляют заряженные частицы и вызывают их излучение электромагнитных волн.

Как описано выше, электромагнитные волны рентгеновского излучения - электрический и магнитный вектор (10^{18} Гц) с частотой колебаний. Электрическое поле рентгеновского излучения может привести к колебанию заряженных частиц на одной и той же частоте. Атомы содержат два типа частиц: электроны и протоны. Протон слишком громоздкий (в 1800 раз больше, чем электронный вес), а интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна заряженным частицам, что влияет на качество первичных электромагнитных волн, так что они плохо реагируют на быстрые флуктуации в рентгеновском электрическом поле. Масса электронов близка к нулю, так что электроны могут падать на частоте этих рентгеновских лучей (10^{18} Гц), тем самым излучая рентгеновское излучение с той же частотой. Поэтому рассеяние рентгеновских волн происходит электронным путем. Невозможно отличить его от атомов излучения, падающих на вторичное излучение, и использовать его как рассеянное излучение основной волны. Рассмотрим эти процессы более подробно в объеме, необходимом для построения теоретической рентгеновской карты.

Рентгеновское упругое рассеяние обеспечивает основную информацию о структуре кристаллов рентгеновским анализом.

1) **Томсоновское (упругое) рассеяние.** Упругое (когерентное) рассеяние рентгеновских лучей и света можно рассматривать в рамках теории волн, но все функции процесса рассеяния можно объяснить только с помощью света и свойств квантовых электродинамических частиц. Эластичное

(рэлеевское) рассеяние электромагнитного излучения, создаваемого заряженными частицами. Электрическое и магнитное поля падающей волны ускоряют заряженные частицы. Ускоренные движущиеся заряженные частицы излучают электромагнитные волны. Поэтому энергия падающей волны частично преобразуется в энергию рассеянного излучения волны. Этот тип рассеяния принадлежит британскому физiku Джону. Джон. - пояснил Томсон.

Типичным примером Томсона рассеяния является случай рассеяния плоских электромагнитных волн стационарных электронов. С точки зрения Томсона рассеивающая плоская электромагнитная волна (рентгеновская) часть электрона, продвигаемая по электрическому полю раскачивающейся электронной волны, и, таким образом, осциллирующие электроны с частотой колебаний частоты накачки кинетики колебательных электронов излучали одни и те же частотные времена Электромагнитные волны (рис. 6).

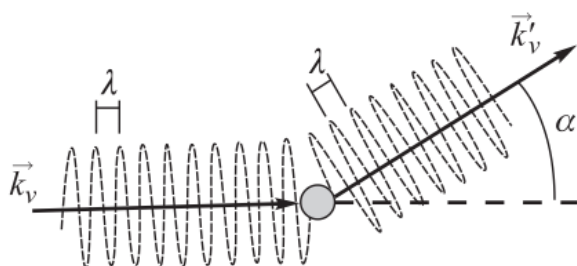


рис.6

Кинематическая схема томсоновского рассеяние плоской электромагнитной волны на свободном покоящемся электроне. Частота ν и длина волны λ у первичного и рассеянного излучения одинаковы. $\vec{k}_v$ и $\vec{k}'_v$ волновые векторы фронта первичной и рассеянной волн.

Если плоская электромагнитная волна небольшой мощности P , характеризующаяся амплитудным значением напряженности электрического поля E_0 , падает на покоящийся электрон с зарядом e и массой покоя m , то ее воздействие на электрон достаточно слабое, т.е. скорость колебаний заряда нерелятивистская, а амплитуда колебаний значительно меньше длины волны. В этом случае мощность рассеяния плоской неполяризованной волны под углом α к направлению распространения первичной волны в единичный телесный угол

Ω (или эффективное сечение рассеяния) можно выразить с помощью второго закона Ньютона довольно простыми формулами ¹⁾, соответственно:

$$\left\langle \frac{dP}{d\Omega} \right\rangle = \frac{e^4}{8\pi mc^3} E_0^2 \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \alpha) \quad 3)$$

или для дифференциального сечения рассеяния (т.е. для усредненной мощности

рассеяния в единицу телесного угла)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\left\langle \frac{dP}{d\Omega} \right\rangle}{\left\langle \frac{dP}{dS} \right\rangle} = \left(\frac{e^2}{mc^2} \right)^2 \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \alpha) = \frac{1}{2} r_e^2 (1 + \cos^2 \alpha) \quad 4)$$

или для эффективного сечения рассеяния

$$d\sigma = \frac{1}{2} r_e^2 (1 + \cos^2 \alpha) d\Omega \quad 5)$$

Здесь c — скорость света, $d\Omega$ — элемент телесного угла для рассеянного фотона, α — угол рассеяния, а через r_e , как обычно, обозначен классический радиус электрона $[r_e = \frac{e^2}{mc^2} \cong 2.818 \cdot 10^{-15} \text{ м}]$, понятие о котором было введено Дж.Дж. Томсоном. Множитель $\frac{(1+\cos^2 \alpha)}{2}$ в этих формулах учитывает поляризационную зависимость мощности и называется поляризационным множителем.

Для электрона томсоновское сечение рассеяния равно $\sigma_T = 6,652 \cdot 10^{-29} \text{ м}^2 = 0,6652 \text{ барн}$.

В случае классического Thomson рассеяния, рассмотренного выше, когда стационарные электроны, электроны колеблются от основной электромагнитной волны, заставляя ее колебаться, но остаются на месте. Поэтому рассеянная волна, излучаемая электроном, всегда имеет такую же частоту ν , что и основная волна, вызывая ее колебания. Стандарт для

¹ Вывод формул, описывающих томсоновское рассеяние, можно найти, на пример, в книгах Иверонова и Ревкевич, 1978.

присутствия классического рассеяния Томсона может быть выражен в следующем соотношении:

$$h\nu \ll mc^2$$

Он сравнивает энергию рассеянных фотонов с остаточной энергией электронов. Если нарушается остаточная энергия стандарта, т. Е. Энергия рассеянных волн равна энергии электронов, необходимо учитывать передачу импульса и энергии свободным электронам. Исследования проводятся в рамках квантовой электродинамики.

Рэлеевское (упругое) рассеяние. Другим примером упругого рассеяния света является рэлеевское рассеяние. Рассеяние Рэля - частный случай когерентного рассеяния оптически неоднородного света большим и тяжелым по сравнению с моторными неоднородностями, такими как атомы, молекулы или среды. Условие состоит в том, что рассеиватели Рэля рассеяния достаточно малы, чтобы их размер был значительно меньше длины волны рассеянного света. Рэлеевское рассеяние исторически было описано Томсоном. Это явление впервые было проанализировано по отношению к видимому свету британским физиком Джоном Рэлеем, получившим формулу в форме 1871 (приведенная выше простая модель с массой m и рассеянием волны гармонического осциллятора заряда).:

$$\sigma_R = \frac{8}{3} \pi \left(\frac{e^2}{mc^2} \right)^2 \left(\frac{\nu}{\nu_0} \right)^4 \quad 6)$$

Полное сечение рассеянного излучения. Дифференциальное сечение рассеяния Рэля $d\sigma_R$ зависит от угла рассеяния α между направлением падающей волны и рассеянной волны (схема рассеяния движения в точности аналогична рис. 2).

$$d\sigma_R = \frac{3}{8} \sigma_P (1 + \cos^2 \alpha) \sin \alpha \, d\alpha \quad 7)$$

Теоретически рэлеевское рассеяние рассматривается в дипольном приближении, где рассеянными электрическими диполями считаются источники рассеянного излучения. При этом предполагается, что частота

рассеиваемого излучения существенно меньше основной собственной частоты колебаний рассеивающей системы (т. е. $\nu \ll \nu_0$)²⁾. В отличие от томсоновского рассеяния, сечение рэлеевского рассеяния зависит от длины волны рассеиваемого света. Основной особенностью этого типа рассеяния света, как видно из формулы для сечения, является пропорциональность полного сечения эффекта четвертой степени частоты излучения³⁾ или λ^{-4} . При $\nu \rightarrow \nu_0$ (что практически всегда имеет место в случае рассеяния на электронах) сечение рэлеевского рассеяния превращается в рассмотренное выше сечение томсоновского рассеяния. [3]

2.1.2 Поглощение

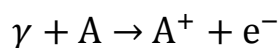
Кроме рассеяния (некогерентное и когерентное), взаимодействие рентгеновского излучения с веществом ещё слагается из следующих процессов.

1. Фотоэффект – это испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения. После внутреннего впрыска электронов он возвращается в стабильное состояние. Этот процесс может происходить без излучения второго электрона (эффект Оже), а также может сопровождаться характеристическим рентгеновским излучением атомов материала. По своей природе это явление подобно флуоресценции. Рентгеновская флуоресценция может возникать только тогда, когда характеристическое рентгеновское излучение элемента применяется к барьеру из более легкого элемента (имеющего меньший атомный номер).

При фотоэффекте первичный фотон поглощается атомом и передает всю свою энергию одному из атомных электронов:

²⁾ В то время, когда Дж. Рэлей проводил свои исследования, еще не было теории строения атома и не было известно, что могут быть такие легкие частицы, как электроны, которые электромагнитная волна может раскачать до частоты своих собственных колебаний.

³⁾ Зависимость сечения рассеяния от длины волны, описываемая формулами (6) и (7), позволила Дж. Рэлю объяснить причину голубого цвета неба. Из полученных формул следует, что из спектра солнечного света на молекулах атмосферных газов сильнее рассеиваются волны с более высокой частотой, т. е. голубые, и поэтому небо вдали от солнечного диска выглядит голубым.



При энергиях до 0,2 Мэв, это процесс является наиболее существенным. Когда возбужденном состоянии атом переходит в основное состояние, рентгеновские кванты или электроны испускают. В общем образом, фотоэффект происходит на К- оболочке (-80%) и L—оболочке тормозящих атомов.

2. Рождение пар электрон—это типично квантовый процесс когда первичный фотон

происходит и приближается ядра. При воздействии сильного электрического поля ядра, первичный фотон превращается в позитронную-электронную пару. Это процесс только происходит при энергии, превышающих удвоенную массу покоя электрона позитрона, т.е. больше 1.022Мэв (масса индивидуального электрон $0.511\text{Мэв}/c^2$).

Сечение образования при в поле ядра много больше, чем в электрическом поле электрона.

А в поле электрона сечение пропорционально Z . В поле ядра—это Z^2 и сначала растет с увеличением энергии.

Как рассмотрение изложения вначале, если не вдаваться в подробности физических процессов, происходящих при поглощении рентгеновских лучей, то их поглощение количественно измеряется относительным ослаблением интенсивности пучка параллельных лучей после прохождения через элементарный слой вещества толщиной dx , как

$$\frac{dI}{I} = -\mu dx$$

и характеризуется величиной коэффициента поглощения μ . Знак минус при положительном коэффициенте μ указывает на то, что интенсивность лучей ослабляется. Величина μ зависит от длины волны рентгеновского излучения (или энергии фотонов) и является свойством конкретного вещества. После прохождения пучка монохроматических ($\lambda = \text{const}$) лучей с начальной

интенсивностью I_0 через пластину макроскопических размеров с толщиной x , его интенсивность понижается до

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

Величина μ в этом случае называется линейным коэффициентом поглощения и имеет размерность $[cm^{-1}]$.

Для характеристики поглощающей способности вещества по отношению к рентгеновским лучам, кроме указанного линейного коэффициента поглощения:

$$\mu = \frac{\ln(\frac{I_0}{I})}{x} [cm^{-1}]$$

может также использоваться массовый коэффициент поглощения

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} [\frac{cm^2}{г}]$$

где $\rho [\frac{cm^2}{г}]$ плотность вещества.

Поглощение можно также характеризовать величиной сечения поглощения ⁴⁾

$\sigma_{abs}[cm^2]$, иногда называемой атомным коэффициентом поглощения, которая указывает вероятность поглощения фотонов по тому или иному механизму. В физике понятие поперечного сечения используется для измерения вероятности взаимодействия между элементарными частицами (в данном случае фотонами) и веществом в любом конкретном процессе. В дополнение к понятию сечений поглощения существует понятие сечений ядерных реакций, захват нейтронов атомами и т. Д. Сечение поглощения обычно измеряется в [сарае], где 1 барн =

)]

⁴ Понятие сечения применяется в физике, как мера вероятности взаимодействия элементарных частиц (в данном случае фотонов) с веществом в каком-либо конкретном процессе. Кроме понятия сечения поглощения, есть понятия сечения ядерной реакции, сечения захвата нейтронов атомом и т.п. Сечение поглощения принято измерять в единицах [барн], где 1 барн = $10^{-24} cm^2$.

Его иногда называют коэффициентом атомного поглощения, что указывает на возможность того, что тот или иной механизм поглощает фотоны. В отличие от случая, когда размер отличается и он дает интегральную характеристику поглощения только без выделения процесса, вызвавшего поглощение, сечение σ учитывает потерю фотонов в каждом конкретном механизме и описывает физический процесс, связанного с поглощением. В этом случае полное сечение поглощения может быть выражено как сумма вероятностей поглощения в разных процессах или сумма поглощений отдельных атомов.

Между всеми этими особенностями поглощения рентгеновских лучей существует очень четкая связь для взаимосвязи между веществами, состоящими из одного типа атома.

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\text{см}^2}{\text{г}} \right) = \frac{N_A}{M} \cdot 10^{-24} \cdot \sigma \left[\frac{\text{барн}}{\text{атом}} \right]$$

где $N_A = 6.02252 \cdot 10^{23}$ атомов/г-атом является числом Авогадро, $M = M(^{12}\text{C}) = 12$ масса углеродного атома,

σ — поперечное сечение поглощения фотона атомом, а множитель 10^{24} связан с соотношением между единицами [барн] и [см²].

Для сложных веществ, в том числе и химических соединений, если обозначит через p_i весовую долю, которую i -ый элемент составляет от общего веса соединения (причем $\sum_i p_i = 1$), то поверхностная плотность для каждого элемента в отдельности будет равна $p_i m$ и ослабление, даваемое i -ым элементом определяется множителем:

$$e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i p_i m}$$

Бщее ослабление будет определяется произведением со множитнлей для отдельных элементов

$$\prod_i e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i p_i m} = e^{-m \cdot \sum_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i p_i}$$

Очевидно, что сумма, стоящая в показателе степени экспонентны, является массовым коэффициентом ослабления для сложного вещества.

$$\frac{\mu}{\rho} = \sum_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i p_i \quad 8)$$

Преобразуем формулу (8) теперь ещё раз, умножив и разделив каждое слагаемое в показателе степени на A_i -массу одного атома в i -го сорта, так как $p_i m$ есть масса i -го элемента на 1 cm^2 , то отношение $\frac{p_i m}{A_i} = n_i$ определит, очевидно, число атомов i -го элемента проходящееся на 1 cm^2 слоя.

Обозначив:

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i A_i = (\mu_a)_i$$

Получим:

$$I = I_0 e^{-\sum_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i A_i \frac{p_i m}{A_i}} = I_0 e^{-\sum_i (\mu_a)_i n_i}$$

Величина $(\mu_a)_i$ имеет размерность $[L^2]$ и называется эффективным сечением. Она обозначает ту площадь, которую мы должны приписать атому, чтобы объяснить его поглощающую сущность. Конечно, она не имеет ничего общего с действительной площадью поперечного сечения атома.

Видно, ослабление рентгеновских лучей определяется суммой эффективных сечений всех атомов, находящихся на 1 cm^2 ослабляющего слоя. Эту сумму можно получить, просуммировав эффективные сечения атомов одной молекулы, а затем умножить на общее число молекул, приходящихся на 1 cm^2 .

$$I = I_0 e^{-\sum_i (\mu_a)_i n_i} = I_0 e^{-\mu_m n_m}$$

Где μ_m – эффективное сечение молекулы, равное сумме сечений, входящих в нее атомов, а n_m -число молекул на 1 cm^2 .

Если рассматривать процессы, вызывающие поглощение рентгеновских фотонов в веществе, то суммарное сечение поглощения σ_{tot} можно представить в виде суммы сечений этих процессов, как

$$\sigma_{tot} = \sigma_{el} + \sigma_{inel} + \sigma_{pe} + \sigma_{pp}$$

Здесь используется приближение свободных атомов, в котором не учитывается эффект структуры вещества и взаимодействие между атомами. Такое приближение общепринято для табулирования величин коэффициентов поглощения, и, как показывает практика, вполне

подтверждается экспериментом в случае нормального поглощения. σ_{el} — сечения упругого (рэлеевского) рассеяния, σ_{inel} — неупругого (комптоновского) рассеяния, σ_{pe} — фотоэлектрического рассеяния с выбиванием фотоэлектрона и испусканием вторичного (флуоресцентного) фотона, σ_{pp} — сечение процесса образования электрон-позитронных пар.

Реальный вклад перечисленных процессов в суммарное сечение различен и зависит от типа атомов и энергии фотонов, участвующих в процессе взаимодействия. В качестве примера на рис. 7 показаны теоретически рассчитанные сечения рассеяния фотонов с различной энергией на атоме углерода и соответствующие экспериментально измеренные значения коэффициента поглощения.

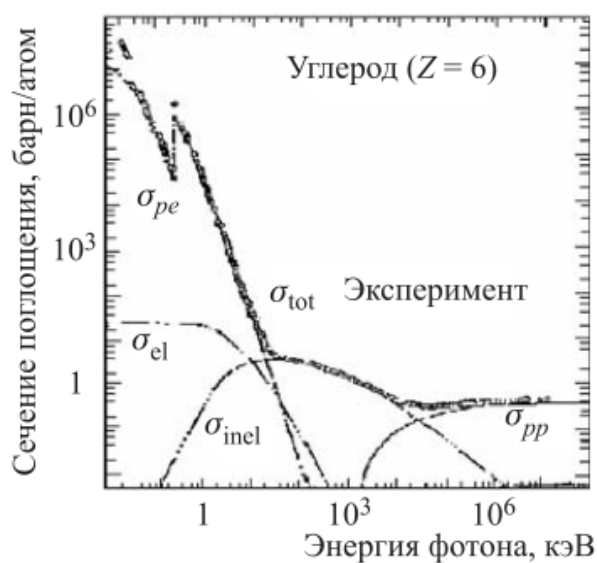


Рис.7

теоритическая завист.мость сечений рассеяния фотона на свобод- ном атоме углерода от энергии фо- тона в диапазоне от 10 эВ до 100 ГэВ и соответствующие эксперимен- тально измеренные значения массо- вого коэффициента поглощения σ_{tot} . Точки представляют эксперименталь- ные данные, а линии результаты расче- тов (см. Gerstenberg & Hubbel, 1982). [σ_{pp} — образование электрон-позитрон- ных пар; σ_{INEL} — неупругое рассея- ние

(эффект Комптона); σ_{EL} — упругое (рэлеевское) рассеяние; σ_{PE} — фотоэффект]. Рисунок перерисован из статьи Creagh, 1995

Рассмотрим подробнее законы поглощения рентгеновских лучей веществом. Мы уже упоминали во введении, что электроны занимают в атоме различные энергетические уровни K, L, M и т.д., соответствующие значениям главного квантового числа $n=1,2,3$. Каждый из этих уровней делится на подуровни, число которых равно $2n-1$. Рентгеновский квант может удалить электрон с какого-либо подуровня. Для большей наглядности изобразим на одном и том же рисунке зависимость энергии кванта от длины волны и систему энергетических уровней атома (см рис.8). Как известно, энергия рентгеновского кванта обратно пропорциональна λ .

$$\varepsilon = \hbar \nu = \hbar \frac{c}{\lambda}$$

Она изображается спадающей кривой. Обозначим символом λ_K длину волны, при которой энергия кванта равна энергии K-уровня. При $\lambda < \lambda_K$, энергия

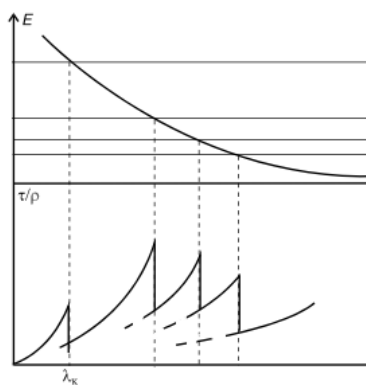


Рис.8

Кванта превышает потенциал ионизации любого подуровня атома, поэтому поглощение будет осуществляться электронами всех подуровней. Коэффициентов массового поглощения в этой области будет представлен суммой коэффициентов, учитывающих поглощение отдельными подуровнями.

$$\left(\frac{\tau}{\rho}\right) = \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_K + \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{L_I} + \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{L_{II}} + \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{L_{III}} + \dots$$

$$\mu = \sigma + \tau$$

где σ соответственно сумму атомного и молекулярного сечения рассеяния, -сумма атомного и молекулярного сечения истинного поглощения

Как показывает опыт, изменение в этой области происходит по степенному закону:

$$\frac{\tau}{\rho} = C_1 \lambda^{S_1} \approx C_1 \lambda^3$$

Однако, если длина волны кванта хотя бы незначительно превышает λ_k , то его энергия уже не достаточна для ионизации К-уровня. Поэтому при $\lambda > \lambda_k$ К-электроны выключаются из поглощения. При λ_k будет иметь место, как говорят, К-скачок поглощения. Длина волны λ_k называется К-краем поглощения.

В то же время поглощение рентгеновских лучей остальными подуровнями скачка не испытывают и продолжают увеличиваться. Очевидно, что в области длин волн $\lambda_k < \lambda < \lambda_{L_I}$ массовый коэффициент поглощения по-прежнему может быть представлен суммой коэффициентов, относящихся к различным подуровням, одно член, связанный с К-уровнем будет в этой сумме отсутствовать.

$$\left(\frac{\tau}{\rho}\right) = \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{L_I} + \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{L_{II}} + \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{L_{III}} + \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{M_I} + \dots$$

После К-скачка с увеличением длины волны также происходит возрастание по степенному закону, но постоянные C и S имеют другие значения.

$$\frac{\tau}{\rho} = C_2 \lambda^{S_2}$$

При дальнейшем уменьшении энергии кванта, т.е. при увеличении длины волны, будет последовательно выключаться из поглощения $L_I, L_{II}, L_{III}, M_I$ и т.д. подуровни и возникнут $L_I, L_{II}, L_{III}, \dots$ -скачки поглощения.

Избрав определенную длину волны, можно определить зависимость $\frac{\tau}{\rho}$ от атомного номера поглощающего элемента.

При малых z энергия связи К-электронов с атомом мала, но она растет при увеличении z . Наконец, при некотором z она становится больше, нежели энергия квата при данной длине волны. Коэффициент поглощения при этом z резко упадет, т.л. К-оболочка выключится из поглощения. Поэтому зависимость $\frac{\tau}{\rho}$ от z будет иметь такие же скачки, как и зависимость $\frac{\tau}{\rho}$ от λ , а в промежутках между скачками она также будет выражаться степенной функцией:

$$\frac{\tau}{\rho} = C(\lambda)z^k$$

Получение рентгеновского излучения

Получают рентгеновские лучи с помощью рентгеновской трубки. Излучающий элемент представляет собой вакуумный сосуд с тремя электродами: катодом, накал катода и анодом. Катод-является источником электронов. Анод-является источником рентгеновского излучения. В настоящее время анод в основном изготовлен из керамики, а часть электронов поражена молибденом или медью. Электроны ускоряются из-за разности потенциалов между анодом и катодом (где рентгеновские лучи не испускают, поскольку ускорение слишком мало) и попадают в анод, где происходит внезапное торможение. В то же время электроны из внутреннего электронного слоя атомов анода сбивы. Другие электроны в атоме занимают пустое пространство в оболочке. В этом случае характерный энергетический спектр анодного материала используется для испускания рентгеновского излучения (характеристическое излучение, частота которого определяется законом Мозели:

$$\sqrt{\nu} = A(Z - B)$$

где Z — атомный номер элемента анода, A и B — константы для определённого значения главного квантового числа n электронной оболочки).

1) Благодаря сильной связи электронов на внутренней оболочке с ядром их энергетические уровни и энергии переходов нечувствительны к химической связи атома в молекуле.

2) Число электронных оболочек и число линий, проявляющихся в рентгеновских спектрах, невелико. Спектры характеристического рентгеновского излучения достаточно просты, что облегчает их интерпретацию.

3) Диапазон энергий характеристического рентгеновского излучения позволяет проводить анализ вещества в объеме.

4) Интенсивность линии в спектре пропорциональна вероятности электронных переходов (под интенсивностью понимают число фотонов, эмитированных на единицу площади в единицу времени).



Рис.9

Согласно методу Мосли, характеристическая рентгеновская спектроскопия (рис.9) не обнаруживает собственный спектр периодических паттернов. Это показывает, что характерный рентгеновский спектр внутренней электронной оболочки, представленный атомами всех элементов, имеет сходную структуру. Последующие эксперименты показывают, что линейная зависимость переходного семейства и некоторые отклонения тяжелых атомов от элементов, используемых для последовательного заполнения внешних электронных оболочек, являются результатом релятивистских эффектов (интерпретируемых следующими фактами: внутренними Скорость сравнима со скоростью света).

2.2 Методы определения плотности с использованием ионизирующих излучений.

2.2.1. Радиоизотопные методы

Имеются денситометрические измерения : Радиографические материалы представляют собой методы узкого и широкого пучка и три варианта радиоизотопного метода рассеяния гамма-излучения, метод, называемый гамма-гамма-методом.

Радиографический узкий пучок γ на основе этого метода записи - только первичное излучение передается через слой материала. Эффект рассеяния гамма-лучей на точность измерения детектора осуществляется путем коллимации и оценки электронной схемы через спектральный состав излучения, детектируемого детектором.

Определение погрешности определения погрешности измерения плотности материала, связанной с толщиной d исследуемого слоя материала, и интенсивности первичного и переданного гамма-лучей и инструментальной погрешности из-за временной и температурной нестабильности электронного устройства.

Существенной особенностью этого метода является широкий пучок метода узкого луча - эффект результатов измерений, обнаруженных при рассеянии гамма-излучения, где теория метода значительно сложнее. Основным методом является график процесса измерения устройства, в котором источник излучения расположен на глубине 40-50 см, и детектор находится на поверхности исследуемой среды.

Наиболее перспективным методом, реализованным в большинстве современных гамма - плотномеров, является метод рассеянного γ -излучения. Все гамма – плотномеры, реализующие данный метод, предназначены для поверхностных или для глубинных (скважинных) измерений. В первом случае источник и детектор γ -излучения помещают на поверхности исследуемого материала, при этом между источником и детектором имеется защита от прямого γ -излучения. Регистрируемое детектором рассеянное γ -излучение

позволяет однозначно (вследствие наличия статистической материала) определить плотность исследуемой среды. Как правило, коллиматор источника обеспечивает геометрию распространения 2π , а источника и детектор γ -излучения находятся на поверхности материала.

Минимальная погрешность радиоизотопных плотномеров 2.5.

Главным недостатком радиоизотопных плотномеров является то что их использование жестко регулируется СанПин.

В настоящее время получили развитие так называемые методы двух энергетической рентгеновской абсорбции (ДЭРА), которые используются в медицине при определении минеральной плотности кости. При этом используется излучение рентгеновской трубки и фильтры, с помощью которых получают моно энергетические линии.

2.2.2. Рентгеновская абсорбция

2.2.3. Теоретические основы метода ДЭРА с уравнением связи

Метод излучения (ДЭРА)

Прохождение двухэнергетического излучения через образец можно описать с помощью следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned} J' &= J'_0 e^{-\mu' \rho x} \\ J'' &= J''_0 e^{-\mu'' \rho x} \end{aligned} \quad \text{a)}$$

где J' , J'' и J'_0 , J''_0 – интенсивности прошедшего и падающего излучения; μ' , μ'' – массовые коэффициенты ослабления излучения образца; ρ , x – соответственно плотность и толщина анализируемого образца.

В выражении (а) и далее по тексту индексами в виде одного и двух штрихов обозначено излучение с низкой и высокой энергией соответственно. В системе уравнений (а) ρ , μ' , μ'' являются неизвестными, толщину образца считаем известной.

А μ' и μ'' обладают следующей связи

$$\mu' = a + b\mu'',$$

б)

a и b – произвольные константы, через которые выражается линейность между массовыми коэффициентами ослабления.

Для веществ переменного состава, функция (μ' и μ'') зависит от одних и тех же переменных – массовых долей c_i элементов в смеси, т.е. μ' и μ'' являются постоянными коэффициентами для одинокой смеси. Только в том случае, линейная зависимость между μ' и μ'' существует.

Соединение формулы (а) с формулой (б), получим выражение для определения плотности многокомпонентной среды с переменным составом:

$$\rho = K_1 \ln \frac{N'_0}{N'} - K_2 \ln \frac{N''_0}{N''}$$

где N'_0 , N' и N''_0 , N'' – число зарегистрированных импульсов в пике излучения низкой и высокой энергии соответственно в отсутствие и в присутствии пробы в измерительной кювете ($N = kJ$, где k – эффективность регистрации детектора, J – интенсивность излучения); K_1 и K_2 – калибровочные коэффициенты, значения которых определяют из измерений стандартных образцов с известной плотностью.

Подставить уравнение (а) в уравнение (б). И получим:

$$\frac{1}{\rho x} \ln \frac{N'_0}{N'} = a + b \cdot \frac{1}{\rho x} \ln \frac{N''_0}{N''}$$

$$\rho = \frac{1}{ax} \ln \frac{N'_0}{N'} - \frac{b}{ax} \ln \frac{N''_0}{N''}$$

$$K_1 = \frac{1}{ax}$$

$$K_2 = \frac{b}{ax}$$

Где K_1 и K_2 калибровочные коэффициенты, определяемые по калибровочным растворам с известной плотностью.

Для образца, состоящего из нескольких элементов, массовый коэффициент ослабления будет определяться выражением:

$$\mu = \sum \mu_i c_i$$

Где: μ_i – массовый коэффициент элемента, c_i – концентрация элемента

Для определения концентрации серы записывается следующая система уравнений:

$$J' = J'_0 e^{-(\mu_C c_C + \mu_H c_H + \mu_S c_S) \rho x}$$

$$J'' = J''_0 e^{-(\mu_C c_C + \mu_H c_H + \mu_S c_S) \rho x}$$

$$\mu_C c_C + \mu_H c_H + \mu_S c_S = 1$$

Где c_S – искомая концентрация серы.

3. Экспериментальное определения плотности сред переменного состава на примере водно-спиртовых растворов и определение содержания серы в нефти и нефтепродуктах.

3.1 Описание серомера

На рис.10 представлена фотография лабораторного макета поточного серомера с функциями плотномера:

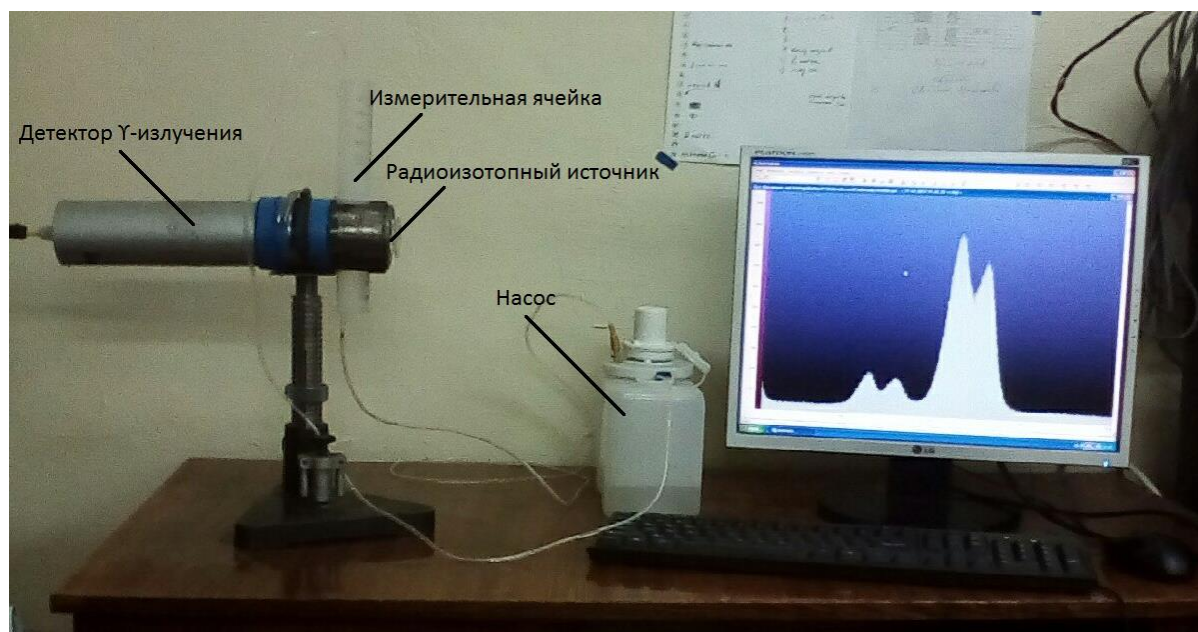


рис.10. Схема установки

Лабораторный макет поточного серомера с функциями плотномера состоит из сцинтилляционного детектора (СИ-100/35 № 0001-11) с встроенной

платой амплитудного анализатора сопрягаемого с компьютером. Детектор размещён в корпусе из трубы внутренним диаметром 85мм. Труба закреплена на штативе. С другой стороны в трубе размещается свинцовый коллиматор с радиоизотопным детектором Титан-44. В трубе так же перпендикулярно оси есть сквозное отверстие через которое проходит измерительная ячейка. Измерительная ячейка представляет собой два склеенных шприца диаметром 30мм. Насос представляет собой насос омывателя стекол от автомобиля УАЗ.

В качестве градуированных растворов использовались водно-спиртовые растворы различной плотности. Плотность измерялась с помощью ареометров с погрешностью 1кг/м³.

3.2. Оценка стабильности работы поточного плотномера для статических и гидродинамических режимов работы.

На первом этапе исследования основных характеристик макетного образца серомера с функцией плотномера необходимо было провести измерение стабильности сигнала в зависимости от гидродинамических режимов протекания жидкости в измерительной ячейке. Исходим из того что течение жидкости должно быть ламинарным. Максимальная скорость течения жидкости в измерительной ячейке, которую обеспечивал лабораторный макет равнялась – 1.6м/с.

В таблице представлены результаты измерений для двух гидродинамических режимов и статического:

Таблица № 3

	Статический режим	Гидр одинам.реж им №1 V = 0.8 м/с	Гидродинам.реж №2 V = 1.6 м/с
Число импульсов в пике	N	N	N

	573288	57320 0	573150
	573401	57334 0	573300
	573222	57318 0	573350
	573150	57339 0	573014
Среднее значение	573265	57327 7	573203
Отклонени е от статического реж. %		0.01	0.013

Как видно из последней строки отклонение динамических режимов от статического не более 0.013%, что позволит обеспечить требуемую погрешность измерения как по плотности так и по сере.

3.3 Определение плотности

Наследующем этапе проводились измерения плотности водно-спиртовых растворов и результаты сравнивались с плотностью измеренной с помощью ареометров.

В таблице № 4

Известная пл-ть, г/см ³ (ареометрическая плотность)	Измеренная пл-ть, г/см ³	Погрешность, %

0,81	0,807	0,37
0,9005	0,900	0,03
0,9245	0,929	0,50
0,9415	0,939	0,28
0,975	0,974	0,02
0,996	1,000	0,40

Как видно из таблицы погрешность измерений плотности большая для того чтобы прибор использовать как плотномер в товарных операциях. Однако при измерении серы делается поправка на плотность тогда такая погрешность будет удовлетворять требованиям к погрешности при измерении содержания серы.

3.4 Определение содержания серы в нефти.

Заключительными измерениями были измерения концентрации нефти, для измерений были использованы были использованы 4 – стандартных образца утвержденного типа ГСО 8496-2003.

Наименование стандартного образца: стандартный образец массовой доли серы в минеральном масле со следующими содержаниями массовой доли серы: 0.5%, 1%, 2%, 2.5%.

Результаты измерений представлены в таблице

Таблица № 5

	С тандартн ый образец массовой доли серы % (ГСО)	'	0'	"	0"	Пло тность образца, измеренна я «серомеро м-плотном ером»	Массов ая доля серы, измеренная «серомером-п лотномером» %
1	0. 5	51205	59573	31190	17509	0,81 05	0.52
2	1	46588	59573	20954	17509	0,90 15	1.03
3	2	45232	59573	23059	17509	0,92 5	2.05
4	2. 5	40424	59573	25052	17509	0,94 15	2.56

Как видно из таблицы столбец №8 максимальная погрешность измерения массовой доли серы была у образца №1 и составила 4%., что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к поточным анализаторам серы.

4. Заключение

Обобщая результаты проведенных измерений можно сказать что предлагаемый макет лабораторного образца поточного серомера с функцией плотномера с использованием радиоизотопного источника Титан-44 показал характеристики , удовлетворяющие требования предъявляемым к поточным анализаторам серы в нефти и может быть взят за основу при разработке рабочего образца.

5. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение

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

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Целью работы является проведение оценки метрологических характеристик (погрешность, сходимостъ) лабораторного макета рентген абсорбционного плотнoмера РЕТРАН.

5.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Основным продуктом данного исследования являются параметры спектральных линий, которые будут использоваться для пополнения как Российских, так и международных баз данных. Последние, в свою очередь, широко используются для решения многочисленных задач астрофизики, планетологии, атмосферной оптики, и т.д.

5.3 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Время производства	0,05	4	3	3	0,20	0,15	0,15
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
3. Надёжность	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
4. Безопасность	0,15	5	4	4	0,75	0,60	0,60
5. Простота эксплуатации	0,05	4	4	5	0,20	0,20	0,25
6. Насыщенность цвета	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,60
7. Оригинальность окраски	0,20	5	2	3	1,00	0,40	0,60
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	5	4	0,20	0,25	0,20
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	4	4	0,15	0,20	0,20
3. Цена	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,20
5. Срок выхода на рынок	0,05	4	5	3	0,20	0,25	0,15
6. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	57	49	47	4,60	3,45	3,75

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (44)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Полученные данные таблицы 4, показывают хорошую конкурентоспособность, особенно по следующим критериям: безопасность, насыщенность цвета и оригинальность окраски.

5.4 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Время производства	0,05	85	100	0,85	0,0425
2. Энергоэффективность	0,1	93	100	0,93	0,093
3. Надежность	0,05	86	100	0,86	0,043
4. Безопасность	0,15	88	100	0,88	0,132
5. Простота эксплуатации	0,05	96	100	0,96	0,048
6. Ремонтопригодность	0,15	94	100	0,94	0,141
7. Уровень шума	0,05	100	100	1	0,05
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
8. Конкурентоспособность продукта	0,05	82	100	0,82	0,041
9. Уровень проникновения на рынок	0,05	69	100	0,69	0,0345
10. Цена	0,05	79	100	0,79	0,0395
11. Финансовая эффективность научной разработки	0,15	95	100	0,95	0,1425
12. Срок выхода на рынок	0,05	84	100	0,84	0,042
13. Наличие сертификации разработки	0,05	96	100	0,96	0,048
Итого	1	88,23	100	0,882	0,069

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum = B_i B_i \quad (45)$$

где $П_{ср}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Полученное значение $П_{ср}$ говорит о том, что перспективность данного производства выше среднего.

5.5 SWOT-анализ

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

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем ещё задействован.

2. **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

3. **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

4. **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо ещё, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 3.

Таблица 8 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования С2. Актуальность тематики С3. Использование современных программ С4. Использование собственной разработки программного обеспечения С5. Оригинальность решения поставленной задачи С6. Наличие всех материалов для исследования	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие потенциальных потребителей Сл3. Программное обеспечение с закрытым исходным кодом Сл4. Большая трудоёмкость работы Сл5. Долгое ожидание результатов эксперимента
Возможности: В1. Использование инновационной		

инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на результаты исследования В3. Возможность появления новых методов анализа В4. Расширение лаборатории В5. Возможность улучшения программного обеспечения		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на результаты исследования У2. Развитая конкуренция других научных центров У3. Задержки финансирования У4. Ограничение точности эксперимента У5. Повышение издержек		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 9,10,11 и 12.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	-	+	-	0	+

	B2	-	+	-	-	-	-
	B3	+	+	+	+	+	0
	B4	+	+	-	0	0	0
	B5	+	0	0	+	+	-

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	+	+	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	+	-	+	+	-
	B4	0	-	-	+	-
	B5	+	-	0	+	-

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	+	-	-	-	-
	У2	0	+	+	+	-	-
	У3	+	0	+	-	-	+
	У4	-	+	-	-	0	+
	У5	+	-	+	+	0	+

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	Y1	-	+	-	-	-
	Y2	+	+	0	+	0
	Y3	-	0	-	-	-
	Y4	+	-	-	-	0
	Y5	+	-	+	0	+

В рамках **третьего этапа** должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (таблица 13).

Таблица 13 – SWOT анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа
--	---	---

	финансирования С2. Актуальность тематики С3. Использование современных программ С4. Использование собственной разработки программного обеспечения С5. Оригинальность решения поставленной задачи С6. Наличие всех материалов для исследования	научной разработки Сл2. Отсутствие потенциальных потребителей Сл3. Программное обеспечение с закрытым исходным кодом Сл4. Большая трудоёмкость работы Сл5. Долгое ожидание результатов эксперимента
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на результаты исследования В3. Возможность появления новых методов анализа В4. Расширение лаборатории В5. Возможность улучшения программного обеспечения	По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» можно сделать вывод о том, что сильные стороны проекта тесно связаны с его возможностями: В1С1С3С6 В2С2 В3С1С2С3С4С5 В4С1С2 В5С1С4С5 Увеличение сильных сторон с использованием всех возможностей	По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» можно сделать вывод о том, что В1Сл3Сл4 В2Сл2 В3Сл1Сл3Сл4 В4Сл4 В5Сл1Сл4 Избежание слабых сторон с использованием всех возможностей
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на результаты исследования У2. Развитая конкуренция других научных центров У3. Задержки финансирования У4. Ограничение точности эксперимента У5. Повышение издержек	По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» можно сделать вывод о том, что У1С2 У2С2С3С4 У3С1С3С6 У4С2С6 У5С1С3С4С6 Ослабление угроз с использованием всех сильных сторон	По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» можно сделать вывод о том, что У1Сл2 У2Сл1Сл2Сл4 У4Сл1 У5Сл1Сл4 Ослабление угроз и преодоление слабых сторон

5.6 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Работ	Содержание Работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	2	Изучение литературы	Руководитель, бакалавр
	3	Подготовка растворов	Руководитель, бакалавр
	4	Измерение плотности растворов при плотнометром	Бакалавр
	5	Узнаю программы в компьютере	Бакалавр
	6	Расчёт теоритическ-ые МКО	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Измерение и получение цифры	Бакалавр
	8	Анализ полученных результатов и сравнение их с теоритическими	Бакалавр
	9	Написание отчета о проделанной работе	Бакалавр
	10	Измерение и получение цифры	Бакалавр

	11	Анализ полученных результатов	Бакалавр
	12	Измерение и получение цифры	Руководитель, бакалавр
	13	Анализ полученных результатов	Бакалавр
Оформление комплекта документации по ВКР	14	Написание отчета о проделанной работе	Бакалавр
	15	Выполнение диплом	Руководитель, бакалавр

5.7 Определение трудоёмкости выполнения работ

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоёмкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (46)$$

где $t_{ожи}$ – наиболее вероятное время в течение, которого должна быть выполнена работа, чел-дни;

$t_{\min i}$ – минимальное время для выполнения данного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни;

$t_{\max i}$ – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (47)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дней;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, чел-дни.

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

5.8 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объёму научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (48)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (49)$$

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

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

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

В 2014 году 365 календарных дней, из них 104 выходных дня и 14 праздничных дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48. \quad (50)$$

На основе таблицы 14 строится календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоёмкость работ						Исполнители		Т _р , раб. дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел-дн.					
		Р	Б	Р	Б	Р	Б	Р	Б	Р	Б
1	Составление и утверждение	30	30	40	40	34	34	+	+	17	17
2	Изучение литературы	30	30	40	40	34	34	+	+	17	17
3	Подготовка рабочего	30	30	40	40	34	34	+	+	17	17
4	Измерение плотности	-	40	-	50	-	44	-	+	-	44
5	Узнавание программы в	-	50	-	60	-	54	-	+	-	54
6	Расчёт теоретический	-	60	-	70	-	64	-	+	-	64
7	Измерение и получение	-	40	-	50	-	44	-	+	-	44
8	Анализ полученных	-	45	-	50	-	47	-	+	-	47
9	Написание отчета о	-	40	-	50	-	44	-	+	-	44
10	Измерение и получение	-	30	-	40	-	34	-	+	-	34
11	Анализ полученных	-	20	-	30	-	24	-	+	-	24
12	Измерение и получение	30	30	40	40	34	34	+	+	17	17
13	Анализ полученных	-	40	-	50	-	44	-	+	-	44
14	Написание отчета о	-	50	-	60	-	54	-	+	-	54
15	Выполнение диплома	30	30	40	40	34	34	+	+	17	17

Р – руководитель, Б – бакалавр

Таблица 16. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Ис-п-ли	Тк,ка л,дн.	Таблица.1- Календарный план- график проведения эксперименты по теме																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				продолжмтельность выполнения работ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				сен			отк			ноябрь			дек			янв			фев			март			апр			май			июнь			сен			окт			ноябрь			дек			янв			фев			март			апр			май																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	Составлени е и утверждени е техническо го задания	Б+ Р	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

[illegible]

Р – руководитель, Б – бакалавр

5.9 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по различным статьям.

5.9.1 Расчёт материальных затрат НТИ

Расчёт материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m \Pi_i N_{\text{расх } i} \quad (5.1)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В данном научно-техническом исследовании нет материальных затрат, так как мы делаем теоретический анализ.

5.9.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Все расчёты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, сведены в таблице 16.

Таблица 14 - Расчёт бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Персональный компьютер	1	40	40
Итого			40

5.9.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Заработная плата рассчитывается по формуле (4.8):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (5.2)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по формуле (4.9):

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p , \quad (5.3)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} , \quad (5.4)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при шестидневной неделе $M=10,4$); F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического

персонала (Fд=1794). Баланс рабочего времени показан на таблице 17.

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	66	66
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{М}} = З_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{ПР}} + k_{\text{Д}}) \cdot k_{\text{Р}} , \quad (5.5)$$

где $З_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{ПР}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{ТС}}$); $k_{\text{Д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5; $k_{\text{Р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{осн} , руб	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб	З _{дн} , руб	Т раб. дни	З итого
Руководитель	33600	0,3	-	1,3	43680	915	33	30195
Инженер	9893	0,3	-	1,3	12860	532	71	37772

Стоимость дополнительной зарплаты этого специального исполнителя учитывает сумму дополнительных платежей, которые отклоняются от обычных условий труда и праздничных дней, связанных с предоставлением гарантий и компенсации и т. д.).

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

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (5.6)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.7)$$

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

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,1%. На основании пункта 1 ст.58

Закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2018 году водится пониженная ставка –30,1%.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата(12% от основной), руб
Руководитель проекта	30195	3623,4
Студент-дипломник	37772	4532,64
Коэффициент отчислений	0,302	
Итого	22989,16	

5.9.4 Накладные расходы

Косвенные затраты учитывают другие организационные расходы, которые не были включены в предыдущие статьи расходов: печатные и ксерокопии исследовательских материалов, платы за услуги связи, расходы на электричество, почтовые и телекоммуникационные расходы, плату за воспроизведение материала и т. Д. Их значения определяются по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумм статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.8)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

5.9.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	40000
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	67967
Отчисления во внебюджетные фонды	22989,16
Накладные расходы	20900
Бюджет затрат НТИ	151856,16

Вывод

В исследовании планирования оценивается бюджет. Стоимость научной (экспериментальной) работы, выполняемой специальным оборудованием, используемым при формировании группового бюджета материальной стоимости (40000 рублей) за основной поток исполнения заработной платы (67967 руб.) За счет внебюджетных средств (22 989,16 руб.), накладные расходы (20900 рубля). Общий бюджет составляет 151856,16 руб. Эта оценка стоимости бизнеса необходима для представления финансовой ситуации и перспектив текущих научных исследований.

6 Социальная ответственность

Анализ сложных систем, состоящих из фракций, имеющих как различные фазовые состояния, так и различный элементный состав, является одним из сложных и представляет интерес во многих областях промышленности. К таким системам можно отнести и нефть из скважины, и пульпу в металлургической промышленности. Причем для высокотехнологического производства требуется непрерывный анализ как фракционного, так и элементного состава таких сред в автоматическом режиме[1].

Так, например, в цветной металлургии существует потребность в определении, как плотности пульпы, так и элементного состава твердой фазы пульпы в автоматическом режиме.

На данный момент из существующих автоматических плотномеров наиболее технологичными являются радиоизотопные плотномеры [2]. Недостатком радиоизотопных плотномеров является их чувствительность к элементному составу твердой фазы. Если в ходе технологического процесса возможно значительное изменение (более 5%) процентного содержания элементов твердой фазы, то это приводит к погрешности определения плотности[3].

Поэтому разработка методов и приборов, позволяющих проводить анализ таких сред в автоматическом режиме, является актуальной задачей для многих областей промышленности.

В литературе описан способ определения плотности гомогенных сред переменного состава методом двух энергетической рентгеновской абсорбции с уравнением связи ДЭРАс[4]. На примере водно – спиртовых растворов показана независимость измерения плотности гомогенных сред переменного состава с использованием этого метода от состава измеряемой среды.

6.1 Техногенная безопасность

Питание установки осуществляется за счет питания от сети переменного тока напряжением 220В и напряжение на рентгеновской трубке 40кВ. Также для осуществления экспериментов необходим нагрев установки до высоких температур.

При проведении работ на работников возможно воздействие следующих вредных факторов:

- Микроклимат;
- Рентгеновское излучение;
- Электромагнитные поля;

Опасных производственных факторов:

- Электрическое напряжение;
- Воздействие высокой температуры.

Опасность поражения человека электрическим током определяется прежде всего величиной тока, проходящего через тело человека. Прохождение тока может вызвать у человека раздражение и повреждение различных органов. Электрический ток оказывает воздействие на нервные клетки, кровеносные сосуды и кровь, а также на сердце, головной мозг, органы дыхания и т.д. Пороговый неотпускающий ток составляет 50 Гц (6-16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебной- профилактических мероприятий.

Во избежание получения термических ожогов из-за высокой температуры запрещается открывать крышку нагретой печи, дотрагиваться до камеры, в которую помещен исследуемый образец.

Из-за утечки газа из баллона возможно возгорание. Необходимо перед началом работы проверить целостность баллонов, прочность их крепления, отсутствие утечки газа. Вентиль и резьба должны быть исправны, манометр должен быть проверен и исправлен, редуктор должен соответствовать газу в баллоне.

При вредном воздействии ПЭВМ на организм человека происходит нагрузка на зрение, заболевание кожи лица, нервные и психические заболевания и т.д.. Допустимая напряжённость электрического поля: 25 В/м (5Гц-2кГц) и 2,5 В/м (2-400 кГц). Нормы параметров взяты из СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 20 – Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы.

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора	500 В	

Для защиты от электромагнитных полей используются различные фильтры. Оптимальные параметры микроклимата согласны СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 21 – Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Температура, °С	Относительная	Абсолютная	Скорость
-----------------	---------------	------------	----------

	влажность, %	влажность, г/м ³	движения воздуха, м/с
19	62	10	Менее 0,1
20	58		
21	55		

При работе с ПЭВМ уровень звука не должен превышать значений, установленных для данных видов работ.

Рентгеновское излучение является ионизирующим. Оно воздействует на ткани живых организмов и может быть причиной лучевой болезни, лучевых ожогов и злокачественных опухолей. По причине этого при работе с рентгеновским излучением необходимо соблюдать меры защиты. Считается, что поражение прямо пропорционально поглощённой дозе излучения. Рентгеновское излучение является мутагенным фактором. Необходима защита от рентгеновского излучения.

Для удобства работы в помещении необходима нормирование параметров микроклимата. Необходимо применение защитных мероприятий по способам и средствам защиты от высоких и низких температур, системы отопления, вентиляции и кондиционировании воздуха, искусственное освещение и т.п.

6.1.1 Микроклимат

Основными факторами, характеризующими микроклимат производственной среды, являются: температура, подвижность и влажность воздуха.

Эти параметров от нормы приводит к ухудшению самочувствия работника, снижению производительности труда и к возникновению различных заболеваний.

Работа в условиях высокой температуры сопровождается интенсивным потоотделением, что приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей и водорастворимых витаминов, вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем – ослабляется внимание, ухудшается координация движений, замедляется реакция и т.д. При работе на газоанализаторе важно отметить, что запрещается прикасаться к высоко разогретым элементам экспериментального комплекса, во избежание получения термических ожогов при работе.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают время года, физическую тяжесть выполняемых работ, а также количество избыточного тепла в помещении. Оптимальные и допустимые метеорологические условия температуры и влажности устанавливаются согласно СанПин 2.2.4.548-96 (Таблица 1).

Для удобства работы в помещении необходима нормирование параметров микроклимата. Необходимо применение защитных мероприятий по способам и средствам защиты от высоких и низких температур, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, искусственное освещение и т.п.

Таблица 22 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia(до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia(до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

6.1.2 Электромагнитные поля

Дипломная работа выполнялась с применением персональных компьютеров (ПЭВМ) типа IBM PC. Основным вредным фактором, воздействию которого подвергается инженер-исследователь при работе за компьютером, является электромагнитное излучение.

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров	Нормы в диапазоне частот	ВДУ
Напряженность электрического поля	5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

При Вредном воздействии ПЭВМ на организм человека происходит нагрузка на зрение, заболевание кожи лица, нервные и психические заболевания и т.д.. Допустимая напряжённость электрического поля: 25 В/м

(5Гц-2кГц) и 2,5 В/м (2-400 кГц). Для защиты от электромагнитных полей используются различные фильтры. Ориентация светопроемов должна быть северо-восточной или северной. Источники искусственного освещения: люминесцентные лампы типа ЛБ и ДРЛ. Оптимальные параметры микроклимата. При работе с ПЭВМ уровень звука не должен превышать значений, установленных для данных видов работ. Кроме этого, для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения от монитора ПК рекомендуется использовать защитные фильтры (экраны).

6.1.3 Электрическое напряжение

Воздействие электрического напряжения на человека связано с протеканием через него тока. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый неотпускающий ток составляет 50 Гц (6-16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебной-профилактических мероприятий.

При поражении работника электрическим током необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от воздействия электрического тока, проверить состояние пострадавшего и вызвать при необходимости скорую помощь, до приезда скорой помощи оказать пострадавшему необходимую первую помощь или, при необходимости, организовать доставку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение, о произошедшем несчастном случае поставить в известность руководителя структурного подразделения.

6.1.4 Воздействие высокой температуры

Запрещается открывать крышку нагретой печи, дотрагиваться до камеры, а также необходимо одевать спецодежду, во избежание получения

термических ожогов при работе с установкой, в которую помещен исследуемый образец.

6.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используются защитные мероприятия:

внедрение современных технологических процессов, исключаящих воздействие неблагоприятного микроклимата на организм человека;

- организация принудительного воздухообмена в соответствии с требованиями нормативных документов (кондиционирование, воздушное душирование, тепловые завесы и др.);

- компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра изменением другого;

- применение спецодежды и средств индивидуальной защиты, организация специальных помещений с динамическими параметрами микроклимата (комнаты для обогрева, охлаждения, др.);

- физически обоснованная регламентация режимов труда и отдыха (сокращенный рабочий день, регламентированное время для обогрева и др.);

- правильная организация систем отопления и воздухообмена.

- Для регламентации времени работы в пределах рабочей смены в условиях микроклимата с температурой воздуха на рабочем месте, выше или ниже допустимых величин используется защита временем

- От неблагоприятного воздействия ПЭВМ используются защитные мероприятия:

- Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей ПЭВМ рекомендуется организовывать работу путем чередования работ с использованием ПЭВМ и без него.

В случае возникновения у работающих с ПЭВМ зрительного дискомфорта, несмотря на соблюдение санитарно-гигиенических и эргономических

требований, рекомендуется применять индивидуальный подход с ограничением времени работы с ПЭВМ. Во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплекс упражнений, изложенный в Приложениях СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 других нормативных документах или рекомендованный врачом.

Перед началом работы: Перед началом работы необходимо правильно надеть спецодежду, подготовить для работы необходимый инструмент и приспособления, приготовить рабочий стол. Также необходимо проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п. При выявлении неисправностей, не допускается проводить ремонт самостоятельно, необходимо доложить руководителю лаборатории. Наладка прибора и его ремонт осуществляется только сервис-инженерами.

Во время работы. Работа с установкой РЕТРАН должна производиться в чистом помещении, свободном от пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию. Недопустимо наличие открытого огня около прибора. Все работы выполняются строго по инструкции завода-изготовителя. Рентгеновской трубки стоит в железной емкости. При обнаружении опасных ситуаций принять срочные меры по отключению установки. В течение эксперимента запрещается производить подтяжку гаек редукторов.

После окончания работы с установкой необходимо:

- Составить все растворы по порядку;
- Снизить напряжение на рентгеновской излучений, и отключить установку РЕТРАН ;
- Выйти из программы, отключить питание компьютера;

Также необходимо проверить общее состояние помещения, убедиться в отсутствии возможности возгорания.

6.3 Особенности законодательного регулирования проектных решений

К работе на суперкомпьютере Craster допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний норма и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на суперкомпьютере Craster, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с газовыми баллонами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца

Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

- инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller;
- инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;
- инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.

Документы по воздействию ПЭВМ:

- инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;

- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;
- ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;
- ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;
- ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

Микроклимат:

- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении;
- ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При обнаружении неисправной работы установки РЕТРАН необходимо составить все растворы по порядку. Снизить напряжение на рентгеновской излучений, и отключить установку РЕТРАН. Выйти из программы, отключить питание компьютера;

В случае перегреве рентгеновской трубки, необходимо сразу снизить напряжение на рентгеновской излучений, отключить установку РЕТРАН и сообщить об аварийной ситуации непосредственному руководителю.

При возникновении возгорания необходимо немедленно прекратить работу, отключить электрооборудование, позвонить в подразделение пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить о случившемся руководителю

подразделения и приступить к тушению огня первичными средствами пожаротушения.

6.5 Вывод

В результате рассмотрены правила безопасности при работе с рентгеновской трубкой, были рассмотрены важные факторы техногенной безопасности, такие как опасность поражения электрическим током, радиационная безопасность, опасность поражения действием высокой температуры. Также были рассмотрены различные чрезвычайные ситуации при работе на газоанализаторе и поведение в них, а также правила работы с установкой в целях предотвращения несчастных случаев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сравнительный анализ характеристик поточных анализаторов серы отечественного и зарубежного производства. Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов №1/2017 И. Н. Кацал, Р. З. Сунагатуллин, Е. С. Дубовой, Н. Н. Хафизов.
2. Способ определения концентрации серы в нефти и нефтепродуктах Патент РФ на изобретение №2367933 от 20.09.2009. 2 Стрежнева Т.Н., Лобова А.Н., Крючков Ю.Ю., Боярко Е.Ю., Чернов И.П.
3. Манолов К., Тютюнник В. Биография атома. Атом — от Кембриджа до Хиросимы. — Переработанный пер. с болг.. — М.: Мир, 1984. — С. 17—18. — 246 с.
- 4.W. C. Röntgen. Ueber eine neue Art von Strahlen // Sonderabdruck aus den Sitzungsberichten der Würzburger Physik.-medic. Gesellschaft. — 1895.
- 5.Герасимов А.В.,Недавний О.И.,Панкратов И.Б.//Материалы международной интернет-конференции “Архитектурно- строительное материаловедение на рубеже веков”. Белгород: Изд-во БелГТАСМ,2002.С.35.
- 6.Оценка возможностей метода двух энергетической рентгеновской абсорбциометрии многоэлементных образцов переменного состава, Приборы и техника эксперимента.№5. 2012г. Н. А. Антропов, Д. А. Карпов, Ю. Ю. Крючков
7. Рентгентехника. Справочник: в 2 кн. / Под ред. В.В. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1992. – 479 с.
8. Novikov V. L., Ogorodnikov S. A., Petrunin V. I. Dual energy method of material recognition in high energy introscopy systems //Proc. 16th International Workshop on charged particle linear accelerators. – 1999.
9. Оценка порога обнаружения рентгенотрансмиссионного метода определения серы в нефти и нефтепродуктах Известия Томского политехнического университета - т. 315, 2009, - № 2. - с. 72-74 (38129777) 4 Стрежнева Т.Н., Лобова А.А., Крючков Ю.Ю.