

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода»

УДК 504.5:665.6-045.38

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Нечаев Д. А.		01.06.2018

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чухарева Н. В.	к.х.н., доцент		01.06.2018

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Ю.С.	ассистент		01.06.2018

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н.С.	ассистент		01.06.2018

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н,		01.06.2018

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ БАКАЛАВРИАТА

21.03.01 Нефтегазовое дело

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромыслового оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-e).</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
Р9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
Р10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
Р11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объекта транспорта и хранения нефти, газа и
 продуктов переработки»
 Отделение Нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

 (Подпись) _____
 (Дата) Брусник О.В.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Нечаеву Дмитрию Андреевичу

Тема работы:

«Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода»»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.04.2018 № 3032/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2018 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Аварийный разлив нефти на водной поверхности при разгерметизации промышленного трубопровода:
 $\rho = 795 \text{ кг/м}^3$ – плотность перекачиваемой нефти;
 $D = 325 \text{ мм}$ – диаметр нефтепровода;
 $\delta = 8 \text{ мм}$ – толщина стенки нефтепровода;
 $P_0 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – рабочее давление;
 $l = 58 \text{ км}$ – протяженность аварийного участка нефтепровода между двумя насосными станциями;
 $x^* = 7 \text{ км}$ – расстояние от насосной станции до места повреждения;

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Провести имитационное моделирование разлива нефти и определить объем вылившегося нефтепродукта. На основании полученного значения объема рассчитать достаточное количество средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения. Предложить вариант проекта комбинированного устройства для удаления разливов нефти и нефтепродуктов.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Профиль трассы нефтепровода, приводимый для расчета; - Обобщенная схема локализации и ликвидации аварийных разливов нефти или нефтепродуктов; - Функциональная схема работы комбинированного устройства; - Схема комбинированного устройства для удаления разливов нефти и нефтепродуктов.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Макашева Ю.С., ассистент отделения СГН</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Абраменко Н.С., ассистент отделения ОКБ</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по</p>	<p style="text-align: center;">15.01.2018 г.</p>
--	--

Задание выдал руководитель:

<p style="text-align: center;">Должность</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Ученая степень, звание</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p style="text-align: center;">доцент</p>	<p style="text-align: center;">Чухарева Н. В.</p>	<p style="text-align: center;">к.х.н.</p>		<p style="text-align: center;">15.01.2018 г.</p>

Задание принял к исполнению студент:

<p style="text-align: center;">Группа</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p style="text-align: center;">2Б4Б</p>	<p style="text-align: center;">Нечаев Д. А.</p>		<p style="text-align: center;">15.01.2018 г.</p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Нечаеву Дмитрию Андреевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материально-технические ресурсы: Насосы НЦС/ПНУ100/200, боновые заграждения для локализации, Разборный резервуар 4 м³, Скиммер щеточный СЩ-10М, установка по сжиганию отходов «Факел», сорбент «ИРВЕЛЕН», очистные и наладочные работы, дополнительные расходы (перемещение, доставка персонала и оборудования).</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Расчет производят по внутренним производственным документам предприятий, основываясь на количестве вылившегося нефтепродукта и сложности произошедшей аварии.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>На основании п. 1 ст. 58 закона № 212-ФЗ ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды составляет 30 % от фонда оплаты труда</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Обосновать перспективность усовершенствования и модернизации методов очистки загрязнений и оборудования, предназначенного для ликвидации аварийного разлива.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Произвести расчет затрат на проведение работ по ликвидации аварийного разлива нефти с использованием актуальных цен и тарифов.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Исходя из анализа расчетов и технических характеристик, привести и обосновать важность применения новых методов и технологий при очистке загрязнений нефтью.</i>

Перечень графического материала

1. *Линейный календарный план проведения работ по ликвидации разлива нефти*
2. *Сводная смета затрат на проведение работ*
3. *SWOT-анализ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения СГН	Макашева Ю.С.	ассистент		18.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Нечаев Дмитрий Андреевич		18.04.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Нечаеву Дмитрию Андреевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i></p>	<p><i>Объектом исследования является аварийный разлив нефти промыслового нефтепровода с выходом нефтесодержащей жидкости на водную поверхность. Такой объект исследования представляет особую опасность и требует своевременного обнаружения и быстрой и качественной ликвидации. Аварийный разлив нефти на водной поверхности негативно влияет на окружающую среду, а также нередко приводит к появлению чрезвычайной ситуации того или иного характера.</i></p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p><i>1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) <p><i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 	<p><i>1.1. Проанализировать выявленные вредные факторы при разработке проектируемого решения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - загазованность парами испарений разлива нефти воздуха рабочей зоны; - повышенная или пониженная температура воздуха; - повышенный уровень шума; - недостаточная освещённость рабочей зоны. <p><i>1.2. Проанализировать выявленные опасные факторы при разработке проектируемого решения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - механическое травмирование; - термическое воздействие; - электрический ток;
--	---

<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Проанализировать влияние работ, проводимых в ходе ликвидации аварийного разлива нефти, на различные компоненты окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ воздействия объекта на селитебную зону. - анализ воздействия объекта на атмосферу; - анализ воздействия объекта на гидросферу; - анализ воздействия объекта на литосферу; <p>Предложить решения по снижению негативного влияния разлива и работ по его ликвидации на окружающую среду.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<ul style="list-style-type: none"> - Проанализировать возможности возникновения ЧС при произошедшем разливе нефти на акваторию водоема или реки; - Предложить превентивные меры по предупреждению ЧС, а также действия в результате возникшей ЧС и меры по ликвидации её последствий.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - Привести специальные правовые нормы трудового законодательства при работах, связанных с ликвидацией аварийного разлива нефти; - Перечислить необходимые организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Абраменко Н.С.	ассистент		10.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Нечаев Дмитрий Андреевич		10.04.2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объекта транспорта и хранения нефти, газа и
продуктов переработки»
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение Нефтегазового дела
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018г
--	-------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.12.2017	<i>Введение</i>	6
20.12.2017	<i>Аналитический обзор литературы</i>	8
01.02.2018	<i>Расчет необходимой толщины стенки, при которой не произойдет его аварийного разрушения</i>	10
03.02.2018	<i>Имитационное моделирование разлива нефти</i>	15
01.03.2018	<i>Подсчет достаточного количества средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнений</i>	10
10.03.2018	<i>Составление проекта комбинированного устройства для удаления разливов нефти и нефтепродуктов</i>	15
10.05.2018	<i>Социальная ответственность</i>	10
15.05.2018	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
28.05.2018	<i>Заключение</i>	6
29.05.2018	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чухарева Н.В.	к.х.н.		15.01.2018

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н		15.01.2018

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения:

Авария: разрушение трубопровода, нарушение его герметичности (утечка нефти), сопровождающиеся неконтролируемыми взрывами, пожарами, или выбросом опасных веществ.

Аварийный ремонт: ремонт, обусловленный необходимостью ликвидации аварий и повреждений на трубопроводах.

Биопрепараты: препараты, состоящие из штаммов микроорганизмов, способных перерабатывать углеводороды различных классов.

Дефект трубопровода: отклонение геометрического параметра, толщины стенки или показателя качества материала трубы (или сварного шва), выходящее за рамки требований действующих нормативных документов, возникающее при изготовлении трубы, строительстве или эксплуатации нефтепродуктопровода.

Дефектный участок: участок трубопровода, содержащий одиночный дефект или несколько дефектов.

Задвижка: трубопроводная запорная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока рабочей среды.

Инцидент: отказ или повреждение трубопровода, отклонение от режима технологического процесса (перекачки), нарушение положений федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промыслового трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		Нечаев Д. А.			Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					11	119
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук.ООП</i>		Брусник О. В.						

объекте.

Катушка: часть трубы длиной не более длины заводской секции трубы, ввариваемая в трубопровод с помощью двух кольцевых стыков при замене дефектного участка либо вырезаемая из трубопровода.

Линейная часть трубопровода: трубопровод, состоящий из линейных участков, с устройствами защиты от коррозии, линиями электропередач для собственных нужд, линиями устройства связи и телемеханики, дорогами и сооружениями защиты окружающей среды.

Отказ трубопровода: нарушение работоспособности, связанное с внезапной полной или частичной остановкой трубопровода из-за нарушения герметичности трубопровода или запорной и регулирующей арматуры или из-за закупорки трубопровода.

Повреждение: нарушение исправного состояния трубопровода при сохранении его работоспособности.

Подводный переход трубопровода: система сооружений трубопровода при пересечении реки или водоема;

Ремонтная муфта: полноокружной накладной усилительный элемент, предназначенный для ремонта дефекта трубы или сварного шва;

Сорбенты: жидкие или твердые вещества, применяемые для поглощения из окружающей среды жидких, газообразных, парообразных или растворенных в воде нефтепродуктов [6].

Шанцевый инструмент: ручной инструмент, предназначенный для выполнения работ по сбору нефти, земельных работ и др.

Сокращения:

АВБ – Аварийно-восстановительная бригада;

АВР – Аварийно-восстановительный ремонт;

БЗ – Боновые заграждения;

Г 1 – ██████████;

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		12

КСП – Комплексные сборные пункты;

ЛАРН – Ликвидация аварийного разлива нефти;

НГКМ - Нефтегазоконденсатное месторождение;

НМ – Нефтяное месторождение;

НМ – ██████████ нефтяное месторождение;

НМ 2 – ██████████ месторождение;

НМ 3 - ██████████ месторождение (ПАО «██████████»);

НМ 4 – ██████████ нефтяное месторождение;

НСУ – Нефтесборное устройство;

ПЛА – План ликвидации аварий;

ПНА – Передвижной насосный агрегат;

ПСП - Приемо-сдаточный пункт;

ПСП 1 - Приемо-сдаточный пункт на ██████████ НГКМ;

ПТ – межпромысловый трубопровод «██████████ НМ – ██████████
██████████ НМ – ПСП на ██████████ НГКМ» ООО «██████████
██████████»;

ПТ 1 – система внутрипромысловых трубопроводов ██████████
██████████ нефтяного месторождения (ТПП "██████████
██████████");

ПТ 2 – Межпромысловый нефтепровод "██████████ НМ – ██████████
██████████ НМ";

ПТ 3 - Межпромысловый нефтепровод "██████████ НМ - ПСП
на ██████████ НГКМ";

ПТР – Подводно-технические работы;

СИЗ – Средства индивидуальной защиты;

УПН - Участок подготовки нефти;

УТОиРТ – Участок технического обслуживания и ремонта
трубопровода №2 на ██████████ НМ, ██████████ НМ и ПСП ██████████;

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		13

ЦПС - Центральный пункт сбора;

ЦПС 1 - Центральный пункт сбора [REDACTED] НМ.

Нормативные ссылки:

ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

ГОСТ 12.2.003-74. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 5542-87. Газы горючие для промышленности и коммунально – бытового назначения. Технические условия.

ГОСТ Р 1.12-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.

ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.

ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		14

ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения.
Основные положения.

ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ПБ 03-576-2003. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

ППБ 01-03. Правил пожарной безопасности в Российской Федерации. РД 03-29-93. Методические указания по проведению технического освидетельствования паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды.

РД 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

РД 51-100-85. Руководство по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на объектах транспорта и хранения газа.

СанПиН 2.2.1/2.1.1-1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		15

СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.

СП 34-116-97 Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промысловых нефтегазопроводов

Федеральный закон от 27.12.2002 г. №184-ФЗ. «О техническом регулировании».

Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123-ФЗ. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 119 с., 11 рис., 27 табл., 55 источников.

Ключевые слова: ликвидация аварийного разлива нефти, промышленный трубопровод, нефтесборщик, сорбент.

Объект исследования: Аварийный разлив нефти на промышленном трубопроводе с выходом нефтепродукта на водную поверхность.

Цель работы: Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода.

Методы и методики проведения работ: Расчетная часть выполнена в соответствии с РД 153-39.4Р-125-02 «Табель оснащения нефтепроводных предприятий ОАО АК Транснефть техническими средствами для ликвидации аварийных разливов нефти на подводных переходах магистральных нефтепроводов», «Методикой определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах» (утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995), СП 34-116-97 «Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промышленных нефтегазопроводов».

В процессе исследования проводились: Аналитический обзор методов и технологий очистки загрязнений нефти с водной поверхности; имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность ; составление плана ликвидации аварийного разлива нефти.

В результате исследования: Проведен расчет достаточных сил и средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения; проведен расчет на проведение процесса ликвидации аварийного разлива нефти при разрушении промышленного трубопровода с выходом нефтепродукта на водную поверхность; предложена модель устройства комбинированного типа для сбора нефти с водной поверхности, которое позволит за счет комбинирования этапов ликвидации сократить время проведения мероприятий.

Область применения: Аварийные разливы нефти.

Экономическая эффективность/значимость работы: Проведен технико-экономический расчет на проведение процесса ликвидации аварийного разлива нефти при разрушении промышленного трубопровода с выходом нефтепродукта на водную поверхность.

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Нечаев Д. А.			Реферат		17	119
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.				ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук.ООП</i>		Брусник О. В.						

ABSTRACT

Final qualifying work: 119 pages, 11 figures, 27 tables, 55 sources.

Key words: liquidation of emergency oil spill, field pipeline, oil skimmer, sorbent.

The object of the study: Emergency oil spillage on the field pipeline with oil product outlet to the water surface.

Work purpose: Liquidation of emergency oil spills from the water surface during operation of the field pipeline.

Basic constructive, technological and technical-operational characteristics: The estimated part is executed according to GD 153-39.4P-125-02 "The report of equipment of oil companies of Transneft with technical means for liquidation of emergency oil spills on underwater transitions of main oil pipelines", "Methodology for determining damage to the natural environment in case of accidents on main oil pipelines" (approved by the Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation on 11.01.1995), SR 34-116-97 "Instruction for the design, construction and reconstruction of field oil and gas pipelines".

In the course of the research were carried out: Analytical review of methods and technologies for cleaning oil contamination from the water surface; simulation model of an emergency situation on a field pipeline with oil spill onto the water surface; drawing up a plan for liquidation of an oil spill.

As a result of a research: The calculation of sufficient forces and facilities necessary for the performance of operations for the removal of pollution; a calculation was carried out for carrying out the process of liquidation of an oil spill in the event of the destruction of a field pipeline with the outlet of petroleum products to the water surface; a model of a combined-type device for collecting oil from the water surface is proposed, which will allow, by combining the liquidation stages, to shorten the time for carrying out the measures.

Application field: Oil spills.

Economic efficiency / importance of work: Technical and economic calculation was carried out for carrying out the process of liquidation of an oil spill in the event of the destruction of a commercial pipeline with the outlet of petroleum products to the water surface

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Нечаев Д. А.</i>			Abstract	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>					18	119
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук.ООП</i>		<i>Брусник О. В.</i>						

Оглавление

Введение	22
1. ОБЗОР АСПЕКТОВ И МЕТОДОВ УДАЛЕНИЯ РАЗЛИВА НЕФТИ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	25
1.1. Актуальность исследования и усовершенствования мероприятий, связанных с ликвидацией разливов нефти на водной поверхности при авариях на трубопроводном транспорте.....	25
1.2. Механизм распространения разлива по водной поверхности.....	29
1.3. Методы и технологии ликвидации последствий разлива нефти с водной поверхности.....	32
2. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ПРОМЫСЛОВОМ ТРУБОПРОВОДЕ С РАЗЛИВОМ НЕФТИ НА ВОДНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ	35
2.1. Краткая характеристика трубопровода.....	35
2.2 Расчет трубопровода на прочность	37
2.3. Имитационное моделирование разлива нефти	41
2.3.1. Определение количества нефти, вылившейся из нефтепровода вследствие аварии.	44
2.3.2. Истечение нефти с момента повреждения до остановки перекачки	45
2.3.3. Истечение нефти из нефтепровода с момента остановки перекачки до закрытия задвижек	48
2.3.4. Истечение нефти из нефтепровода с момента закрытия задвижек до прекращения утечки	52
3. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТИ И РАСЧЕТ ДОСТАТОЧНЫХ СРЕДСТВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПО УДАЛЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	57

<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Оглавление	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Нечаев Д. А.</i>					19	119
<i>Руковод.</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук.ООП</i>		<i>Брусник О. В.</i>						
						ТПУ гр. 2Б4Б		

3.1. Общие положения плана ликвидации аварий на межпромысловом нефтепроводе.....	57
3.2. Организация работ по ликвидации аварий на трубопроводах.....	59
3.3. Локализация и сбор разлившегося нефтепродукта	62
3.4. Определение необходимого количества средств ликвидации	65
3.4.1. Расчет необходимого числа сорбента.....	65
3.4.2. Расчет необходимого числа боновых заграждений	66
3.4.3. Расчет необходимого числа НСУ.....	68
4. ПРОЕКТ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	72
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВА НЕФТИ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ВОЗНИКШЕГО ПО ПРИЧИНЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ПРОМЫСЛОВОМ ТРУБОПРОВОДЕ	79
5.1. Производственная безопасность	80
5.2. Анализ выявленных вредных факторов при ликвидации аварийного разлива нефти на водной поверхности	81
5.2.1. Загазованность парами испарений разлива нефти воздуха рабочей зоны	81
5.2.2. Повышенная или пониженная температура воздуха.....	81
5.2.3. Производственный шум	83
5.2.4. Освещенность	84
5.3. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности	84
5.3.1. Механическое травмирование	84
5.3.2. Термическое воздействие.....	85
5.3.3. Электробезопасность	85
5.4. Экологическая безопасность.....	86
5.4.1. Анализ воздействия на селитебную зону	86

					Оглавление	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		20

5.4.2. Анализ воздействия объекта на атмосферу	88
5.4.3. Анализ воздействия объекта на гидросферу	88
5.4.4. Анализ воздействия объекта на литосферу	89
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	90
5.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	93
5.6.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства	93
5.6.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны...	94
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	96
6.1. Расчет продолжительности выполнения работ	96
6.2. Расчет затрат на оплату труда	98
6.3. Отчисления на социальные нужды	100
6.4. Затраты на материалы.....	101
6.5. Затраты на спецтехнику	101
6.6. Затраты на амортизационные отчисления.....	103
6.7. Оценка ущерба окружающей природной среде, подлежащего компенсации, от загрязнения нефтью водных объектов	104
6.8. Сводная смета затрат на реконструкцию узла очистки газа	105
6.9. SWOT-анализ.....	107
6.9. Вывод	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
Список использованных источников	110
Приложение.....	119

					Оглавление	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		21

Введение

Актуальность работы: На современном этапе развития добычи, транспортировки и переработки жидких углеводородов актуальными являются не только вопросы, связанные с инновационными технологиями и методиками, но и вопросы, позволяющие соблюдать правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, в соответствии с последними требованиями нормативно технической и методической документацией [1-3]. Несмотря на то, что надежности и долговечности уделяют значительное внимание с точки зрения технологий и математического моделирования, избежать опасности возникновения аварийных ситуаций, инцидентов или другого уровня техногенных событий, не удастся. Это доказывают статистические данные [4-5].

Повышенную опасность представляют объекты нефтегазового комплекса, расположенные вблизи различных населенных пунктов и/или, непосредственно, пересекающих водные объекты, так как опасные и вредные свойства нефти или нефтепродуктов могут существенно повлиять на жизнь и здоровье населения и экологический баланс территорий в области лицензионной деятельности предприятий [6-8].

С этой точки зрения, ко всем техническим средствам и методам, которые используются в процессе ликвидации аварийного разлива нефти, предъявляются серьезные требования. Таким образом, встает вопрос о модернизации имеющихся или создании новых эффективных методов удаления нефти с водной поверхности. Одно из решений данной проблемы - использование нескольких методов в едином цикле очистки.

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промыслового трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		Нечаев Д. А.			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					22	119
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук.ООП</i>		Брусник О. В.						

с применением соответствующего оборудования.

Цель работы: ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести аналитический обзор литературы, с целью выявления основных аспектов удаления загрязнений при разливе нефти на водной поверхности, достоинств и недостатков используемых на данный момент методов ликвидации;

2. Провести характеристику объекта исследования (промышленный трубопровод) и характеристику последствий имитационного разлива нефти при его эксплуатации;

3. Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти (ПЛА) и расчет достаточных сил и средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения;

4. Разработка модели устройства комбинированного типа для сбора нефти с водной поверхности.

Практическая значимость: В дальнейшем результаты работы могут быть положены в основу магистерской диссертации.

Личный вклад автора:

– проведение аналитического обзора по методам и технологиям ликвидации аварийного разлива нефти с водной поверхности;

– разработка проекта комбинированного устройства для удаления разливов нефти и нефтепродуктов.

Реализация и апробация работы: Основные положения и результаты работы докладывались на следующих конференциях:

						Введение	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат			23

1. XXII Международный симпозиум имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных «Проблемы геологии и освоения недр», г. Томск 6 апреля 2018 года;

2. XI Международная научная конференция «Инновации в технологиях и образовании», г. Белово, 27-28 апреля 2018 года.

					Введение	Лис
						24
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

1. ОБЗОР АСПЕКТОВ И МЕТОДОВ УДАЛЕНИЯ РАЗЛИВА НЕФТИ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

1.1. Актуальность исследования и усовершенствования мероприятий, связанных с ликвидацией разливов нефти на водной поверхности при авариях на трубопроводном транспорте

Несомненно, одна из основных проблем нефтегазового комплекса страны является вероятность аварийности трубопроводного транспорта жидких углеводородов. Утечки при аварии, отказе или других инцидентах на трубопроводах приносят огромный экономический и экологический ущерб не только эксплуатирующему предприятию, но и всей стране [9].

Немалую часть трубопроводной системы страны составляют промышленные трубопроводы. На данный момент на территории Российской Федерации находится в эксплуатации около 350 тыс. км промышленных (внутри- и межпромышленных) трубопроводов [10].

По официальным данным, представленным в открытом годовом отчете о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году, за 12 месяцев 2016 года на опасных производственных объектах произошло 18 аварий, что на 1 аварию меньше, чем за тот же период 2014 и 2015 года, но превышает показатели 2013 года. При этом общий ущерб от аварий за период 2016 года составил 14 млрд 827 млн руб., тогда как за 2015 год - 133 млн 219 тыс. руб. [4].

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		Нечаев Д. А.			Обзор аспектов и методов удаления разлива нефти с водной поверхности	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					25	119
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук.ООП</i>		Брусник О. В.						



Рисунок 1 - Динамика аварийности и производственного травматизма за 2011–2016 гг. на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения

В 2017 Сибирским управлением Ростехнадзора проведен контроль деятельности 23 организаций, надзор и проверка состояния 282 объектов добычи и транспорта нефти и газа, в числе которых 88 объектов – промышленные и межпромышленные трубопроводы. За 12 месяцев 2017 года проведена 51 проверка (за аналогичный период 2016 г. - 65 проверок), в том числе 22 проверки в рамках режима постоянного государственного надзора (за аналогичный период 2016 г. – 41 проверка). Выявлено 154 нарушения (за аналогичный период 2016 г. – 337 нарушений), назначено 24 административных наказания (за аналогичный период 2016 г. – 70) [5].

По результатам расследований и исследований, основными причинами высокой аварийности при эксплуатации промышленных трубопроводов являются разрывы труб, вызванные:

- внутренней коррозией;
- низкими темпами работ по замене отработавших срок трубопроводов;
- прогрессирующим старением действующих сетей.

Износ внутрипромысловых трубопроводов в некоторых случаях достигает 80%, что связано, непосредственно, с большими нагрузками (нестабильное давление, температуры, изменения объемов перекачки и т. п.) и высокой агрессивностью перекачиваемой среды. Как следствие, частота возникновения аварий в несколько раз выше, чем на магистральных, и составляет 1,5 – 2,0 разрыва на 1 км. Только на месторождениях Западной Сибири эксплуатируется свыше 100 тыс. км промысловых трубопроводов, из которых 30% имеют 30-летний срок службы, однако в год заменяется не более 2% трубопроводов. В результате ежегодно происходит немалое количество инцидентов [8], которые, в свою очередь, сопровождаются выбросами нефти, в том числе в водоемы, причем их число ежегодно увеличивается, а значительная часть инцидентов преднамеренно скрывается от учета и расследования.

В качестве примеров рассмотрим несколько аварий на промысловых трубопроводах, с выбросом нефти в водоемы, которые произошли на территории РФ в течение 2015-2017 гг. (таблица 1) [11].

Таблица 1 - Характеристики аварий трубопроводного транспорта с выбросом вредных веществ на водную поверхность

Дата происшествия	Место аварии	Вид и технические причины аварии	Экономический/экологический ущерб, руб.
22.09.2016	Система внутрипромысловых трубопроводов ПТ 1	Образование раскрытой трещины трубы в зоне сплавления сварного шва под воздействием коррозионно-активной жидкости, выброс опасных веществ;	61 397 000

Окончание таблицы 1

23.06.2015	Система промысловых трубопроводов НМ 2	В результате разгерметизации трубопровода (раскрытая трещина по шву вдоль тела трубы, длиной 4170 мм, ширина в месте максимального раскрытия 550 мм) произошел выход нефтесодержащей жидкости на водную поверхность поймы протоки Чеускина;	50 800 000
28.05.2016	Система промысловых трубопроводов НМ 3, 83 км от Г 1	В результате разгерметизации межпромыслового трубопровода произошел разлив нефтесодержащей жидкости;	924 923

Таким образом, по результату проведенного анализа можно утверждать следующие факты и дать некоторые рекомендации:

- ко всем техническим средствам, позволяющим транспортировать, хранить и перерабатывать жидкие углеводороды, предъявляют повышенные требования, так как даже незначительные повреждения трубопроводов и оборудования могут привести не только к потере ценного сырья (ввиду негерметичности конструкций, вследствие коррозионных разрушений, наезда тяжелой техники, несанкционированных врезок, нарушений режимов эксплуатации, форс-мажорных обстоятельств), но и к тяжелым экологическим последствиям [6-10];

- необходимо увеличить качество и объемы диагностирования, текущего и, по возможности, капитального ремонта трубопроводов, а также регулярно контролировать состояние линейной части трубопроводов путем обходов, периодических объездов с применением технических средств трассы;

- обеспечить на высоком уровне входной контроль поставляемых на предприятия материалов и изделий при проведении строительно-монтажных работ.

					Обзор аспектов и методов удаления разлива нефти с водной поверхности	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		28

К авариям и отказам трубопроводов, сопровождающихся разливами транспортируемого жидкого углеводородного сырья на водные поверхности, предъявляются особые требования. В зависимости от объема и площади разлива нефти и нефтепродуктов на местности, во внутренних пресноводных водоемах и внутренних морских водах выделяют категории чрезвычайных ситуаций, в зависимости от количества разлитого нефтепродукта [8, 12-13].

В большинстве случаев разливы нефти на водной поверхности значительно снижают эффективность методов локализации и ликвидации, а также работу соответствующего оборудования. Если разлив может быть локализован у источника или быстро удален на акватории (участка берега), то общие последствия будут менее тяжелыми, нежели при попадании всего объема нелокализованной разлитой нефти в окружающую среду. В большинстве случаев весьма вероятным является вариант, когда объем разлившегося нефтепродукта может превысить лимит, установленный законодательно [12]. Поэтому для эффективной очистки разлива нефти на акваториях требуется комплексный подход при выборе средств и методов.

1.2. Механизм распространения разлива по водной поверхности

Сложность ликвидации разливов нефти на водной поверхности, в первую очередь обуславливает механизм распространения нефтяного пятна в акватории и его взаимодействие с водой, которое приводит к изменению свойств и структуры разлива. Как только нефть или нефтепродукты попадают в водную среду естественных водоемов, то согласно исследованиям [14-17], они подвергаются физико-химическим и биохимическим процессам, таким как: испарение, эмульгирование, растворение, окисление, образование агрегатов, седиментация, биодegradация. Поведение нефтяного пятна не только не стационарно, но и

					Обзор аспектов и методов удаления разлива нефти с водной поверхности	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		29

существенно зависит от множества факторов: реологических свойств нефти и состава воды, температуры воды и окружающей среды, характера волн на водной поверхности. Его движение по водной поверхности происходит за счет адвекции и турбулентной диффузии, зависящей от течения и влияния ветра.

Как правило, процесс растекания нефти на водной поверхности, по результатам современных исследований [15], описывают тремя следующими друг за другом стадиями, которые различаются между собой не только характером, но и по действию превалирующих сил (рисунок 2):

1. гравитационно-инерционный этап (продолжительностью до часа, происходит образование нефтяного пятна и разделение разлива нефти на фракции);

2. гравитационно-вязкостный этап (процесс дисперсии под действием течения, состояния водной поверхности, рельефа местности акватории, скорости ветра);

3. дисперсионно-пленочный этап (дисперсия, под действием сил поверхностного натяжения и способствующим им силам вязкости, сопровождается биологической и биохимической трансформацией нефти, что приводит к образованию толстых слоев нефтяных отложений, тонких наиболее проблематичных при удалении и ликвидации пленок нефти и легких фракций углеводородов, которые испаряются и улетучиваются).

					Обзор аспектов и методов удаления разлива нефти с водной поверхности	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		30

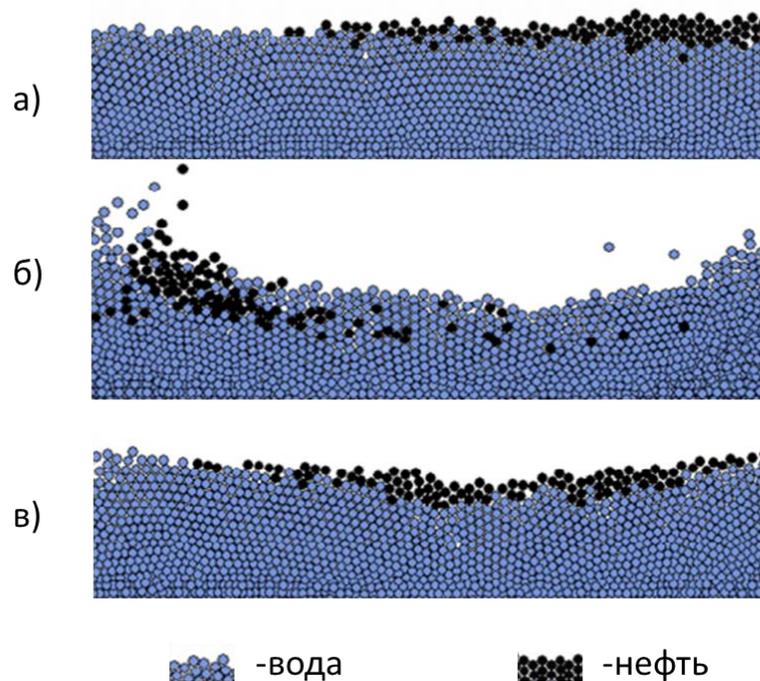


Рисунок 2 - Механизм процесса распространения нефти и нефтепродуктов при возможных разливах на водной поверхности:
 а) гравитационно-инерционный этап, б) гравитационно-вязкостный этап,
 в) дисперсионно-пленочный этап

Исходя из вышеизложенных свойств нефти, следует сделать следующие выводы, касающиеся проведения операций ликвидации разлива нефтепродуктов на водной поверхности:

- произошедший разлив следует ликвидировать в самое кратчайшее время, не давая возможности растеканию нефти по водной поверхности;
- повышенной текучестью при произошедшем разливе обладают легкие нефтепродукты, что приводит в дальнейшем к интенсивному испарению тонкой олеофильной пленки. Так же на скорость испарения существенно влияет направление и скорость ветра, течение и волнение воды, солнечное тепловое излучение;
- если количество нефти при разливе небольшое, то необходимо применение диспергентов для уменьшения вероятности возникновения

эмульсий;

- при разливах нефти на водной поверхности необходимо в кратчайшие сроки локализовать образовавшееся пятно при помощи боновых ограждений, при этом интенсивно производить перекачку нефти в соответствующие емкости.

Вышеизложенные аспекты указывают на сложный характер взаимодействия разных фаз, специфику процессов фазового перехода и определяют стойкость водо-нефтяных эмульсий к внешним воздействиям, поэтому для их разрушения и/или удаления требуется комплексный подход при выборе средств и методов. Это указывает на важность выбора оборудования, которое, в свою очередь, является определяющим фактором при применении наиболее ресурсоэффективных технологий и методов ликвидации.

Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на тех или иных акваториях предусматривает выполнение большого комплекса задач, реализация которых основана на применении различных методов и использовании технических средств.

1.3. Методы и технологии ликвидации последствий разлива нефти с водной поверхности

На основе проведенного аналитического обзора [18-22] были выделены основные методы ликвидации аварийных разливов нефти или нефтепродуктов на водной поверхности при аварии на промысловых трубопроводах. Используемые в настоящее время технологии подразделяются на 4 группы, которые характеризуются определенными достоинствами и недостатками (таблица 2).

					Обзор аспектов и методов удаления разлива нефти с водной поверхности	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		32

Таблица 2 - Основные характеристики группы методов для ликвидации аварийных разливов нефти или нефтепродуктов на водной поверхности

Название метода	Используемые технические устройства и материалы	Достоинства метода	Недостатки метода
Механический сбор нефти	Шанцевый инструмент, нефтесборщики, вакуумные установки/машины, боновые заграждения;	– эффективен при начальной стадии сбора разлива, – сбор различных видов нефти и нефтепродуктов, – всесезонность.	– появление остаточной тонкой пленки разлива – затруднение сбора нефти в ледовых условиях и труднодоступных местах
химическое сорбирование/ диспергирование нефти	Сорбент, боны, шанцевый инструмент, сорбент для сбора разлитых нефтепродуктов	– высокая степень реагирования, – возможна эффективная компиляция с другими методами.	– нежелательная токсичность, – ограничения в применении в зависимости от метрологических условий.
Контролируемое сжигание	Боны, шанцевый инструмент; источник возгорания	– высокая степень реагирования, – малогабаритность и низкая агрегативность, – минимальные затраты.	– не подтверждён законодательно на территории РФ, – возможность образования после сгорания нефтепродукта стойких канцерогенных веществ.
Микробиологический	Шанцевый инструмент, биологические препараты	– минимальный дополнительный ущерб от проведения операций по ликвидации разлива, – малотоксичный	– трудоемкостью сопроводительных по нанесению на разлив, – длительный процесс ликвидации; - большая зависимость от метрологических условий

Как видим из проведенного анализа, общим для всех методов является их ограничение в универсальности. Поэтому, для обеспечения высокой эффективности процесса удаления углеводородов с водной поверхности и минимизации воздействия вредных факторов на окружающую среду, требуется сочетание (комбинация) разных методов, средств и методик. Это предполагает использования, в основном, большого количества оборудования. Поэтому важность выбора оборудования, которое, в свою очередь, является определяющим фактором при применении наиболее подходящих технологий и методов ликвидации.

					Обзор аспектов и методов удаления разлива нефти с водной поверхности	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		34

2. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ПРОМЫСЛОВОМ ТРУБОПРОВОДЕ С РАЗЛИВОМ НЕФТИ НА ВОДНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

2.1. Краткая характеристика трубопровода

ПТ находится в западной части Парабельского района и на юге Каргасокского района Томской области. Нефтепровод состоит из двух участков в одностороннем исполнении:

- 1 участок транспортирования частично подготовленной нефти в объеме 500 тыс.тн./год с НМ 1 до ЦПС 1.

- 2 участок транспортирования товарной нефти в объеме 1200 тыс.тн./год подготовленной в соответствии с ГОСТ Р51858-2002 «Нефть. Общие технические условия» на ЦПС 1 до ПСП 1 для сдачи.

Система транспорта продукции по трубопроводу является полностью герметизированной системой. Для строительства трубопровода применены трубы стальные бесшовные горячедеформированные нефтегазопроводные из стали 09Г2С. Диаметры и толщина труб приняты согласно гидравлического расчета. Технические характеристики участков межпромыслового нефтепровода приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Технические характеристики межпромыслового нефтепровода

№ п/п	Наименование трубопровода	Диаметр, толщина стенки, мм	Длина, м.	Год ввода	Катег. Трубопровода	Р раб., МПа	Срок службы трубопровода
1	ПТ 2	325x8	58208	2007	II	6,4	20 лет
2	ПТ 3	325x8	100286	2007	II	6,4	20 лет

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промыслового трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Имитационное моделирование аварийной ситуации на промысловом трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Нечаев Д. А.					35	119
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.				ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук.ООП</i>		Брусник О. В.						

Антикоррозионная изоляция внешней поверхности труб ПТ выполнена усиленного типа, 2 слоя ленты «Полилен» толщиной 0,63 мм и 1 слой обертки «Полилен-ОБ» толщиной 0.63 мм и дополнительно 1 слой обертки под дорогами.

Межпромысловый нефтепровод состоит из:

1. Камер приема запуска очистных устройств располагающиеся в начале и конце участков трубопровода;
2. Нефтепровод с задвижками для транспортировки подготовленной нефти с НМ 1 и НМ 4 на ПСП 1;
3. Вантузов для сброса газа при заполнении нефтепровода.

Общая протяженность нефтепроводов при этом составляет 159,5 км.

Большая часть трассы нефтепровода проходит в условиях слабо развитой транспортной инфраструктуры. Инженерно-геологические условия большей части трассы характеризуются как средне сложные в связи с наличием болот (около 50% от протяженности).

Основными препятствиями по трассе на этом участке являются водные преграды: [REDACTED]

По нефтепроводу осуществляется транспортировка сырой нефти с характеристиками приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Физико-химические свойства свойств нефти поступающей в межпромысловый нефтепровод

№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Показатель	Нормативный документ на метод испытания
1	Плотность при 20 °С	кг/м ³	810,0	ГОСТ 3900-85
2	Плотность при 40 °С	кг/м ³	795,0	ГОСТ 3900-85
3	Температура плавления парафинов	°С	52,0	ГОСТ 4255-75

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис 36
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Окончание таблицы 4

4	Массовая доля механических примесей	% масс.	2,51	ГОСТ 6370-83	
5	Вязкость кинематическая при 20 °С	мм ² /с	Не течет	ГОСТ 33-2000	
6	Вязкость кинематическая при 40 °С	мм ² /с	5,30	ГОСТ 33-2000	
7	Фракционный состав, выход фракций	% об		ГОСТ 2177-99 (метод Б)	
	до 100 °С				0,5
	150 °С				8,0
	200 °С				17,5
	250 °С				26,0
	300 °С	38,0			
8	Температура застывания	°С	+ 20	ГОСТ 20287-91	
9	Температура вспышки	°С	+ 6	ГОСТ 6356-75	

Климат района отличается продолжительной суровой зимой и коротким, но теплым летом. В течение года наблюдаются значительные колебания температуры воздуха. Самый холодный месяц года – январь при среднемесячной температуре воздуха минус 20,8 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет минус 54 °С, абсолютный максимум плюс 36 °С. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 165-180 дней [20].

2.2 Расчет трубопровода на прочность

Расчет трубопровода на прочность проводится после выбора его основных параметров СП 34-116-97 «Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промысловых нефтегазопроводов» [21]. Труба диаметром 325 мм, толщина стенки 8 мм, максимальное давление 6,4 МПа, марка стали 09Г2С [20]. Расчет промышленного трубопровода на прочность состоит в выполнении следующих проверок:

- кольцевых напряжений;
- продольных напряжений.

Кольцевое напряжение σ_k от внутреннего давления вычисляется по формуле (1):

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		37

$$\sigma_k = \frac{p \cdot D_n}{2 \cdot \delta} \quad (1)$$

где p – рабочее давление, МПа;

D_n – наружный диаметр трубы, мм;

δ – номинальная толщина стенки трубы, мм

$$\sigma_k = \frac{6,4 \cdot 325}{2 \cdot 8} = 130 \text{ МПа},$$

Условие прочности для кольцевых напряжений:

$$\sigma_k \leq k_y \cdot F_y \cdot R_y, \quad (2)$$

где F_y – расчетный коэффициент по пределу текучести, принимаем 0,80;

k_y – поправочный коэффициент, зависящий от отношения нормативных характеристик стали, $k_y = 0,76$;

R – значение предела текучести металла трубы, $R = 265$ МПа;

R – значение предела текучести металла трубы, $R = 265$ МПа;

$R_1 = 255$ – нормативные сопротивления растяжению (сжатию) металла труб и сварных соединений, МПа;

$R_2 = 265$ – нормативные сопротивления растяжению (сжатию) металла труб и сварных соединений, МПа;

Подставив значения в формулу:

$$130 \leq 0,76 \cdot 0,80 \cdot 265 \text{ МПа} = 161,12 \text{ МПа}$$

Таким образом, условие прочности для кольцевых напряжений выполняется. Продольные осевые напряжения $\sigma_{пр.N}$, определяются от расчетных нагрузок и воздействий с учетом упругопластической работы металла. В частности, для прямолинейных и упруго-изогнутых участков наземных трубопроводов при отсутствии продольных и поперечных перемещений, просадок и пучения грунта продольные осевые напряжения определяются по формуле (3):

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис 38
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

$$\sigma_{пр.N} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu \cdot \frac{n \cdot p \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta}, \quad (3)$$

где α – коэффициент линейного расширения металла трубы (для стали $\alpha = 13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$);

E – модуль упругости металла (для стали $E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ МПа}$);

$D_{вн}$ – внутренний диаметр трубопровода, мм;

μ – коэффициент Пуассона, для углеродистой стали 0,25 – 0,30;

Δt – расчётный температурный перепад на нагревании равен 50 $^\circ\text{C}$.

Внутренний диаметр трубопровода:

$$D_{вн} = D - 2 \cdot \delta = 325 - 2 \cdot 8 = 309 \text{ мм} = 0,309 \text{ м}$$

$$\sigma_{пр.N} = -13 \cdot 10^{-6} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 50 + 0,30 \cdot \frac{1,1 \cdot 6,4 \cdot 309}{2 \cdot 8} = 122,57 \text{ МПа},$$

Определив значение продольных напряжений по необходимо провести проверку прочности трубопровода по условию формулы (4):

$$\sigma_{пр.N} \leq \Phi_2 \cdot R_1 \quad (4)$$

Если $\sigma_{пр.N} \leq 0$, то в трубопроводе возникают сжимающие осевые продольные напряжения. Далее рассчитать значения напряжений и провести проверку прочности с учетом коэффициент Φ_2 , учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, который определяется по формуле (5):

$$\Phi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_{кц}}{R_1}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_{кц}}{R_1} \quad (5)$$

Кольцевые напряжения $\sigma_{кц}$ от расчетного внутреннего давления определяются по формуле (6):

$$\sigma_{кц} = \frac{n \cdot p \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta}, \quad (6)$$

$$\sigma_{кц} = \frac{1 \cdot 6,4 \cdot 309}{2 \cdot 8} = 135,96 \text{ МПа},$$

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		39

$$\Phi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{135,96}{255}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{135,96}{255} = 0,62 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется, т.к.

$$122,57 \text{ МПа} \leq 0,62 \text{ МПа} \cdot 255 = 158,1 \text{ МПа}$$

Расчетную толщину стенки трубопровода δ , следует определять по формуле (7):

$$\delta = \frac{\gamma_f \cdot n \cdot p \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot (R_1 + \gamma_f \cdot p)} \quad (7)$$

где, γ_f - Коэффициент надежности по нагрузке; так как нагрузки будем считать постоянными, то коэффициент $\gamma_f = 0,95$;

n - коэффициент несущей способности труб и соединительных деталей; принимается для труб, заглушек и переходов - 1;

$p = 6,4$ МПа - рабочее давление, МПа;

$D_{\text{вн}} = 0,309$ м – внутренний диаметр трубопровода, мм;

$R_1 = 255$ – нормативные сопротивления растяжению (сжатию) металла труб и сварных соединений, МПа.

$$\delta = \frac{0,95 \cdot 1 \cdot 6,4 \cdot 309}{2 \cdot (255 + 1 \cdot 6,4)} = 3,59 \text{ мм} \approx 4 \text{ мм.}$$

Толщину стенки труб, следует принимать не менее $D_{\text{н}}/140$, но не менее 3 мм для труб условным диаметром 200 мм и менее, и не менее 4 мм - для труб условным диаметром свыше 200 мм. Полученное по формуле (7) расчетное значение толщины стенки трубы округляется до ближайшего большего значения, предусмотренного государственными стандартами или техническими условиями. При этом минусовый допуск на толщину стенки труб не учитывается.

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис 40
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Предположим, что допустимое значение толщины стенки не соответствует расчетному, т.е. $\delta_{\text{действительное}} < \delta_{\text{допустимое}} = 4 \text{ мм}$, и достигает такого критического размера, при котором происходит разрушение стенки и выход нефти наружу.

2.3. Имитационное моделирование разлива нефти

За основу имитационного моделирования принята методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах" (утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995) [22], с использованием которой возможно прогнозировать, при заданных начальных условиях, объем и массу вылившегося нефтепродукта при аварии на промышленном трубопроводе.

Условия, при которых произошла авария

Подземный промышленный нефтепровод диаметром 325 мм с толщиной стенкой 8 мм, длиной 58 км между двумя насосными станциями, глубина заложения трубопровода 2 м. Нефтепровод имеет несколько подводных переходов через несудоходные реки.

В результате аварии на 7 км произошел разрыв нефтепровода. Время остановки перекачки нефти – 5 минут. Время закрытия задвижек – 30 минут. Время установки временной обжимной муфты, для предотвращения утечки – 15 минут.

Исходные данные

$\tau_a = 9 \text{ ч } 00 \text{ мин}$ – время повреждения нефтепровода;

$\tau_o = 9 \text{ ч } 05 \text{ мин}$ – время останова насосов;

$\tau_3 = 9 \text{ ч } 35 \text{ мин}$ – время закрытия задвижек;

$\tau_i = 0,1 \text{ ч} = 6 \text{ мин}$ – элементарный интервал времени;

$Q_o = 500 \text{ тыс. тн./год} = 0,0195 \text{ м}^3/\text{с}$ – расход нефти в неповрежденном нефтепроводе при работающих насосных станциях;

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис 41
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

$Q' = 0,0401 \text{ м}^3/\text{с}$ – расход нефти в поврежденном нефтепроводе при работающих насосных станциях;

$l = 58 \text{ км}$ – протяженность аварийного участка нефтепровода между двумя насосными станциями;

$x^* = 7 \text{ км}$ – расстояние от насосной станции до места повреждения;

$l_{\text{задв } 1} = 5,5 \text{ км}$ – расстояние от НПС до задвижки 1;

$l_{\text{задв } 2} = 8,5 \text{ км}$ – расстояние от НПС до задвижки 2;

$Z_1 = 123 \text{ м}$ – геодезическая отметка начала аварийного участка;

$Z_2 = 100 \text{ м}$ – геодезическая отметка конца аварийного участка;

$P' = 5,0 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – давление в начале участка НП в поврежденном состоянии;

$P'' = 0,55 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – давление в конце участка НП в поврежденном состоянии;

$P_0 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – рабочее давление;

$g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ – ускорение силы тяжести;

$\rho = 795 \text{ кг}/\text{м}^3$ – плотность перекачиваемой нефти;

$D = 325 \text{ мм}$ – диаметр нефтепровода;

$\delta = 8 \text{ мм}$ – толщина стенки нефтепровода;

$d_{\text{вн}} = D - 2 \cdot \delta = 325 - 2 \cdot 8 = 309 \text{ мм}$ – внутренний диаметр нефтепровода;

$h_a = 10 \text{ м. вод. столба} = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ – напор, создаваемый атмосферным давлением;

$h_T = 2 \text{ м}$ – глубина заложения нефтепровода;

$Z_M = 93 \text{ м}$ – геодезическая отметка места повреждения;

$m_0 = 0,25$ – показатель режима течения нефти по трубопроводу;

Точки перелома профиля нефтепровода

Точки перелома нефтепровода представлены в таблице 5.

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		42

Таблица 5 - Точки перелома профиля трубопровода

№ п/п	X, км	Z, м	№ п/п	X, км	Z, м
1	0	43,2	13	76	126,6
2	44	50,6	14	77	153,8
3	54	48,4	15	78	127,5
4	55	33,7	16	79	140,1
5	60	30,4	17	80	127,7
6	65	25,6	18	82	149,5
7	70	24,6	19	84	107,0
8	71	19,1	20	87	79,0
9	72	3,2	21	88	105,6
10	73	144,8	22	90	166,8
11	74	127,8	23	94	122,0
12	75	120,6	24	98	73,7

На рисунке 3 построен профиль трассы нефтепровода, на котором более детально указан аварийный участок трубопровода между линейными задвижками, на котором указаны следующие обозначения:

- место повреждения трубопровода – M^* ,
- расстояние до места повреждения трубопровода x^* ;
- геодезическая отметка места повреждения трубопровода – z_m ;
- геодезическая отметка места начала трубопровода – z_1 ;
- геодезическая отметка места конца трубопровода – z_2 .

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис 43
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

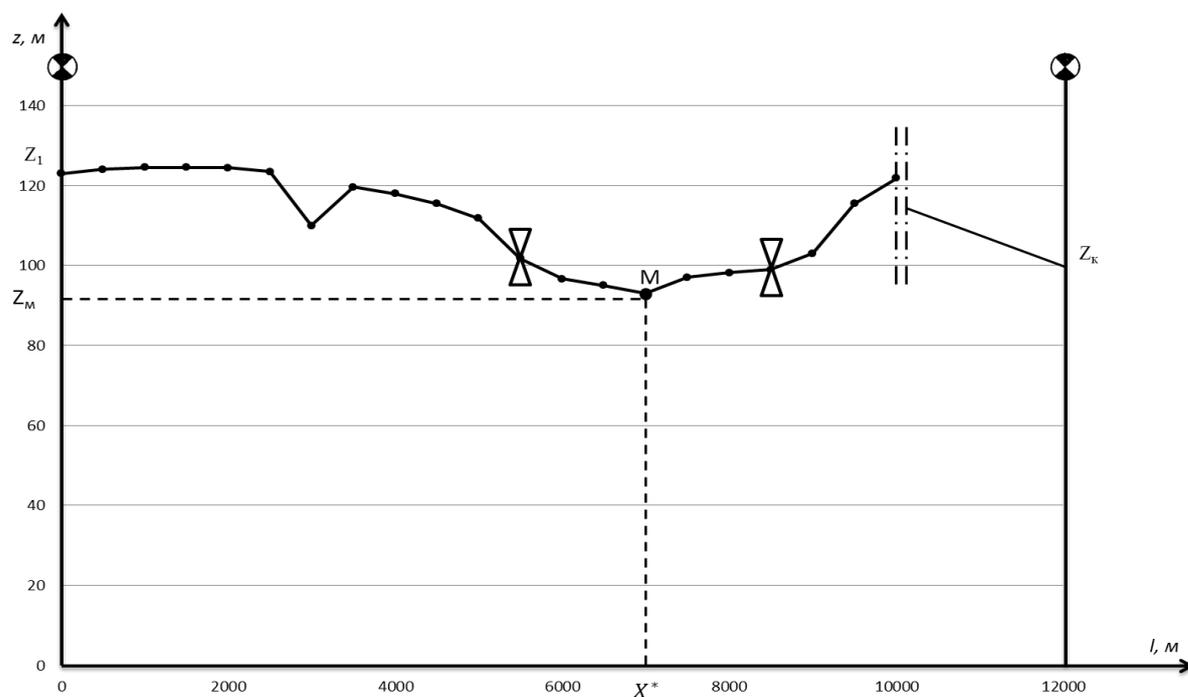


Рисунок 3 - Профиль трассы нефтепровода, приводимый для расчета

2.3.1. Определение количества нефти, вылившейся из нефтепровода вследствие аварии.

Расчет количества нефти, вылившейся из трубопровода, производится в 3 этапа, определяемых разными режимами истечения:

- истечение нефти с момента повреждения до остановки перекачки;
- истечение нефти из трубопровода с момента остановки перекачки до закрытия задвижек;
- истечение нефти из трубопровода с момента закрытия задвижек до прекращения утечки.

Суммарный объем аварийной утечки нефти равен:

$$V = V_1 + V_2 + V_3, \quad (8)$$

где V_1 – объем нефти, вытекшей с момента повреждения до остановки перекачки, m^3 ;

V_2 – объем нефти, вытекшей с момента остановки перекачки до закрытия задвижек, m^3 ;

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промысловом трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис 44
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

V_3 – объем нефти, вытекшей с момента закрытия задвижек до прекращения утечки (до полного опорожнения отсеченной части трубопровода), м^3 .

2.3.2. Истечение нефти с момента повреждения до остановки перекачки

Объем V_1 нефти, вытекшей из нефтепровода с момента τ_a возникновения аварии до момента τ_0 остановки перекачки, определяется следующим выражением (9):

$$V_1 = Q_1 \cdot \tau_1 = Q_1 \cdot (\tau_0 - \tau_a), \quad (9)$$

где Q_1 – расход нефти через место повреждения с момента возникновения аварии до остановки перекачки, $\text{м}^3/\text{с}$;

τ_0 – время остановки насосов после повреждения, с;

τ_a – время повреждения нефтепровода, с.

τ_1 – продолжительность истечения нефти из поврежденного нефтепровода при работающих насосных станциях, с;

$$\tau_1 = (\tau_0 - \tau_a) = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с};$$

Расход нефти через место повреждения определяется из выражения:

$$Q_1 = Q' - Q_0 \left(\frac{1}{(1 - x^*)} \cdot \frac{Z_1 - Z_2 + \frac{(p' - p'')}{\rho g} - i_0 x^* \left(\frac{Q'}{Q_0} \right)^{2 - m_0}}{i_0} \right)^{\frac{1}{2 - m_0}} \quad (10)$$

Протяженность поврежденного участка нефтепровода l , заключенного между 2-мя НПС, протяженность участка нефтепровода от НПС до места повреждения x^* , геодезические отметки начала Z_1 и конца Z_2 участка l определяются по профилю трассы нефтепровода (рисунок 3).

Расход Q' , давление в начале P' и в конце P'' участка l в поврежденном нефтепроводе при работающих НПС определяются по показаниям приборов на НПС на момент аварии.

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		45

В соответствии с рекомендациями, показатель режима движения нефти по нефтепроводу m_0 равен 0,25.

Расход нефти в неповрежденном нефтепроводе при работающих насосных станциях $Q_0 = 0,0195 \text{ м}^3/\text{с}$;

Внутренний диаметр трубопровода:

$$d = D - 2 \cdot \delta = 325 - 2 \cdot 8 = 309 \text{ мм} = 0,309 \text{ м}$$

Находим гидравлический уклон при перекачке нефти по исправному нефтепроводу i_0

Истечение нефти определяется переменным во времени напором, уменьшающимся вследствие опорожнения нефтепровода.

Для выполнения расчетов продолжительность истечения нефти τ_2 с момента остановки перекачки τ_0 до закрытия задви:

1) Скорость потока:

$$v = \frac{4 \cdot Q_0}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0195}{3,14 \cdot 0,309^2} = 0,26 \text{ м/с}$$

где $Q_0 = 0,0195 \text{ м}^3/\text{с}$ - расход нефти в неповрежденном нефтепроводе при работающих насосных станциях;

$d = 309 \text{ мм}$ – внутренний диаметр трубопровода.

2) Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{0,26 \cdot 0,309}{0,53 \cdot 10^{-5}} = 15168,1,$$

где $v = 1,86 \text{ м/с}$ – скорость потока;

$\nu = 0,53 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ - кинематическая вязкость нефти.

3) Коэффициент гидравлического сопротивления:

Так как $Re > 2320$, следовательно режим турбулентный. Зона гидравлически гладких труб, так как $Re < 10 \frac{d}{\Delta}$, значит

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{15168,1}} = 0,0285,$$

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		46

4) Гидравлический уклон:

$$i_0 = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{0,0285}{0,309} \cdot \frac{0,26^2}{2 \cdot 9,81} = 0,00032,$$

где $\lambda = 0,0285$ – коэффициент гидравлического сопротивления.

Находим расход нефти через место повреждения по формуле (10):

$$Q_1 = 0,0401 - 0,0195 \cdot$$

$$\left(\frac{1}{(58000 - 7000)} \cdot \frac{123 - 100 + \frac{(5,0 \cdot 10^6 - 0,55 \cdot 10^6)}{795 \cdot 9,81} - 0,00032 \cdot 7 \cdot \left(\frac{0,0201}{0,0195}\right)^{2-0,25}}{0,00032} \right)^{\frac{1}{2-0,25}} =$$
$$= 0,031 \text{ м}^3/\text{с}$$

где $Q_0 = 0,0195 \text{ м}^3/\text{с}$ - расход нефти в неповрежденном нефтепроводе при работающих насосных станциях;

$Q' = 0,0401 \text{ м}^3/\text{с}$ - расход нефти при работающих насосах в поврежденном нефтепроводе;

$L = 58 \text{ км}$ - протяженность аварийного участка нефтепровода между двумя насосными станциями;

$X^* = 7 \text{ км}$ - расстояние от насосной станции до места повреждения;

$Z_1 = 123 \text{ м}$ - геодезическая отметка начала аварийного участка;

$Z_2 = 100 \text{ м}$ - геодезическая отметка конца аварийного участка;

$P' = 5,0 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – давление в начале участка НП в поврежденном состоянии;

$P'' = 0,55 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – давление в конце участка НП в поврежденном состоянии;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести;

$\rho = 795 \text{ кг/м}^3$ - плотность нефти;

$m_0 = 0,25$ - показатель режима движения нефти по нефтепроводу;

$i_0 = 0,00032$ - гидравлический уклон при перекачке нефти по исправному нефтепроводу.

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		47

Рассчитаем объем нефти, вытекшей из нефтепровода с момента возникновения аварии до момента остановки перекачки по формуле (9):

$$V_1 = Q_1 \cdot T_1 = 0,031 \cdot 300 = 9,3 \text{ м}^3.$$

2.3.3. Истечение нефти из нефтепровода с момента остановки перекачки до закрытия задвижек

После отключения насосных станций происходит опорожнение расположенных возвышенных и прилегающих к месту повреждения участков, за исключением понижений между ними, τ_2 разбивается на элементарные интервалы τ_i , внутри которых режим истечения (напор и расход) принимается неизменным – $\tau_i = 6$ мин.

Общий объем выхода нефти из нефтепровода за время $\tau_2 = 30$ мин определяется как сумма объемов V_i нефти, вытекших за элементарные промежутки времени τ_i :

$$V_2 = \sum V_i = \sum Q_i \cdot \tau_i, \quad (11)$$

Количество временных интервалов будет равно:

$$n = \frac{\tau_2}{\tau_i} = \frac{30}{6} = 5$$

Для каждого i – го элементарного интервала времени определяется соответствующий расход Q_i нефти через дефектное отверстие:

$$Q_i = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_i}, \quad (12)$$

где μ – коэффициент расхода нефти через место повреждения;

ω – площадь дефектного отверстия, м^2 ;

h_i – напор в отверстии, соответствующий i – ому элементарному интервалу времени, м.

$$h_i = z_i - z_M - h_T - h_a, \quad (13)$$

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		48

где z_i – геодезическая отметка самой высокой точки профиля рассматриваемого участка нефтепровода, заполненного нефтью на i -й момент времени, м;

z_M – геодезическая отметка места повреждения, м;

h_T – глубина заложения НП, м;

h_a – напор, создаваемый атмосферным давлением, м.

Площадь дефектного отверстия будет равна

$$\omega = \frac{\pi \cdot d_{\text{отв}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,007^2}{4} = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2;$$

Коэффициент расхода нефти μ через дефектное отверстие определяется в зависимости от числа Рейнольдса Re в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7 – Коэффициент расхода μ

Показатели при Re	до 25	25...400	400...10000	10000...300000	300000
μ	$\frac{Re}{48}$	$\frac{Re}{1,5 + 1,4 \cdot Re}$	$0,29 + \frac{0,27}{\sqrt[5]{Re}}$	$0,592 + \frac{5,5}{\sqrt{Re}}$	0,595

Число Рейнольдса определяется по формуле (14):

$$Re = \frac{d_{\text{отв}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h^*}}{\nu}, \quad (14)$$

где $d_{\text{отв}}$ – диаметр дефектного отверстия, м;

$\nu = 0,53 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ - кинематическая вязкость нефти;

h^* – перепад напора в точке истечения нефти.

Перепад напора в точке истечения нефти определяется из выражения:

$$h^* = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - i' \cdot x^* - h_T, \quad (15)$$

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		49

где P_1 – давление в начале аварийного участка, Па;
 i' – гидравлический уклон при перекачке нефти по поврежденному нефтепроводу от НПС до места повреждения;
 x^* – расстояние до места повреждения трубопровода, м;
 h_T – глубина заложения нефтепровода (от поверхности земли до нижней образующей), м.

Рассчитаем перепад напора в точке истечения нефти h^* по формуле (15):

$$h^* = \frac{5,0 \cdot 10^6}{795 \cdot 9,81} - 0,00032 \cdot 7000 - 2 = 636,78 \text{ м,}$$

Число Рейнольдса по формуле (14):

$$Re = \frac{0,007 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 636,78}}{0,53 \cdot 10^{-5}} = 147637,$$

Коэффициент расхода нефти μ через дефектное отверстие по таблице 7 будет равен:

$$\mu = 0,592 + \frac{5,5}{\sqrt{Re}} = 0,592 + \frac{5,5}{\sqrt{147637}} = 0,61,$$

Найдем напор в месте повреждения, соответствующий первому элементарному интервалу времени τ_1 по формуле (13):

$$h_1 = z_1 - z_M - h_T - h_a = 124,5 - 93 - 10 - 2 = 19,5 \text{ м,}$$

Соответствующий расход Q_i нефти по формуле (12) через дефектное отверстие:

$$Q_1 = 0,61 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 19,5} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с,}$$

$$V_1' = Q_1 \cdot \tau_1 = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 360 = 0,264 \text{ м}^3,$$

За элементарный промежуток времени τ_i освобождается объем нефтепровода V_i , что соответствует освобождению l_i участка нефтепровода:

$$l_i = \frac{4 \cdot V_i}{\pi \cdot d_{BH}^2}, \quad (16)$$

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		50

$$l_1 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot d_{BH}^2} = \frac{4 \cdot 0,164}{3,14 \cdot 0,309^2} = 2,18 \text{ м};$$

Освобожденному участку l_1 соответствуют значения x и Z определяющие статический напор в нефтепроводе в следующий расчетный интервал времени. Производим аналогичные расчеты для следующих промежутков времени, используя формулы (12) – (16).

Для второго временного интервала τ_2 :

$$h_2 = z_2 - z_M - h_T - h_a = 124,4 - 93 - 10 - 2 = 19,4 \text{ м},$$

$$Q_2 = 0,61 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 19,4} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_2' = Q_1 \cdot \tau_2 = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 360 \approx 0,264 \text{ м}^3,$$

$$l_2 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot d_{BH}^2} = \frac{4 \cdot 0,164}{3,14 \cdot 0,309^2} = 2,17 \text{ м};$$

Для третьего временного интервала τ_3 :

$$h_3 = z_2 - z_M - h_T - h_a = 124,3 - 93 - 10 - 2 = 19,3 \text{ м},$$

$$Q_3 = 0,61 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 19,3} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_3' = Q_1 \cdot \tau_3 = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 360 \approx 0,263 \text{ м}^3;$$

$$l_3 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot d_{BH}^2} = \frac{4 \cdot 0,164}{3,14 \cdot 0,309^2} = 2,14 \text{ м};$$

Для четвертого временного интервала τ_4 :

$$h_4 = z_2 - z_M - h_T - h_a = 124,2 - 93 - 10 - 2 = 19,2 \text{ м},$$

$$Q_4 = 0,61 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 19,1} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_4' = Q_1 \cdot \tau_4 = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 360 \approx 0,263 \text{ м}^3,$$

$$l_4 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot d_{BH}^2} = \frac{4 \cdot 0,164}{3,14 \cdot 0,309^2} = 2,12 \text{ м};$$

Для последнего временного интервала τ_5 :

$$h_5 = z_2 - z_M - h_T - h_a = 124,1 - 93 - 10 - 2 = 19 \text{ м},$$

$$Q_5 = 0,61 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 19} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_5' = Q_1 \cdot \tau_5 = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 360 \approx 0,262 \text{ м}^3;$$

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		51

Общий объем выхода нефти из нефтепровода за время τ_2 по формуле (11):

$$V_2 = \sum V_i = 1,32 \text{ м}^3.$$

2.3.4. Истечение нефти из нефтепровода с момента закрытия задвижек до прекращения утечки

После закрытия задвижек происходит опорожнение расположенного между ними участка. Истечение нефти самотечное и определяется переменным во времени напором, уменьшающимся вследствие опорожнения нефтепровода.

При гидравлическом расчете трубопровода с самотечными участками уравнение преобразуется к следующему виду:

$$H_{\text{потр1}} = 1,02 \cdot i \cdot L_p + \Delta z' + \frac{p_y}{\rho \cdot g}, \quad (17)$$

L_p – расчётная длина трубопровода, за которую принимается где расстояние от начального пункта до ближайшей перевальной точки, м;

$\Delta z' = z_{\text{п}} - z_0$ – разность геодезических отметок перевальной точки и начального пункта, м;

$p_y = (p_s - p_a)$ – упругость паров нефти, которая может быть как положительной, так и отрицательной, Па. Однако, как правило для нефтей (при $p_y < 0$) третьим членом в уравнении пренебрегают.

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		52

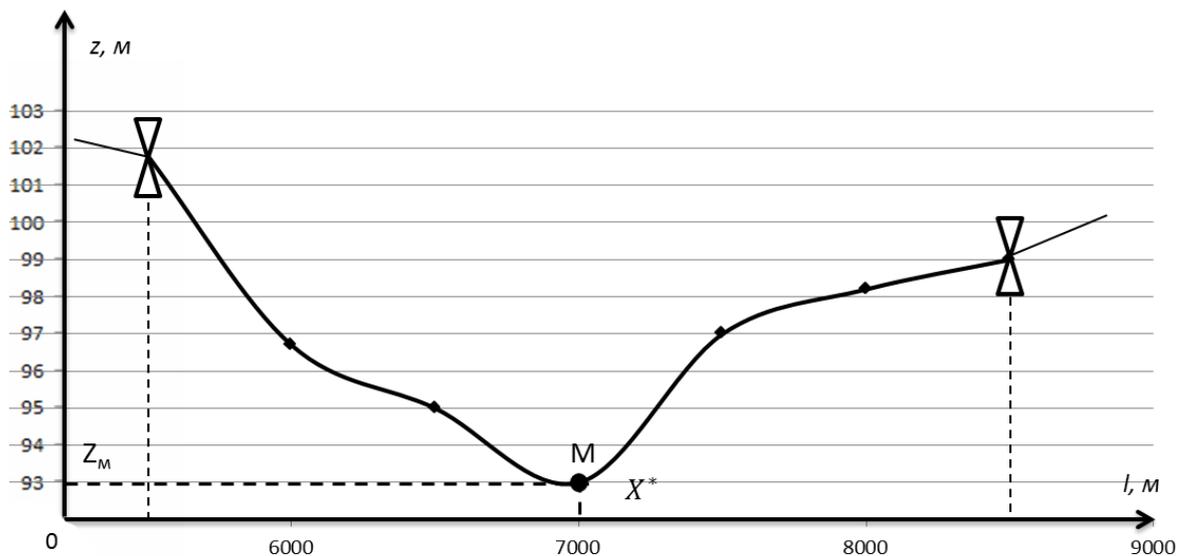


Рисунок 4 - Профиль трассы нефтепровода, приводимый для расчета объема истечение нефти из нефтепровода с момента закрытия задвижек до прекращения утечки

По истечении 15 мин произошла герметизация повреждения. Поэтому для выполнения расчетов продолжительность истечения нефти разбивается на элементарные интервалы τ_i , внутри которых режим истечения (напор и расход) принимается неизменным – $\tau_i = 5$ мин.

Общий объем выхода нефти из нефтепровода определяется как сумма объемов V_i нефти, вытекших за элементарные промежутки времени τ_i :

$$V_3 = \sum V_i' = \sum Q_i' \cdot \tau_i; \quad (18)$$

Количество временных интервалов будет равно:

$$n = \frac{\tau_3}{\tau_i} = \frac{15}{5} = 3; \quad (19)$$

После закрытия задвижек, происходит самопроизвольный выход нефтепродукта через место повреждения из прилегающего к нему участка трубопровода. Суммарную длину l' этого участка находим как сумму каждого элементарного участка, каждый из которых рассчитываем путем построения прямоугольных треугольников.

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		53

Расчеты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет длины участка нефтепровода с самотечным выходом нефти

Проложение участка ΔX , м	Высота участка ΔZ , м	Длина участка l'_i , м	Суммарная длина участка $l' = \sum l'_i$, м
500	5,1	500,026	3000,05
500	1,7	500,0029	
500	2	500,004	
500	4	500,016	
500	1,2	500,0014	
500	0,8	500,0006	

Найдем напор в месте повреждения, соответствующий первому элементарному интервалу времени τ_1 :

$$H_{\text{потр}1} = 1,02 \cdot 0,00032 \cdot 1500,033 + (101,8 - 93) = 9,28 \text{ м,}$$

Соответствующий расход Q_i нефти через дефектное отверстие:

$$Q'_1 = 0,61 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9,94} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с,}$$

$$V'_1 = Q'_1 \cdot \tau_1 = 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 360 = 0,113 \text{ м}^3;$$

За элементарный промежуток времени τ_i освобождается объем нефтепровода V_i , что соответствует освобождению l_i участка нефтепровода:

$$l_i = \frac{4 \cdot V_i}{\pi \cdot d_{\text{BH}}^2},$$

$$l_1 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot d_{\text{BH}}^2} = \frac{4 \cdot 0,117}{3,14 \cdot 0,309^2} = 1,51 \text{ м;}$$

Освобожденному участку l_1 соответствуют значения x и Z определяющие статический напор в нефтепроводе в следующий расчетный интервал времени. Производим аналогичные расчеты для следующих промежутков времени.

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		54

Для второго временного интервала τ_2 :

$$H_{\text{потр}2} = 1,02 \cdot 0,00032 \cdot (1500,033 - 1,51) + (101,7 - 93) = 9,27 \text{ м},$$

$$Q'_2 = 0,61 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9,27} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_2' = Q'_2 \cdot \tau_2 = 3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 360 = 0,113 \text{ м}^3,$$

$$l_2 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot d_{\text{ВН}}^2} = \frac{4 \cdot 0,113}{3,14 \cdot 0,309^2} = 1,51 \text{ м};$$

Для третьего временного интервала τ_3 :

$$H_{\text{потр}3} = 1,02 \cdot 0,00032 \cdot (1500,033 - 2 \cdot 1,51) + (101,7 - 93) = 9,26 \text{ м},$$

$$Q'_3 = 0,61 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 19,3} = 3,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_3' = Q'_3 \cdot \tau_3 = 3,13 \cdot 10^{-4} \cdot 360 = 0,112 \text{ м}^3;$$

Основной объем нефти, вытекающей после закрытия задвижек до прекращения самопроизвольного истечения нефти через место повреждения:

$$V_3 = \sum V_i = 0,338 \text{ м}^3.$$

Общий объем (общая масса M) вылившейся при аварии нефти определяется суммой объемов истечения нефти с момента возникновения аварии до прекращения утечки.

Вычислим общий объем вылившейся нефти:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 9,3 + 1,32 + 0,338 = 10,98 \text{ м}^3;$$

Рассчитаем массу вылившейся нефти:

$$M = \rho \cdot V, \quad (20)$$

где $\rho = 795 \text{ кг/м}^3$ – плотность нефти;

V – значение объема разлива, м^3 .

$$M = \rho \cdot V = 795 \cdot 10,98 = 8711,6 \text{ кг};$$

Радиус зоны разлива ($R_{\text{зр}}$, м) свободного растекания продуктов на поверхности без твердого покрытия:

$$R_{\text{зр}} = 0,5 \cdot \sqrt{25,5 \cdot V}, \quad (21)$$

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		55

где V – значение объема разлива, м^3 .

$$R_{\text{зр}} = 0,5 \cdot \sqrt{25,5 \cdot 10,98} = 8,35 \text{ м};$$

Площадь разлива ($F_{\text{зр}}$, м^2) свободного растекания продуктов:

$$F_{\text{зр}} = \pi \cdot R_{\text{зр}}^2, \quad (22)$$

где $\pi = 3,14$;

$R_{\text{зр}}$ – радиус зоны разлива, м.

$R_{\text{зр}}$ – радиус зоны загрязнения при разливе, м.

$$F_{\text{зр}} = 3,14 \cdot 8,35^2 = 219,35 \text{ м}^2;$$

					Имитационное моделирование аварийной ситуации на промышленном трубопроводе с разливом нефти на водную поверхность	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		56

3. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТИ И РАСЧЕТ ДОСТАТОЧНЫХ СРЕДСТВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПО УДАЛЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

3.1. Общие положения плана ликвидации аварий на межпромысловом нефтепроводе.

Рассматриваемый ПЛА распространяется на ПТ, диаметр которого составляет 325 мм с избыточным давлением среды не выше 6,4 МПа. Введен в эксплуатацию в 2007 году [20].

В предложенном ПЛА к аварийным ситуациям (отказам) относятся:

- нарушение работоспособности трубопровода, связанное с нарушением герметичности трубопровода или запорной арматуры;
- закупорка трубопровода.

Основные сценарии возникновения возможных аварий на данном нефтепроводе сводятся к двум случаям:

- Разгерметизация участка трубопровода по основному металлу трубы, в сварных соединениях, на запорной арматуре или устройстве трубопровода (манометрические сборки, приспособления для диагностики и др.) с образование свища, трещины, прокола или разрыва на полное сечение трубы с последующей утечкой транспортируемого; с образованием «заливов» нефти и водонефтяной эмульсии, мест скопления газа, с возможностью растеканием нефтесодержащей жидкости в акваторию рек, ручьев, озер т.д., населенные пункты;

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промыслового трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		Нечаев Д. А.			Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					57	119
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук.ООП</i>		Брусник О. В.						

– Разгерметизация участка трубопровода по основному металлу трубы, в сварных соединениях, на запорной арматуре или устройстве трубопровода (манометрические сборки, приспособления для диагностики и др.) с образованием свища, трещины, прокола, или разрыва на полное сечение трубы с последующей утечкой транспортируемого продукта, плюс возникновения источника зажигания; с образованием хлопков, взрывов, пожаров на территории разлитой нефти и водонефтяной эмульсии и близлежащей территории, с возможностью получения термического поражения людей и окружающих объектов, с угрозой растекания нефтесодержащей жидкости в акваторию рек, ручьев, озер т.д., населенные пункты.

Исходя из произошедшей аварийной ситуации, ее относят к одному из сценариев аварий, и действуют по предложенным планам ликвидации. Схема оповещения при инцидентах и авариях отражена в разделе №2 ПЛА [20]. Организация и производство аварийно-восстановительных работ, вид и место возможных аварий, оборудование и материалы применяемые в случае разлива нефти, и другие вопросы отражены в разделе №3 ПЛА [20]. Необходимое для решения задач по локализации и ликвидации аварий на ПТ оборудование и материалы размещены на базе УТОиРТ. Перечень оборудования и материалов приведен в разделе № 15 ПЛА [20].

Стоит отметить, что на опасные условия для окружающей среды, возникающие при авариях, существенное влияние оказывает ландшафтно-гидрографические особенности местности, а так же характер загрязнения при аварийном разливе нефти и его поведение. Так, наибольшие по площади разливы могут иметь место на участках с общей выравненностью рельефа и высоким уровнем грунтовых вод. Стоит отметить, что пойменные участки водоемов обладают высокой скоростью самоочищения и восстановления, однако нефть, попадая в

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 58
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

гидрологическую систему, может распространяться на большие расстояния, что приводит к загрязнению обширных пространств и во много раз затрудняет процессы локализации и ликвидации.

3.2. Организация работ по ликвидации аварий на трубопроводах

С момента получения сигнала об аварии должно быть организовано выполнение мероприятий плана ликвидации аварий, которые осуществляются в 3 этапа:

Этап 1. Поиск места аварии, определение характера аварии (силами УТОиРТ).

Этап 2. Сбор, выезд и доставка персонала и технических средств УТОиРТ к месту производства восстановительных работ.

Этап 3. Организация и выполнение аварийно восстановительных работ на трубопроводе.

До начала проведения аварийно-восстановительных работ их руководителем должны быть уточнены и доведены до сведения каждого работника конкретные обязанности, объемы и сроки предстоящих работ, меры техники безопасности и пожарной безопасности, а так же действия на случай возможных обвалов, наводнений, и др. опасных явлений.

После проведенного инструктажа, уточнения обязанностей, доставки персонала и техники к месту отказа, производится непосредственно ликвидация последствий аварии, которая включает в себя следующие операции:

- устройство временных ям-накопителей или траншей для сбора водонефтяной жидкости;

- откачка разлитой водонефтяной смеси в ямы-накопители или

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		59

в передвижные ёмкости до максимально возможного уровня;

- после восстановления поврежденного участка трубопровода жидкость из ям должна быть удалена путем закачки в отремонтированный трубопровод (если это позволяет технологическое оборудование и конструкция трубопровода) или в передвижные ёмкости с последующей транспортировкой на УПН или ПСП.

- при необходимости использовать сорбенты для сбора остаточной нефти с последующим сжиганием их на установке по сжиганию отходов «Факел». Ликвидацией последствий аварий при попадании перекачиваемого продукта в водоемы, должна предусматривать очищение воды до предельной допустимой концентрации нефтепродуктов в воде. С этой целью (кроме тех, что изложенных в пункте «Мероприятия по локализации, сбору и временному хранению перекачиваемого продукта»), применяют различные сорбенты (например, перлит), либо устраивают отстойники в виде запруд.

Очистка поверхности болот и поверхностей водоемов от остатков продукта, по рекомендациям рассматриваемого ПЛА, может быть осуществлена путем смыва с поверхности болот или путем вымывания. Метод *смыва продукта* заключается в следующем: гидромонитором, поливочной машиной или другим техническим средством, обеспечивающим подачу воды под давлением, вода подается из ближайшего источника по направлению к месту аварии. Вода с продуктом собирается в приемке, устроенным на границе разлива продукта, а оттуда откачивается в котлован, амбар, яму-накопитель и т.д. для временного хранения продукта [23].

Выжигание остатков разлитого продукта в рассматриваемом ПЛА не допускается. Так же при ликвидации разливов перекачиваемого продукта запрещается:

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 60
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

- засыпать ямы-накопители и дренажные канавы с не полностью откаченным продуктом;

- снимать загрязненную почву и вываливать ее в отвалы.

После окончания аварийно-восстановительных работ должна быть проведена рекультивация земель согласно РД 39-00147105-006-97 «Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов» [24].

Во время проведения процесса ликвидации разлива нефти на водной поверхности, исходя из предложенного ПЛА, используется техника, представленная в таблице 9 [20].

Таблица 9 - Перечень инструментов, механизмов и приспособлений, оборудования, средств связи, расходных материалов находящихся на базе УТОиРТ

Наименование	Количество
Техника для транспортировки персонала и оборудования	
Болотоходная техника повышенной проходимости Газ-71	По 2 шт.
ДТ-30 трал	1 шт.
экскаваторы повышенной проходимости	По 2 шт. каждого типа размера
бульдозеры типа ДЗ на базе трактора Т-130	1 шт.
рабочая шлюпка	1 шт.
Специальные механизмы, оборудование и приспособления	
Насосы: НЦС; ПНУ100/200.	1 шт.
Боновые заграждения для локализации	50 м.
Емкости для хранения: Разборный резервуар 4 м ³	1 шт.
Нефтеборщики: Скиммер щеточный СЦ-10М	1 комп.
Установка по сжиганию отходов «Факел»	1 шт.
Сорбент нефти и нефтепродуктов «ИРВЕЛЕН»	20 кг.
Руной инструмент: Скребок для снятия пленки	2 шт.

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 61
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

3.3. Локализация и сбор разлившегося нефтепродукта

Работы по локализации разливов нефтепродукта на акватории рек и других водоемов включают следующие основные операции:

- ограничение движения нефтяного пятна к береговым зонам, на которых находятся важные эколого-экономические объекты (аграрные, населенные пункты, водозаборы и т. п.);
- локализация разлива нефтепродукта при помощи заграждений;
- сбор разлившегося нефтепродукта тем или иным способом [1].

Изменение направления движения и локализация пятна разлившейся нефти производятся при помощи плавучих боновых заграждений.

Установка боновых заграждений производится в соответствии с инструкцией, разработанной изготовителем данного типа боновых заграждений, а также внутренними ПЛА. В основном операции по установлению боновых заграждений включает следующие этапы:

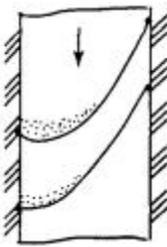
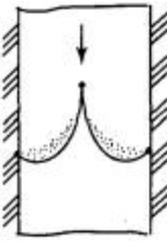
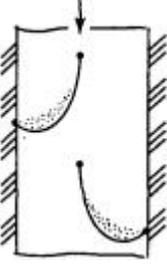
- выбор площадки на берегу водоема, используемый для установки стационарного оборудования и развертывания боновых заграждений;
- расстановка береговых опор для крепления и развертывание секций боновых заграждений;
- спуск и расстановка собранных секций на водной поверхности;
- окончательная расстановка и закрепление секций боновых заграждений на водоеме [23].

Место установки боновых заграждений для локализации разлива определяет руководитель АВР. При этом стоит отметить, что установка выполняется с таким расчетом, чтобы к моменту подхода пятна нефтепродукта были закончены работы по расстановке боновых заграждений и подготовке к работе сборщиков нефтепродукта [2].

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 62
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Расстановка боновых заграждений производится по общепринятым схемам в зависимости от скорости течения реки и категорий рек [23]. Установка заграждений производится перпендикулярно течению потока воды при скоростях течения до 0,35 м/с. При скоростях течения выше 0,35 м/с боновые заграждения устанавливаются под углом. Варианты схем расстановки представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Рекомендуемые варианты расстановки боновых заграждений

Схема установки	Категория рек
 <p>Сплошное</p>	Несудоходные реки $V < 1,0$ м/с
 <p>Стропильное</p>	Несудоходные реки $V < 1,0$ м/с
 <p>«Колос»</p>	Судоходные реки $V = 1,0$ м/с
 <p>Каскад</p>	Судоходные реки $V > 1,0$ м/с

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат	Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	

Сбор и утилизация разлившегося нефтепродукта, исходя из предложенного ПЛА, включает следующие технологические операции:

- расстановка нефтесборщиков на воде в соответствии с предложенной схемой;
- подсоединение нефтесборщика к сети энергоснабжения, установка трубопроводных сетей для транспорта водонефтяной жидкости, расстановка резервуаров на местности (других накопительных емкостей) и подсоединение их к трубопроводной системе;
- сбор водонефтяной жидкости в резервуары;
- транспортировку собранной водонефтяной смеси к местам утилизации продукта.

Если разлив нефти также распространен и на береговой зоне, то производится смыв нефтяного загрязнения при помощи мотопомпы. Ниже представлены схемы установки нефтесборщиков совместно с БЗ.

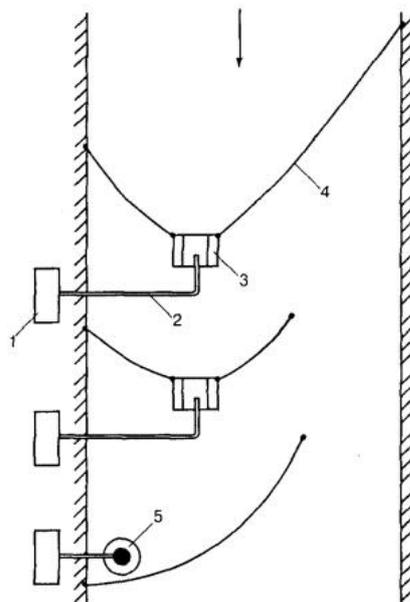


Рисунок 4 - Схема установки БЗ и НМСБ в потоке:

- 1 - емкость для сброса нефтепродуктов; 2 - отводящий рукав; 3, 5 - нефтесборщики; 4 - боновое заграждение

Когда сбор с поверхности воды нефтепродукта механическим способом

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		64

невозможен (в связи с климатическими условиями, малой толщиной олеофильной пленки, условиями рельефа и т. п.), удаление нефтепродукта производят при помощи сорбентов. Порядок, количество, способы нанесения, применения и сбора сорбирующих материалов для ликвидации загрязнения определяются инструкциями заводов-изготовителей данного сорбирующего материала.

Во всех случаях порядок и условия применения сорбентов должны быть предварительно согласованы с природоохранными органами и руководством предприятия.

3.4. Определение необходимого количества средств ликвидации

Расчет основного состава средств, предназначенных для ликвидации разлива нефти производится на основании РД 153-39.4Р-125-02 «Табель оснащения нефтепроводных предприятий ОАО АК Транснефть техническими средствами для ликвидации аварийных разливов нефти на подводных переходах магистральных нефтепроводов» 2002 года [25-26].

3.4.1. Расчет необходимого числа сорбента

Количество сорбентов $P_{\text{пр.с}}$, кг, рассчитывается по заданной величине сбора части суммарного объема вылившейся нефти по формуле (23):

$$P_{\text{пр.с}} = \frac{N_{\text{ч}} \cdot M_{\text{н}\Sigma}}{100 \cdot C_{\text{сп}}}, \quad (23)$$

где $M_{\text{н}\Sigma}$ - суммарный объем вылившейся нефти, т;

$N_{\text{ч}}$ - процент собираемой сорбентом нефти (примерно составляет 2,5 %);

$C_{\text{сп}}$ - сорбционная способность сорбента, кг/кг.

Учитываем процент нефти, находящейся на поверхности воды, загрязняющей береговую зону, испаряющейся, эмульгирующей, а также

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 65
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

то, что процент нефти, собираемой сорбентами на воде и грунте, составляет в основном 2 - 3 % от суммарного объема вылившейся нефти, количество сорбентов необходимых для ликвидации последствий аварийного разлива нефти составит:

$$P_{\text{пр.с}} = \frac{2,5 \cdot 95 \cdot M_{\text{н}\Sigma}}{100 \cdot 100 \cdot C_{\text{сп}}},$$

При объеме утечки 10,98 м³ (8711,6 кг) и средней сорбционной способности сорбентов «Ирвелен», которая составляет 8,9 кг/кг, получаем расчетное количество сорбентов, необходимых для ликвидации последствий аварийного разлива нефти, составит:

$$P_{\text{пр.с}} = \frac{2,5 \cdot 95 \cdot 8711,61}{100 \cdot 100 \cdot 8,9} = 23,23 \text{ кг.}$$

3.4.2. Расчет необходимого числа боновых заграждений

Длина боновых заграждений (на направляющей и удерживающей линиях) должна позволять подвести нефть к одному из берегов на участки с пониженной гидродинамикой потока, в которых скорость перемещения нефтяного пятна будет составлять не более 0,25 м/сек, таким образом снижая турбулентные завихрения и «подныривания» нефти под боновые заграждения. В данных участках устанавливается НСУ и производится сбор загрязняющего нефтепродукта.

Угол установки (α) БЗ по отношению к направлению течения:

$$\tan \alpha = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{м.р}}}, \quad (24)$$

где $V_{\text{м.р}}$ – скорость течения реки (м/сек);

$V_{\text{н}}$ – желаемая скорость перемещения нефтяного пятна относительно БЗ;

α - угол постановки БЗ.

$$\tan \alpha = \frac{0,25}{1} = 0,25,$$

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		66

$$\alpha = 0,25.$$

Таблица 10 – Ориентировочные значения угла α установки БЗ к направлению течения

Скорость течения, м/с	Установка БЗ α , град	Скорость течения, м/с	Установка БЗ α , град	Скорость течения, м/с	Установка БЗ α , град
0,25	90	0,7	20	1,4	10
0,3	55	0,8	18	1,6	9
0,4	38	0,9	16	1,8	8
0,5	30	1,0	14	2,0	7
0,6	24	1,2	12	2,2	6

Длина БЗ ($L_{бз}$, м) на линиях направления, удержания и дозачистки определяется шириной и скоростью течения реки, углом установки БЗ (таблица 10) и при условии полного перекрытия водотока определяется по формуле (25):

$$L_{бз1-3} = \frac{H}{\sin\alpha}, \quad (25)$$

где H – ширина водотока (м);

α - угол постановки БЗ.

$$L_{бз1-3} = \frac{4}{\sin(14^\circ)} = 18,33 \text{ м} \approx 19 \text{ м};$$

$$L_{бз4} = H \cdot \cos\alpha, \quad (25)$$

где H – ширина водотока (м);

α - угол постановки БЗ.

$$L_{бз4} = 4 \cdot \cos(14^\circ) = 3,9 \text{ м} \approx 4 \text{ м};$$

Общая длина БЗ на водотоках складывается из длины направляющих, концентрирующих БЗ и БЗ (сорбирующих изделий), используемых на рубежах дозачистки и берегозащитных, устанавливаемых для защиты берегов у концентрирующих БЗ и иных местах (в случае необходимости).

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 67
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

$$L = L_{бз1-3} + L_{бз4} = 23 \text{ м};$$

Исходя из вышеизложенного минимальная оснащенность БЗ на внутренних водах определяется исходя из следующих условий:

- БЗ береговые (2-х или 3-х камерные) – не менее 3-х секций длиной не менее 10-ти м каждая на рубеж локализации для установки в прибрежной части водотоков вместе с направляющими БЗ;

- БЗ направляющие – из расчета полного перекрытия водотока в половодье на каждом рубеже локализации удерживающей линией БЗ и дополнительным рубежом, выставляемым на 1/3 длины удерживающей линией БЗ;

- количество рубежей локализации в безледный период при разливе $50 \text{ м}^3 - 1$; $500 \text{ м}^3 - 3$; $5000 \text{ м}^3 - 7$. Количество рубежей локализации в ледовый период независимо от объема разлива – 2.

3.4.3. Расчет необходимого числа НСУ

Общая производительность основных НСУ, в расчете которой используются характеристики объекта ликвидации ($Q_{нсб}$, $\text{м}^3/\text{час}$) должна быть больше расхода нефти, поступающих на рубеж ($Q_{арн}$, $\text{м}^3/\text{час}$). Для сбора нефти свободно разлившейся на поверхности водотока:

$$Q_{нсб} = (0,003 \cdot H \cdot V_{\max}) \cdot 1,15 \cdot 3600, \quad (26)$$

где H – ширина водотока, м;

V_{\max} – максимальная скорость течения реки на месте разлива нефти и ниже по течению, м/сек.

$$Q_{нсб} = (0,003 \cdot 4 \cdot 1) \cdot 1,15 \cdot 3600 = 49,68 \text{ м}^3/\text{час};$$

При этом, производительность (потребность) в НСУ, исходя из технических характеристик скиммеров и нефтесборщиков ($Q_{нсб}$, $\text{м}^3/\text{час}$):

$$Q_{нсб} = \frac{q_{ip}}{K_{эф} \cdot K_{орг} \cdot K_{мет} \cdot K_{дi}}, \quad (27)$$

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 68
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

где q_{ip} – паспортная производительность нефтесборного устройства по нефти ($m^3/ч$). Паспортная производительность СЦ-1М составляет $10 m^3/ч$.

$K_{мет}$ – коэффициент, учитывающий метеорологические условия. Минимальное значение принимается $K_{мет}=0,59$.

$K_{орг}$ – коэффициент, учитывающий общие организационные вопросы использования техники (0,95-0,98). Принимаем самые неблагоприятные условия, поэтому $K_{орг} = 0,95$.

$K_{эф}$ – эффективность работы нефтесборных устройств (от 0,05 до 0,9). Эффективность сбора нефти ($K_{эф}$) – понижающий коэффициент к паспортной (номинальной) производительности НСУ изменяется от 0,05 до 0,9. В том случае если он не определен производителем НСУ принимаются следующие значения:

- 0,9 – для олеофильных НСУ;
- 0,85 – для адгезионных и сорбционных НСУ;
- 0,5 – для пороговых НСУ;
- 0,05 – для вакуумных, перистальтических НСУ и насосов с

трубчатыми и (или) щелевыми нефтесборщиками.

Так как используемые НСУ СЦ-1М являются нефтесборщиками олеофильного типа, следовательно $K_{эф} = 0,9$.

Коэффициент использования двигателей (по времени ($K_{двi}$) или по мощности ($K_{дмi}$)) принимается по паспортным данным компрессоров или насосов в составе нефтесборных устройств. В основном принимается минимальное значение, $K_{дi}=0,4$, для компрессоров и насосов с двигателями внутреннего сгорания и электродвигателями.

$$Q_{нсб} = \frac{10}{0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,59 \cdot 0,4} = 33,5 m^3/час ;$$

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 69
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Количество НСУ определяется по формуле (28) исходя из количества рубежей БЗ, при этом производительность запасного НСУ должна быть не ниже основного:

$$N_{\text{нсб}} = N_{\text{ул}} + 1, \quad (28)$$

где $N_{\text{нсб}}$ – количество НСУ, шт.;

$N_{\text{ул}}$ – количество направляющих и удерживающих рубежей боновых заграждений, шт.;

$$N_{\text{нсб}} = 1 + 1 = 2 \text{ шт.}$$

Таким образом, получаем, что в процессе ликвидации разлива при использовании 1 рубежа боновых заграждений необходимо 2 нефтесборщика типа СЩ-1М. Вспомогательный НСУ используются для сбора нефти у берега на дополнительной линии и линии дозачистки (для уменьшения количества сорбирующих изделий с ограниченной нефтеемкостью).

Исходя из расчетов потребности в НСУ, получаем, что минимальное количество НСУ – 2 шт., а также 1 запасной. Таким образом, минимальное количество нефтесборщиков, необходимых для механического сбора нефти – два (основной, запасной или вспомогательный).

Следует отметить то, что каждая единица техники обеспечивает выполнение, как правило, ограниченного количества технологических операций (в большинстве случаев – одной). Поэтому, качественное удаление нефти и нефтепродуктов требует привлечения различного оборудования, специалистов разного уровня, длительного временного периода на выполнение полного цикла задач и является трудоемким процессом. Следствие указанного – удорожание стоимости работ при сборе и утилизации загрязнений с водной поверхности.

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис 70
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Решить указанную проблему возможно на стадии выбора необходимого метода ликвидации и его последующим экономическим обоснованием. Результатом такого подхода может стать совместное использование нескольких методов в едином цикле очистки, представленного в виде алгоритма на рисунке 5.

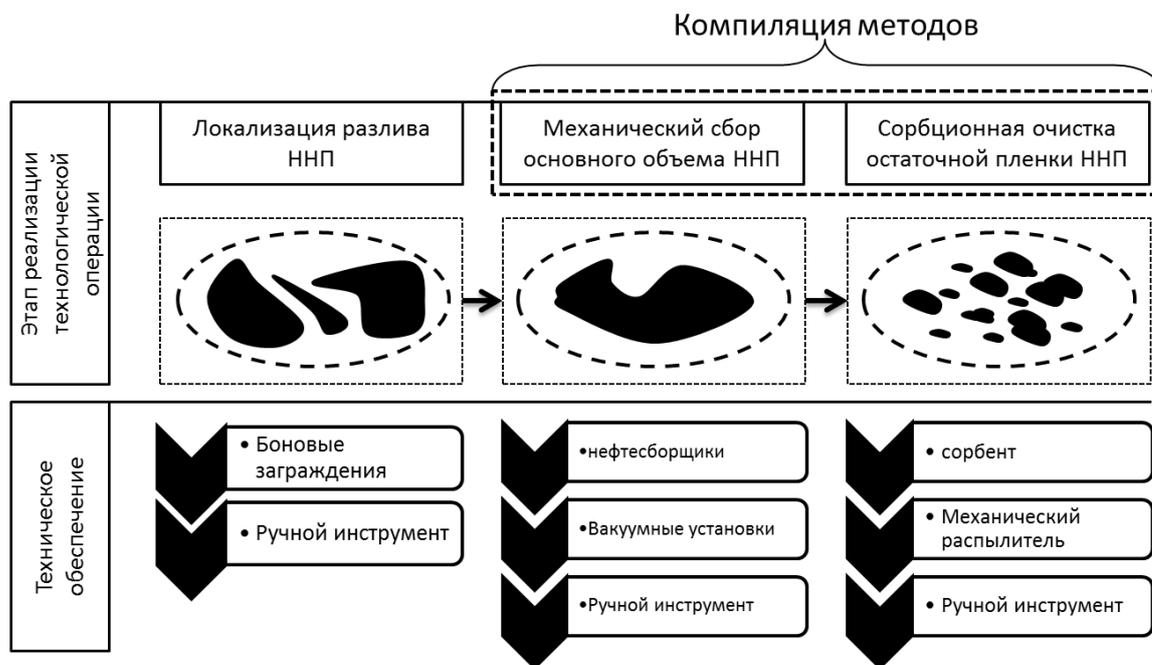


Рисунок 5 - Обобщенная схема локализации и ликвидации аварийных разливов нефти или нефтепродуктов

Для реализации такого алгоритма потребуется разработать проект оборудования, которое позволит сочетать механический и сорбционный методы очистки, снизить трудоемкость процесса и упростить оперативное управление, при условии наличия в его комплектации съемных технических модулей и/или их комбинацию.

					Составление плана ликвидации аварийного разлива нефти и расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дат		71

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВА НЕФТИ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ВОЗНИКШЕГО ПО ПРИЧИНЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ПРОМЫСЛОВОМ ТРУБОПРОВОДЕ

Промысловые нефтепроводы - сложные технические системы, разрушение которых приводит к серьезным экономическим, экологическим и социальным последствиям. Наряду с другими сложными металлоконструкциями, нефтепроводы представляют опасность для обслуживающего персонала, населения и окружающей природы. Повышенную опасность представляют промышленные трубопроводы, пересекающие водные объекты. Это связано с тем, что, при возникновении аварийной ситуации, опасные и вредные свойства нефти и нефтепродуктов могут существенно повлиять на жизнь и здоровье населения, а также на экологический баланс территорий в области лицензионной деятельности предприятий.

В данной работе проведены исследования с целью повышения качества очистки от загрязнения водных объектов, а также повышения уровня их безопасности.

Главная задача, стоящая перед разработчиком, является необходимость обеспечения безопасного проведения работ персоналом, вовлеченным в процесс ЛАРН, а также охрана окружающей среды от вредных факторов и веществ, которые выделяются в процессах взаимодействия нефти и нефтепродуктов с окружающей средой.

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Нечаев Д. А.</i>			Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>					79	119
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук.ООП</i>		<i>Брусник О. В.</i>						

5.1.Производственная безопасность

Аварийный разлив нефти на водной поверхности является опасным производственным объектом, а процесс его ликвидации несет в себе ряд опасностей для персонала, местного населения и окружающей среды. Также не исключена возможность возникновения чрезвычайных ситуаций.

В таблице 11 представлен перечень опасных и вредных производственных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [31].

Таблица 11 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ ликвидации аварийного разлива нефти

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работы в ходе ликвидации аварийного разлива нефти: -установка локализирующих устройств; -монтаж/демонтаж оборудования для сбора загрязняющего нефтепродукта; -пусконаладочные работы; -контроль работы устройств во время сбора нефти; -очистка устройств и рекультивация земли на месте аварии.	- повышенная загазованность воздуха рабочей среды; - влияние температуры окружающей среды - повышенный уровень шума; - недостаточная освещенность рабочей зоны.	- подвижные части производственного оборудования, - разрушающиеся конструкции; - острые кромки, заусенцы на поверхностях оборудования;- - электрический ток; - повышенная температура поверхностей оборудования.	-СанПиН 2.2.4-548-96; ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ; -ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ; -ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ; -СП 52.13330.2011; -ГОСТ 12.2.003-74; -ГОСТ 12.1.007-76; -СН 2.2.4/2.1.8.562-96; -ФЗ 22.07.2013 г. №123; -ГОСТ 30852.19-2002; ГОСТ 12.1.005-88; СНиП 11-4-79; СанПиН 2.2.4.548-96.

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		80

5.2. Анализ выявленных вредных факторов при ликвидации аварийного разлива нефти на водной поверхности

5.2.1. Загазованность парами испарений разлива нефти воздуха рабочей зоны

Как только нефть попадает в водную среду естественных водоемов, она подвергается физико-химическим и биохимическим процессам. Особую опасность представляют пары легких углеводородов и пары сероводорода, содержащиеся и выделяющиеся при испарении нефти.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 и гигиеническими нормативами ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», ПДК для предельных углеводородов C₂-C₁₀ (в пересчете на углерод) в воздухе рабочей зоны: 300 мг/м³ - среднесменная, 900 мг/м³ – максимальная разовая (ПДК метана - 7000 мг/м³). ПДК сероводорода (H₂S) в воздухе в рабочей зоне - 10 мг/м³, в смеси с углеводородами —3 мг/м³.

Для минимизации воздействия данного фактора необходимо организовывать непрерывный контроль газовой среды в ходе проведения работ при помощи специальных устройств. При превышении ПДК составляющих газа работы необходимо приостановить и провести мероприятия по поиску и ликвидации утечек. В зонах работы с превышенными значениями ПДК необходимо использовать соответствующие СИЗ для дыхательных путей (противогазы), а также соблюдать правила безопасности.

5.2.2. Повышенная или пониженная температура воздуха

Повышенные или пониженные температуры воздуха рабочей зоны вредно влияют на организм: ухудшается самочувствие, понижается

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		81

работоспособность. Поэтому режим труда и отдыха при ведении такого вида работ должен соответствовать устанавливаемыми требованиями, которые регламентированы соответствующими нормативными документами.

Так, в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 «Физические факторы производственной среды». Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы» устанавливаются рекомендуемое время пребывания на рабочем месте. Так как, работы, связанные с ликвидацией аварийного разлива нефти, относят к категории работы III, т.е. тяжелые работы, связанные с передвижениями, перемещением тяжестей выше 10 кг. и требующие больших физических усилий (по Приложению 1 к СанПиНу), то время пребывания при превышении температуры воздуха допустимых величин будут соответствовать значениям, указанным в таблице 12.

Таблица 12 - Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч
	III
32,5	-
32,0	-
31,5	-
31,0	-
30,5	1
30,0	2
29,5	2,5
29,0	3
28,5	4
28,0	5
27,5	5,5

Работы при пониженных температурах воздуха проводятся по требованиям, регламентированным СанПиН 2.2.3.1384-03. При температурах $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже работающим должны предоставляться перерывы (минимальная продолжительность от 10 минут и более по усмотрению руководства) для обогрева в специально отведенных помещениях через каждый час работы, при этом время перерыва входит в рабочее время.

Работающие на открытой территории обеспечиваются комплектом средств индивидуальной защиты (СИЗ) от холода с учетом климатического пояса. Теплозащитная специальная одежда и утепленная специальная обувь как средство защиты от холода выдаются работникам по профессии и должностям, предусмотренным Типовыми отраслевыми нормами или соответствующими отраслевыми нормами. При высоких температурах, необходимо соблюдать регламентируемое время пребывания на открытом пространстве и использовать средства защиты от перегрева и солнечных ожогов.

5.2.3. Производственный шум

Ликвидация аварийного разлива нефти происходит в условиях повышенного шумового фона, источником которого являются процессы работы той или иной техники, которая используется в качестве транспорта и для очистки нефти (экскаваторы, нефтесборщики, мотопомпы и др.). Если уровень шума превышает нормированные значения, то он оказывает прямое неблагоприятное воздействие на организм человека и его работоспособность. Согласно ГОСТ 12.1.003-83, нормированный уровень шума для данного вида работ составляет 80 дБ А. Для избежание негативного воздействия шума, рабочему персоналу предоставляются необходимые СИЗ: наушники, беруши и др.

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис 83
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

5.2.4. Освещенность

Недостаточный уровень освещения при выполнении работ влияет на функционирование зрительного аппарата, вызывает усталость центральной нервной системы и негативно сказывается на работоспособности. Работа в ночное время несет с собой особые риски по отношению к рабочему персоналу. Любые ночные работы по очистке загрязнений следует избегать, если нет возможности обеспечить достаточное освещение, так как при плохом уровне освещения достаточно трудно определить разлившийся нефтепродукт, а также высок риск несчастных случаев, связанных со скольжением, спотыканием или падением. Естественное освещение в помещениях и на производственных объектах регламентируется нормами, предусмотренными СНиП 11-4-79 «Естественное и искусственное освещение».

В нефтяной и газовой промышленности для освещения широко применяются лампы накаливания. Это связано с тем, что светильники во взрывобезопасном исполнении выпускаются только для ламп накаливания. Одно из преимуществ таких ламп - большая тепловая инерционность их нитей, что снижает пульсацию светового потока при питании их переменным током промышленной частоты, а также относительно небольшое изменение светового потока к концу срока службы (примерно на 15% от первоначального).

5.3. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности

5.3.1. Механическое травмирование

Подвижные части производственного оборудования, перемещение оборудования при их монтаже и демонтаже, острые кромки и заусенцы на

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промысловом трубопроводе	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		84

поверхностях оборудования и инструмента могут травмировать рабочих. Требования безопасности подробно описаны в ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ [40]. Оборудование производственное. Для предотвращения производственного травматизма лица, задействованные в процессе ликвидации разлива, должны знать и соблюдать технику безопасности при работе с соответствующим оборудованием, применять их только по назначению, а также быть обеспечены необходимыми средствами индивидуальной защиты: рабочая одежда, перчатки, защитные экраны, каска и т. д.

5.3.2. Термическое воздействие

Основную опасность получения термического ожога или ошпаривания представляют предметы, конструкции или материалы, имеющие чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную пламенем или взрывом, а также излучениями источников тепла. В процессе ликвидации разлива нефти к таким источникам относятся нагретые части оборудования, трубопровод и его конструкции, транспортируемый нефтепродукт. Так, например, температура наружной поверхности изоляции промышленного трубопровода согласно СНиП 41-03-2003 "Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов", принимается не более 55°C (температура для изолируемых поверхностей с металлическим покровным слоем, расположенных на открытом воздухе в рабочей или обслуживаемой зоне).

Для уменьшения риска возникновения ожогов, работникам необходимо использовать соответствующие СИЗ, а также провести правильную компоновку рабочей зоны.

5.3.3. Электробезопасность

Опасность поражения электрическим током присутствует при работе с любым электрооборудованием, которое используется

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис 85
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

повсеместно. При ликвидации аварийного разлива нефти к электрической сети подключены источники освещения, установленное на трубопровод оборудование защиты от коррозии, автоматика запорной арматуры. Так же опасность представляют линии электропередачи, так как в основном они проходят вблизи трассы трубопровода. Опасное и вредное воздействия электрического тока на персонал проявляется в виде электротравм или профессиональных заболеваний. Требования, предъявляемые к электробезопасности производственных процессов, подробно описаны в ГОСТ Р 12.1.019.2009 [39].

К основным методам защиты относят: применение защитного ограждения, изоляции, защитного заземления, молниеотводов. Для предупреждения опасности используют специальные плакаты и знаки безопасности. Работающий персонал обязан использовать средства индивидуальной защиты: диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические резиновые коврики и настилы, инструменты с изолированными ручками.

5.4. Экологическая безопасность

При разгерметизации промыслового трубопровода и последующем выходе нефтесодержащей жидкости происходит необратимое взаимодействие компонентов нефти с окружающей средой. Так как разлив подвергается различным внешним биохимическим и физическим воздействиям, составляющие нефтесодержащей жидкости попадают в окружающую среду и тем или иным образом воздействуют на нее.

5.4.1. Анализ воздействия на селитебную зону

Трассы промысловых трубопроводов следует прокладывать, как правило, вне зоны селитебной территории городов и других населенных пунктов, в основном в пределах промышленных, коммунально-складских и

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промысловом трубопроводе	Лис 86
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

санитарно-защитных зон предприятий и по другим территориям, свободным от жилой застройки.

Руководствуясь СНиП 2.05.13-90 «Нефтепродуктопроводы, прокладываемые на территории городов и других населенных пунктов», выбор трассы трубопровода следует выбирать из обеспечения надежности трубопровода, предотвращения возможного проникновения нефтепродуктов в селитебные зоны, а также возможности подъезда транспортных и ремонтных машин к любому участку трубопровода для проведения требуемых работ.

В зоне селитебной территории допускается прокладка трубопроводов при условии, что рабочее давление не должно превышать 1,2 МПа, а участок трубопровода укладывается в защитный кожух.

Расстояния от трубопроводов до зданий, сооружений и инженерных сетей следует принимать в зависимости от условий пролегания трассы и необходимости обеспечения безопасности (таблица 13)

Таблица 13 - Расстояние от трубопроводов до зданий, сооружений и инженерных сетей в зависимости от условий пролегания трассы

№ п/п	Здания и сооружения	Минимальные расстояния по горизонтали в свету, м
1	Общественные здания и сооружения; жилые здания в три этажа и более	50
2	Жилые здания в один и два этажа; автозаправочные станции; электроподстанции; кладбища; мачты (башни) и сооружения многоканальной радиорелейной связи; телевизионные башни; теплицы; склады различного назначения	20
3	Территории промышленных и сельскохозяйственных (фермы, тока, загоны для скота, силосные ямы) предприятий; дачи; садовые домики; индивидуальные гаражи при числе боксов свыше 20; путепроводы железных и автомобильных дорог; канализационные сооружения	15

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		87

Для исключения возможности повреждения трубопроводов (при любом виде их прокладки) устанавливаются охранные зоны вдоль трасс трубопроводов, транспортирующих нефть, природный газ, нефтепродукты, нефтяной и искусственный углеводородные газы. Охранные зоны представляют собой участок земли, ограниченный условными линиями, проходящими в 25 метрах от оси крайнего трубопровода с каждой стороны в соответствии с пунктами СП 36.13330.2012 «СНиП 2.05.06-85* Магистральные трубопроводы» и СП 34-116-97 «Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промышленных нефтегазопроводов».

5.4.2. Анализ воздействия объекта на атмосферу

Особое внимание стоит уделить процессу испарения, который приводит к образованию нефтяных паров, негативно влияющих на состояние персонала, задействованного в процессе ликвидации аварийной ситуации. При большом содержании углеводородов в воздухе (более 20 %) возникает недостаток кислорода, что провоцирует удушье, отравление, возможно, даже к летальным исходам. Так же стоит отметить, что эксплуатация оборудования, используемого в процессе ликвидации разлива нефти, сопровождается неизбежными выбросами вредных веществ в атмосферу. Поэтому воздействие разлива нефти на атмосферу обусловлено токсичностью природных углеводородов и сопутствующих им химических соединений.

5.4.3. Анализ воздействия объекта на гидросферу

Компоненты разлива нефти, имеющие низкий молекулярный вес легко испаряются, а более тяжелые оседают на дно водоема. Большая часть разлива распространяется на водной глади, образуя олеофильную пленку, которую достаточно трудно удалять. Так же колебания воды и течения

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис 88
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

смешивают нефть с водой в результате чего образуется водо-нефтяная эмульсия, которая не будет растворяться, что также затрудняет процесс ликвидации и очистки.

При разливе нефти наибольшую опасность представляет распространение ее на больших площадях, приводящее к необратимому нарушению экологического баланса и делающее невозможным в дальнейшем нормальное функционирование биологических систем. Пороговые концентрации для большинства нефти, ее составляющих и нефтепродуктов составляют 0,1 - 0,3 мг/л в соответствии с РД 52.24.476-2007 «Массовая концентрация нефтепродуктов в водах».

5.4.4. Анализ воздействия объекта на литосферу

При разливе нефти и попадании ее на почву начинаются процессы деградация растительного покрова, изменяются водно-физические свойства и структура почв, происходит просачивание нефтепродуктов из почв в подземные и поверхностные воды. В конечном итоге почва принимает формы химического загрязнения, опустынивания, заболачивания и т.д.

Для условий современной России для характеристики разной степени техногенной загрязненности почвогрунтов рекомендуют уже следующие пороговые уровни концентрации нефтепродуктов (таблица 14).

Таблица 14 – пороговые уровни концентрации нефти в почвогрунтах

Уровень загрязнения	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
Допустимый	< ПДК
Низкий	1000...2000
Средний	2001...3000
Высокий	3001...5000
Очень высокий	> 5000

По глубине проникновения нефтепродукта различают следующие типы загрязненных почв, представленные в таблице 15.

Таблица 15 - Классификация загрязненности почвы по глубине проникновения нефтепродукта

Глубина проникновения нефти, м	Классификация загрязненности
Менее 0,15	Поверхностное замазучивание
0,15... 0,30	Мелкопрофильное замазучивание
0,30... 0,60	Среднепрофильное замазучивание
Более 0,60	Глубокопрофильное замазучивание

В природных средах, незагрязненных нефтью и нефтепродуктами, фоновое содержание естественных углеводородов может колебаться от 0,01 до 1–2 мг/дм³. При содержании углеводородов в почвогрунтах от 2 до 100 мг/дм³ нефтепродукты не оказывают заметного вредного влияния на окружающую среду. Техногенное загрязнение нефтью может достигать 100 г/дм³ и более.

О присутствии нефтепродуктов в грунтовых водах судят по наличию или отсутствию характерного запаха. Пороговые значения запаха составляют для бензола 1–10 мг/л, для бензина 0,001–0,01 мг/л, для дизельного топлива 0,001– 0,01 мг/л, для керосина 0,01–0,1 мг/л в соответствии с ГОСТ 17.4.3.06-86 «Охрана природы. Почвы».

5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Авария на промышленном трубопроводе характеризуется одним из признаков или их совместным действием:

- смертельным травматизмом людей;
- травмированием людей с потерей трудоспособности;
- воспламенением нефти или взрывом её паров
- загрязнением рек, водоемов и водотоков сверх пределов,

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис 90
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

установленных стандартом на качество воды;

- утечками нефти объемом 10 м³ и более.

Существуют следующие наиболее распространенные ситуационные модели опасных ЧС на нефтепроводе:

- разрыв на участке или отводе на нефтебазу, утечка нефтепродукта с выходом на рельеф местности;

- выход нефтепродукта из-под сальниковых трещин, свищей запорной арматуры или нефтепродуктопровода с последующим возгоранием;

- несанкционированная врезка в трубопровод;

Время локализации разлива нефти и нефтепродуктов, которое не должно превышать 4 часов при разливе в акватории и 6 часов - при разливе на почве. Классификация нефтяных разливов в законодательстве РФ прямо зависит от объёма и территории загрязнения. Применительно к разливам нефти в пресных водах существует следующая классификация:

1. Локальные разливы – утечка до 100 тонн нефти;
2. Муниципальные разливы – утечка от 100 до 500 тонн нефти;
3. Территориальные разливы – утечка от 500 до 1000 тонн нефти;
4. Региональные разливы – утечка от 1000 до 5000 тонн нефти;
5. Разливы федерального значения – утечка свыше 5000 тонн нефти.

При произошедшей ЧС необходимо, в первую очередь, при получении информации об аварии, остановить перекачку по поврежденному участку трубопровода и принять меры по отключению электроснабжения аварийного участка. С момента получения сигнала об аварии должно быть организовано выполнение мероприятий плана ликвидации аварий, которые в основном осуществляются в 3 этапа:

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис 91
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

1. Поиск места аварии, определение характера аварии.

Производится классифицирование экологического ущерба, принимаются действия по соответствующему сценарию ликвидации и последующей очистке мест загрязнения. Важную роль в этом процессе играет быстрое и своевременное реагирование и предотвращение распространения нефти.

2. Доставка персонала и технических средств к месту производства восстановительных работ.

До начала проведения аварийно-восстановительных работ, ответственным руководителем должны быть уточнены и доведены до сведения каждого работника конкретные обязанности, объемы и сроки предстоящих работ, меры техники безопасности и пожарной безопасности, а так же действия на случай возможных обвалов, наводнений, и др. опасных явлений.

3. Организация и выполнение аварийно-восстановительных работ на трубопроводе.

Выполнение работ производится при помощи специальных инструментов и средств. Для локализации разлива и устранения неблагоприятного растекания нефти используют боновые заграждения и подпорные стенки. После предотвращения распространения с помощью различных средств технического характера, управляемых профессионалами, идёт стадия очистки как самого локализованного загрязнения, так и его последствий. Для этого используется механические нефтесборщики, специальные средства сбора (сорбенты, диспергенты) и шанцевый инструмент.

Во время выполнения работ территория, залитая нефтепродуктом, необходимо обозначить сигнальными знаками (красными флажками, лентами, плакатами). Проезд транспорта (кроме необходимого) запрещен.

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис 92
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Запрещено применение открытого огня на объектах ликвидации, которые могут попасть в зону повышенной загазованности.

При возникновении неисправности оборудования, рабочего инвентаря и инструмента, работник должен немедленно прекратить работу и сообщить руководителю работ. При производстве работ по ликвидации аварии работник должен соблюдать требования по охране труда по видам выполняемых работ. При несчастном случае необходимо немедленно освободить пострадавшего от воздействия травмирующего фактора, оказать ему первую медицинскую помощь и сообщить о несчастном случае руководителю работ.

5.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.6.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с нормативными документами, к работам, связанным с ликвидацией аварийного разлива нефти, допускаются лица, достигшие 18 – летнего возраста, которые прошли медицинское освидетельствование и не имеют противопоказаний, обученные безопасным методам ведения работы, прошедшие инструктаж на рабочем месте и получившие допуск к самостоятельной работе. Все работники обязаны использовать спецодежду, спецобувь, иные средства индивидуальной защиты в соответствии с установленными нормами.

Рабочий персонал, в соответствии с федеральным законом от 28.12.13 № 426 – ФЗ «О специальной оценке условий труда», ст. 147 ТК РФ и ст. 117 ТК РФ, получает надбавку к заработной плате в размере не менее 4% от оклада и дополнительный оплачиваемый отпуск в размере 7 календарных дней, как работники занятые на работах с вредными или опасными условиями труда.

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис 93
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Работники имеют право на досрочную пенсию, а работодатель обязан перечислять повышенные взносы в пенсионный фонд.

5.6.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Для наиболее безопасного и эффективного процесса ликвидации участок проведения работ необходимо правильно обустроить. Это касается расположения оборудования и техники для сбора загрязнения, машин, пунктов отдыха и обогрева. Все механизмы и оборудование в рабочей зоне устанавливаются в соответствии с РД 153-112-014-97 «Инструкция по ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепродуктопроводах» на безопасных расстояниях.

Размеры площадок определяются в зависимости от габаритов механизма, запаса устойчивости площадки на уклоне, условий обслуживания таким образом, чтобы во всех случаях от крайних габаритных точек до конца площадки со всех сторон было не менее 1 м.

В слабых грунтах и топких местах должен быть устроен настил из бревен, брусьев, инвентарных щитов или сланей таким образом, что бы общая нагрузка технических средств на настил не превышала расчетной величины, а инвентарных покрытий - паспортных данных.

Площадка проведения ремонтных работ должна быть очищена от нефтепродукта в радиусе 15 м путем снятия плодородного верхнего слоя почвы, при этом снятый слой необходимо перенести во временный отвал для дальнейшей технической и биологической рекультивации. Глубина снятия определяется по ГОСТ 17.5.3.06-85 «Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ».

До начала работ по ликвидации аварий на горных участках трубопроводов руководитель работ должен осмотреть зону производства

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис 94
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

АВР и принять меры по обеспечению безопасности работ.

Разработку грунта в непосредственной близости от действующих подземных коммуникаций следует выполнять в соответствии с п. 4.4, 4.10 РД 153-112-014-97 «Инструкция по ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепродуктопроводах». Необходимо пользоваться инструментом, исключающим искрообразование.

После окончания аварийно-восстановительных работ должна быть проведена очистка рабочей зоны и рекультивация земель, поврежденных в результате аварии согласно РД 39-0147103-365-86 «Инструкция по рекультивации земель, загрязненных нефтью».

					Социальная ответственность при ликвидации разлива нефти на водной поверхности, возникшего по причине аварийной ситуации на промышленном трубопроводе	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		95

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

6.1. Расчет продолжительности выполнения работ

Необходимо выполнить ликвидацию аварийного разлива нефти, произошедшего на участке промыслового трубопровода, посредством использования компиляции способов сбора и очистки нефти: механическим сбором нефти нефтесборщиком с доочисткой разлива при помощи сорбента.

Срок выполнения работ при ликвидации такого разлива определяется на основании опыта устранения результатов разлива на аналогичных объектах.

В ходе подготовительного этапа осуществляются работы, связанные с доставкой техники к месту аварии. Далее производятся работы по установке боновых заграждений, налаживанию работы нефтесборщиков, компоновка рабочей зоны производства работ ликвидации. Далее производят непосредственно сам процесс очистки и сбора нефти. Последний этап представляет собой рекультивацию места загрязнения, вывоз техники и персонала с места работ. В таблице 16 представлен состав бригады рабочих, которые задействованы в процессе ликвидации, в таблице 17 - временные нормы выполнения основных видов работ.

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промыслового трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Нечаев Д. А.				96	119	
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.				ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук.ООП</i>		Брусник О. В.						

Таблица 16 – Состав рабочей бригады

Должность	Разряд	Количество человек
Мастер	10	1
Трубопроводчик – линейный	5	2
Машинист бульдозера	5	1
Машинист экскаватора	4	1
Водитель	4	1

Таблица 17 – Временные нормы выполнения работ

Вид работ	Объем работ		Продолжительность работ, часов	Состав бригады
	Кол-во	Ед. изм.		
Доставка бригады и необходимой техники к месту проведения работ по ликвидации	1	шт.	2	6 чел.
Выгрузка нефтесборщика, емкостей, БЗ, катера, лебедок, тросов, береговых якорей	1	шт.	1	5 чел.
Разработка места проведения работ, укладка понтонов, сланей.	100	м ³	2	5 чел.
Установка емкостей	1	шт.	5	2 чел.
Установка боновых заграждений, согласно расчетам, крепление береговым якорем на берегу и натяжение лебедкой	50	п.м.	2	3 чел.
Спуск на воду нефтесборщиков СЩ – 10М	1	шт.	1	4 чел.
Распыление сорбента	20	кг.	4	2 чел.
Сбор поступающей нефти в емкость с последующей закачкой в амбар или нефтепровод	1	шт	8	3 чел.
ИТОГО			25 часов	

Вследствие параллельного выполнения некоторых видов работ для более корректного отображения рабочего процесса представлен линейно-календарный план выполнения работ (рисунок 10).

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис 97
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Наименование вида работ	Продолжительность работ, часов	Время исполнения работ							
		8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	
Доставка бригады и необходимой техники к месту проведения работ по ликвидации	2	■							
Выгрузка нефтесборщика, емкостей, БЗ, катера, лебедок, тросов, береговых якорей	1			■					
Разработка места проведения работ, укладка понтонов, сланей.	2			■					
Установка емкостей	5			■					
Установка боновых заграждений, согласно расчетам, крепление береговым якорем на берегу и натяжение лебедкой	2				■				
Спуск на воду нефтесборщиков СЩ – 10М	1					■			
Распыление сорбента	4						■		
Сбор поступающей нефти в емкость с последующей закачкой в амбар или нефтепровод	8			■					

Рисунок 10 - Линейный календарный план проведения работ по ликвидации разлива нефти

6.2. Расчет затрат на оплату труда

Затраты на оплату труда при ликвидации аварийного разлива нефти включают в себя затраты на оплату труда рабочего персонала при проведении технологических операций по очистке загрязнения. Надбавки и доплаты к заработной плате, которые реализуются на данном предприятии, указаны в таблице 18. В таблице 19 представлены тарифные ставки, по которым производится начисление заработной платы на данном предприятии.

Таблица 18 – Надбавки и доплаты к заработной плате

Наименование надбавки	Коэффициент
Районный коэффициент	1,5
Доплата за вредные условия труда	1,1
Доплата за вахтовый метод работы	1,25
Доплата за время нахождения в пути	1,1

Таблица 19 – Тарифные ставки на предприятии

Наименование специальности	Тарифная ставка (руб/час)
Мастер	135
Машинист экскаватора/бульдозера	140
Трубопроводчик линейный	120
Водитель	90

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		98

В соответствии с данными таблиц по формуле (29), проведём расчет заработной платы для трубопроводчика линейного:

$$ЗП_{ч} = T \cdot RK \cdot ДВ \cdot ВП \cdot ВР, \quad (29)$$

где $T_{ч}$ – часовая тарифная ставка;
 RK – районный коэффициент;
 $ДВ$ – доплата за вредные условия труда;
 $ВП$ – доплата за время нахождения в пути;
 $ВР$ – доплата за вахтовый метод работы.

$$ЗП_{ч} = 110 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,25 = 246,9 \text{ руб/час},$$

Количество трубопроводчиков линейных составляет 2 с продолжительность рабочего дня 12 часов, итого:

$$ЗП = ЗП_{ч} \cdot T \cdot q = 246,9 \cdot 2 \cdot 12 = 5925,6 \text{ руб.}, \quad (30)$$

где $ЗП_{ч}$ – часовая зарплата одного работника;
 T – время работы;
 q – количество монтажников.

Расчет заработной платы остального рабочего персонала производится аналогично. Результаты расчета и суммарный фонд заработной платы представлен в таблице 20. В таблице 21 представлены затраты на командировочные расходы.

Таблица 20 – Заработная плата рабочего персонала

№ п/п	Наименование специальности	Количество	Тарифная ставка (руб/час)	Количество часов	Итого (руб)
1	Мастер	1	135	12	6 450
2	Машинист экскаватора/бульдозера	2	140	8	6 978,5
3	Трубопроводчик линейный	2	120	12	5 925,6
5	Водитель	1	90	8	4 826
Всего (ФЗП)		6	-	-	24 180,1

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис 99
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Таблица 21 – Затраты на командировочные расходы рабочих

Наименование параметра		Ед. изм.	Значение
Продолжительность смены		Час.	12
Состав бригады		Чел.	6
Продолжительность производства работ	Мастер	дн.	2
	Машинист экскаватора/бульдозера	дн.	2
	Трубопроводчик линейный	дн.	2
	Водитель	дн.	2
Суточная норма		руб./день	550
Суточная стоимость проживания		руб./день	600
Суточные на всех работников		руб.	3300
Стоимость проживания всех работников		руб.	3600
Итого:		руб.	13800

6.3. Отчисления на социальные нужды

Отчисления на единый социальный налог осуществляется в размере 30% от всего (ФЗП) фонда заработной платы. На 2018 год при оплате ЕСН плательщик должен перечислить в фонды следующие проценты:

- 22% в Пенсионный Фонд;
- 2,9% в Фонд социального страхования;
- 5,1% в Фонд медицинского страхования.

Итого ЕСН составляет: 30,0%.

Согласно сводному отчёту по заработной плате (таблица 17) фонд заработной платы (ФЗП) составляет 16335 руб. Рассчитаем сумму каждого отчисления. Отчисление в Пенсионный фонд составляют:

$$З_{пф} = З_{фзп} \cdot 0,22 = 24\,180,1 \cdot 0,22 = 3593,7 \text{ руб.}$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		100

Отчисление в Фонд социального страхования (ФСС)

составляют:

$$З_{фсс} = З_{фзп} \cdot 0,029 = 24\,180,1 \cdot 0,029 = 473,7 \text{ руб.}$$

Отчисление в Фонд медицинского страхования (ФМС) составляют:

$$З_{фмс} = З_{фзп} \cdot 0,051 = 24\,180,1 \cdot 0,051 = 833,1 \text{ руб.}$$

Общие отчисления на единый социальный налог (ЕСН)

составляют:

$$З_{есн} = З_{фзп} \cdot 0,3 = 24\,180,1 \cdot 0,3 = 4900,5 \text{ руб.}$$

6.4. Затраты на материалы

Работы, связанные с ликвидацией аварийного разлива нефти, являются сложным, материалоемким и трудоёмким процессом. Помимо заработной платы, они включает затраты на материалы и на спецтехнику. Затраты на материальные ресурсы представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Затраты на материальные ресурсы

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Общее кол-во	Цена, руб.
1	Насосы: НЦС/ПНУ100/200.	шт.	1	15000
2	Боновые заграждения для локализации	м.	50	20000
3	Емкости для хранения: Разборный резервуар 4 м ³	шт.	1	10000
4	Нефтесборщики: Скиммер щеточный СЦ-10М	комп.	1	160000
5	Установка по сжиганию отходов «Факел»	шт.	1	50000
	Сорбент нефти и нефтепродуктов «ИРВЕЛЕН»	кг.	20	2000
	Руной инструмент: Скребок для снятия пленки	шт.	2	1500
	Итого			258500

6.5. Затраты на спецтехнику

Доставка техники и оборудования на место аварии осуществляется

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		101

по грунтовой дороге, соединяющей месторождения. В зимний период времени года базовая норма расхода (с перерасчетом на литр) увеличивается на 12%. В расчете затрат на спецтехнику включены затраты на доставку техники к месту аварии и её работе в период локализации и ликвидации аварии. В качестве сравнения, также приведены затраты на спецтехнику при патрулировании трассы трубопровода. Стоимость 1 литра дизельного топлива принята 30 рубля за литр.

Таблица 23– Расчет затрат на спецтехнику при проведении работ

Марка а/м.	Базовая норма (литр)	Расход ГСМ (литр)		Затраты в рублях	
		Летний период времени года	Зимний период времени года	Летний период времени года	Зимний период времени года
1	2	3	4	5	6
Автобус вахтовый НЕФАЗ высокой проходимости (6х6) Нефаз 4208-03	42/47,04	31	84	992	2688
УАЗ 2206	17/19	11,07	12,35	358,4	395,2
Затраты ГСМ на патрулирование трассы составят:		42,07	96,35	1350,4	3083,2
Татра-815 тягач 4-осный (для перевозки экскаватора KOMATSU PC-200-6)	64/71,68	91,48	99,16	2927,36	3173,12
Экскаватор KOMATSU PC-200-6	55/61,60	78,28	84,88	2504,96	2716,16
Автобус вахтовый НЕФАС высокой про-ходимости (6х6) Нефаз 4208-03	42/47,04	31	84	994	2688
КАМАЗ-43118 ПНУ-2	41/45,92	26,65	29,38	852,8	940,16
Пожарный автомобиль УРАЛ-4320 АЦ-40	37/41,44	24,05	126,94	769,6	4062,08
Болотоходная техника повышенной проходимости Газ-71	32/35,8 4	20,8	23,3	665,6	745,6
УАЗ 2206	17/19	11,07	12,35	358,4	395,2
Затраты ГСМ на ликвидацию аварии составят:		283,33	460,01	9072,72	14720,32

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис 102
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

В соответствии с получившимися результатами можно сделать вывод, что затраты на спецтехнику при ликвидации аварийного разлива нефти во много раз превосходят затраты при патрулировании трассы приходится наименьшие затраты.

6.6. Затраты на амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления определяются исходя из балансовой стоимости основных фондов, исходя из годовых норм амортизации. Величина амортизационных отчислений напрямую зависит от следующих составляющих: это нормы амортизации, указанные в нормативных документах, и количество денежных средств, которые потрачены на приобретение данного вида оборудования (если их несколько, то суммарные затраты на приобретение). Расчет амортизационных отчислений приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Количество	Балансовая стоимость, руб.	Годовая норма амортизации, %	Сумма амортизации, руб./смену
Насосы: НЦС/ПНУ100/200.	1 шт.	15000	33	13,6
Боновые ограждения для локализации	50 м	20000	20	11,0
Разборный резервуар 4 м ³	1 шт.	10000	20	5,5
Скиммер щеточный СЩ-10М	1 шт.	160000	10	43,8
Установка по сжиганию отходов «Факел»	1 шт.	50000	10	13,7
Татра-815 тягач 4-осный (для перевозки экскаватора KOMATSU PC-200-6)	1 шт.	2 868 000	10	785,8
Экскаватор KOMATSU PC-200-6	1 шт.	2 125 500	10	582,3
Автобус вахтовый НЕФАС высокой про-ходимости (6х6) Нефаз 4208-03	1 шт.	1 150 000	10	315,1

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис 103
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Окончание таблицы 24

КАМАЗ-43118 ПНУ-2	1 шт.	1 580 000	10	432,9
Пожарный автомобиль УРАЛ-4320 АЦ-40	1 шт.	1 650 000	10	452,1
Болотоходная техника повышенной проходимости Газ-71	1 шт.	2 667000	10	730,7
УАЗ 2206	1 шт.	195 610	10	53,6
ИТОГО				3439,9

6.7. Оценка ущерба окружающей природной среде, подлежащего компенсации, от загрязнения нефтью водных объектов

Расчет ущерба Y_B окружающей природной среде от загрязнения водных объектов нефтью при аварийных разливах произведем по формуле:

$$Y_B = K_{\text{и}} \cdot K_{\text{э.в.}} \cdot H_{\text{б.в.}} \cdot M_y, \quad (31)$$

где $K_{\text{и}} = 6$ – коэффициент инфляции [55];

$K_{\text{э.в.}} = 1,2$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния, определенный по таблице 25;

Таблица 25 - Коэффициенты K_3 экологической ситуации и экологической значимости территории.

Экономические районы Российской Федерации	K_3
Северный	1,4
Северо-Западный	1,3
Центральный	1,6
Волго-Вятский	1,5
Центрально-Черноземный	2,0
Поволжский	1,9
Северо-Кавказский	1,9
Уральский	1,7
Западно-Сибирский	1,2
Восточно-Сибирский	1,1
Дальневосточный	1,1

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис 104
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

$H_{б.в.} = 5510$ руб/т – базовый норматив платы за сброс 1,0 т нефти в поверхностный водный объект в пределах установленного лимита, определенный согласно документа [22];

$M_y = 8711,6$ кг = 8,7 т – масса нефти, причинившая ущерб и принимаемая для платы за загрязнение водного объекта при авариях на трубопроводах.

Рассчитаем ущерб U_B окружающей природной среде от загрязнения водных объектов нефтью при аварийных разливах:

$$U_B = K_{и} \cdot K_{э.в.} \cdot H_{б.в.} \cdot M_y =$$

$$= 6 \cdot 1,2 \cdot 5510 \cdot 8,7116 = 287\ 622 \text{ руб}$$

6.8. Сводная смета затрат на реконструкцию узла очистки газа

На основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на проведение ликвидации аварийного разлива нефти. Расчет общей сметы затрат произведен с использованием ресурсного метода, то есть с использованием калькулирования ресурсов в соответствии с ценами и тарифами, актуальными на данный момент. Сводная смета затрат приведена в таблице 26.

На рисунке 11 приведена диаграмма структура сметного расчёта из которой видим, что затраты на материалы и оборудование составляют наибольшую часть, так же наравне как и затраты на компенсацию ущерба окружающей среды. Из этого следует, что усовершенствование и модернизация методов и способов удаления нефтезагрязнения являются актуальными, так как с модернизацией оборудования сократится количество используемой техники и общая сумма затрат.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		105

Таблица 26 – Сводная смета затрат

№ п/п	Наименование	Наименование работ	Единицы измерения	Результат
2	Затраты на материалы и оборудование	Насосы: НЦС/ЛНУ100/200.	руб.	15000
		Боновые заграждения для локализации		20000
		Емкости для хранения: Разборный резервуар 4 м ³		10000
		Нефтесборщики: Скиммер щеточный СЦ-10М		160000
		Установка по сжиганию отходов		50000
		Сорбент нефти и нефтепродуктов «ИРВЕЛЕН»		2000
		Руной инструмент: Скребок для снятия пленки		1500
3	Затраты на доставку рабочего персонала и спецтехнику	Затраты на перевозку рабочего персонала	руб.	9072,72
4	Затраты на оплату труда	Мастер	руб.	6 450
		Машинист экскаватора/бульдозера		6 978,5
		Трубопроводчик линейный		5 925,6
		Водитель		4 826
5	Затраты на командировочные расходы рабочим	Суточные расходы	руб.	13800
Затраты на материалы и оборудование			руб.	258500
Затраты на доставку рабочего персонала и спецтехнику				9072,72
Затраты на оплату труда				24 180,1
Затраты на командировочные расходы рабочим				13800
Отчисления на социальные нужды				4900,5
Затраты на амортизационные отчисления				3439,9
Затраты компенсации ущерба окружающей природной среде				287 622
Общая стоимость работ			руб.	601 515,22

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		106

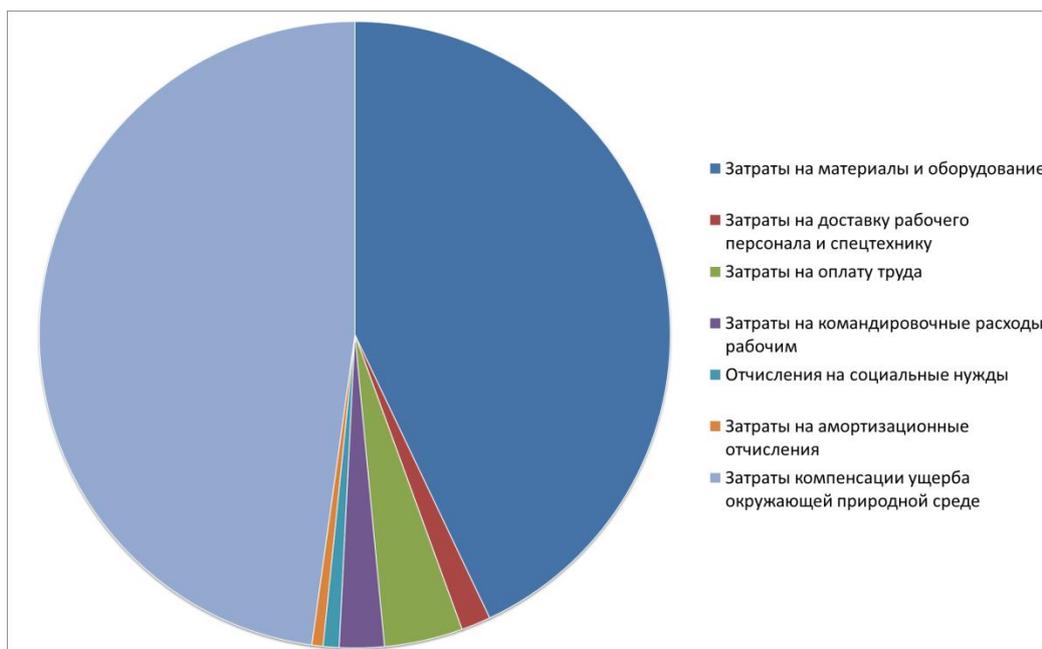


Рисунок 11 - Структура сводной сметы затрат

6.9. SWOT-анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ проекта с позиции четырех критериев оценки: Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности, Threats – угрозы.

В таблице 27 представлена матрица SWOT, составленная для проекта модели комбинированного устройства для сбора нефти с водной поверхности.

Оценка сильных и слабых сторон объекта исследования по отношению к возможностям и угрозам извне определяет наличие стратегических перспектив и возможностей их реализации. При этом будут возникать препятствия (угрозы), которые необходимо устранить, либо внедрять альтернативные методы.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		107

Таблица 27 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: Уменьшение времени ликвидации Увеличение производительности устройств	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Необходимость затрат на дополнительное оборудование Крупногабаритность
Возможности: Повышенная эффективность очистки Снижение времени реагирования и ликвидации	Поиск решений для снижения себестоимости Реконструкция имеющегося оборудования	Приобретение необходимого оборудования
Угрозы: Введение дополнительных требований для оборудования данного типа; Последующая экономическая невыгодность проекта	Постоянное отслеживание изменений в нормативной документации	Переквалификация рабочего персонала Приобретение необходимого оборудования

6.9. Вывод

Был проведен технико – экономический расчет, необходимый для учета всех затрат на проведение процесса ликвидации аварийного разлива нефти при разрушении промыслового трубопровода с выходом нефтепродукта на водную поверхность. Расчет затрат выполнен с использованием цен и тарифов, которые актуальны на данный момент.

После проведенного анализа можно утверждать, что затраты на ликвидацию аварийного разлива нефти имеют достаточно высокую стоимость, так как для выполнения такого вида работ необходимо наличие большого количества спецтехники и оборудования. Из этого следует, что усовершенствование и модернизация методов и способов удаления нефтезагрязнения являются актуальными, так как внедрение новых видов оборудования позволит сократить количество используемой техники и общие суммы затрат на очистку загрязнения.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		108

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы:

1) на основе аналитического обзора установлено, что для обеспечения быстрой и качественной очистки водной поверхности требуется комбинирование методов и разработка новых технических устройств, позволяющих сократить время на ликвидационные мероприятия;

2) из исходных данных по условиям эксплуатации подводного перехода промыслового трубопровода рассчитана необходимая толщина стенки, при которой не произойдет его аварийное разрушение ($\delta = 5$ мм);

3) при несоблюдении указанных условий на основе имитационного моделирования аварийной ситуации определен объем вылившейся нефти на водную поверхность ($V = 10,98$ м³);

4) составлен план ликвидации аварийного разлива нефти и проведен расчет достаточных средств, необходимых для выполнения операций по удалению загрязнения с водной поверхности (2 нефтесборщика типа СЩ-1М, 23,23 кг сорбента «ИРВЕЛЕН», общая длина боновых заграждений не менее 20 м.);

5) предложена модель устройства комбинированного типа для сбора нефти с водной поверхности, которое позволит за счет комбинирования этапов ликвидации сократить время проведения мероприятий.

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промыслового трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		Нечаев Д. А.			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.				109	119	
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук.ООП</i>		Брусник О. В.						

Список использованных источников

1. Правила организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 15.04.02 № 240. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.03.2018).

2. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2002 г. N 240 "О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.04.2018).

3. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 3 марта 2003 г. № 156 «Об утверждении указаний по определению нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийного разлива к чрезвычайной ситуации». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.03.2018)

4. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Ростехнадзор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru> (дата обращения 25.02.2018).

5. Годовой отчет о результатах деятельности Сибирского управления Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2017 год. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://usib.gosnadzor.ru/about/reports/> (дата обращения 15.01.2018).

6. РД 09-398-01 «Методические рекомендации по классификации

					Ликвидация аварийного разлива нефти с водной поверхности при эксплуатации промышленного трубопровода			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Нечаев Д. А.</i>			Список использованных источников	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>					110	119
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 2Б4Б		
<i>Рук.ООП</i>		<i>Брусник О. В.</i>						

аварий и инцидентов на опасных производственных объектах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности» 31.01.2001. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.03.2018).

7. Постановление Правительства РФ от 21 августа 2000 г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов». [Электронный ресурс]. – режим доступа стр.: <http://base.garant.ru/12120494/> (дата обращения 01.03.2018).

8. ФЗ 116. О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями на 7 марта 2017 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 15.02.2018).

9. Проект Приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации промысловых трубопроводов» (подготовлен Ростехнадзором 18.05.2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.03.2018).

10. Руководство по безопасности «Методические рекомендации по классификации техногенных событий в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса» (приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 24.01.2018 г. N29) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.03.2018).

11. Уроки, извлеченные из аварий. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (дата обращения 10.04.2018).

					Список использованных источников	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		111

12. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 3 марта 2003 г. № 156 «Об утверждении указаний по определению нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийного разлива к чрезвычайной ситуации». [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.03.2018).

13. РД 09-398-01 «Методические рекомендации по классификации аварий и инцидентов на опасных производственных объектах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности» 31.01.2001. [Электронный ресурс]. – режим доступа стр.: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.03.2018).

14. Allen A. A. et al. The use of controlled burning during the Gulf of Mexico Deepwater Horizon MC-252 oil spill response //International Oil Spill Conference Proceedings (IOSC). – American Petroleum Institute, 2011. – Т. 2011. – №. 1. – С. abs194.

15. Fay JA. Physical Process in the Spreading of Oil Water Surface Prevention and Control of Oil Spills. API. Washington, 1970. – 347 p.

16. Paulauskienė T., Jucikė I. Aquatic oil spill cleanup using natural sorbents //Environmental Science and Pollution Research. – 2015. – V. 22. – №. 19. – p. 14874-14881

17. Пашаян, А.А. Проблемы очистки загрязненных нефтью вод и пути их решения / А.А. Пашаян, А.В. Нестеров // Экология и промышленность России - май 2008. - С.32 - 35.

18. ISGOTT – International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. Fifth Edition. – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 1998. – 104 с.

19. РД 153-39.4-073-0 «О введении в действие типового плана ликвидации возможных аварий на магистральных нефтепродуктопроводах» 06.06.2001. . [Электронный ресурс]. – режим

					Список использованных источников	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		112

доступа стр.: <http://docs.cntd.ru/document/901808271> (дата обращения 01.03.2018).

20. План ликвидации аварий на межпромысловом нефтепроводе «Майское НМ – Ай-Кагальское НМ – ПСП на Лугинецком НГКМ» ООО «Норд Империл», Томск, 2013 г.

21. СП 34-116-97 Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промысловых нефтегазопроводов. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200003430> (дата обращения: 20.02.18).

22. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995). [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://legalacts.ru/doc/metodika-opredelenija-ushcherba-okruzhaiushchei-prirodnoi-srede-pri/> (дата обращения 15.01.2018).

23. РД 153-39.4-074-01. Инструкция по ликвидации аварий и повреждений на подводных переходах магистральных нефтепродуктопроводов. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://base.safework.ru/law?doc&nd=33308422&nh=0&ssect=0> (дата обращения 10.04.2018).

24. РД 39-00147105-006-97 «Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов». [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: http://snipov.net/c_4684_snip_102120.html (дата обращения 15.04.2018).

25. РД 153-39.4Р-125-02 «Табель оснащения нефтепроводных предприятий ОАО АК Транснефть техническими средствами для ликвидации аварийных разливов нефти на подводных переходах магистральных нефтепроводов» 2002 года. [Электронный ресурс]. – режим

					Список использованных источников	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		113

доступа к стр.:
http://snipov.net/database/c_4162967195_doc_4293836517.html (дата обращения 15.01.2018).

26. Проект приказа МЧС России "Об утверждении Требований к структуре, составу и подготовке аварийно-спасательных формирований, предназначенных для локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, на континентальном на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.:
http://www.mchs.gov.ru/law/Proekti_mchs/Nezavisimaja_antikorruptcionnaja_je_kspert/Proekti_normativnih_pravovih_aktov_MCNS/item/221926 (дата обращения 15.03.2018).

27. Установка для нанесения сорбентов (биосорбентов) на проливы нефтепродуктов: патент РФ №2255177, заявл. 22.03.2004, опубл. 27.06.2005, Б.И. №18.

28. Установка нефтесборщик-азратор (биосорбентов) на проливы нефтепродуктов: Патент РФ №2006115960, заявл. 20.02.2005, опубл. 27.06.2006, Б.И. №22.

29. ВСН 006-89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.:
<http://docs.cntd.ru/document/1200001101> (дата обращения 25.02.2018).

30. ВСН 012-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть I (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.:
<http://docs.cntd.ru/document/1200001422> (дата обращения 20.03.2018).

31. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс]. –

					Список использованных источников	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		114

режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-0-003-74-ssbt> (дата обращения: 20.04.18).

32. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 20.04.18).

33. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-004-91-ssbt> (дата обращения: 20.04.18).

34. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-005-88-ssbt> (дата обращения: 20.04.18).

35. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://www.gostbaza.ru/?gost=1048> (дата обращения: 20.05.18).

36. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-010-76-ssbt> (дата обращения: 20.04.18).

37. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-012-2004-ssbt> (дата обращения: 20.04.18).

38. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-029-80-ssbt> (дата обращения: 18.04.18).

					Список использованных источников	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		115

39. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/21681/> (дата обращения: 25.04.18).

40. ГОСТ 12.2.003-74. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200077775> (дата обращения: 25.04.18).

41. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-22-0-01-94> (дата обращения: 20.05.18).

42. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-22-0-07-95> (дата обращения: 25.04.16)

43. РД 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

44. РД 39-132-94 Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов. [Электронный ресурс]. - режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200003430> (дата обращения 20.01.2018).

45. РД 51-100-85. Руководство по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на объектах транспорта и хранения газа. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/464688804> (дата обращения: 20.05.18).

46. РД 51-100-85. Руководство по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на объектах транспорта и хранения

					Список использованных источников	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		116

газа. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/464688804> (дата обращения: 30.04.18).

47. Руководство по безопасности «Методические рекомендации по классификации техногенных событий в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса» (приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 24.01.2018 г. N29) [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://www.garant.ru> (дата обращения 01.03.2018).

48. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/902207994> (дата обращения: 25.04.18).

49. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения: 30.04.18).

50. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/464688928> (дата обращения: 20.05.18).

51. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200084092> (дата обращения: 30.04.18).

52. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.03.2017). . [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-21071997-n-116-fz-o/> (дата обращения: 20.01.18).

					Список использованных источников	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		117

53. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123-ФЗ. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 20.04.18).

54. Федеральный закон от 27.12.2002 г. №184-ФЗ. «О техническом регулировании». [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: http://docs.cntd.ru/document/zakon_o_tehnicheskome_regulirovanii (дата обращения: 20.04.18).

55. Письмо Министерства экономического развития РФ от 26 апреля 2017 г. № Д14и-917 “О разработке прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов”. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71612818> (дата обращения 15.02.2018).

					Список использованных источников	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		118



					Приложения	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		119