

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Численное решение задачи о загрязнении нефтепродуктами русла реки при аварийном выбросе

УДК 519.876:502.51(282):504.5:665.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Деулина Дарья Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В. А.	д.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Жиронкин С. А.	д.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю. М.	д.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

Томск – 2021 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
 Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 20.03.01 Техносферная
 безопасность
 _____ А.Н. Вторушина
 04.02.2021г.

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Деулиной Дарье Евгеньевне

Тема работы:

Численное решение задачи о загрязнении нефтепродуктами русла реки при аварийном выбросе

Утверждена приказом директора (дата, номер)

22.01.2021, №22-73/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2021 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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></p>	<p>Объектом исследования является процесс распространения нефтепродуктов в водной среде. Предметом исследования является математическая модель разлива нефтепродуктов в русле реки. Для численного решения данной задачи использовалось программное обеспечение PNOENICS.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. изучение общей информации и рассмотрение специфики физико-математического описания изучаемого процесса; 2. рассмотрение различных методов описания процесса истечения нефти;

<i>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>	3. анализ методики математического моделирования процесса истечения нефти; 4. расчет процесса переноса нефтепродуктов.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жиронкин Сергей Александрович
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2021 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В. А.	д.ф.-м.н.		04.02.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Деулина Дарья Евгеньевна		04.02.2021 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2021	Введение 1. Литературный обзор 1.1 Физико-математическое описание процесса истечения нефти	20
01.03.2021	1.2 Математическое моделирование процессов истечения нефти 1.3 Методика оценки риска разрыва трубопроводов	10
22.03.2021	2. Объект и методы исследования 2.1 Физическая постановка задачи	15
12.04.2021	3. Расчеты и аналитика 3.1 Математическая постановка задачи	15
03.05.2021	4. Результаты проведенного исследования	10
17.05.2021	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2021 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В. А.	д.ф.-м.н.		04.02.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2021

Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Деулиной Дарье Евгеньевне

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение. Человеческие ресурсы – 2 человека.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определение потенциально потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

7. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

26.02.2021 г.

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Жиронкин С. А.	д-р экон. наук		25.04.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Деулина Дарья Евгеньевна		26.04.2021 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Деулина Дарья Евгеньевна

ШКОЛА	ИШНКБ	Отделениешколы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема дипломной работы: «Численное решение задачи о загрязнении нефтепродуктами русла реки при аварийном выбросе»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Математическая модель распространения нефтепродуктов в водной среде. Работа проводилась с использованием ПО «PHOENICS». Условия работы: сидячее положение в офисном помещении. Область применения: научно-исследовательские институты; высшие учебные заведения; отрасли, связанные с транспортировкой нефти .
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов <ul style="list-style-type: none"> • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные 1.2. Анализ выявленных опасных факторов : <ul style="list-style-type: none"> • Термические источники опасности • Электробезопасность • Пожаробезопасности 	Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> • Недостаточная освещенность; • Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; • Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; • Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; • Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ; Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> • Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности 	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника) и способы их утилизации;
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; 	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале,

<ul style="list-style-type: none"> разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	– ГОСТы, СанПиНы, СНИПы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2021 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		25.04.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е71	Деулина Дарья Евгеньевна		26.04.2021 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 86 с., 26 рис., 20 табл., 27 источников, 0 прил.

Ключевые слова: математическое моделирование; разлив нефти; водная среда; чрезвычайная ситуация.

Объектом исследования является процесс распространения нефтепродуктов в водной среде. Предметом исследования является математическая модель разлива нефтепродуктов в русле реки.

Цель работы – изучение и анализ методики математического моделирования процесса распространения нефти из подводного участка трубопровода.

В процессе исследования проводилось численное решение задачи для определения концентрации нефти в водной среде при нарушении целостности подводного участка нефтепровода с помощью программного обеспечения PHOENICS.

В результате исследования разработана математическая модель нефтяного загрязнения в русле реки при разрыве подводного перехода нефтепровода.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: рассматриваемая методика и результаты, полученные в данной работе, позволят более точно изучить процесс загрязнения нефтепродуктами водной среды при аварийных ситуациях.

Степень внедрения: результаты математического моделирования разливов нефти могут быть использованы при разработке профилактических мероприятий по предотвращению распространения загрязнения, ускоряя работу средств быстрого реагирования и систем раннего мониторинга.

Область применения: научно-исследовательские институты; высшие учебные заведения; отрасли, транспортирующие нефть.

Экономическая эффективность работы заключается в возможности снижения затрат на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации, связанной с разливом нефти в водной среде, а также разработанная модель позволяет сохранять ресурсы при эксплуатации подводных переходов нефтепроводов.

В будущем планируется изучить влияние на процесс загрязнения водной среды нефтепродуктами дополнительных факторов и если они оказывают существенное влияние, то учесть это в математической модели.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- DPM – Дискретная фазовая модель;
- RANS – Уравнение Навье – Стокса усредненное по Рейнольдсу;
- VOF – Метод объема жидкости;
- ВДТ – Вольтодобавочный трансформатор;
- ГОСТ – Государственный отраслевой стандарт;
- ГУ – Главное управление;
- КоАП РФ – Кодекс об административных правонарушениях;
- ЛЭП – Линия электропередачи;
- МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;
- НИ ТПУ – Национальный исследовательский Томский политехнический университет;
- НИИ – Научно-исследовательский институт;
- НТИ – Научно-техническое исследование;
- ОП – Порошковый огнетушитель;
- ОСТ – Отраслевой стандарт;
- ОУ – Огнетушитель углекислотный;
- ПО – Программное обеспечение;
- ППМ – Плотность потока мощности;
- ПФ – Пенсионный фонд;
- ПЭВМ – Персональная электронно-вычислительная машина;
- СанПиН – Санитарно-эпидемиологические правила и нормы;
- СИЗ – Средства индивидуальной защиты;
- СКЗ – Средства коллективной защиты;
- СНиП – Строительные нормы и правила;
- СО – Социальная ответственность;
- СЭС – Санитарно-эпидемиологическая станция;

ТУ – Технические условия;

ФЗ – Федеральный закон;

ФСС – Фонд социального страхования;

ФФОМС – Федеральный фонд обязательного медицинского страхования;

ЧС – Чрезвычайная ситуация;

ЭМП – Электромагнитное поле;

ЭЧ – Экономическая часть.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	15
1. Литературный обзор.....	17
1.1 Физико-математическое описание процесса истечения нефти	17
1.2 Математическое моделирование процессов истечения нефти	19
1.3 Методика оценки риска разрыва трубопроводов	24
2. Объект и методы исследования	26
2.1 Физическая постановка задачи	26
3. Расчеты и аналитика	28
3.1 Математическая постановка задачи	28
3.1.1 Основные уравнения.....	28
3.1.2 Описание метода исследования	30
3.1.3 Граничные условия.....	31
4. Результаты проведенного исследования.....	33
4.1 Создание стандартной модели.....	33
4.2 Увеличение времени расчета модели.....	35
4.3 Изменение размера отверстия в трубопроводе.....	36
4.4 Изменение скорости течения реки	36
4.5 Изменение скорости истечения нефти из трубопровода	39
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	42
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	43
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	43
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	43
5.1.3 SWOT-анализ	45
5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	50
5.3. Планирование научно-исследовательских работ	50
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	50
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	51

5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования	52
5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	58
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	63
6. Социальная ответственность	65
6.1.Производственная безопасность	65
6.1.1Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	65
6.1.2.Превышение уровней шума	67
6.1.3.Повышенный уровень электромагнитных излучений	67
6.1.4. Поражение электрическим током	69
1.1.5 Освещенность	71
6.1.5 Пожарная опасность	74
6.2.Экологическая безопасность	76
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
Заключение	83
Перечень информационных источников	85

ВВЕДЕНИЕ

Проблема разлива нефти и нефтепродуктов в настоящее время является достаточно актуальной. Об этом свидетельствуют случаи аварий на подводных трубопроводах. В результате повреждения целостности нефтепровода происходит разлив нефти в воде, что, в свою очередь, приводит не только к экономическим последствиям и приносит убытки компаниям и организациям, обслуживающим и эксплуатирующим данный участок нефтепровода, но и наносит колоссальный вред окружающей среде. Таким образом, нахождение в воде нефтепродуктов приводит к негативным последствиям для микроорганизмов, среда обитания которых нарушена, и может угрожать жизни и здоровью человека. Поэтому, после разлива нефти и нефтепродуктов необходимо быстрое реагирование на возникшую чрезвычайную ситуацию, а возможно и проведение превентивных мер, что позволит не допустить возникновение подобных проблем в будущем.

Для более эффективного реагирования на данные проблемы необходимо понимать, как происходит процесс разлива и распространения нефти и нефтепродуктов при возникновении разрыва или повреждения трубопровода. В данном случае стоит учитывать процесс миграции нефти со дна на поверхность, и дальнейшее ее распространение. Так как проведение экспериментальных исследований в данном случае недоступно, ввиду возможности появления значительных экологических проблем, для изучения указанных процессов применяются методы математического моделирования ситуаций истечения нефти из трубопровода с ее дальнейшим распространением.

Так же для минимизации последствий подобных аварий и уменьшения ущерба, нанесенного предприятиям, связанным с транспортом нефти, необходимо оценивать риск возможного возникновения аварий на опасных участках трубопроводов. Это позволит обратить внимание на наиболее

опасные части подводного нефтепровода и, при наличии информации о протекании процесса загрязнения водной среды, принять необходимые меры по обеспечению безопасности на данном объекте.

В данной работе будут рассмотрены некоторые методы расчета и моделирования процесса истечения нефти и нефтепродуктов на подводных участках трубопровода, а также проведено математическое моделирование ситуации залпового выброса нефтепродуктов из подводного нефтепровода на определенном участке реки.

Таким образом, целью данной работы является изучение и анализ методики математического моделирования процесса распространения нефти из подводного участка трубопровода.

В работе можно выделить следующие задачи:

1. изучить общую информацию и рассмотреть специфику физико-математического описания изучаемого процесса;
2. рассмотреть различные методы описания процесса истечения нефти;
3. проанализировать методику математического моделирования процесса истечения нефти;
4. провести расчет процесса переноса нефтепродуктов.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ИСТЕЧЕНИЯ НЕФТИ

Физический процесс истечения нефти из трубопровода может быть представлен различными математическими формулами. При заданных условиях данное явление можно описать несколькими способами. Далее будут рассмотрены различные подходы, встречающиеся в научной литературе.

По одной из версий процесс выделения нефти в морской воде может быть описан уравнением, связывающим массу, импульс и энергию. Данное уравнение представлено в статье «Моделирование и оценка аварийного выброса нефти из поврежденного подводного трубопровода» [1].

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\phi) + \text{div}(\rho\bar{u}\phi) = \text{div}(\Gamma \text{grad}\phi) + S \quad (1)$$

где ρ - плотность, ϕ -общая переменная, Γ – коэффициент диффузии, а S - общий исходный член.

В статье [1] указано, что предлагаемая к-ε модель может с наибольшей точностью описать турбулентность, вызванную выделением и диспергированием нефти.

Следует отметить, что, аналогичным образом, в статье «Моделирование и оценка подводного газовыделения и диспергирования из поврежденных подводных газопроводов» [2] рассматривается процесс выделения газа.

Далее при исследовании распространения загрязняющего компонента применяются два математических метода[1]:

- Метод объема жидкости (VOF), который применяется для имитации морского течения;

- Дискретная фазовая модель (DPM), используемая для отслеживания увеличения и распространения пятна нефти в морской воде.

Метод объема жидкости является методом отслеживания свободного перемещения водных масс в заданном пространстве. В данном случае рассматриваются отдельные фазы, которые взаимодействуют между собой, однако, объем каждой фазы рассматривается отдельно.

Метод DPM используется для отслеживания траектории движения пятен нефти. Он предполагает, что дискретная фаза в области очень разбавлена, а объемная доля нефтепродуктов ниже 10-12%, что не оказывает влияния на непрерывную фазу. DPM предсказывает траекторию пятен, интегрируя баланс сил на частице, который записан в Лагранжевой системе координат. Этот баланс сил приравнивает инерцию частицы к силам, воздействующим на частицу.

Рассмотрим другой подход к описанию процесса распространения нефти в морской воде, представленный в статье «Гидродинамическая модель утечки нефти из поврежденного трубопровода» [3].

В данном случае нефть, вода и воздух рассматриваются как несжимаемые потоки, а в жидкой среде отсутствуют фазовые переходы. Перемещение потоков жидкости описывается уравнением RANS (Уравнение Навье – Стокса усредненное по Рейнольдсу), которое рассматривает момент и отрезок времени.

В данном случае так же применяется метод объема жидкостей, при котором для двух функций жидкости записываются следующие уравнения:

$$F_w = \frac{v_w}{v_c} \quad (2)$$

$$F_o = \frac{v_o}{v_c} \quad (3)$$

где F_o и F_w – функции нефти и воды соответственно, V_c , V_o и V_w представляют собой объем ячейки, объем масла внутри ячейки и объем воды внутри ячейки соответственно.

Затем плотность и вязкость могут быть выражены следующим образом:

$$\rho = (1 - F_w - F_o)\rho_a + F_w\rho_w + F_o\rho_o \quad (4)$$

$$v = (1 - F_w - F_o)v_a + F_wv_w + F_ov_o \quad (5)$$

где подстрочные знаки а, о и w обозначают соответственно воздух, нефть и воду.

1.2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИСТЕЧЕНИЯ НЕФТИ

Для более наглядного представления о процессе истечения нефти из поврежденного участка нефтепровода применяются методы математического моделирования, которые основаны на физико-математических уравнениях, представленных выше.

Первым этапом является моделирование ситуации и начальных условий, так в статье «Моделирование и оценка подводного газовыделения и диспергирования из поврежденных подводных газопроводов» [2] представлена схема подводного участка трубопровода (рисунок 1).

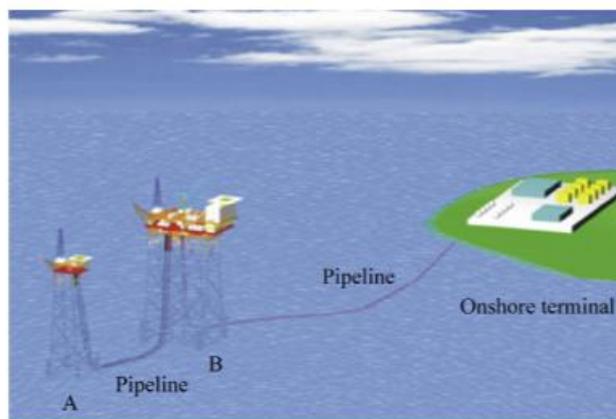


Рисунок 1 – Схема трубопровода

На данной схеме представлены:

- устьевая терминальная платформа (А);
- центральная платформа (В);

- береговой терминал
- участки трубопровода, соединяющие платформы и терминал, по которым происходит транспортировка нефти или газа.

Далее для анализа выбирается конкретный участок трубопровода, на котором планируется моделировать повреждение, и задаются начальные параметры: внутренний диаметр трубопровода, толщина трубопровода, общая протяженность трубопровода, глубина участка утечки, транспортная среда (природный газ или нефть), состав транспортной среды, давление для входа и выхода трубопровода, температура на входе и выходе трубопровода, температура окружающей среды [3].

Если следовать сценарию, представленному в статье «Моделирование и оценка аварийного выброса нефти из поврежденного подводного трубопровода» [1], можно принять, что размер отверстия составляет 50 мм, плотность нефти составляет 856 кг/м^3 , глубина воды составляет 50 м, а скорость течения на поверхности моря равна 0,4 м/с, что является стандартными условиями для анализа дисперсии нефти. Рисунок 2 представляет распределение скорости сдвига потока загрязняющего вещества. Очевидно, что текущая скорость потока увеличивается с высотой, что соответствует реальному сценарию.

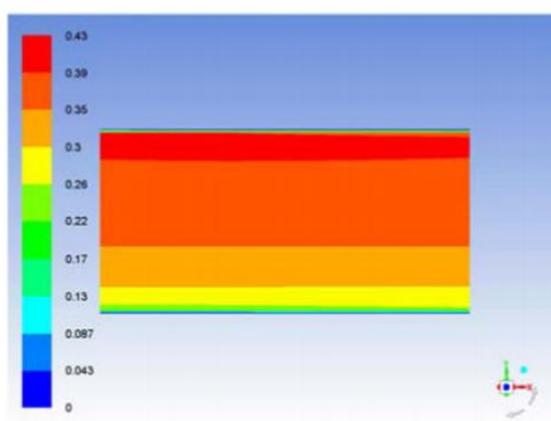


Рисунок 2 – Распределение скорости сдвига потока

Время, когда первая капля нефти достигнет поверхности моря, определяется как время подъема, и горизонтальное расстояние между точкой утечки и точка разлива на поверхности моря определяется как

горизонтальная миграция нефти. На рисунке 3 показана траектория миграции нефти под действие течения, которая показывает зависимость расстояния распространения капли нефти от времени пребывания ее в морской воде. Из рисунка видно, что для того, чтобы капля достигла поверхности воды необходимо 140 секунд.

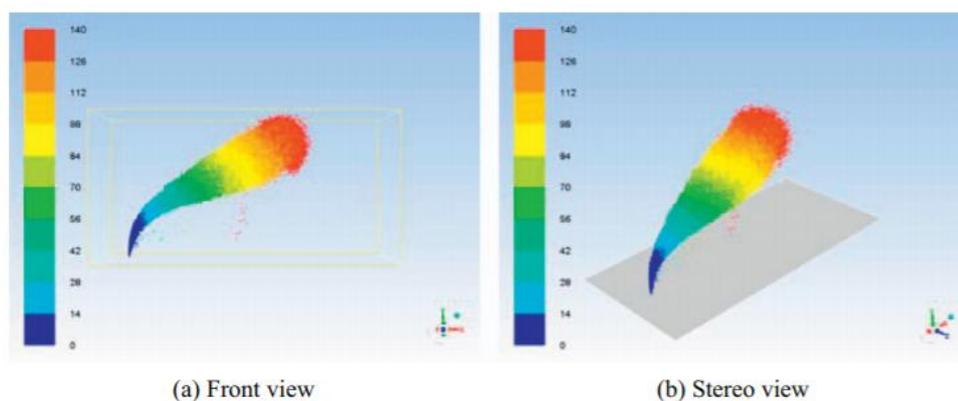


Рисунок 3 – Миграция капель нефти в пространстве при стандартных условиях

На рисунке 4 показано изменение геометрических размеров подводного нефтяного шлейфа в трех направлениях. Расстояние горизонтальной миграции нефти, т. е. расстояние миграции в направлении X составляет 63,4 м, это момент, когда капли нефти достигают поверхности моря. Как видно из рисунка, расстояние горизонтальной миграции увеличивается линейно, и причина в том, что течение обеспечивает устойчивое распространение капель нефти. Ширина нефтяного шлейфа, т. е. расстояние миграции в направлении Z также увеличивается линейно со временем, что обусловлено свободным расширением пятна нефти под водой.

Из-за начальной кинетической энергии, обеспечиваемой давлением из трубопровода, капли нефти быстро перемещаются в начальной стадии утечки. Однако скорость подъема капель нефти постепенно уменьшается под действием трения и течения в морской воде. На более поздней стадии, капли, движущиеся под действием подъемной силы морской воды. Поэтому расстояние миграции нефти в направлении Y увеличивается нелинейно со временем.

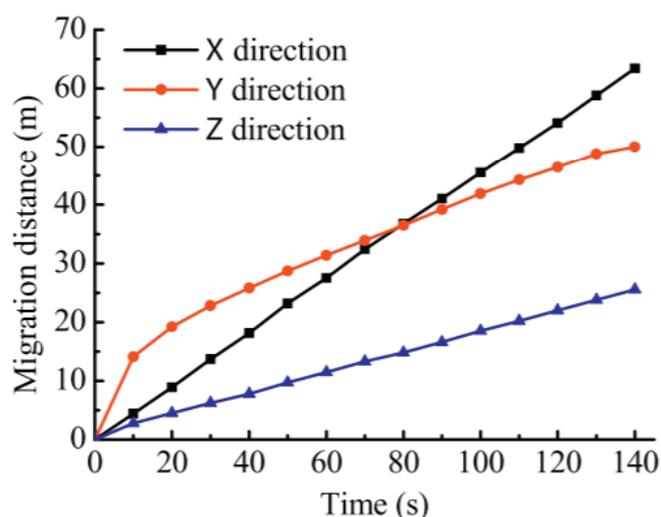


Рисунок 4 – Зависимость миграции компонента от времени

Процесс миграции нефти подвергается совместному действию силы тяжести, плавучести и напряжения сдвига [1]. На данный процесс влияют различные факторы, например, начальная скорость высвобождения капель нефти, плотность нефти, скорость течения, глубина, на которой произошел разрыв нефтепровода и положение утечки. В статьях «Моделирование и оценка аварийного выброса нефти из поврежденного подводного трубопровода» [1] и «Гидродинамическая модель утечки нефти из поврежденного трубопровода» [3] для анализа действия вышеупомянутых факторов используется метод управляющих переменных.

Рассмотрим данный метод на конкретных примерах влияния указанных факторов. Плотность нефти и нефтепродуктов, транспортируемых трубопроводом, может быть различна, в зависимости от состава. Для того, что бы рассмотреть влияние данного фактора на скорость распространения нефти в морской воде, задаются стандартные параметры и изменяется значение плотности. Таким образом, получают несколько графиков, отражающих миграцию нефти различной плотности при прочих равных условиях (рисунок 5).

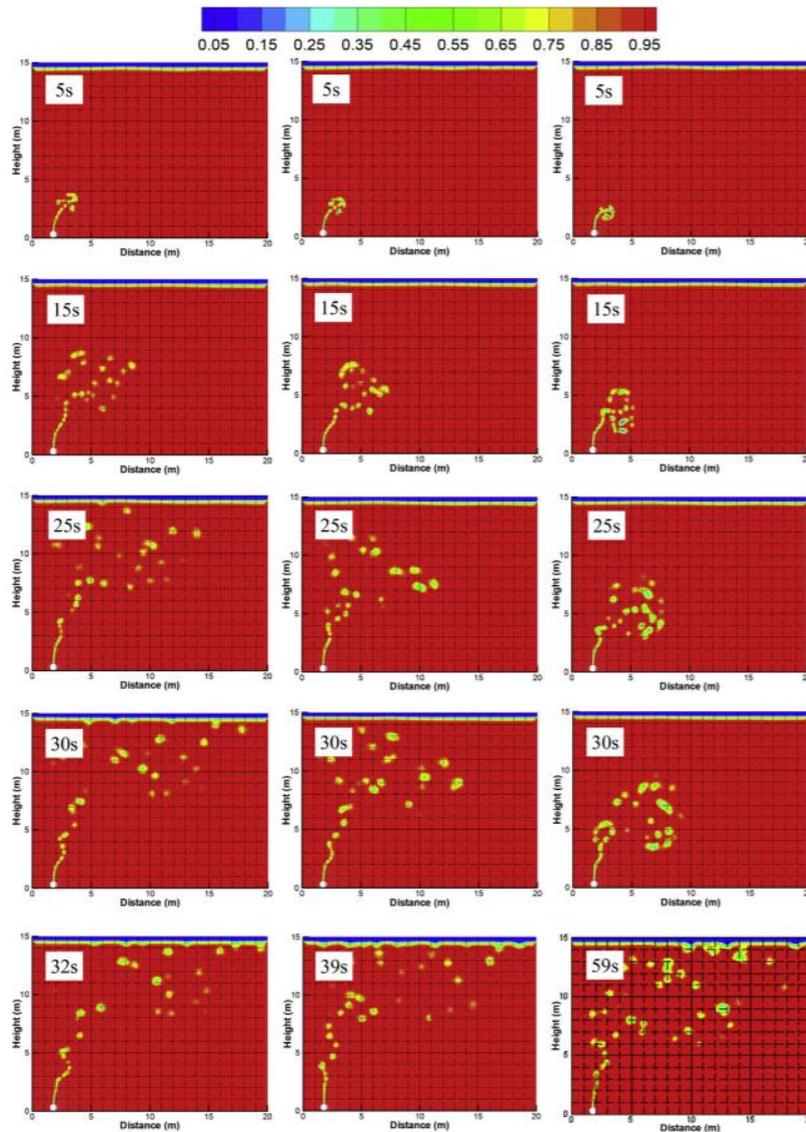


Рисунок 5 – Распространение нефти разной плотности на заданное расстояние
 Таким образом, можно сделать вывод, что, чем больше плотность нефти, тем больше времени требуется капле загрязняющего компонента, что бы достичь поверхности воды.

Аналогичные графики строятся и для других параметров. Так, можно наблюдать следующие зависимости [3]: чем больше скорость выхода нефти из поврежденного участка трубопровода, тем быстрее она достигнет поверхности; чем выше скорость течения, тем быстрее будет происходить миграция нефти; чем больше размер отверстия из которого происходит истечение нефти, тем быстрее она будет распространяться в пространстве.

1.3 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКА РАЗРЫВА ТРУБОПРОВОДОВ

Расчет риска разрыва трубопровода не может предотвратить возникновение аварии на определенном участке, однако поможет выявить части, где с наибольшей вероятностью может возникнуть чрезвычайная ситуация, а так же позволит принять профилактические меры для сохранения целостности нефтепровода. В статье «Количественная оценка риска повреждения подводного трубопровода» [4] рассмотрен метод, который применяется в нефтегазовой промышленности, для оценки опасности протекающих в морской воде химических реакций.

Стандартная количественная оценка риска включает два основных аспекта: оценка вероятности и последствий возникновения повреждения в трубопроводе.

Систематическая процедура предлагаемой методики оценки риска включает в себя следующие шесть основных шагов:

1. Сбор информации; на этом этапе вычисляются и определяются основные исходные параметры трубопровода, а так же характеристики среды, где расположена часть трубы;
2. Создание математической модели трубопровода, с учетом заданных параметров. На этом этапе оценивается продольная и поперечная стабильность трубопровода;
3. Определение предельной устойчивости трубопровода к воздействиям. На этом этапе оценивается величина внешних и внутренних сил, воздействие которых может нарушить целостность трубопровода;
4. Моделирование случайной ситуации повреждения трубопровода. На этом этапе используется распределение вероятности для параметров, определенных выше;
5. Оценка вероятности разрыва трубопровода. Метод Монте-Карло используется для решения случайной задачи получения

вероятности бокового и вертикального повреждения трубопровод.

- б. Ранжирование рисков после получения результатов. При превышении предельно допустимого значения риска требуется принять меры по снижению данного параметра.

Метод Монте-Карло учитывает вероятность возникновения продольного или поперечного повреждения, используя следующие выражения:

$$P_I = P(Z < 0) \quad (6)$$

$$P_I = P(Z > 0) \quad (7)$$

При проведении математических вычислений в N различных случаях фиксируется значение N_i случая, при котором произошло повреждение трубопровода. После проведения всех заданных вычислений при различных параметрах, частота возникновения повреждений может быть приравнена к риску. Таким образом, риск нарушения целостности трубопровода можно вычислить по формуле:

$$P_I = \frac{N_I}{N} \quad (8)$$

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Математическое моделирование может дать подробную информацию о гидродинамике потока нефти, которую нелегко получить физическими экспериментами [8-10]. Поэтому в данной работе для исследования процесса разлива нефти из подводного трубопровода на свободную поверхность была использована вычислительная гидродинамическая модель в сочетании с методом контрольных объемов. В данной работе рассматривается фактическое распределение скорости сдвига потока нефти и нефтепродуктов в водной среде. На основании серии численных расчетов, исследовано влияние размера источника выброса загрязняющих веществ на распространение нефти в водной среде. Используя данные расчеты, можно определить, когда и где нефть достигнет поверхности воды, и принять меры для быстрого реагирования на подобную ЧС. Также возможно прогнозировать максимальное расстояние горизонтальной миграции нефти в определенный момент времени и определять масштабы возможной ЧС.

2.1 ФИЗИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной работе рассмотрим участок реки, для которого будут заданы некоторые параметры, такие как размеры участка (глубина реки, ширина реки, протяженность рассматриваемого участка), скорость и направление течения реки. На рассматриваемом участке проходит подводная часть трубопровода, осуществляющего транспортировку нефтепродуктов. В результате образования отверстия в трубопроводе, пересекающем водную преграду, происходит вытекание нефти в реку. Необходимо определить распределение концентрации данного загрязняющего вещества в водной среде. На рисунке 6 представлено схематическое изображение описанной ситуации.

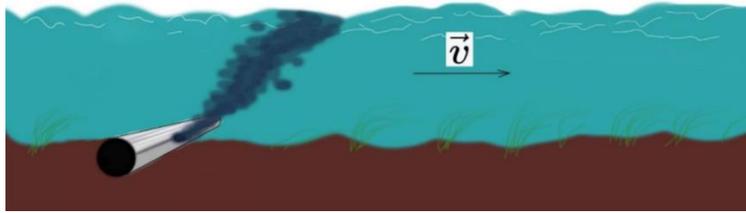


Рисунок 6 – Истечение нефти из подводного перехода нефтепровода

Так как характерные размеры водоема в горизонтальных направлениях значительно превышают глубину водоема и из априорных данных следует, что зависимости проекций скорости, температуры, концентраций компонентов от координаты x_3 , отсчитываемой от поверхности дна реки меньше изменяются, чем от координат x_1 и x_2 , можно на основе вышеизложенного допущения осреднить исходные характеристики по глубине водоема согласно [11].

Источник загрязнения моделируется поверхностным источником массы нагретых веществ, выделяющихся в результате залпового выброса в течение некоторого времени. Считается, что течение направлено слева направо и носит развитый турбулентный характер, а для описания конвективного переноса под воздействием течения реки используются двумерные уравнения Рейнольдса для турбулентного течения. Начало координат $x_1 = 0$, $x_2 = 0$ расположено в левой части рассматриваемой области, оси Ox_1 и Ox_2 расположены в плоскости земной поверхности (рисунок 7).

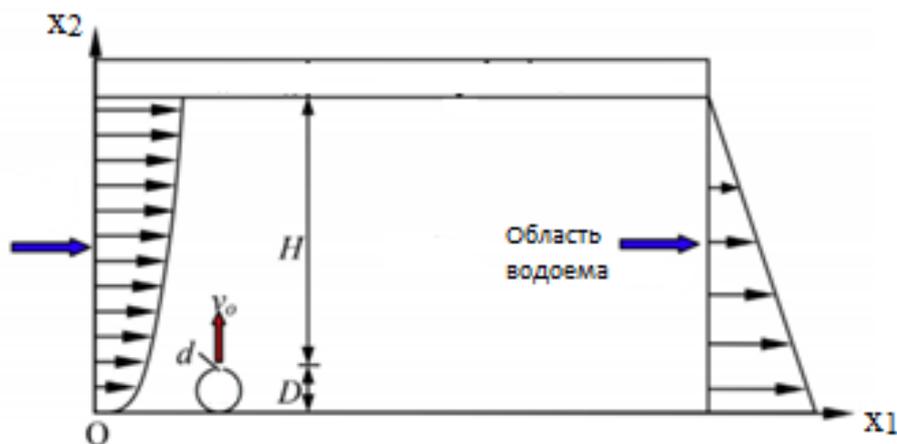


Рисунок 7 – Схема участка реки с заданным источником

3. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

3.1 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

3.1.1 ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Нефть и вода рассматриваются как несжимаемые потоки. А на границе раздела жидкостей не предполагается никакого фазового перехода. Движение потоков жидкостей определяется уравнениями Рейнольдса и Навье-Стокса, учитывая уравнения непрерывности и импульса, записанные следующим образом [11-13]:

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_i \bar{u}_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \nu \nabla^2 \bar{u}_i - \frac{\partial \overline{u_i' u_j'}}{\partial x_j} + g_i \quad (10)$$

где u_i – представляет мгновенную составляющую скорости в направлении i , например, u и v -скорость в направлении x и y соответственно, в то время как u_0 – флуктуационная составляющая скорости в направлении i , x_i – пространственная координата в направлении i , g_i -гравитационное ускорение в направлении i , t -время, p -давление, ρ и ν – плотность и кинематическая вязкость соответственно.

Метод контрольных объемов основан на решении одного уравнения импульса для смеси фаз и одного уравнения для объемной доли жидкости. В этом исследовании вводятся объемные доли жидкостей F_w и F_o для воды и нефти соответственно. Физический смысл функции F - это дробный объем ячейки, занимаемой жидкой фазой [14,15]. Например, если F_w равен единице, ячейка заполнена водой, в то время как нулевое значение указывает на то, что ячейка не содержит воды. Дробные функции F_w и F_o описываются следующим образом:

$$F_w = \frac{V_w}{V_c} \quad (11)$$

$$F_o = \frac{V_o}{V_c} \quad (12)$$

где F_o и F_w - фракционная функция нефти и воды соответственно, V_c , V_o и V_w - объем ячейки, объем нефти внутри ячейки и объем воды внутри ячейки соответственно.

А двумерные уравнения переноса для дробных функций задаются:

$$\frac{\partial F_w}{\partial t} + \frac{\partial u F_w}{\partial x} + \frac{\partial v F_w}{\partial y} = 0 \quad (13)$$

$$\frac{\partial F_o}{\partial t} + \frac{\partial u F_o}{\partial x} + \frac{\partial v F_o}{\partial y} = 0 \quad (14)$$

Затем плотность и вязкость могут быть выражены следующим образом:

$$\rho = F_w \rho_w + F_o \rho_o \quad (15)$$

$$v = F_w v_w + F_o v_o \quad (16)$$

где подстрочные индексы o и w представляют соответственно нефть и воду.

В этом исследовании число Рейнольдса колеблется от 181,25 до 4531,25. Таким образом, в условиях высокого числа Рейнольдса реализуемая модель турбулентности k - ε [16 – 20] используется для описания уравнений потоков и турбулентных свойств:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S \varepsilon - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{v \varepsilon}} + \\ + C_{1\varepsilon} (1 - C_{3\varepsilon}) \frac{\varepsilon}{k} G_b \end{aligned} \quad (18)$$

$$C_1 = \max \left(0.43 \frac{\eta}{\eta + 5} \right) \quad (19)$$

$$\eta = S \frac{k}{\varepsilon} \quad (20)$$

$$S = (2S_{ij}S_{ij})^{1/2} \quad (21)$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (22)$$

$$G_k = -\rho \overline{u_i' u_j'} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (23)$$

$$G_b = -g_i \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial \rho}{\rho \partial x_i} \quad (24)$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (25)$$

где k и ε – турбулентная кинетическая энергия и скорость диссипации турбулентной кинетической энергии на единицу массы соответственно, h – относительный параметр деформации, S – скорость деформации, G_k и G_b – срок выработки турбулентной кинетической энергии за счет среднего градиента скорости и срок выработки турбулентной кинетической энергии за счет подъема соответственно, μ – динамическая вязкость жидкости, μ_t – турбулентная вязкость, Pr_t – число Прандтля, принятое за 0,85, C_μ , C_{1e} , C_2 и C_{3e} – эмпирические модельные константы, принятые за 0,09, 1,44, 1,9 и 0,9, соответственно, а δ_i и δ_e – турбулентные числа Прандтля, взятые как 1.0 и 1.2, соответственно.

3.1.2 ОПИСАНИЕ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ

Метод конечных объемов используется для дискретизации приведенных выше уравнений. В расчетах хорошо известный алгоритм Патанкара [21], широко применяемый во многих аналогичных имитационных исследованиях [22 – 24], используется для решения уровня давления, удовлетворяющего закону сохранения массы. Для обеспечения точности расчета используются схема центрального дифференцирования второго порядка для конвективных членов и диффузионных членов соответственно.

3.1.3 ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

Логарифмический профиль скорости для описания потока вблизи речного дна принимается в виде

$$v_w = v_{wmax} \{1 - [1 - y/(H + D)]^2\} \quad (26)$$

где v_{wmax} - максимальная скорость (принимается равной 0,1 м/с),

представленная на свободной поверхности, H – высота от отверстия утечки до поверхности воды, y – независимая переменная ($0 \leq y \leq H + D$) и начало координат расположено на речном дне. Этот профиль скорости определен для левого входа вычислительной области.

Для упрощения дальнейшего моделирования примем, что отверстие в трубопроводе имеет квадратную форму с линейными размерами 0,02 м.

Скорость истечения нефти связана с размером отверстия, гидростатическим давлением воды над трубой, давлением внутри трубы и перепадом давления нефти, протекающего через отверстие. Поэтому перфорации в разных нефтепроводах или в разных местах одного нефтепровода имеют разную скорость истечения нефти. Чтобы облегчить сравнительный анализ, было выбрано среднее значение скорости, равное 5 м/с.

В начальный момент вся область заполняется водой. На границе раздела двух областей предполагается неподвижная водная поверхность.

При моделировании плотности воздуха и воды принимаются постоянными и равны $1,225 \text{ кг/м}^3$ и 1025 кг/м^3 соответственно. Плотность нефти так же является постоянной величиной равной 870 кг/м^3 . Вязкости нефти и воды определяются как $11,003 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и $0,048 \text{ Па}\cdot\text{с}$ соответственно.

Далее описанные выше граничные условия будут приниматься в качестве стандартного случая, а для изучения влияния конкретного параметра на распространения нефти в водной среде будут изменяться отдельные показатели.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Создание математической модели выполнено с помощью ПО PHOENICS. Данное ПО позволяет создавать модели потоков жидкостей с указанием изменения температуры, давления в заданной области, изменения концентрации исследуемого вещества, а так же скорости движения жидкости в данной области.

4.1 СОЗДАНИЕ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ

Первым шагом данной работы было создание модели с параметрами, описанными выше. Для этого была задана область исследования со следующими размерами: длинна области 15 м, ширина и высота 8 метров. Далее был задан источник загрязнения, расположенный в исследуемой области в соответствии с рисунком 7. Следующим этапом были заданы внешние факторы, влияющие на распространение нефти в водной среде, а также размеры контрольных объемов и время расчета.

Для дальнейшего анализа концентрации загрязняющего вещества в воде будет применяться следующая цветовая шкала:

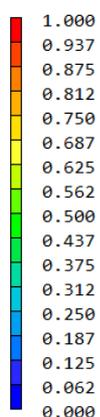


Рисунок 8 – Шкала определения концентрации загрязняющего вещества в воде

Данная шкала показывает относительное содержание нефти в водной среде от 0 % до 100 %.

Решение стандартной задачи позволило определить характер распространения нефти в водной среде в моменты времени 1, 3, 6 и 9 секунд. Результаты представлены на рисунке 9.

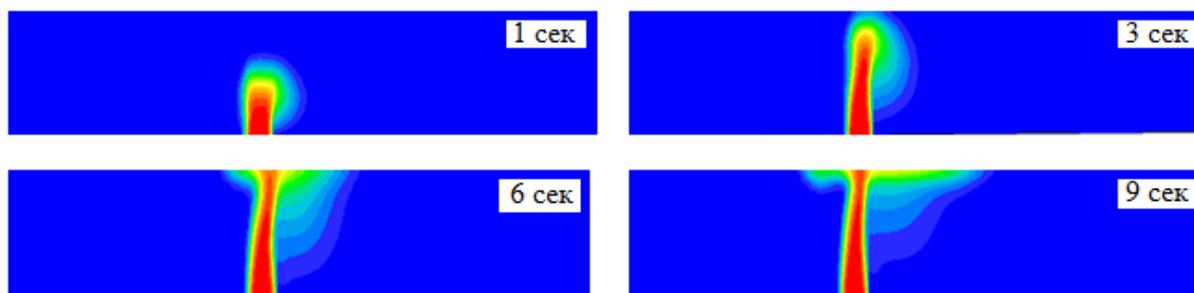


Рисунок 9 – Решение стандартной задачи распространения нефти в водной среде

Также созданная модель позволяет отследить перемещение нефти по поверхности водоема с учетом действия воздушной среды. На рисунке 10 представлено распределение нефтепродуктов по поверхности реки в моменты времени 1, 3, 6 и 9 секунд.

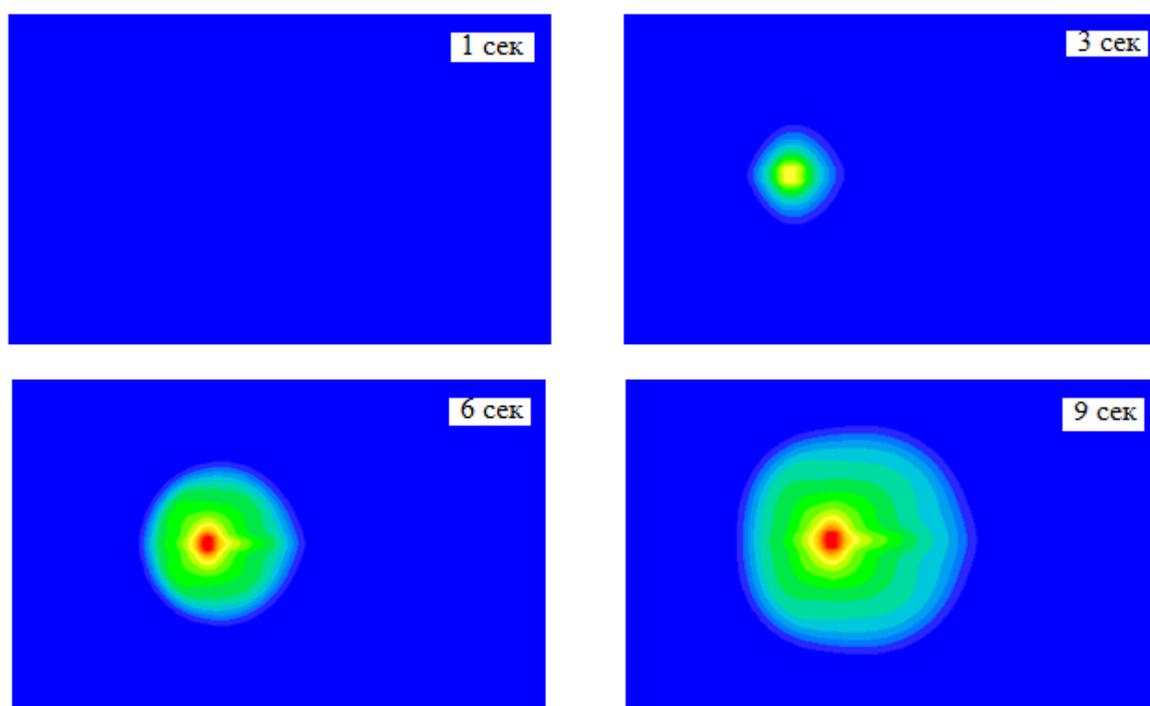


Рисунок 10 – Решение стандартной задачи распространения нефти на поверхности воды

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о характере выброса и масштабах распространения нефти и нефтепродуктов на заданном участке реки.

Таким образом, можно прогнозировать масштабы возможной ЧС или устанавливать оборудование для контроля параметров воды и трубопровода на данном участке.

4.2 УВЕЛИЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАСЧЕТА МОДЕЛИ

Для дальнейшего анализа масштабов последствий нарушения целостности трубопровода и истечения нефти в водную среду можно увеличить время расчета. На рисунках 11 и 12 представлено распространение нефти в моменты времени 10, 15, 20 и 25 секунд.

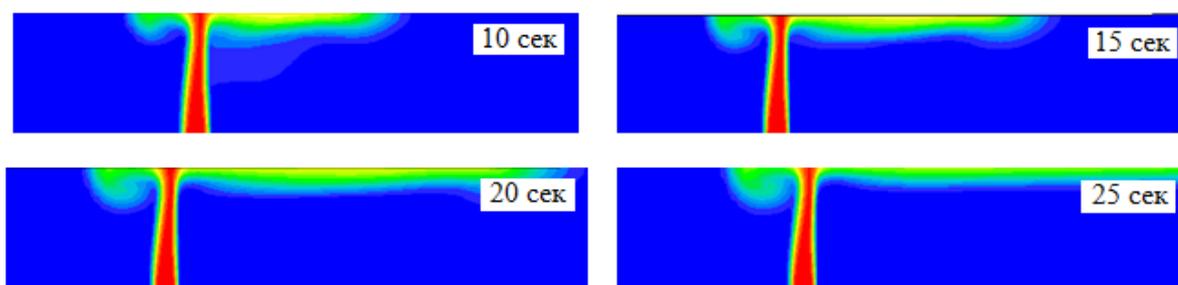


Рисунок 11 – Увеличение времени измерения

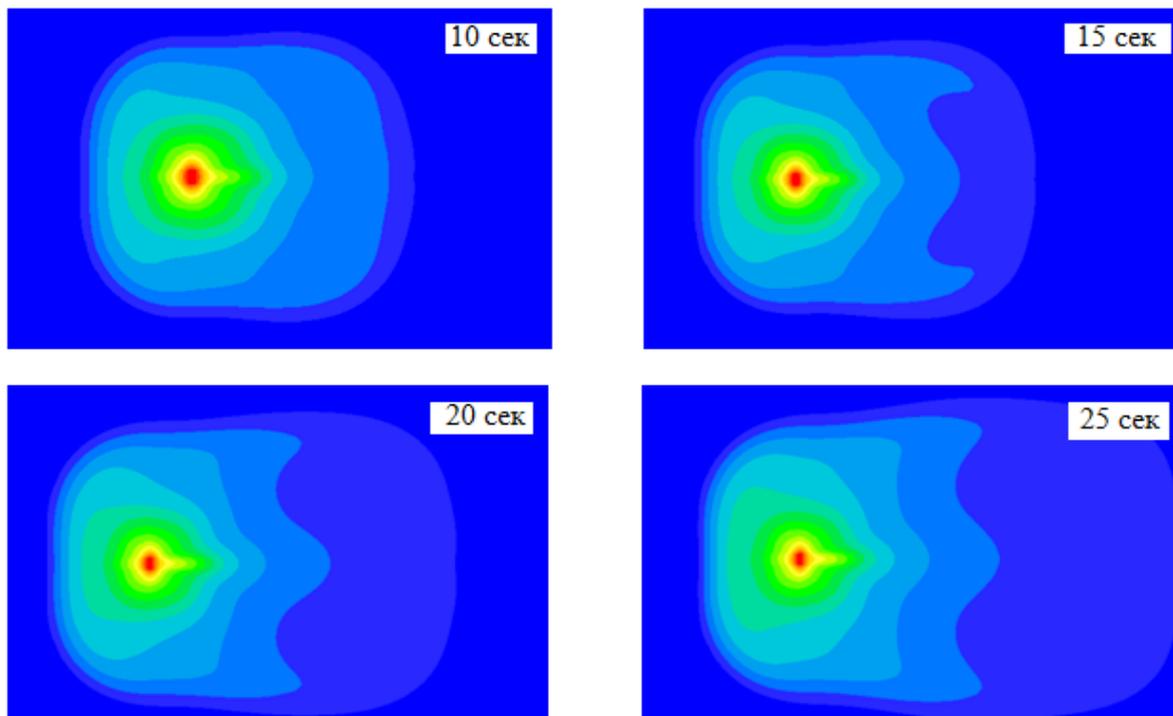


Рисунок 12 – Увеличение времени измерения на поверхности реки

Из полученных данных следует, что со временем масштабы распространения загрязнения увеличиваются и перемещаются по течению,

поэтому необходимо принимать меры по реагированию на нарушение целостности нефтепровода сразу же после обнаружения утечки.

4.3 ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРА ОТВЕРСТИЯ В ТРУБОПРОВОДЕ

Так же большую роль играет размер отверстия, из которого происходит выделение нефти и нефтепродуктов в водную среду, в стандартном случае оно принято равным 0,02 метра, в рамках эксперимента размер отверстия был увеличен до 0,04 м. Результаты представлены на рисунках 13 и 14.

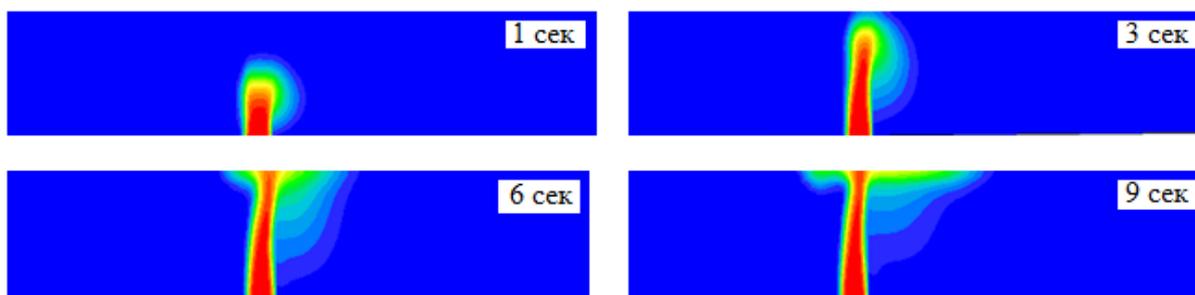


Рисунок 13 – Размер отверстия в трубопроводе 0,02 м

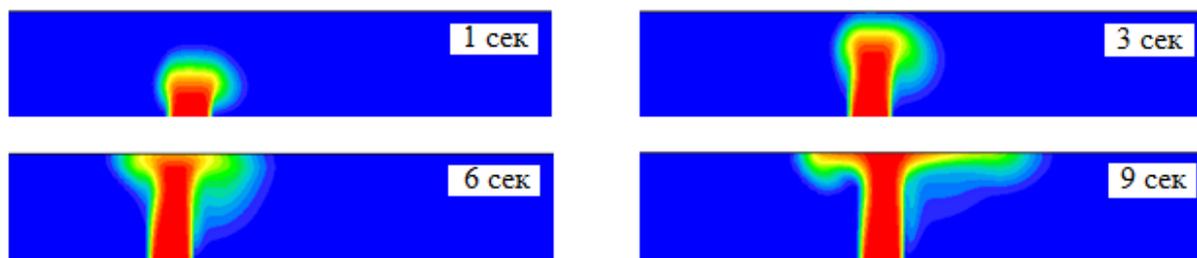


Рисунок 14 – Размер отверстия в трубопроводе 0,04 м

Таким образом, видно, что размер отверстия напрямую влияет на количество выделенного вещества, а, следовательно, на масштаб возможного загрязнения. Для предотвращения подобных серьезных разрушений необходимо регулярно проводить мониторинг состояния трубопровода, что позволит избежать подобной ЧС в целом или уменьшить ее последствия.

4.4 ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ РЕКИ

В рамках данного эксперимента была проанализирована зависимость характера распространения загрязняющих веществ от скорости течения реки. Для эксперимента были выбраны следующие значения скорости: 0,2 м/с, 1 м/с, 7 м/с. Для данных значений был проведен эксперимент, а так же был

зафиксирован характер распространения нефти в водной среде и на поверхности водоема в моменты времени 1, 3, 6 и 9 секунд. Результаты представлены на рисунках 15-17 и 18-20.

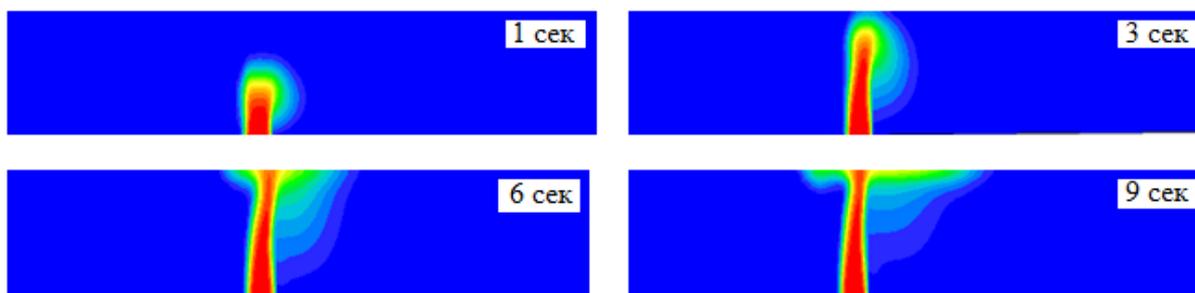


Рисунок 15 – Распространение нефти в водной среде при скорости течения реки 0,2 м/с

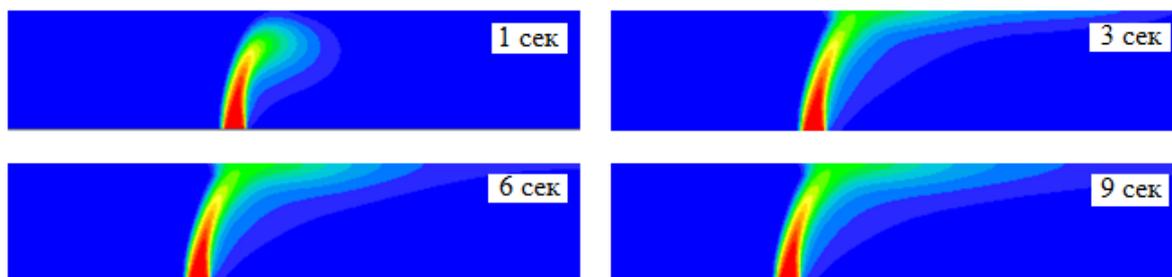


Рисунок 16 – Распространение нефти в водной среде при скорости течения реки 1 м/с

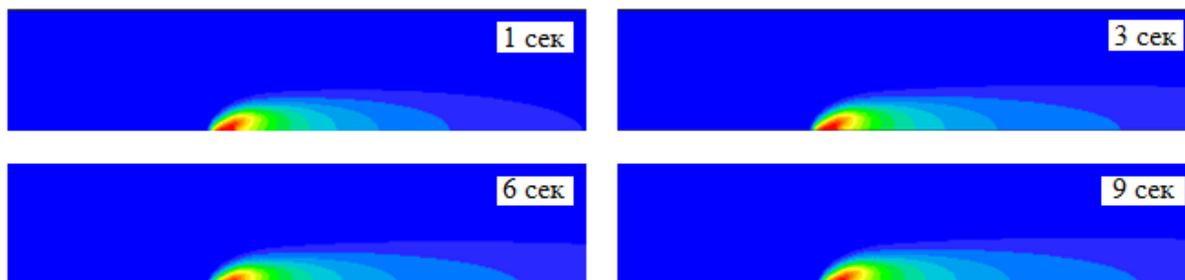


Рисунок 17 – Распространение нефти в водной среде при скорости течения реки 7 м/с

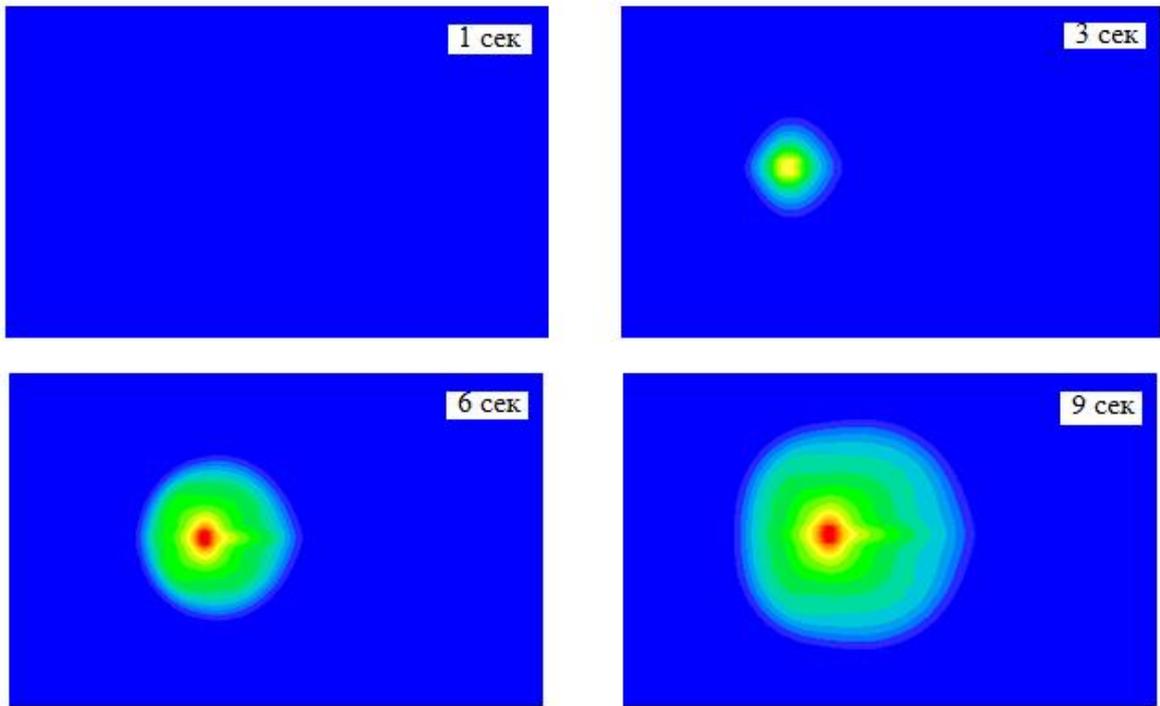


Рисунок 18 – Распространение нефти на поверхности реки при скорости течения реки 0,2 м/с

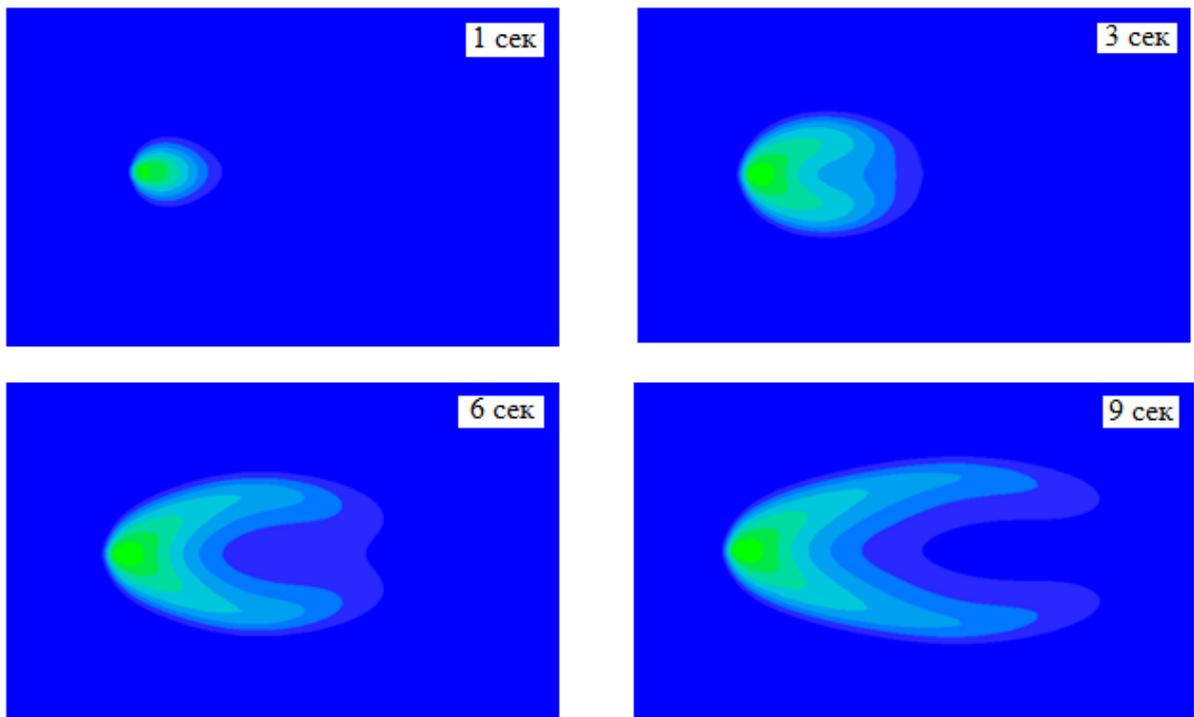


Рисунок 19 – Распространение нефти на поверхности реки при скорости течения реки 1 м/с



Рисунок 20 – Распространение нефти на поверхности реки при скорости течения реки 7 м/с

Из представленных данных видно, что скорость течения реки значительно влияет на характер распространения нефти в водной среде. Так при малых скоростях течения наблюдается значительное распространение загрязнения на поверхности, в то время как при больших скоростях загрязняющее вещество распространяется по направлению течения без выхода на поверхность. Данный характер распространения требует особенного внимания, так как при возникновении подобной чрезвычайной ситуации достаточно сложно идентифицировать наличие загрязнения, что, при отсутствии должного реагирования, может привести к значительно большему масштабу загрязнения.

Таким образом, при мониторинге водных объектов необходимо учитывать характер течения, так как от этого напрямую зависят возможные негативные последствия.

4.5 ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ИСТЕЧЕНИЯ НЕФТИ ИЗ ТРУБОПРОВОДА

В данном эксперименте показана зависимость характера распространения загрязнения от скорости истечения нефти из трубопровода. Для проведения исследования были выбраны скорости истечения нефти 0,5 м/с и 5 м/с для моментов времени 1, 3, 6 и 9 секунд было рассчитано

распространение нефти и нефтепродуктов в водоеме и на его поверхности.

На рисунках 21-22 и 23-24 представлены результаты эксперимента.

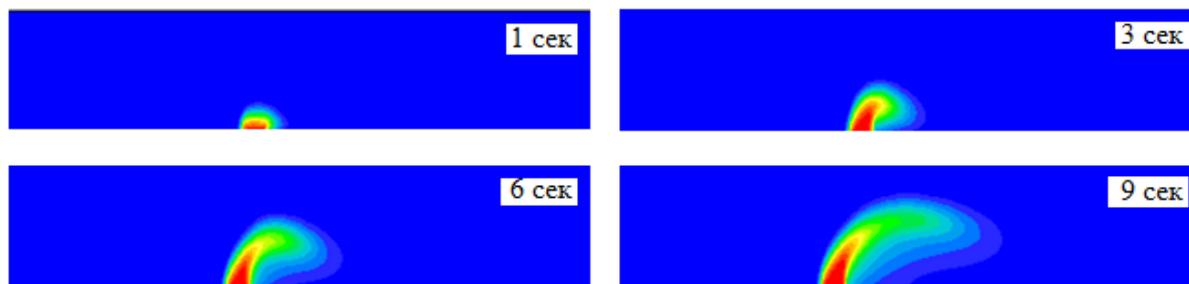


Рисунок 21 – Распространение нефти в водной среде при скорости истечения нефти 0,5 м/с

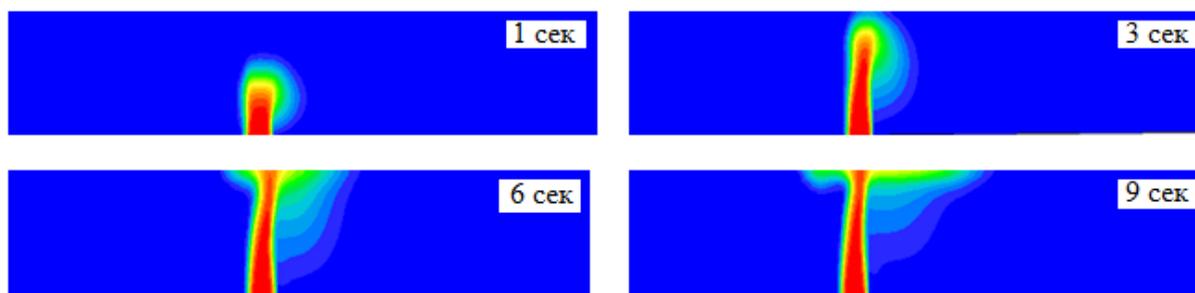


Рисунок 22 – Распространение нефти в водной среде при скорости истечения нефти 5 м/с

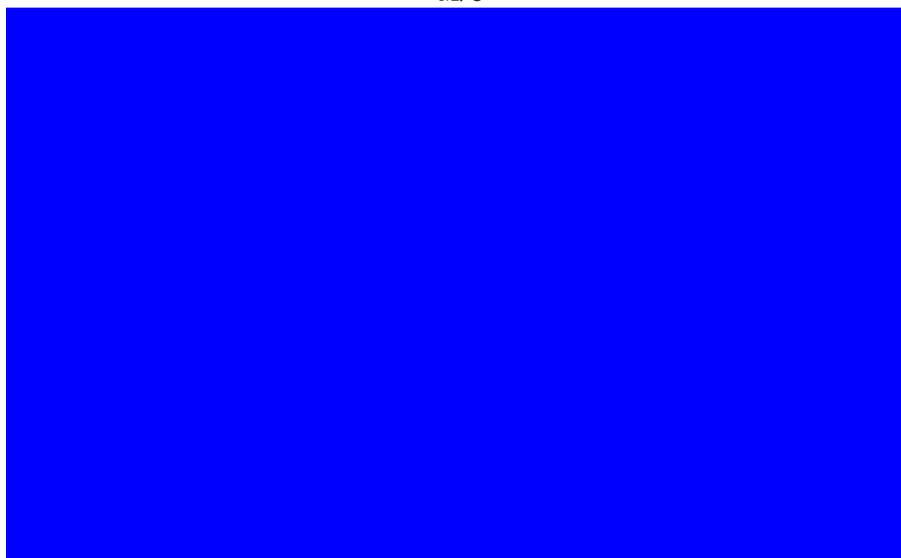


Рисунок 23 – Распространение нефти на поверхности реки при скорости истечения нефти 0,5 м/с

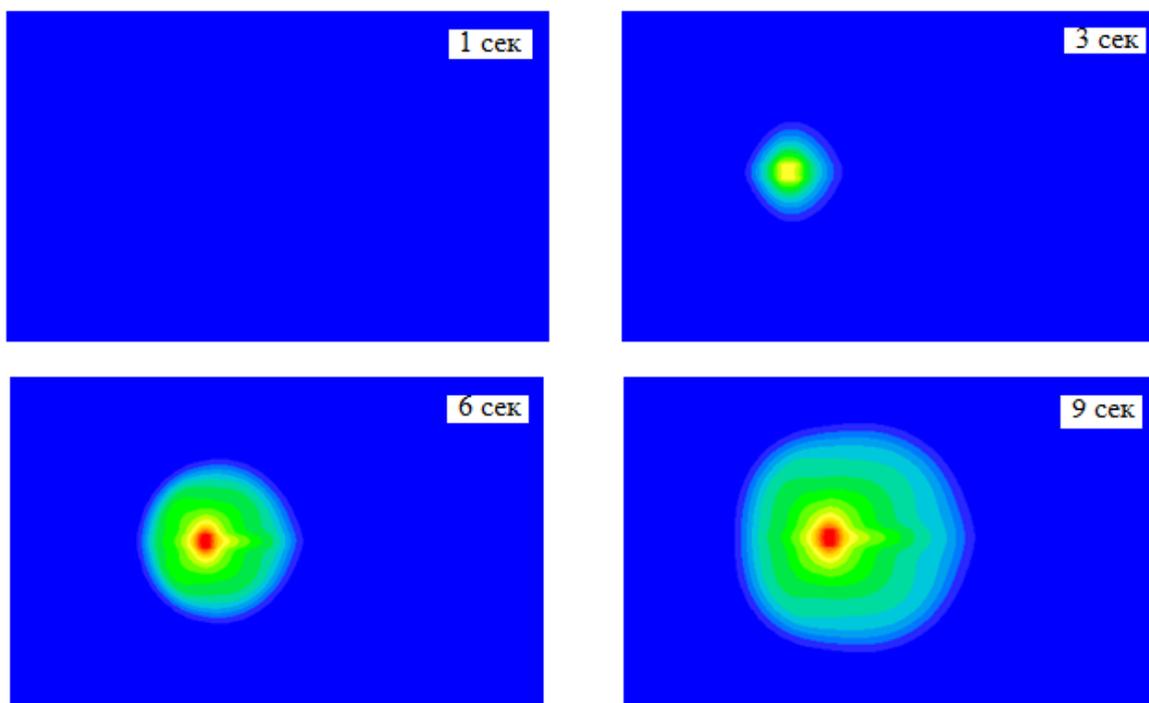


Рисунок 25 – Распространение нефти на поверхности реки при скорости истечения нефти 5 м/с

Таким образом, видно, что скорость истечения нефти из трубопровода оказывает непосредственное влияние на характер распространения нефти и нефтепродуктов в водной среде. При скорости истечения 0,5 м/с наблюдается незначительное загрязнение с меньшей скоростью распространения в водоеме, так же при данной скорости не наблюдается наличие нефти на поверхности водоема. При увеличении скорости истечения видно, что масштабы распространения загрязняющих веществ увеличиваются, а характер распространения нефти изменяется. Можно сделать вывод, что для предотвращения подобных последствий необходимо регулярно проводить диагностику трубопровода, чтобы предотвратить образование свичей больших размеров.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности 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.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

5.1 ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Суть выпускной квалификационной работы по теме «Численное решение задачи о загрязнении нефтепродуктами русла реки при аварийном выбросе» заключается в моделировании ситуации аварии на трубопроводах с помощью программного обеспечения PHOENICS и получения распределения концентрации загрязняющего вещества в местах переходов через водные объекты в различные моменты времени.

5.1.1 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть специализированные нефтедобывающие предприятия, ГУМЧС, прогнозирующие организации.

5.1.2 АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с

позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (27)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В таблице 1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства винилацетата.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{Φ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{Φ}	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии обогащаемого материала							
1. Удобство эксплуатации	0,07	3	2	4	0,21	0,14	0,28
2. Автоматический расчет уравнений программой	0,08	5	3	5	0,4	0,24	0,4
3. Простота эксплуатации	0,18	3	4	5	0,54	0,72	0,9
4. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
5. Визуальное представление результатов	0,17	5	2	5	0,85	0,34	0,85
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Конкурентоспособность продукта	0,09	4	3	3	0,36	0,27	0,27
7. Точность	0,14	5	5	5	0,7	0,7	0,7
8. Финансирование научной разработки	0,07	4	2	3	0,28	0,14	0,21
9. Цена лицензии	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
Итого:	1	38	27	38	4,24	3,15	4,41

K_1 – программное обеспечение HyperSuite (HYPER3D);

K_2 – программа Matlab,

К₃ – программное обеспечение PHOENICS.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 4,41, в то время как двух других программ (HyperSuite и Matlab) 4,24 и 3,15 соответственно.

Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как простота эксплуатации, качество интеллектуального интерфейса.

5.1.3 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.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Первый этап SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С₁. Более низкая стоимость, по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С₂. Использование современного оборудования.</p> <p>С₃. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С₄. Представление полученных результатов наглядно (графики, формулы, таблицы).</p> <p>С₅. Актуальность программы.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С_{л1}. Отсутствие квалифицированных кадров для работы с программой.</p> <p>С_{л2}. Время, затрачиваемое на расчет в программе и построение графиков (30-40 минут).</p> <p>С_{л3}. Отсутствие дополнительных функций в программе.</p> <p>С_{л4}. Ограниченная область применения.</p> <p>С_{л5}. Медленный процесс вывода на рынок новой технологии.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В₁. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В₂. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В₃. Повышение уровня предотвращения загрязнения экосистем.</p> <p>В₄. Повышение уровня оперативного реагирования спец. служб.</p> <p>В₅. Повышение уровня локализации загрязнения.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У₁. Неумение персонала пользоваться программой.</p> <p>У₂. Появление конкурентов.</p> <p>У₃. Появление новых технологий.</p> <p>У₄. Отсутствие спроса на разработку.</p> <p>У₅. Введение дополнительных государственных требований и сертификация на разработку.</p>		

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.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. 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 «-». Интерактивные матрицы представлены в таблицах 3, 4, 5 и 6.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

		Сильные стороны				
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Возможности проекта	B ₁	+	-	0	-	+
	B ₂	+	-	-	+	0
	B ₃	-	+	+	+	+
	B ₄	-	+	+	+	+
	B ₅	-	+	+	+	+

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

		Слабые стороны				
		C _{л1}	C _{л2}	C _{л3}	C _{л4}	C _{л5}
Возможности проекта	B ₁	+	+	+	+	0
	B ₂	-	-	-	-	0
	B ₃	0	-	-	0	-
	B ₄	0	-	-	0	-
	B ₅	0	-	-	0	-

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны
и угрозы»

		Сильные стороны				
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Угрозы	У ₁	+	+	+	0	-
	У ₂	-	+	+	-	0
	У ₃	0	+	+	0	-
	У ₄	-	+	+	-	0

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

		Слабые стороны				
		C _{л1}	C _{л2}	C _{л3}	C _{л4}	C _{л5}
Угрозы	У ₁	+	-	+	-	0
	У ₂	+	+	0	+	+
	У ₃	+	+	+	+	0
	У ₄	+	+	+	+	0

Таким образом, в рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 7).

Таблица 7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Более низкая стоимость, по сравнению с другими технологиями. С2. Использование современного оборудования. С3. Наличие опытного руководителя. С4. Представление полученных результатов наглядно (графики, формулы, таблицы). С5. Актуальность программы.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие квалифицированных кадров для работы с программой. Сл2. Время, затрачиваемое на расчет в программе и построение графиков (30-40 минут). Сл3. Отсутствие дополнительных функций в программе. Сл4. Ограниченная область применения. Сл5. Медленный процесс вывода на рынок новой технологии.</p>
<p>Возможности: В1. Повышение стоимости конкурентных разработок. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Повышение уровня предотвращения загрязнения экосистем. В4. Повышение уровня оперативного реагирования спец. служб. В5. Повышение уровня локализации загрязнения.</p>	<p>- В результате низкой стоимости продукт могут позволить себе многие организации; - В результате использования современных технологий повысится скорость локализации экологического загрязнения; - При вышеперечисленных возможностях мы добьемся наглядного распространения загрязнения и его более быстрой локализации.</p>	<p>- При отсутствии навыков владения программой, результаты будут неточными или в корне неверны, вследствие чего модель распространения будет отличаться от действительной ситуации.</p>
<p>Угрозы: У1. Неумение персонала пользоваться программой. У2. Появление конкурентов. У3. Появление новых технологий. У4. Отсутствие спроса на разработку. У5. Введение дополнительных государственных требований и сертификации на разработку.</p>	<p>- Спрос программы не будет теряться из-за финансовой выгоды моделирования, в сравнении с экспериментальными методами прогнозирования, т.к. подобные методы опасны для экологии и несут колоссальные материальные затраты. - В силу малых затрат проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в развитие других услуг, таких как сертификация.</p>	<p>- Расширить области применения разработки; - Сократить время подсчета программой.</p>

5.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В таблице 8 представлена морфологическая матрица для методов исследования масштабов разлива нефти и их последствий.

Таблица 8 – Морфологическая матрица

	1	2
А. Участок исследования	Любой	Заданный участок с известными параметрами
Б. Метод расчета	Математическая модель	Стандартные формулы
В. Время проведения расчета	8 часов	2 дня
Г. Визуализация результата	Графические изображения	Численные значения

5.3. ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

5.3.1 СТРУКТУРА РАБОТ В РАМКАХ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 9).

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка математической модели	Бакалавр
	10	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	11	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки	Бакалавр

5.3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{о.жi}$ используется следующая формула (28):

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (28)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (29)$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн.;

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

5.3.3. РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

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

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{ri} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (30)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (5):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (31)$$

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.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 96 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 10.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоёмкость работ									Исполнитель и	Т _р , раб. дн.			Т _р , кал. дн.		
		t _{min} , чел-дн.			t _{max} , чел-дн.			t _{ож} , чел-дн.				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
1	Составление технического задания	0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	Р	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	Б	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	К ₁	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	К ₂	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
3	Подбор и изучение материалов	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Р	3,5	3,5	3,5	5,2	5,2	5,2
		5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	5,2	5,2	5,2
4	Литературный обзор	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	12,1	12,1	12,1
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,7	1	1	1
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	1	1	1
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	6	6	6	10	10	10	7,6	7,6	7,6	Б	7,6	7,6	7,6	11,2	11,2	11,2
7	Оценка эффективности результатов	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	1,7	2,5	2,5	2,5
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	2,9	4,3	4,3	4,3
8	Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Р	2,9	2,9	2,9	4,3	4,3	4,3
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	2,9	4,3	4,3	4,3
9	Разработка математической модели	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Б	2,4	2,4	2,4	3,6	3,6	3,6
10	Оценка эффективности работы модели	7	7	7	10	10	10	7,6	7,6	7,6	Б	4,1	4,1	4,1	6	6	6
		7	7	7	10	10	10	7,6	7,6	7,6	К ₁	4,1	4,1	4,1	6	6	6
11	Разработка СО	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	6	6	6
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	К ₂	4,1	4,1	4,1	6	6	6
12	Составление пояснительной записки	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Б	12	12	12	17,8	17,8	17,8

Р – руководитель;

Б – бакалавр;

К₁ – консультант по экономической части;

К₂ – консультант по социальной ответственности.

На основе таблицы 10 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 11 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 11–Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{ки}$, дней	Продолжительность выполнения работ														
			февраль		март			апрель			май						
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,2	■														
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,7	■	■													
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5,2		■	■												
Патентный обзор литературы	Бакалавр	12,1			■	■	■	■	■								
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	1					■	■									
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	11,2					■	■	■	■	■						
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2,5 4,3								■	■						

Продолжение таблицы 11

Вид работы	Исполнители	T _{кi} , дней	Продолжительность выполнения работ													
			февраль		март			апрель			май					
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	4,3								1						
Разработка математической модели	Бакалавр	3,6									1	2				
Оценка эффективности работы модели	Бакалавр, консультант ЭЧ	6										1	2			
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	6											1	2		
Составление пояснительной записки	Бакалавр	17,8												1	2	3

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО

5.3.4 БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на основное оборудование для научно-экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на: приобретаемые материалы, необходимые для создания научно-исследовательского проекта.

Материальные затраты данного НТИ представлены в таблице 12

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб
Бумага	лист	200	2,5	600
Краска для принтерных картриджей	шт.	1	1250	1500
Интернет	мес.	3	350	1260
Книги с дополнительной литературой	шт.	1	450	540
Ручки	шт.	1	80	96
Тетради	шт.	1	100	120
Итого:				4116

Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Все расчеты по приобретению программного обеспечения сводятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование ПО	Стоимость ПО, руб	Размер ежемесячных расходов, руб	Размер расходов за 3 месяца, руб.
1	Программное обеспечение «PHOENICS»	4500	125	375
2	MicrosoftOffice	3250	90	270
Итого				645

Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (32)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (33)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица10);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (34)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 14).

В таблице 14 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 14–Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней				
• выходные дни:	52	52	52	52
• праздничные дни:	14	14	14	14
Потери рабочего времени				
• отпуск:	48	48	48	48
• невыходы по болезни:	7	7	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	245	245	245

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (35)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{\text{тс}}$);

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

Тарифная заработная плата $Z_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{\text{с1}} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не

относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{мс}$, руб.	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	12070	0,3	1,3	25105,6	1065,7	13,9	14813,2
Бакалавр							
ППС1	8600	0,3	1,3	17888	759,3	72,4	54973,3
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	20080	0,3	1,3	41766,4	1772,9	6	10637,4
Консультант СО							
ППСЗ	20080	0,3	1,3	41766,4	1772,9	6	10637,4
Итого							91061,3

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (36)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	14813,2	2221,9	17035,1
Бакалавр	54973,3	8245,9	63219,2
Консультант ЭЧ	10637,4	1595,6	12233
Консультант СО	10637,4	1595,6	12233
Итого	91061,3	13659	104720,3

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:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (37)$$

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

На 2021 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2021 году водится пониженная ставка – 27,1% .

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14813,2	2221,9
Бакалавр	54973,3	8245,9
Консультант ЭЧ	10637,4	1595,6
Консультант СО	10637,4	1595,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	28379,2	

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей 1} \div 5), \quad (38)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %.

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (4116 + 645 + 91061,3 + 13659 + 28379,2) = 22057,68$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании

договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	4116	таблица 12
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	645	таблица 13
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	91061,3	таблица 15
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13659	таблица 16
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28379,2	таблица 17
6. Накладные расходы	22057,68	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	159919,18	Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 18 основные затраты НИИ приходятся на заработную плату исполнителей научной работы.

5.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ), ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования была выполнена цель – проектирование и создание конкурентоспособной разработки, представляющей собой модель загрязнения водной среды нефтью.

Потенциальными потребителями результата исследования могут быть специализированные нефтедобывающие предприятия, ГУ МЧС, прогнозирующие организации и др.

Был проведен анализ конкурентных технических решений, где получен коэффициент исследования конкурентных показателей. Коэффициент является более высоким по сравнению с конкурирующими программами (HyperSuite и Matlab), с чего можно сделать вывод о том, что исследование, осуществляющееся в ПО PHOENICS, является наиболее эффективным.

В процессе исследования проведен SWOT-анализ и выявлены сильные и слабые стороны разработки, а также возможности и угрозы. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Выявленная эффективность исследования, которая имеет больше экологический характер, так как последствия ЧС влияют на жизнедеятельность экосистемы и людей, в прилегающих территориях. И если оперативно определить масштабы проблемы, то выполнение работ по ликвидации и локализации ЧС затратят в разы меньшее количество времени и материальных ресурсов, уменьшая экологические последствия на окружающую среду и уменьшая время пребывания ликвидаторов на опасной территории.

Результаты математического моделирования разливов нефти могут быть использованы при разработке профилактических мероприятий по предотвращению распространения загрязнения, ускоряя работу средств быстрого реагирования.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность - ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, так и для окружающей среды проведения исследований.

В ходе данной работы были проведены разработка и исследование математической модели распространения нефти и нефтепродуктов в водной среде при нарушении целостности подводной части трубопровода. Работа выполнялась в лаборатории НИ ТПУ. Все работы выполнялись с использованием компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

6.1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

6.1.1. ОТКЛОНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИИ

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблицах 19 и 20.

Таблица 19 - Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.1

Таблица 20 - Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Температура в теплый период года 23-25°С, в холодный период года 19-23°С, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха 0,1 м/с.

Общая площадь рабочего помещения составляет 42м², объем составляет 147м³. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5 м² и 20 м³ объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основной недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м³[22]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42 м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100°С, а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно [23]. Нормируемые параметры

микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям [24].

6.1.2.ПРЕВЫШЕНИЕ УРОВНЕЙ ШУМА

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются компьютерные охлаждающие вентиляторы. Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА [25].

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты(СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов);
3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

Средства индивидуальной защиты:

1. применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

6.1.3.ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон

электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц [22]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В [1]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7-791 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.)[26].

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма наблюдаются сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни облучения (по ОСТ 54 30013-83):

2. до 10 мкВт/см² , время работы (8 часов);
3. от 10 до 100 мкВт/см² , время работы не более 2 часов;
4. от 100 до 1000 мкВт/см² , время работы не более 20 мин. при условии использования защитными очками;
5. для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ

1. защита временем;
2. защита расстоянием;
3. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;

4. экранирование источника;
5. защита рабочего места от излучения.

СИЗ

1. Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.
2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2).

6.1.4. ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования [27].

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасностью поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1 \text{ А}$; $U < (2-36) \text{ В}$; $R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Поражение электрическим током чаще всего наступает при небрежном обращении с приборами, при неисправности электроустановок или при их повреждении.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавшего из-под напряжения он не дышит, или дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

1. обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
2. очистить дыхательные пути;
3. приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
4. в случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горячей изоляции или пластмассы;
- появления дыма или огня;
- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

1. Зануление источников электрического тока;
2. Заземление электрооборудования;
3. Электрическое разделение (с помощью трансформаторов) электрических цепей;
4. Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

1. Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

1.1.5 ОСВЕЩЕННОСТЬ

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$$

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

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен ФЛД = 2600 Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

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

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

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

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \times 2 = 2,2 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,2} = 2,73 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{7}{2,2} = 3,2 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \times Nb = 3 \times 3 = 9$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м}$$

Размещаем светильники в три ряда. На рисунке 25 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

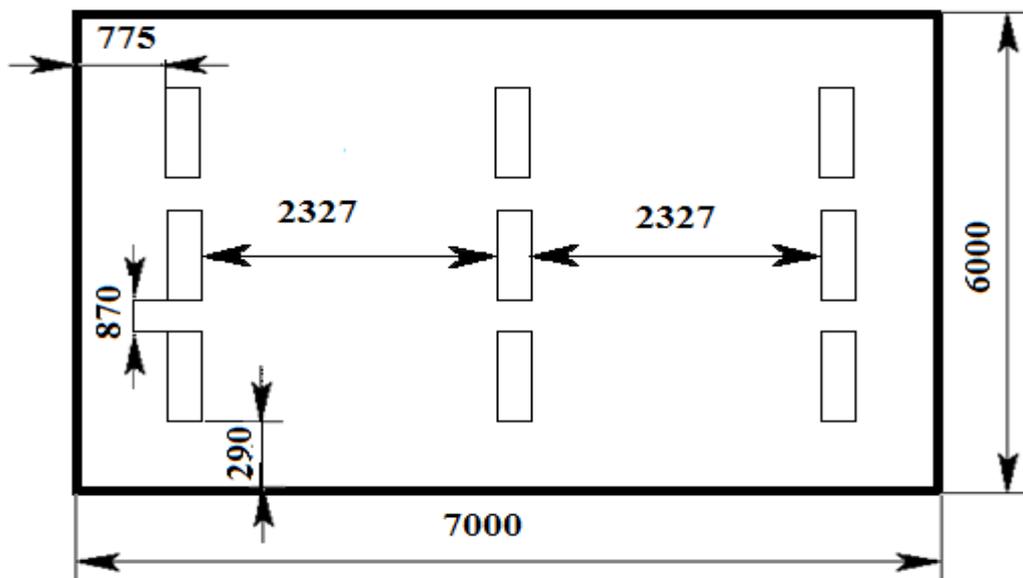


Рисунок 25 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \times B}{h \times (A + B)} = \frac{7 \times 6}{2,0 \times (7 + 6)} = 1,6$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,6$ равен $\eta = 0,47$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \times S \times K_{\text{з}} \times Z}{N \times \eta} = \frac{300 \times 42 \times 1,5 \times 1,1}{18 \times 0,47} = 2457,44 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \times 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \times 100\% = \frac{2600 - 2457,44}{2600} \times 100\% = 5,5\%$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:

$$P = 18 \times 40 = 720 \text{ Вт}$$

6.1.5 ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86;
2. специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;
3. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);
4. автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений дозрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Лаборатория полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображенного

на рисунке 26, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

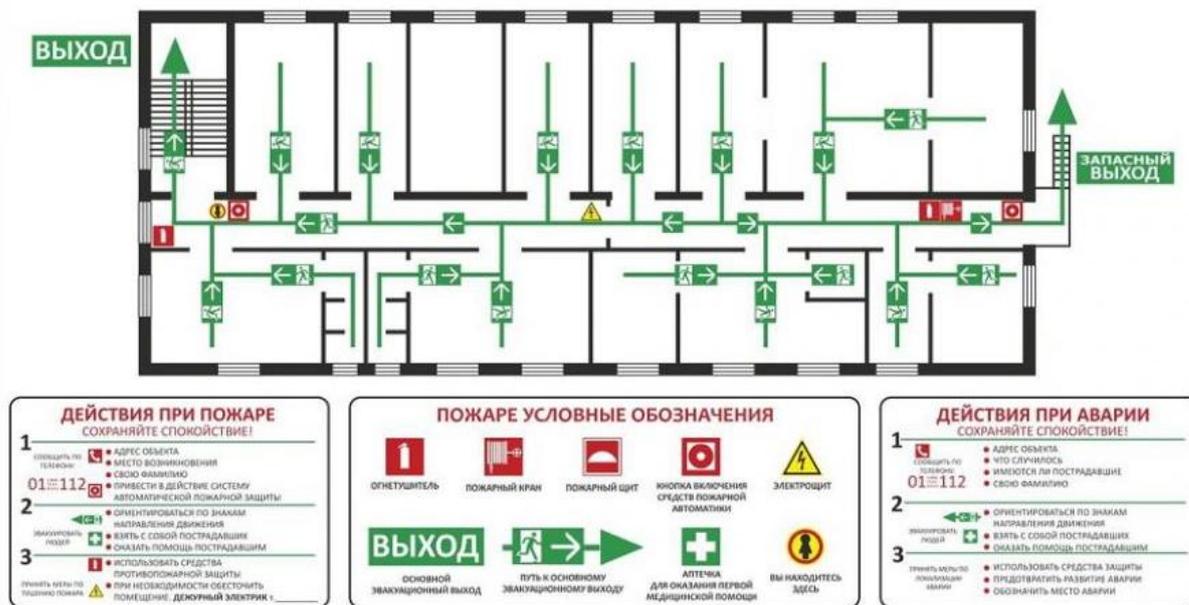


Рисунок 26 – План эвакуации

6.2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Для выполнения работы были использованы компьютер, оргтехника, бумага, использованная в качестве черновиков и люминесцентные лампы для освещения рабочего места. Рассмотрим безопасное использование и утилизацию данного оборудования.

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации.

В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;

- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке[27].

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- побеспокоится заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой;
- узнать насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ).

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку»;

Утилизируя технику, мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках.

Старую технику нельзя считать обычным мусором, который можно выбросить на помойку по пути с работы. В ее «начинке» находятся вредные компоненты, например мышьяк, ртуть или свинец — отходы высоких классов опасности, которые вредят здоровью и экологии.

Поэтому необходима утилизация компьютерной техники, предусмотренная законодательством РФ.

Сначала происходит списывание техники с баланса компании. Только после этого можно приступать к поискам компании и непосредственной утилизации техники.

Порядок проведения у каждой фирмы может быть своим, но примерная схема такова:

1. Заказчик заключает договор с исполнителем.
2. Состоится вывоз оргтехники с предприятия.
3. Исполнитель демонтирует, сортирует технику. Отделяет черный металл от цветного и драгметаллов.
4. Полученное сырье отправляется на заводы для переработки. В дальнейшем из них будут сделаны новые продукты.
5. Отходы классов повышенной опасности обезвреживаются и уничтожаются, либо их отвозят на легальные места захоронения.
6. Заказчик получает акт выполненных работ вместе с необходимыми для бухучета документами.

Люминесцентные лампы также относятся к категории энергосберегающих (а в быту эти два понятия часто подменяют, что не совсем корректно). При этом количество возможных вариантов конструкции так называемых «экономок» в разы больше, однако это не отменяет наличия в них аналогичного вредного компонента – ртути.

Присутствие ртути в лампе – вот что определяет необходимость их правильной утилизации. Даже в малых дозах этот химический элемент способен вызвать неврологические заболевания, а высоких дозах и вовсе привести к летальному исходу.

Механизм обращения и утилизации ртутных и ртутьсодержащих лампотражен в СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления» и Федеральном законе №89 «Об отходах производства и потребления». В них особый упор делает на то, что

недопустимо выбрасывать эти источники света в бытовой мусор – хрупкая колба легко разбивается, а пары ртути незамедлительно попадают в окружающую среду. Это произойдет даже в том случае, если люминесцентную лампу утилизировать в землю. Ртуть окажется в грунте, а через него попадет в грунтовые воды или водоемы. Соответственно, повышаются риски отравления питьевой водой или выращенными на таком грунте продуктами сельского хозяйства.

Необходимо помнить, что контроль за соблюдением норм и правил по сбору, хранению и утилизации люминесцентных и энергосберегающих ламп осуществляется органами СЭС и территориальными экологическими инспекциями. Невыполнение предписаний контролирующих органов влечет за собой наложение административного штрафа.

К основным мероприятиям по регулированию в области обращения с отходами и утилизации макулатуры, в том числе бумаги относят:

- Основной принцип - загрязнитель платит.
- Обеспечение производителями и потребителями эффективных мер для надлежащего использования расходов необходимых для предотвращения неблагоприятного экологического воздействия при производстве бумаги и утилизации макулатуры.
- Осуществление политики комплексного управления отходами, разработка и реализация мер, направленных на уменьшение образования отходов и содействие их переработке, при условии обеспечения мер, не допускающих диспропорции в международной торговле.
- Стимулирование роста переработки большей части макулатуры, которая составляет значительную долю (от 25 до 50 процентов) твердых бытовых отходов, в бумажную продукцию с учетом того, что производство бумаги и картона с использованием переработанных волокон, как правило, является менее энергозатратным и более чистым с экологической точки зрения чем аналогичное производство посредством переработки целлюлозы.

- Организация и финансирование исследований в области разработок более выгодных технологий использования макулатуры, чем производство бумаги и картона.
- Принятие экономических мер с учетом того, что экономика отрасли по переработке макулатуры для производства бумаги и картона характеризуется значительными колебаниями цен на макулатуру.
- Принятие мер по снижению высоких затрат на сбор и сортировку отходов для снижения затрат на переработку макулатуры.
- Проведение экономического анализа процессов утилизации для осуществления экономии затрат на утилизацию отходов.
- Анализ и внедрение практических мер, направленных на увеличение спроса, как на переработанную макулатуру, так и на поставку вторичных волокон.

6.3. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Лаборатория находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть:

- сильные морозы;
- диверсия.

Сильный мороз - экстремально низкие температуры воздуха, представляющие собой значительные отклонения от обычных средних температур в данной

местности. Сильный мороз считается чрезвычайной ситуацией, когда минимальная температура воздуха достигает $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже.

При подготовке к зиме необходимо обеспечить производство следующим оборудованием и материалами:

1. бензин- или дизель-электростанцией (авария на ЛЭП);
2. газобаллонные с катализаторами калориферы (авария на ЛЭП и тепломагистрали);
3. запас суточно-3-х суточный питьевой и технической воды (авария на водоканале);
4. теплый транспорт (авария на муниципальном транспорте).

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Сильные морозы, могут привести к увеличению количества техногенных пожаров, аварий, связанных с нарушениями на коммунальных системах жизнеобеспечения населения, нарушений в работе транспорта. Также существует вероятность увеличения случаев переохлаждения, обморожения и гибели среди населения, ухудшением условий при проведении аварийно-восстановительных работ.

В этой связи, Министерство по чрезвычайным ситуациям настоятельно рекомендует при аномально низких температурах воздуха без необходимости не выходить на улицу.

При сильных морозах избегайте выхода на улицу, а тем более выезд куда-либо на личном автотранспорте.

Постарайтесь выполнить все возможное, чтобы не получить обморожения, если Вам все-таки придется быть вне дома, квартиры.

Не носите на морозе металлические (в том числе золотые, серебряные) украшения – кольца, серьжки и т.д. Во-первых, металл остывает гораздо быстрее тела до низких температур, вследствие чего возможно «прилипание» к коже с болевыми ощущениями и травмами. Во-вторых, кольца на пальцах затрудняют нормальную циркуляцию крови. В целом на морозе старайтесь избегать контакта голой кожи с металлом.

Необходимо укрыться от ветра – вероятность обморожения на ветру значительно выше.

В лаборатории НИ ТПУ так же вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, транспортных магистралях и продуктопроводах; пожаров, взрывов на объектах.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе проанализированы проблемы повреждения подводного трубопровода и их последствия. На основании полученной информации, можно сделать вывод, что для обеспечения безопасности на опасных производственных объектах, применяются методы математического моделирования ситуации разрыва трубопровода с истечением нефти и нефтепродуктов в водной среде.

Описанные выше математические методы позволяют создать модель чрезвычайной ситуации и оценить опасность ее возникновения и масштабы последствий, а так же принять меры для предотвращения аварий на заданном участке трубопровода.

В работе реализованы следующие задачи:

1. проанализирована общая информация и рассмотрена специфика физико-математического описания изучаемого процесса;
2. рассмотрены различные методы описания процесса истечения нефти;
3. проанализирована методика математического моделирования процесса истечения нефти;
4. проведен расчет процесса переноса нефтепродуктов.

В ходе решения поставленных задач была получена математическая модель распространения нефти из поврежденного трубопровода на участке подводного перехода нефтепровода. Полученная модель позволяет проводить эксперименты по изучению влияния различных параметров на характер, скорость и масштабы распространения нефтепродуктов в водной среде. Результаты исследованных зависимостей возможно применять для предотвращения и минимизации последствий потенциальной чрезвычайной ситуации, связанной с разливом нефти и нефтепродуктов в водоеме.

Помимо изменения параметров водоема и источника загрязнения, проанализированных в работе, можно проводить другие эксперименты и выявлять

зависимость различных внешних условий на распространение загрязняющих веществ в водной среде, данные эксперименты возможно выполнить с использованием и доработкой полученной математической модели.

Таким образом, данная работа позволяет изучить процессы, протекающие в водной среде при попадании в нее нефтепродуктов, а так же является перспективной с точки зрения обеспечения безопасности таких опасных производственных объектов, как подводные переходы нефтепроводов.

ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Li X., Chen G., Zhu H. Modelling and assessment of accidental oil release from damaged subsea pipelines // Marine Pollution Bulletin. – 2017. – Vol. 123. – P. 133-141.
2. Li X., Chen G., Zhang R., Zhu H. Simulation and assessment of underwater gas release and dispersion from subsea gas pipelines leak // Process Safety and Environmental Protection. – 2018. – Vol. 119. – P. 46-57.
3. Zhu H., Lin P., Pan Q. A CFD (computational fluid dynamic) simulation for oil leakage from damaged submarine pipeline //Energy. – 2014. – Vol. 64. – P. 887-899.
4. Li X., Chen G., Zhu H. Quantitative risk assessment of submarine pipeline instability // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2017. – Vol. 45. – P. 108-115.
5. Yadav AS, Bhagoria JL. A CFD (computational fluid dynamics) based heat transfer and fluid flow analysis of a solar air heater provided with circular transverse wire rib roughness on the absorber plate. Energy 2013;55: 1127-42.
6. Arpino F, Massarotti N. Numerical simulation of mass and energy transport phenomena in solid oxide fuel cells. Energy 2009;34:2033-41.
7. Jalilinasrabad S, Palsson H, Saevarsdottir G, Itoi R, Valdimarsson P. Experimental and CFD simulation of heat efficiency improvement in geothermal spas. Energy 2013;56:124-34.
8. Alfonsi G. Reynolds-averaged Navier-Stokes equations for turbulence modeling. Appl Mech Rev 2009;62. 040802-1-20.
9. Hinze JO. Turbulence. New York: McGraw Hill, USA; 1975.
10. Frisch U. Turbulence. London: Cambridge University Press, UK; 1995.
11. Hieu PD, Katsutoshi T, Ca VT. Numerical simulation of breaking waves using a two-phase flow model. Appl Math Model 2004;28:983-1005.

12. [15] Hirt CW, Nichols BD. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries. *J Comput Phys* 1981;39:201-25.
13. Karim VM, Bart M. Application of two buoyancy-modified $k-\varepsilon$ turbulence models to different types of buoyant plumes. *Fire Safety J* 2006;41:122-38.
14. Chintala V, Subramanian KA. A CFD (computational fluid dynamics) study for optimization of gas injector orientation for performance improvement of a dual-fuel diesel engine. *Energy* 2013;57:709-21.
15. Mohammed SL, Michael F, Peter G, Derek BI, Lin M, Mohamed P, et al. CFD predictions of wake-stabilised jet flames in a cross-flow. *Energy* 2013;57: 259-69.
16. Rohdin P, Moshfegh B. Numerical predictions of indoor climate in large industrial premises: a comparison between different $k-\varepsilon$ models supported by field measurements. *Build Environ* 2007;42:3872-82.
17. Ji MK, Utomo T, Woo JS, Lee YH, Jeong HM, Chung HS. CFD investigation on the flow structure inside thermo vapor compressor. *Energy* 2010;35: 2694-702.
18. Patankar SV. Numerical heat transfer and fluid flow. New York: McGraw-Hill, USA; 1980.
19. Mikilkumar BG, Rupa V, Hari V, David F, Kalpit S. CFD based prediction of erosion rate in large scale wall-fired boiler. *Appl Therm Eng* 2012;42:90-100.
20. Zaim EH, Nassab SAG. Numerical investigation of laminar forced convection of water upwards in a narrow annulus at supercritical pressure. *Energy* 2010;35: 4172-7.
21. Almohammadia KM, Inghama DB, Maa L, Pourkashana M. Computational fluid dynamics (CFD) mesh independency techniques for a straight blade vertical axis wind turbine. *Energy* 2013;58:483-93.
22. ГОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
23. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”

- 24.ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- 25.СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
- 26.СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 27.СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.