

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (бакалавриат) 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
<b>Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.</b>

УДК 665.7.038:622.692.4.053:551.345

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Б	Прокаева Анастасия Романовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Никульчиков А.В.	к.ф.-м.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСНГ ШБИП	Клемашева Е.И.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Фех А.И.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## Результаты освоения ООП

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Р1	<p>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</p>	<p><i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК (У)-1, УК(У)-2, УК(У)-3, УК(У)-6, УК(У)-7, ОПК(У)-1, ОПК(У)-2)</i></p>
Р2	<p>Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p><i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-4, УК(У)-5, УК(У)-8, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6)</i></p>
Р3	<p>Осуществлять и корректировать технологические процессы при эксплуатации и обслуживании оборудования нефтегазовых объектов</p>	<p><i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-1, ПК(У)-2, ПК(У)-3, ПК(У)-6, ПК(У)-7, ПК(У)-8, ПК(У)-10, ПК(У)-11)</i></p>
Р4	<p>Выполнять работы по контролю промышленной безопасности при проведении технологических процессов нефтегазового производства и применять принципы рационального использования природных ресурсов а также защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве</p>	<p><i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-4, ПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-12, ПК(У)-13, ПК(У)-14, ПК(У)-15)</i></p>
Р5	<p>Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела</p>	<p><i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ПК (У)-23, ПК (У)-24)</i></p>

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Р6	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-2, ОПК(У)-3, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-25, ПК(У)-26)</i>
Р7	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ОПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
Р8	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН.	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-9, ПК(У)-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
Р9	Владеть методами и средствами для выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту, диагностическому обследованию оборудования, установок и систем НППС.	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-6, ОПК(У)-7, ПК(У)-4, ПК(У)-7, ПК(У)-13), требования профессионального стандарта 19.055" Специалист по эксплуатации нефтепродуктоперекачивающей станции магистрального трубопровода нефти и нефтепродуктов".</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Брусник О.В.  
 (Подпись)     (Дата)     (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2Б7Б	Прокаевой Анастасии Романовне

Тема работы:

Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Магистральный нефтепровод «Х» с условным диаметром 820х9 мм и протяженностью 50 км, с одной перекачивающей станцией, на котором необходимо увеличить пропускную способность с применением противотурбулентных присадок.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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>Аналитический обзор литературных источников по проблеме увеличения пропускной способности трубопроводов с применением противотурбулентных присадок.          Обзор основ гидравлического расчета трубопроводов.          Анализ полученных результатов, выбор наиболее оптимальной противотурбулентной присадки для объекта «Х». Обсуждение результатов работы.</p>

	Разработка разделов: финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность. Заключение и выводы по работе.
--	---

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Таблицы, рисунки
---	------------------

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
«Социальная ответственность»	Фех А.И.; старший преподаватель
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Клемашева Е.И.; доцент ОСНГ ШБИП

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Никульчиков А.В.	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Б	Прокаева А.Р.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б7Б	Прокаевой Анастасии Романовне

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение нефтегазового дела</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

<b>Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: участок линейной части магистрального нефтепродуктопровода Область применения: магистральный нефтепровод.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	СП 36.13330.2012. «Магистральные трубопроводы»; СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Общие требования»; ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ «Оборудование производственное. Общие эргономические требования»; Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-Ф (ред. от 30.04.2021) // Собрание законодательства РФ. – Глава 34, ст. 212. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: -повышенный уровень шума на рабочем месте; - повышенный уровень вибрации; - отсутствие или недостаток естественного света; - отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; - токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ; Опасные факторы: - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - движущиеся машины и механизмы;

	- пожаробезопасность; - электробезопасность.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: выброс газа и т.п. Гидросфера: разлив нефти на воде т.п. Литосфера: загрязнение почвы хим. веществами и т.п.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: утечка противотурбулентной присадки в результате разрушения (разгерметизации) трубопровода, запорной арматуры, насосного оборудования и т.д. Наиболее типичная ЧС: утечка транспортируемой нефти в результате разрушения (разгерметизации) трубопровода, запорной арматуры.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Фех Алина Ильдаровна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Б	Прокаева Анастасия Романовна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б7Б	Прокаевой Анастасии Романовне

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение нефтегазового дела</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 23264 руб.; Оклад исполнителя – 14584 руб.; Затраты на оборудование – не более 31500 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. Оценка потенциальных потребителей результатов исследования; 2. Анализ конкурентных технических решений; 3. SWOT-анализ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1. Расчет затрат на основную и дополнительную заработную плату; 2. Расчет внебюджетных отчислений; 3. Расчет материальных затрат; 4. Расчет накладных затрат.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Матрица SWOT
2. График проведения НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Клемашева Елена Игоревна	канд.экон.наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б7Б	Прокаева Анастасия Романовна		



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (бакалавриат) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: \_\_\_\_\_

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.12.2020	<i>Введение</i>	8
27.12.2020	<i>Обзор литературы</i>	12
21.02.2021	<i>Анализ влияния противотурбулентной присадки на параметры течения</i>	15
01.03.2021	<i>Построение расчетной модели в ANSYS</i>	12
01.04.2021	<i>Расчетная часть</i>	15
07.05.2021	<i>Социальная ответственность</i>	10
13.05.2021	<i>Финансовый менеджмент</i>	10
17.05.2021	<i>Выводы</i>	8
19.05.2021	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого</i>	100

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Никulichиков А.В.	К.ф.-М.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

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

## РЕФЕРАТ

Выпускная аттестационная работа по теме «Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу» представлена на 88 страницах, 6 рисунках, 28 таблиц, 34 источников литературы.

Ключевые слова: противотурбулентные присадки, магистральный нефтепровод, блок дозирования реагента, повышение эффективности нефтепровода.

Объект исследования является магистральный нефтепровод «Х».

Предмет исследования: Противотурбулентные присадки, предназначенные для корректирования режима работы нефтепровода.

Цель работы: Определить эффективность применения противотурбулентной присадки на участке магистрального нефтепровода «Х» на основании математических расчётов.

Задачи:

- 1) Провести анализ механизма снижения сопротивления противотурбулентных присадок в потоке перекачиваемой жидкости.
- 2) Провести обзор противотурбулентных присадок применяемых для корректировки режима работы магистрального трубопровода.
- 3) Провести гидравлический расчет участка магистрального трубопровода без учета применения противотурбулентной присадки;
- 4) Провести гидравлический расчет участка магистрального трубопровода с учетом применения противотурбулентной присадки;
- 5) Сравнить результаты расчётов, тем самым, определить эффективность применения противотурбулентных присадок

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.			
Разраб.		Прокаева А.Р.			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Никульчиков А.В.					10	97
Консульт.								
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						
						<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		

б) Рассмотреть технику безопасности и определить, что данное применение противотурбулентной присадки является безопасным и экологичным.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы применялись теоретические, математические методы определения эффективности применения противотурбулентной присадки.

Практическая значимость работы заключается в оценке влияния противотурбулентной присадки на реологические свойства жидкости по магистральному нефтепроводу, что в свою очередь позволит снизить потери напора жидкости на трение и повысит гидравлическую эффективность нефтепровода.

					<i>Реферат</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

## ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

- ПТП** – противотурбулентная присадка
- БДР** – блок дозирования реагента.
- МН** – магистральный нефтепровод.
- МТ** – магистральный трубопровод.
- НПС** – нефте- перекачивающая станция.
- КПД** – коэффициент полезного действия..
- ДНС** – дожимная насосная станция.
- НМ** – насос магистральный.
- ПАВ** – поверхностно активные вещества.
- ОП** – огнетушитель порошковый.
- ОУ** – огнетушитель углекислотный.
- ЦРС** – центральная ремонтная служба.
- ЧС** – чрезвычайная ситуация.

					<i>Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Прокаева А.Р</i>			<b>Обозначения, определения, сокращения</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Никульчиков А.В.</i>					12	97
<i>Консульт.</i>						<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

## Оглавление

Введение.....	16
1. Современное состояние технологии противотурбулентных присадок .....	18
1.1. Проблемы магистрального трубопроводного транспорта.....	18
1.2. Режимы течения жидкости.....	19
1.3. Исследования влияния противотурбулентных присадок на поток жидкости. ....	22
1.4. Блок дозирования насоса для противотурбулентной присадки.....	25
1.5. Опыт применения присадок.....	27
2. Эффективность применения противотурбулентных присадок .....	33
2.1. Механизм снижения сопротивления противотурбулентных присадок в турбулентном потоке перекачиваемой жидкости.....	33
2.1.1 Изменение реологических параметров .....	33
2.1.2. Изучение влияния структуры турбулентного потока.....	34
2.1.3. Исследование динамики молекул полимерных добавок.....	37
2.1.4. Исследование механизма на основе энергии поля турбулентного потока .....	38
2.2 Ограничение применения и недостатки противотурбулентных присадок	39
3. Анализ противотурбулентных присадок .....	41
3.1. Результаты определения эффективности противотурбулентных присадок на основе ранее проведённых опытов специалистов. ....	43
3.2 Определение общих потерь напора и потерь напора на трение .....	46

					<i>Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Прокаева А.Р</i>			<b>Оглавление</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Никulichков А.В.</i>					13	97
<i>Консульт.</i>						<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

3.3. Оценка влияния противотурбулентной присадки на поток нефти в трубопроводе «Х» .....	52
4. Социальная ответственность .....	59
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	59
4.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	59
4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	60
4.2. Производственная безопасность.....	61
4.2.1 Анализ вредных производственных факторов .....	63
4.2.2 Анализ опасных производственных факторов.....	67
4.3 Экологическая безопасность.....	69
4.3.1 Защита атмосферы .....	69
4.3.2 Защита гидросферы.....	71
4.3.3 Защита литосферы.....	72
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	77
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	77
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования .....	77
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений .....	78
5.1.3 SWOT-анализ.....	79
5.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	82
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	82
5.2.2. Разработка графика проведения научного исследования .....	83
5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	86

5.3.1. Расчет затрат на специальное оборудование .....	86
5.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы.....	87
5.3.3. Дополнительная заработная плата .....	88
5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды .....	89
5.3.5. Накладные расходы.....	89
5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ..	90
5.4. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	90
Заключение .....	93
Список использованных источников .....	94

## Введение

Актуальность исследования обусловлена с растущим вниманием к использованию полимерных добавок, применяемых в магистральных нефтепроводах. Постоянные увеличения объемов добычи нефти в последнее время приводит к необходимости транспортировать все большие ее объемы, но из-за этого возрастает загруженность нефтепроводов. Магистральные трубопроводы работают на повышенных мощностях, как и насосное оборудование что может привести к их износу, износу запорной арматуры и в дальнейшем, выходом из строя как оборудования, так и трубопровода. В данной работе противотурбулентные присадки рассматриваются как корректирование режима работы трубопровода для обеспечения стабильной и безаварийной работы.

Объектом исследования является: Магистральный нефтепровод

Предметом исследования является: противотурбулентные присадки, предназначенные для корректирования режима работы нефтепровода.

Цель работы: Определить эффективность применения противотурбулентной присадки на участке магистрального нефтепровода «Х».

Для достижения поставленной цели, решались следующие задачи:

- 7) Провести анализ механизма снижения сопротивления противотурбулентных присадок в потоке перекачиваемой жидкости.
- 8) Провести обзор противотурбулентных присадок применяемых для корректировки режима работы магистрального трубопровода.
- 9) Провести гидравлический расчет участка магистрального трубопровода без учета применения противотурбулентной присадки;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.			
Разраб.		Прокаева А.Р			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Никольчиков А.В.					16	97
Консульт.								
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						
						<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		



10) Провести гидравлический расчет участка магистрального трубопровода с учетом применения противотурбулентной присадки;

11) Сравнить результаты расчётов, тем самым, определить эффективность применения противотурбулентных присадок

12) Рассмотреть технику безопасности и определить, что данное применение противотурбулентной присадки является безопасным и экологичным.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

# 1. Современное состояние технологии противотурбулентных присадок

## 1.1. Проблемы магистрального трубопроводного транспорта

На данный момент известно много видов транспортировки нефти и газа, к ним относится, как сухопутный, так и морской транспорт нефти, от автомобилей, поездов, трубопроводов, до морских судов. У каждого вида транспортирования продукции есть свои плюсы и минусы, но рассматривая их по отдельности, самым эффективным способом перекачки нефти, является трубопроводный. Сейчас по трубопроводам проходит около 90% добываемой в стране нефти. В отличие недоступности водного транспорта в удалённых местах континента и больших объёмов капиталовложения в железнодорожный транспорт на смену им пришёл трубопроводный.

Трубопроводный транспорт нефти обладает большими преимуществами в отличие от других видов транспортирования нефти. Работа трубопровода в сложных погодных условиях, низкая себестоимость, большая пропускная способность, исключённые потери нефти, исходя из полной герметизированной системы транспортирования, независимость от места прокладки трубопровода, как на суше, так и под водой, бесперебойная подача нефти потребителю, а также увеличение пропускной способности трубопровода за счёт строительства дополнительных насосных промежуточных станций, позволил зарекомендовать себя, как надёжный вид транспортирования нефти.

Наиболее часто под трубопроводным транспортом нефти понимают именно магистральные трубопроводы по перекачке нефти. Несмотря на все преимущества перечисленных выше у магистральных трубопроводов есть

					<i>Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Прокаева А.Р</i>			<b>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Никульчиков А.В.</i>					18	97
<i>Консульт.</i>						<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

свои недостатки. Постоянно меняющийся состав и структура товарной продукции, коррозия трубопроводов и проблема увеличения пропускной способности, исходя из увеличения объемов добычи нефти на месторождениях. [16].

На береговом комплексе подготовки Чайво транспортировка нефти по трубопроводу осуществляется одной нефтеперекачивающей станцией, оснащённой тремя основными насосами и одним запасным насосом, три насоса подключённые параллельно относительно друг друга, позволяют развить давление в 10,6 МПа, необходимый напор и подачу, чтобы обеспечить транспортировку нефти, в 34 тысяч тонн в сутки, насосы работают на полной мощности, каждый с давлением 35 атмосфер.

Исходя из такой загруженности трубопровода, давление в нём и скорость течение жидкости не стабильное, что может к аварийным ситуациям: привести к аварии трубопровода, прорыву, выходу из строя запорной арматуры или рабочих насосов из-за высокого развиваемого давления.

## **1.2. Режимы течения жидкости**

Течение жидкости в трубопроводе оказывает очень сильное влияние на сам трубопровод. Исходя из долгой эксплуатации магистральных трубопроводов, принято выделять два вида или два режима течения жидкости по трубопроводу, ламинарный и турбулентный.

Ламинарный режим течения жидкости - представляется как слоистое течение жидкости по трубопроводу без пульсирующих скоростей и давлений, такой режим течения присущ трубопроводам с малым и средним диаметром, низким давлением, представлен на рисунке 1.

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

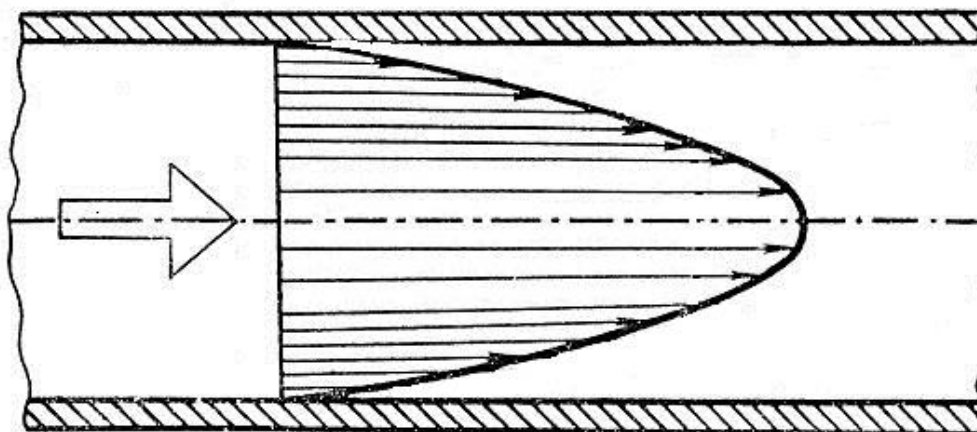


Рисунок 1 – Ламинарный режим течения

Рассматривая рисунок можно заметить, что в круглой трубе постоянного сечения, линии тока жидкости направлены прямолинейно и параллельно друг другу, это обеспечивает спокойное слоистое движение течение жидкости, без поперечных перемещений относительно друг друга, а также без пульсирующих скоростей и давлений по трубе.

Турбулентным режим течения жидкости - представляется как возмущенное движение жидкости по трубе круглого сечения с постоянным перемешивание жидкости относительно друг друга. Такой режим течения жидкости относится к трубопроводам среднего и большого диаметра, высокого давления и пропускной способности, представлен на рисунке 2.

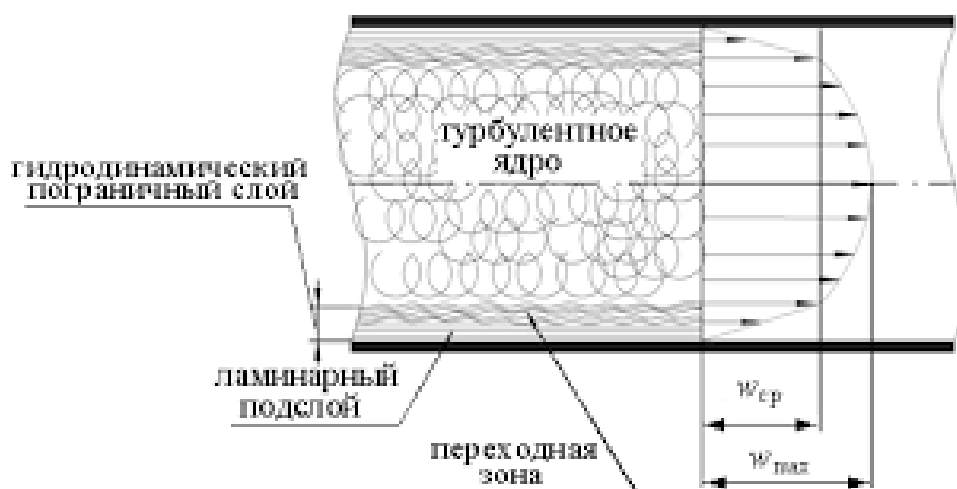


Рисунок 2 – Турбулентный режим течения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Если обратить внимание на рисунок два, рассматривая поток жидкости, можно разделить его на три части:

- 1) Ламинарный подслой
- 2) Переходная зона
- 3) Турбулентное ядро

Ламинарный подслой или по-другому пристеночная зона, обеспечивает спокойный режим течения жидкости. В пристеночной области движение жидкости намного меньше, в результате трения о стенки трубы жидкости. В центре, расположено ядро, в нём происходит основной процесс. Линии тока жидкости перемещаются не только продольно, относительно друг друга, но и поперечно, а отдельные части жидкости приобретают вращательное движение, в следствии чего возникают пульсации скорости и давления. Пульсации давления и скорости уменьшают вязкость ламинарного слоя, в следствии чего поток жидкости приобретает турбулентный режим течения.

Рассматривая трубопровод можно отметить, что продольные и поперечные напряжения от турбулентного режима становится больше, а контролировать режим течения жидкости становится сложнее. Модель турбулентного потока рассматривал Прандль, исходя из его суждений, пульсации скоростей и давлений следует контролировать и снижать, а поток жидкости максимально приближать к ламинарному режиму течения.

Противотурбулентные присадки, предназначены для частичного и полного решения этой проблемы. За счёт своей высокой молекулярной массы, длинные нитевидные молекулы располагаются вдоль движения жидкости, предотвращая вращательные, поперечные и продольные движения жидкости и сглаживают пульсации давления, в результате чего упрочняется ламинарный подслой, увеличивается переходная зона и уменьшается турбулентное ядро. С помощью турбулентной присадки можно полностью или частично, за счёт её эффективности добиться ламинарного режима течения жидкости.

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

### **1.3. Исследования влияния противотурбулентных присадок на поток жидкости.**

Противотурбулентные присадки представляют собой углеводородные полимеры с высокой молекулярной массой, главной их особенностью является снижение сопротивления течению. Отличаются низкой концентрацией, при вводе в трубопровод в количестве нескольких грамм на тонну, существенно снижается коэффициент гидравлического сопротивления потока, для каждого трубопровода, зависимость количества присадки от эффективности устанавливается экспериментально и может существенно отличаться от 20% до 50%

В 1946 году английским учёным Б. А Томсоном впервые было открыто снижение сопротивления в турбулентном потоке с помощью добавления полимера. Б А Томсон считал, что снижение сопротивления течения достигается при введении небольшого количества полимера, а проведенные исследования показали значимость и значительность получаемого эффекта.

В 1979 году, было установлено первый опыт применения противотурбулентной присадки, при транспортировке нефти по Трансаляскинскому нефтепроводу. Присадку вводили в поток жидкости при дозировке около 0,005% через насосную станцию, при этом существенно снижая потери давления по трубопроводу, длиной почти 50 км.

На данный момент противотурбулентные присадки имеют большой спектр по своей природе, составу, молекулярной вязкости, температуре застывания, плотности и остальным физико-химическим свойствам. Применять могут не только различные полимеры в качестве присадки, но и различные кислоты, соли, поверхностно активные вещества, а сам эффект снижения гидравлического сопротивления получил большую значимость в нефтяной промышленности. Применение было практически везде, при бурении, транспортировки нефти, воды, нефтяных эмульсий, а также бензина,

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

дизельного топлива и остальных нефтепродуктов. Также применение присадок нашло своё место в медицине, биологии и других отраслях.

Метод, основанный на расчёте гидравлического сопротивления потока жидкости с применением противотурбулентной присадки, является самым простым и удобным, для рассмотрения, изучения, моделировании процесса снижения сопротивления и оценки эффекта Томса.

Как уже отмечалось ранее противотурбулентные присадки, обладают своими свойствами, из которых можно выделить основные:

### 1) Разновидности

Изначально противотурбулентные присадки можно разделить на два типа гелевые и суспензионные.

Гелевые присадки - к ним относятся концентрированные растворы полимеров.

Суспензионные - к этому типу относят присадки коллоидной формы.

### 2) Состав

Противотурбулентные присадки суспензионного вида состоят из дисперсной и дисперсионной фазы. К дисперсной фазе относят порошок полимера, в состав которого может входить: гесен, октен, децен, додецен. К дисперсионной фазе относят жидкость, которая органична, не растворяет полимер и полностью совместима с нефтью и нефтепродуктами. Также добавляется стабилизатор суспензии - это может быть поверхностно активные вещества, которые выступают, как добавка, предотвращающая слипание частиц полимера.

Противотурбулентные присадки, которые представляются концентрированным раствором, получают при использовании технологии полимеризации мономеров, такие присадки обладают высокой молекулярной массой и являются дорогостоящими. Применяются при транспортировке высоковязких жидкостей.

### 3) Растворимость

					Современное состояние технологии противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Противотурбулентные присадки довольно тяжело растворимы и не каждая присадка может сочетаться с вязкой или маловязкой нефтью, для каждой нефти идёт индивидуальный подбор, на основе лабораторных испытаний.

#### 4) Вязкость

Вязкость реагента устанавливается опытным путём, так как она должна быть одной вязкостью с нефтью, чтобы избежать осложнений при подаче в трубопровод. Если вязкость реагента будет слишком большой, то не произойдёт, так называемого смешивания с нефтью. Вязкость обусловлена содержанием сухого вещества (в зависимости какое вещество используем).

#### 4) Устойчивость

Важной характеристикой противотурбулентных присадок является устойчивость. Она обуславливается близкими значениями плотностей, вязкостью дисперсионной среды и размером диспергированных частиц. Если не происходит соблюдение норм, то это приводит к дегенерации и разрушению противотурбулентной присадки по трубопроводу, а также создает трудности в транспортировании продукции.

Седиментационная устойчивость на практике у противотурбулентных присадок должна быть не менее 80 часов. Большое количество присадок удовлетворяют этим требованиям, но расслоение также может происходить из-за длительного хранения их без применения, поэтому перед применением, производителями (компаниями) рекомендуются доводить присадку до однородного состояния с жидкостью, с помощью механического воздействия (перемешивания) или методом завихрения, основанного на применении центробежного насоса.

Также для предотвращения расслоения противотурбулентной используют загустители, например, природные биополимеры, которые предотвращают этот процесс  
температура застывания

#### 5) Температура застывания

					Современное состояние технологии противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



Температура застывания является не маловажным фактором для применения противотурбулентных присадок, поэтому в зависимости от климата в регионе, где присадка заявляется к применению, она должна быть устойчивой и немаловажно готовой к применению в температурах от минус 40 и больше до плюс 40 и больше. Необходимость дополнительных операций по подготовке присадки к закачке, может сильно осложнить процесс транспортировки нефти, а в отдельных случаях сделать процесс дозирования невозможным, например, при проблемах отогрева присадки в условиях сильного холода.

#### б) Дозирование

Дозирование противотурбулентной присадки, определяется опытным путём, устанавливая максимальную эффективность собственных свойств, при превышении этих свойств возникает так называемый эффект насыщения, то есть присадка перенасыщает жидкость, увеличивая её вязкость, но перехода в режим ламинарного течения не происходит, поэтому важно соблюдать концентрацию присадки, устанавливая точку максимальной эффективности, где будет происходить максимально возможное снижение сопротивления жидкости, без эффекта перенасыщения

### 1.4. Блок дозирочного насоса для противотурбулентной присадки

Блок предназначен для дозированного ввода противотурбулентной присадки пропорционально перекачиваемому объёму нефти с целью увеличения пропускной способности нефтепроводов.[5]

Противотурбулентные присадки невозможно использовать на промышленных нефтяных месторождениях без соответствующих приспособлений для ввода, так как чтобы нам добиться состояния однородной фазы реагент в нефти, требуется механическое перемешивание, либо завихрение.

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

В данной выпускной квалификационной работе предлагается использовать завихрение через центробежный насос с подключенным к нему реагенту БДР.

Блок дозирования реагента, как показан на рисунке 3, предназначен для дозированного ввода реагента исходя из объема транспортирования нефти по трубопроводу, в данном случае магистрального, для увеличения его пропускной способности.

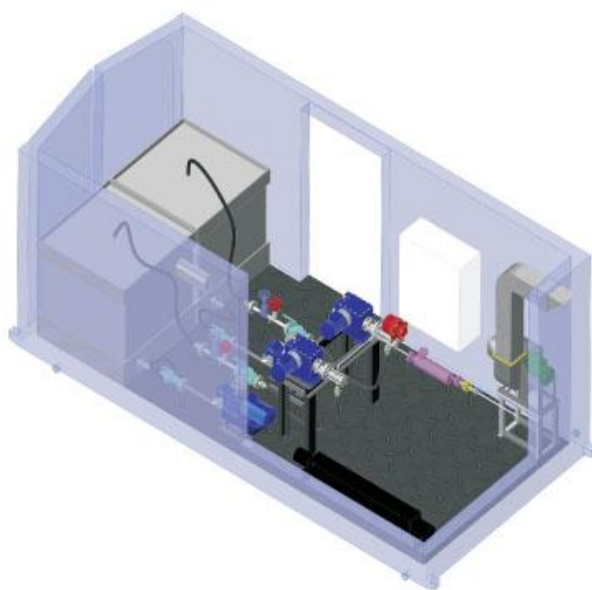


Рисунок 3 – Исполнение блока дозирования насоса

Таблица 1 – Технические параметры

Рабочая среда	Противотурбулентная присадка
Объем емкости хранения присадки	1,2 м <sup>3</sup>
Диапазон производительности	От 2 до 20л/час
Диапазон давления напора	До 25 МПа
Количество рабочих насосов дозаторов	1 шт
Количество резервных насосов дозаторов	1 шт
Способ управления блоком	Автоматический или ручной
Номинальная установленная мощность	Не более 20кВт

Оборудование блока и сбор блока дозирования делается под заказ исходя из норм и требований заказчика.

Блок-бокс БДР представляет собой конструкцию без крыши, разделённую на две секции, в первой секции расположена технологическая часть. Она может из себя представлять:

- линией подпора: гибкие шланги, насос шестерёнчатый, нагрузочный вентиль, приборами автоматизации и телеметрии;
- линией дозирования рабочей и резервной;
- агрегат дозирочный;
- гаситель пульсации;
- манометр;
- клапан предохранительный;
- арматура запорная;
- приборы автоматизации и телеметрии;
- линией учёта расхода;
- линией нейтрализации;
- системами извещения о загазованности, вентиляции, освещения и отопления, пожарной и охранной сигнализацией.

Шкаф управления и шкаф силовой располагаются в технологическом отсеке и обеспечивают автоматизированную работу блока без постоянного присутствия обслуживающего персонала с возможностью дистанционного контроля и управления [33].

Габаритные и установочные размеры направляются после определения технических характеристик оборудования и вариантов его размещения в соответствии с заданием на проектирование или опросным листом.

### 1.5. Опыт применения присадок

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

В конце 19 века в России, в качестве образцов на пробу испытывались полиизопрен и полибутадиен. Учёными было установлено, что на эффективность присадок, по большей части влияют его структура, его скорость и молекулярная масса полимера.

Специалисты из-за рубежа вдохновлённые результатами практического применения эффекта Томса в отрасли введения трубопроводного транспорта продукции, начали проводить экспериментальные исследования влияния полиизобутилена на процесс перекачки дизельного топлива на Мубарекском месторождении по 23 трубопроводам диаметрами 20 и 25 мм.

На протяжении всех испытаний, была замечена тенденция, что во всех случаях наблюдалось снижение потерь напора и потребляемой энергии электродвигателя.

Учеными Азербайджанского института в 1974 году было установлено, что максимальное снижение гидравлического сопротивления, достигается при определённом концентрации добавок. Эксперименты были проведены на основании влияния нефтяного кокса на турбулентное течение нефти. Гидравлическое сопротивление уменьшилось на 50% при концентрации добавки 0,4%.

При сравнении и исследовании нескольких противотурбулентных присадок CDR-102, FLO, Necessadd-547, сравнивая их эксплуатационные свойства и качества было установлено, что наиболее лучшими свойствами обладает присадка Necessadd-547.

На магистральных трубопроводах в 1979 году впервые проводили свои исследования фирма «Trans Alaska Pipeline System». Целью исследования было увеличение пропускной способности трубопровода. На исследование было выбрано две полимерные присадки CDR-101 и CDR-102, в результате испытания противотурбулентных присадок, увеличение пропускной способности получилось увеличить на 32 тысячи кубометров в сутки.

В 1996 годы при неожиданном снижении добычи нефти на месторождениях Северного склона Аляски с помощью применения

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

противотурбулентных присадок удалось увеличить проектную мощность трубопровода, с отключением двух промежуточных перекачивающих станций, что позволило также снизить энергозатраты на их работу

В конце 70-х начале 80-х годов 20 века фирма «Fillips Pipe Line», на транспортировку продукции от нефтеперерабатывающего завода в Боргере штата Техас станции распределения в Паоло, использовала противотурбулентные для снижения энергозатрат. Эффективность применения позволила отключить одну из перекачивающих станций при снижении потерь на трение на 25%.

В 1980 году компания «Shell Pipeline» поставила перед собой задачу, увеличения пропускной способностью одного из нефтепровода, исходя из того, что добыча нефти на их платформе увеличилась в Мексиканском заливе. Решением стала специально оборудованная реагентом баржа, размещенная на участке, где требовалось увеличение пропускной способности. При незначительных концентрациях вводимого полимера от 20 до 40 мг/г удалось увеличить пропускную способность на 20%.

В 1990 году компания «Lakehead Pipe Line» проводила гидростатическое испытание принадлежавшего ей нефтепровода. Введение на отдельных станциях противотурбулентной присадки позволило в результате испытания отключить одну из нескольких технологических линий

На участке от промежуточной нефтеперекачивающей станции «Iago-agrio» до промежуточной нефтеперекачивающей станции «Baeza» было достигнуто увеличение производительности на 25% при использовании противотурбулентных присадок.

Если рассматривать отечественную практику применения противотурбулентных присадок, то их применение началось в 1985 году. На трубопроводе «Лисичанск – Тихорецк» на конечном участке вводилась присадка CDR-102.

В 1990 году на магистральном нефтепроводе «Александровское – Анжеро-Судженск» Томским институтом проводилось испытание

					Современное состояние технологии противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

противотурбулентной присадки марки Виол. Присадка позволила увеличить пропускную способность магистрального нефтепровода на 5-6% при концентрации 40мг/т, а также снизить давление на узле ввода с 1,5МПа до 1,3МПа.

В 1993 году улучшенная присадка Виол показала свои результаты на магистральном трубопроводе «Тихорецк – Нововеличковская – Крымская – Новороссийск». С помощью добавки с концентрацией полимера 10г/т на головной компрессорной станции удалось добиться повышения расхода в нём на 10%.

В 1997 году компания ОАО «АК «Транснефтепродукт» на участке магистрального нефтепровода «Уфа – Западное направление» проводилось изучение противотурбулентной присадки Necadd-547 и её влияние на перекачиваемое дизельное топливо. В результате произошло увеличение пропускной способности почти на 60% при концентрации присадки 203 г/т. Введение такого количества полимера привело к тому, что ухудшилась фильтруемость нефтепродукта.

В 1998 году испытание всё той же присадки Necadd-547 но уже на магистральном нефтепроводе «8Н – Сенно – Дисна» только уже при концентрации в 40мг/т позволило увеличить пропускную способность на 22%, но также было выявлено ухудшение фильтруемости нефти. Как оказалось, на фильтруемости нефти влияло отсутствие предварительной очистки внутренней полости нефтепровода от механических примесей, что повлияло на эксплуатационные свойства нефти

В 2001 году возникла необходимость увеличения пропускной способности магистрального нефтепровода. Для решения данного вопроса была успешно применена присадка Liquid Power, с помощью которой увеличения пропускной способности нефтепровода увеличилось до 15 млн. тонн в год.

В 2002 году по результатам применения всё той же присадки Necadd-547 только улучшенной на магистральном трубопроводе «Никольское – Становая

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

– Стальной Конь – 1Д – 8Н» по результатам двух испытаний, ухудшение эксплуатационных показателей свойств присадки выявлено не было.

В конце 2002 года началась промышленная транспортировка нефти с противотурбулентной присадкой Neccadd-547 на магистральном трубопроводе «Никольское – Становая – Стальной Конь – 1Д – 8Н», В результате введения реагента на всех промежуточных станциях пропускная способность увеличила с 7% до 21% без ухудшения фильтруемости.

В 2003 году на этом же трубопроводе нужно было увеличить пропускную способность до 16 млн тонн в год. Для этого использовалась присадка FLO XL из-за того, что состав нефти изменился.

В конце 2003 года Балтийская трубопроводная система, а в частности участок «Невская – Приморск» нуждался в необходимости увеличения пропускной способности. Применение противотурбулентной присадки CDR 102 с дозировкой около 15г/т способствовало увеличению пропускной способности на 20%

В 2004 году на участке трубопровода «Дисна – Илуксте» при транспортировании дизельного топлива по участку, возникла проблема увеличения пропускной способности присадка Necadd447 позволила добиться увеличения расхода на 30%

В этом же году только на участке «Прибой – Журавлинская» присадка Necadd447 вводилась в дизельное топливо в концентрации 4 г/т, что привело к увеличению производительности перекачки на 12 и 24% в зависимости от комбинации работающих насосных агрегатов.

В 2006 году на магистральном трубопроводе, на участке «Черкассы – Прибой» Позволил выделить присадку Necadd-547, как самую эффективную из ранее использованных. Увеличение производительности составило на 5 тысяч тонн в сутки, что в денежном эквиваленте составило около 320 тысячи рублей в сутки.

В 2009 году требовались ремонтные работы на дефектном участке магистрального трубопровода «Куйбышев – Брянск». Введение присадки

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

позволило поддерживать пропускную способность при ремонтно-строительных операциях.

В 2011 году прошли испытания противотурбулентной присадки на магистральном трубопроводе Компанией «Газпром переработка» было проведено опытно- промышленное испытание присадки M-FLOWTREAT на трубопроводе «Уренгой – Сургут». Ожидая увеличение объемов перекачки на данном участке, возникла необходимость повышения мощности головной перекачивающей станции. Применение противотурбулентной присадки с концентрацией 10 г/т позволило увеличить производительность ГННПС на 25%.

Так же присадка M-FLOWTREAT успешно прошла испытания на конденсатопроводе «Юрхароское месторождение – Пуровский ЗПК» ООО «НОВАТЭК-ЮРХАРОВНЕФТЕГАЗ» длиной 388,6 км. Максимальная эффективность присадки 53,1% была достигнута при ее концентрации 30 г/т.

					<i>Современное состояние технологии противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32



## 2. Эффективность применения противотурбулентных присадок

### 2.1. Механизм снижения сопротивления противотурбулентных присадок в турбулентном потоке перекачиваемой жидкости

Масштабные экспериментальные и теоретические исследования течения жидкостей с добавками различных присадок, проводимые уже более полувека, не дают в полной мере теоретического обоснования механизма снижения гидравлического сопротивления, который согласуется со всеми экспериментальными данными и имеет большое значение для эффективной и энергосберегающей транспортировки жидкостей.

В настоящее время исследования механизма снижения турбулентности с ПТП сводится к следующим четырём основным методам.

#### 2.1.1 Изменение реологических параметров

Этот метод заключается в экспериментальном определении перепада давления на измерительном участке модельного трубопровода малого диаметра при турбулентном режиме перекачки испытуемых жидкостей – соответственно чистого продукта и продукта с растворенной полимерной добавкой с заданной её концентрацией  $\theta$ .

При этом соблюдаются одинаковые условия течения жидкостей: равенство диаметра трубопровода  $D$  и его относительной шероховатости  $\varepsilon$ , средней скорости потока  $U$  и температуры  $T$ . По результатам лабораторных исследований определяется влияние типа полимерной добавки и её концентрации на изменение реологических параметров жидкостей – напряжения сдвига  $\tau$ . Полученные закономерности позволяют дать косвенную

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.		
Разраб.		Прокаева А.Р.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Никulichиков А.В.				33	97
Консульт.					<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					

оценку гидравлической эффективности исследуемой присадки в турбулентном потоке.

В работах Г.В. Несына приводятся результаты успешного применения этого метода в изучении влияния противотурбулентных присадок на изменение реологических характеристик перекачиваемых жидкостей. Результаты работ, были использованы в промышленных транспортировках нефти и нефтепродуктов, что позволило уменьшить энергопотребление и достичь значительного экономического эффекта [20].

Однако метод оценки гидравлической эффективности противотурбулентных присадок на основе изменения реологических параметров не позволяет объяснить причины внутреннего взаимодействия между молекулами полимера и турбулентного поля потока. Таким образом, этот метод имеет некоторые ограничения при изучении механизма снижения гидравлического сопротивления в турбулентном потоке с ПТП.

### 2.1.2. Изучение влияния структуры турбулентного потока

Исследование влияния малой добавки противотурбулентной присадки на структуру турбулентного потока может быть реализовано с помощью применения лазерной техники (LDA или PIV), которые обеспечивают определение осевой и радиальной средней скорости,  $u_i$ , мгновенной скорости  $u'_i$ , скорости турбулентной пульсации  $u_{rms}$  и напряжения сдвига  $\tau$ .

В ходе тестового исследования устанавливаются закономерности влияния числа Рейнольдса  $Re$ , интенсивности турбулентных пульсаций, турбулентной вязкости, турбулентной кинетической энергии, скорости турбулентной диссипации и турбулентного напряжения сдвига на уровень эффективности снижения гидравлического сопротивления в турбулентном потоке с ПТП.

Далее методами вычислительной гидродинамики на основе решения

					Эффективность применения противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

уравнения Навье-Стокса и определяющей модели вязкоупругости полимера производится численное моделирование процесса воздействия молекул ПТП на структуру турбулентного течения в трубопроводе.

В работе Н.Бермана экспериментально подтверждается, что при достаточно развитом турбулентном режиме течения жидкости по трубопроводу, имеющего твердую стенку, поток может быть разделен в поперечном сечении на область пристенного течения и зону турбулентного ядра. Установлено, что из-за действия силы вязкого трения снижение турбулентного сопротивления фактически происходит в пристенной области трубы [6].

Исследования показывают, что в пристеночной зоне возрастание скорости потока происходит неравномерно и зависит от удаления от стенки в радиальном направлении. Таким образом, эта зона может быть условно разделена на три подслоя: вязкий, переходный и логарифмический слой.

В соответствии с теорией пограничного слоя эти три подслоя различаются в зависимости от соотношения скорости трения и безразмерного расстояния  $y^+$  в соответствии с рисунком 4.

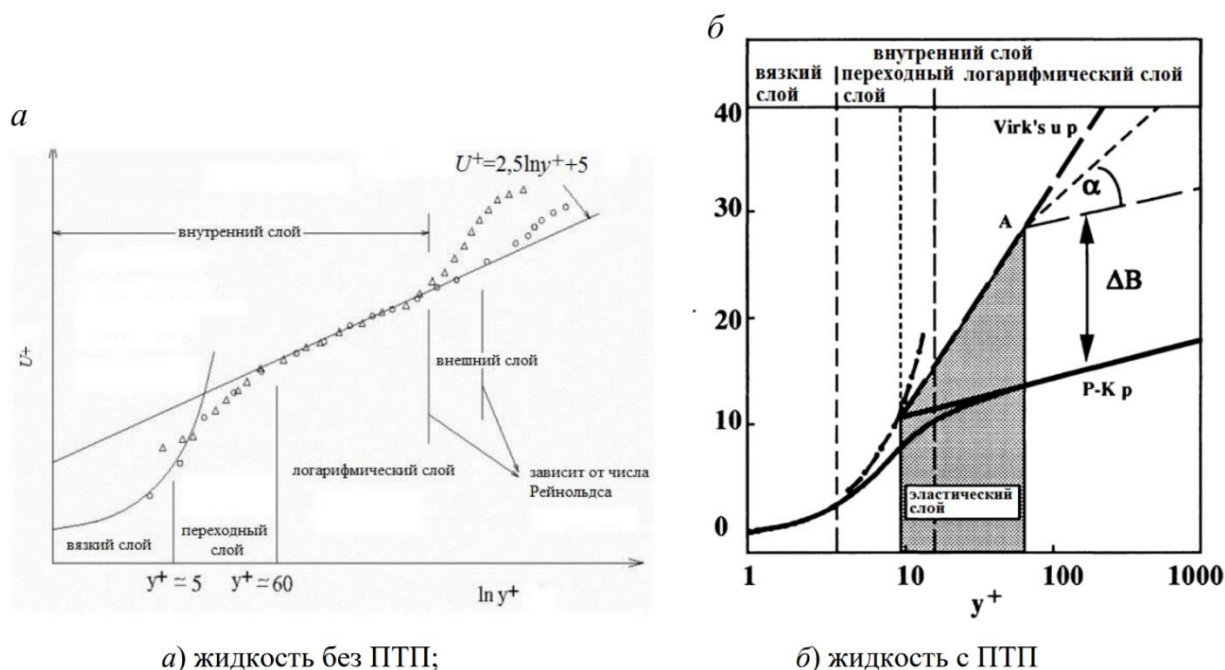


Рисунок 4 – Распределение средней скорости пограничного слоя в

трубе

При турбулентном течении жидкости без ПТП (Рисунок 4 (а)) граничные значения удовлетворяют условиям:

Для вязкого слоя:

$$u^+ = y^+ (0 < y^+ < 5) \quad (1)$$

где  $u^+ = \frac{u}{u_\tau}$  – безразмерная средняя скорость раствора в потоке трубы;

$u_\tau$  – скорость трения (м/с),  $u_\tau = \sqrt{\tau_0/\rho}$ ,  $\tau_0$  – напряжение сдвига стенки (Па);

$y^+$  – безразмерное расстояние от стенки трубы,  $y^+ = \frac{yu_\tau}{\nu}$ .

Для логарифмического слоя:

$$u^+ = 2,5 \ln y^+ + 5 (y^+ > 30) \quad (2)$$

Переходный слой располагается в границах между вязким и логарифмическим слоями.

Для заданного определенного размера трубы и скорости потока, при анализе закономерности течения в турбулентном поле, по данным исследований П. Вирка показано, что в турбулентном поле снижение гидравлического сопротивления при наличии в потоке ПТП существует максимальное значение эффективности. На основании этого вывода им предлагается известная асимптотическая зависимость максимального сопротивления:

$$u^+ = 11,7 \ln y^+ - 17 \quad (3)$$

Границы слоев при вводе в поток противотурбулентной присадки смещаются в осевом направлении трубопровода (Рисунок 4(б)).

Кроме того, Х Беверсдорф провел экспериментальные и моделированные исследования турбулентного поля при добавлении ПТП. Авторами получены закономерности воздействия полимера на разные слои турбулентного поля. Предложены несколько репрезентативных теорий механизма снижения гидравлического сопротивления в турбулентном потоке с ПТП: теория подавления турбулентного вихря; теория подавления

					Эффективность применения противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

турбулентных пульсаций; теория развязки турбулентных пульсаций; теория взаимодействия турбулентных структур; теория устойчивости вихрей [7].

Данный метод основан на внутренней структуре турбулентности для изучения механизма снижения сопротивления, что позволяет выявить основные закономерности снижения сопротивления с ПТП в поле турбулентности.

Однако некоторые проблемы остаются неразрешенными вследствие сложности процесса возникновения турбулентности и взаимного влияния макромолекул полимера. При достижении концентрации ПТП в растворе значений, соответствующих максимальному снижению гидравлического сопротивления, дальнейшее увеличение концентрации ПТП, напротив, приводит к уменьшению эффективности присадки.

### **2.1.3. Исследование динамики молекул полимерных добавок**

Этот метод базируется на взаимосвязи микроструктуры молекул полимера в турбулентном потоке и реологических характеристик раствора при изучении механизма снижения гидравлического сопротивления. Наиболее представительными теориями в этой области исследований являются теории молекулярного растяжения и дисперсии пространственных частиц полимера.

С молекулярной точки зрения предположение, что самопроизвольно свернутые молекулярные полимерные клубки под действием турбулентных пульсаций деформируются и вытягиваются в потоке. Вследствие этого происходит утолщение вязкого пристенного слоя, и в то же время снижается интенсивность поперечных турбулентных пульсаций и их ослабление. На это состояние будет влиять градиент напряжения трения в турбулентном ядре потока, который изменяет морфологию молекул полимера, переводя их в растянутое состояние. Однако скорость растяжения и турбулентная завихренность, рассчитанные по теории молекулярного растяжения Дж.

					<i>Эффективность применения противотурбулентных присадок</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

Ламли в логарифмическом слое профиля потока, не вполне согласуются с фактическими результатами. Теория применима только к переходному слою потока в трубопроводе.

Используя метод DNS, исследовали влияние дисперсии частиц в поле потока на эффективность снижения турбулентного сопротивления вязкоупругих жидкостей и разработали расчетные модели UD, AD и MCUD3. Они полагают, что в развитом турбулентном потоке, полностью активированные молекулы полимера обеспечивают снижение турбулентного сопротивления. Расчетные модели UD и, AD предназначены для вычисления величины снижения турбулентного сопротивления для стабильных жидкостей в гладких трубопроводах, а MCUD3 – для неустойчивых вязкоупругих жидкостей. Указанные модели основаны на определяющем уравнении турбулентности и дополнительного уравнения дисперсии молекулярных частиц (на основе молекулярно-вязкоупругой модели полимера FENE-P):

$$\frac{du_i}{dt} + \frac{d}{dx_j} (u_i \cdot u_j) = -\frac{dp}{dx_i} + \frac{1}{Re} \cdot \frac{d^2 u_i}{dx_j dx_j} + \frac{\varepsilon}{Re} \cdot \frac{d\tau_{ij}}{dx_j} \quad (4)$$

Таким образом, уравнение (4) позволяет проанализировать дискретное воздействие молекул полимера в потоке на поглощение энергии турбулентных пульсаций, приводящее к снижению турбулентного сопротивления.

Хотя этот метод способен объяснить механизм влияния молекул полимера на снижение турбулентного сопротивления с микроскопической точки зрения, реализация его методом численного моделирования затрудняет проведение экспериментальной проверки

#### **2.1.4. Исследование механизма на основе энергии поля турбулентного потока**

В настоящее время, существует три взгляда энергетической трактовки механизма снижения гидравлического сопротивления при перекачке

					Эффективность применения противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

жидкости сППП:

1) Снижение генерации турбулентной кинетической энергии.

Некоторые исследователи считают, что молекулы полимера могут эффективно препятствовать превращению кинетической энергии жидкости в турбулентную пульсирующую энергию в поле турбулентного потока.

2) Уменьшение рассеивания энергии поля потока в тепловую энергию.

Полимер снижает потери на трение в поле турбулентного потока, которые преобразуются в тепловую энергию и рассеиваются в окружающую среду.

3) Уменьшение энергии турбулентных пульсаций.

Энергия, затраченная на турбулентное вихреобразование – значительная диссипация энергии в поле турбулентного течения. Поэтому некоторые эксперты полагают, что молекулы полимера уменьшают затраты энергии на вихреобразование в потоке и отражает эффект уменьшения турбулентного сопротивления.

Проведенные ранее исследования указывают на то, что для изучения механизма снижения турбулентного сопротивления при перекачке жидкости с ПТП требуется комплексный подход, объединяющий параметры реологических характеристик, турбулентную структуру, молекулярную динамику полимера и энергию турбулентного течения.

## **2.2 Ограничение применения и недостатки противотурбулентных присадок**

Противотурбулентные присадки исследованы недостаточно хорошо. Поэтому нельзя сказать, что все их недостатки известны. Отмечено, что присадки на основе полибутадиена и полиизопрена в рабочих концентрациях не влияют на коэффициент фильтруемости, кинематическую вязкость и фактические смолы топлив.

					Эффективность применения противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Неудобство практического применения заключается в том, что присадки этого типа представляют собой высокомолекулярные полимеры, трудно растворимы и вводятся в топливо в виде очень разбавленного концентрата - около 3 % , для приготовления которого требуется от 20 до 40 часов. При исследовании присадки NECADD-547 (РГУ Нефти и газа) было обнаружено, что её введение увеличивает коэффициент фильтруемости дизельного топлива через фильтры из бумаги. Однако, как утверждают разработчики, при прохождении через насос глобулы присадки разбиваются (вытягиваются) и значение  $K_f$  восстанавливается. Это было подтверждено эксплуатационными испытаниями.

При длительном действии присадок в турбулентном потоке они разрушаются (деградируют); особенно велико их разрушение при прохождении через насосы перекачивающих станций. Поэтому при использовании присадок приходится после каждой насосной станции вводить в поток свежие порции присадок.

					Эффективность применения противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



### 3. Анализ противотурбулентных присадок

В настоящее время на рынке купле-продажи появилось много новых противотурбулентных присадок, но исходя из жестких требований к ним, заказчики выбирают высоко качественную продукцию, проверенную временем.

Мы выбрали несколько присадок, для оценки влияния их на магистральный трубопровод с целью сравнения и определения наиболее подходящей и эффективной противотурбулентной присадки.

Противотурбулентная присадка M-FLOWTREAT

Физико-химические свойства в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические свойства противотурбулентной присадки M - FLOWTREAT

Наименование	Параметры
Внешний вид	суспензия от светло-серого до светло-коричневого цвета
Плотность	при 20 °С 820-1200 кг/м <sup>3</sup>
Динамическая вязкость	при 23 °С 60000 - 70000 мПа×с
Температура вспышки	> 62 °С

Применение:

Компанией «Газпром переработка» в 2011 году было проведено опытно-промышленное испытание присадки M-FLOWTREAT на трубопроводе «Уренгой – Сургут». Ожидая увеличение объемов перекачки на данном участке, возникла необходимость повышения мощности головной перекачивающей станции. Применение противотурбулентной присадки с концентрацией 10 г/т позволило увеличить производительность ГННПС на

					<i>Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Прокаева А.Р			<b>Анализ противотурбулентных присадок</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Руковод.		Никульчиков А.В.					41	97
Консульт.						<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

25%. Так же присадка M-FLOWTREAT успешно прошла испытания на конденсатопроводе «Юрхароское месторождение – Пуровский ЗПК» [34].

#### Противотурбулентная присадка Necessad-447

Физико-химические свойства представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические свойства противотурбулентной присадки Necessad - 447

Наименование	Параметры
Внешний вид	суспензия желтого цвета
Плотность	при 20 °С 840-900 кг/м <sup>3</sup>
Динамическая вязкость	при 23 °С 30000 - 40000 мПа×с
Температура вспышки	> 61 °С

#### Применение:

Компанией ОАО «АК «Транснефтепродукт» в 2004 году на участке «Прибой – Журавлинская» было проведено опытно- промышленное испытание присадки Necessad447, она вводилась в дизельное топливо в концентрации 4 г/т, что привело к увеличению производительности перекачки на 12 и 24% в зависимости от комбинации работающих насосных агрегатов.

#### Противотурбулентная присадка FLO XL

Физико-химические свойства в таблице 4:

Таблица 4 – Физико-химические свойства противотурбулентной присадки FLO XL

Наименование	Параметры
Внешний вид	желтоватая суспензия
Плотность	при 22 °С 860-890 кг/м <sup>3</sup>
Динамическая вязкость	при 25 °С ≥100000 мПа×с
Температура вспышки	> 62 °С

Применение: Компанией ОАО «АК «Транснефтепродукт» в 2003 году на участке «Узень – Атырау – Самара» была использована присадка FLO XL

для решения вопроса об увеличении производительности трубопровода до 16,5 млн.т в год, для чего использовалась присадка. Введение добавки FLO XL в концентрации 20 г/т на нефтеперекачивающей станции «Индер» и 5,2 г/т на линейной производственно-диспетчерской станции «Б. Чаган» для состава смеси легких нефтей позволило увеличить производительность перекачки до 16,8 млн.т в год.[10]

Противотурбулентная присадка FLO MХА

Физико-химические свойства в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-химические свойства противотурбулентной присадки FLO MХА

Наименование	Параметры
Внешний вид	желтоватая суспензия
Плотность	при 22 °С 860-890 кг/м <sup>3</sup>
Динамическая вязкость	при 25 °С ≥100000 мПа×с
Температура вспышки	> 62 °С

Применение:

В настоящее время в ПАО «Транснефть» для определения кривой эффективности ПТП для конкретного участка трубопровода проводят опытно-промышленные испытания присадки на участке трубопроводной системы Восточная Сибирь – Тихий океан-1. В процессе ОПИ наблюдались незначительные снижения фактического давления в трубопроводе от расчетного ( $\pm 0,5$  МПа).

### **3.1. Результаты определения эффективности противотурбулентных присадок на основе ранее проведённых опытов специалистов.**

Противотурбулентные присадки исследованы недостаточно хорошо, поэтому нами был рассмотрен пример оценки влияния на дизельное топливо противотурбулентных присадок M-FLOWTREAT и Necadd-447 [27].

					Анализ противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Для сравнения эксплуатационных свойств присадок исследования проводились на изготовленной лабораторной установке - дисковом турбореометре, а также помимо исследований поставленные результаты решались анализом и сопоставления результатов лабораторных исследований и опытно-промышленных транспортировок.

Объектом исследования являлись пробы дизельного топлива с противотурбулентной присадкой с характеристиками в таблице 6 [14].

Таблица 6 – Характеристика дизельного топлива

Наименование	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с	
		V <sub>0cp</sub>	V <sub>25cp</sub>
1. Дизельное топливо летнее	826	6,88	3,42
2. Дизельное топливо летнее	827	6,60	3,28
3. Дизельное топливо зимнее	809	3,66	2,14

При сопоставлении результатов определения эффективности противотурбулентных присадок, полученных на дисковом реометре и по промышленным данным в таблице, были определены результаты обработки данных промышленных транспортировок дизельного топлива с противотурбулентными присадками Necadd-447 и M-FLOWTREAT [28].

Результаты определения эффективности противотурбулентной присадки Necadd-447 проводились по участкам нефтепродуктопровода [15].

Таблица 7 – Результаты определения эффективности противотурбулентной присадки Necadd - 447 в дизельном топливе

Расход Q, м <sup>3</sup> /ч	Плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	Кинематическая вязкость ν, мм <sup>2</sup> /с	Потери давления на трение, Δр, МПа	Концентрация присадки С, ppm	Число Рейнольдса Re	Эффективность присадки, %
1489,2	838,4	3,66	4,20	7,5	279908	29,8
1523,3	850,1	4,36	4,54	8,0	240694	29,7
1503,0	848,9	4,67	4,34	8,5	221368	31,7

Таблица 8 – Результаты определения эффективности противотурбулентной присадки Necadd – 447 в дизельном топливе

Расход Q, м <sup>3</sup> /ч	Плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	Кинемати- ческая вязкость ν, мм <sup>2</sup> /с	Потери давления на трение, Δр, МПа	Концент- рация присадки С, ppm	Число Рейнольдса Re	Эффективность присадки, %
1501,2	850,0	4,67	5,38	12,0	221998	30,4
1605,0	847,6	4,40	5,75	14,0	249868	33,8
1576,9	842,2	4,93	5,33	15,0	212580	32,9

Таблица 9 – Результаты определения эффективности противотурбулентной присадки Necadd - 447 в дизельном топливе

Расход Q, м <sup>3</sup> /ч	Плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	Кинемати- ческая вязкость ν, мм <sup>2</sup> /с	Потери давления на трение, Δр, МПа	Концент- рация присадки С, ppm	Число Рейнольдса Re	Эффективность присадки, %
1581,3	844,4	4,45	5,56	4,0	228134	25,5
1515,5	846,6	4,61	5,79	4,5	219815	22,7
1501,2	850,0	4,67	5,68	5,0	214851	26,7

Результаты определения эффективности противотурбулентной присадки M - FLOWTREAT проводился на третьем участке

Таблица 10 - Результаты определения эффективности противотурбулентной присадки M - FLOWTREAT в дизельном топливе

Расход Q, м <sup>3</sup> /ч	Плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	Кинемати- ческая вязкость ν, мм <sup>2</sup> /с	Потери давления на трение, Δр, МПа	Концент- рация присадки С, ppm	Число Рейнольдса Re	Эффективность присадки, %
1232,8	833,7	3,91	3,34	5,1	216835	30,1
1232,8	834,2	4,10	2,51	9,7	207314	47,7
1231,0	831,8	4,07	2,17	14,0	208645	54,6

Исходя из данных таблицы можно сделать вывод, что при почти неизменном расходе жидкости Q, при увеличении концентрации присадки Число Рейнольдса значительно падает, а эффективность присадки составляет от 25% до 55%

Вывод: Рассмотрели характеристику противотурбулентных присадок и из проведённых ранее опытов, выбрали применение неионогенных присадок, так они существенно снижают число Рейнольдса и показывают долгое сопротивление расслоению, не влияя на качественные показатели нефти.

### 3.2 Определение общих потерь напора и потерь напора на трение

Для расчета в комплексной программе ANSYS был взят часть трубопровода длиной 20 м. Параметры трубопровода для расчетов приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные для расчета трубопровода в ANSYS

Параметр	Обозначение	Размерность	Величина
Диаметр трубы	$D_n$	мм	820
Толщина стенки трубы	$\delta$	мм	9
Внутренний диаметр трубы	$D_{нв}$	мм	811
Протяженность	L	м	20
Объем перекачиваемой жидкости	$G_r$	млн.т	40
Плотность нефти	$\rho_T$	кг/м <sup>3</sup>	850
Вязкость	$\nu_T$	мм <sup>2</sup> /с	22
Эквивалентная шероховатость для нефтепроводных труб новых и чистых	$K_э$	мм	0,1

Расчётной часовой пропускной способностью нефтепровода:

$$Q_{ч} = \frac{G_r}{24N_p \rho_T} \quad (5)$$

где  $N_p$  – расчётное число суток работы нефтепровода

$G_r$  - объем перекачиваемой жидкости

$\rho_T$  - плотность перекачиваемой жидкости

Из нормативного документа РД 153-39.4-113-01 «Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов»  $N_p$  расчетное число рабочих дней магистральных нефтепроводов – 350 [2].

$$Q_{\text{ч}} = \frac{40 \cdot 10^9}{24 \cdot 350 \cdot 850} = 5523,33 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Секундный расход нефти:

$$Q = \frac{Q_{\text{ч}}}{3600} \quad (6)$$

$$Q = \frac{5523,33}{3600} = 1,53 \text{ м}^3/\text{с}$$

Скорость движения нефти при данном расходе:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (7)$$

$$V = \frac{4 \cdot 1,53}{3,14 \cdot 0,811^2} = 2,97 \text{ м/с}$$

Режим движения потока в трубопроводе характеризуется числом Рейнольдса.

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (8)$$

Где  $\nu$  - средняя скорость движения нефти

$d$  - внутренний диаметр трубопровода

$\nu_p$  - кинематическая вязкость

$$Re = \frac{2,97 \cdot 0,811}{2,2 \cdot 10^{-5}} = 109543$$

При ламинарном режиме течения, то есть при  $Re < 2320$ , коэффициент гидравлического сопротивления определяют по формуле Стокса.

					Анализ противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

В нашем случае, режим течения жидкости - турбулентный. При турбулентном режиме течения различают три зоны трения: гидравлически гладких труб (коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda$  зависит только от  $Re$ ); смешанного трения ( $\lambda$  зависит от  $Re$  и относительной шероховатости  $\Delta$ ) и квадратичного трения ( $\lambda$  зависит только от  $\Delta$ ). Границами этих зон являются переходные числа Рейнольдса.

$$\Delta = \frac{K_3}{d} \quad (9)$$

$$\Delta = \frac{0,1}{811} = 0,0001$$

где  $K_3$  – эквивалентная шероховатость;

$d$  – внутренний диаметр трубопровода.

$$R_1 = \frac{10 \cdot d}{\Delta} \quad (10)$$

$$R_1 = \frac{10 \cdot 0,811}{0,0001} = 81100$$

$$R_2 = \frac{560 \cdot d}{\Delta} \quad (11)$$

$$R_2 = \frac{560 \cdot 0,811}{0,0001} = 4055000$$

Так как  $Re_1 < Re$ , то течение нефти происходит в зоне смешанного трения и коэффициент гидравлического сопротивления вычисляем по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (12)$$

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{0,0001}{0,811} + \frac{68}{109543} \right)^{0,25} = 0,01739$$

Определяем гидравлический уклон по трубопроводу. Гидравлический уклон есть потеря напора на трение на единице длины трубопровода.

$$i = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v}{2g} = \beta \frac{Q^{2-m} v_p^m}{d^{5-m}} \quad (13)$$



где  $\lambda$  – гидравлическое сопротивление;

$v$  – скорость течения;

$g$  – ускорение свободного падения;

$d$  – внутренний диаметр трубопровода.

$$i = \frac{0,01739}{0,811} \cdot \frac{2,97}{2 \cdot 9,81} = 0,009$$

Определим линейные потери давления по формуле

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad (14)$$

$$\Delta P = 0,01739 \cdot \frac{20}{0,811} \cdot \frac{2,97^2}{2} \cdot 850 = 1609 \text{ Па}$$

Расчет методом компьютерного моделирования.

Решение задачи будет проводиться в модуле CFX программного комплекса ANSYS Workbench.

Модуль CFX – модуль, позволяющий решать гидрогазодинамические задачи различного уровня сложности.

Производим построение геометрической модели в программе комплекс САПР SolidWorks, чтобы в дальнейшем использовать ее в модуле DesignModeler в ANSYS.

Для разбиения геометрической модели на конечные элементы используем модуль Mesh. Устанавливаем следующие опции:

- Inflation – это создание и контроль пограничного слоя. Опция позволяет измельчить сетку в указанной приграничной области. В Inflation option задаем First Layer Thickness, что задать высоту приграничного слоя и количество.
- MultiZone – обеспечивает автоматическое разложение геометрии на отображаемые и свободные области. Также автоматически генерирует чистую шестигранную сетку, где это возможно, а затем заполняет более трудные для захвата области неструктурированной сеткой.

В модуле Setup задаем исходные условия задачи: тип перекачиваемого продукта (жидкость), абсолютную шероховатость стенки трубы ( $\Delta = 0,0001$  м), рабочее давление (5,5 Па) и массовый расход ( $Q_M = 1304,12$  кг/с).

Выбираем расчетную модель турбулентности – ShearStressTransport (SST) turbulence model. ShearStressTransport является моделью сдвиговых напряжений, считывает скорость потока в пристеночной области, которая представляет собой комбинацию моделей турбулентности. SST модель принадлежит классу RANS моделей (основанных на уравнениях Навье – Стокса, осредненных по Рейнольдсу) и является комбинацией K-ε (K-эпсилон) и K-ω (K-омега) моделей турбулентности.

Благодаря такой комбинации она может хорошо считать пристеночные течения и свободные течения вдали от стенок. Огромный опыт применения этой модели мировым сообществом позволил откалибровать ее для большинства задач.

В модуле Solution производим решение задачи. После окончания решения все результаты будут записаны и станут доступными для анализа.

Произведем построение результатов решения в модуле CFD-Post.

На рисунке 5 представлено распределение полного давления в трубопроводе.

					Анализ противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

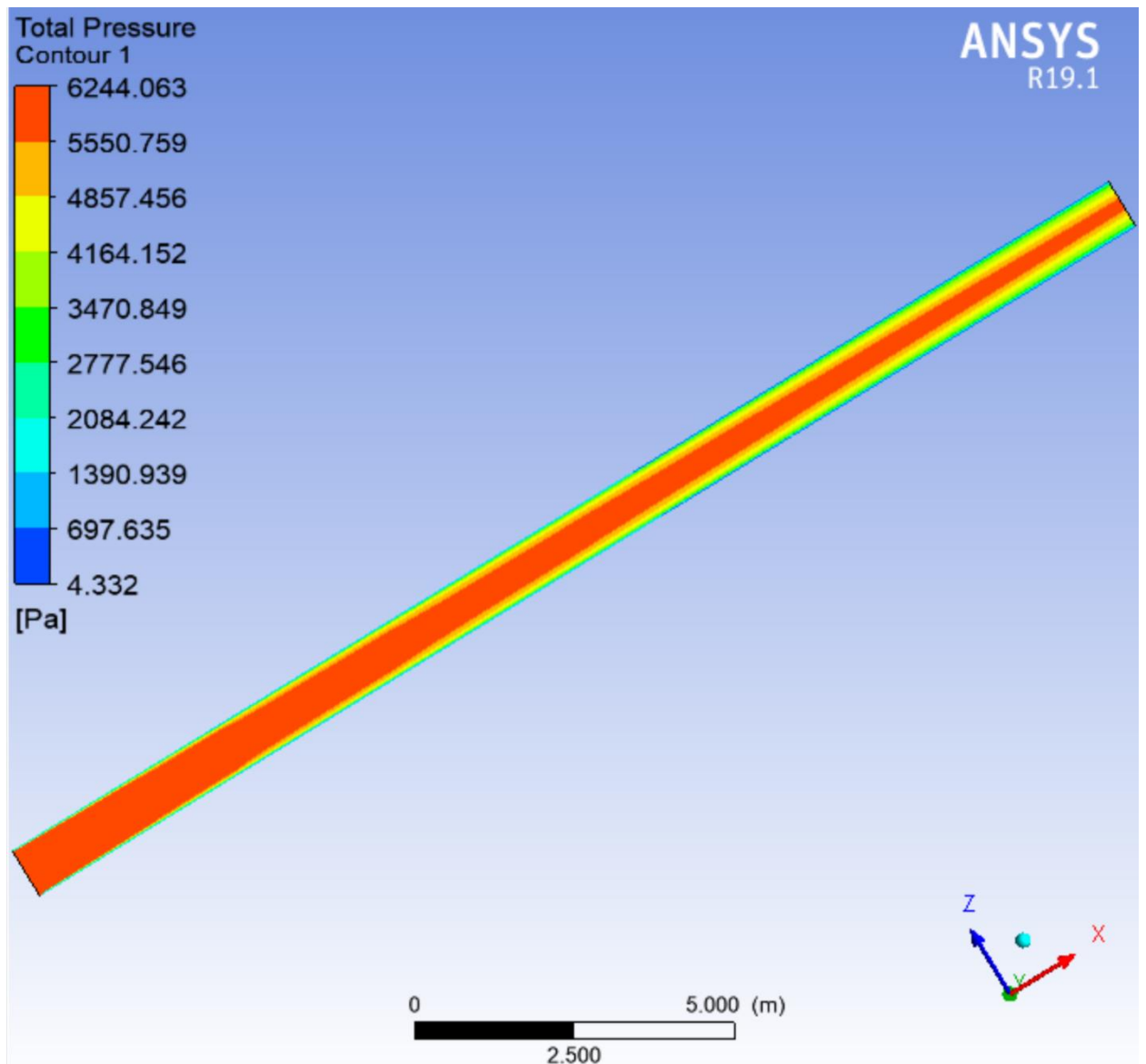


Рисунок 5 – Распределение полного давления

Используя следующее CEL-выражение, определим перепад полного давления на входе и выходе трубопровода: «dPtot = massFlowAve(Total Pressure)@inlet-massFlowAve(Total Pressure)@opening».

Таким образом, перепад давления ( $P_n$ ) равен 1605 Па.

Анализируя и сравнивая полученные решения, а именно аналитическим методом определили линейные потери давления  $\Delta P = 1609$  Па и методом программного моделирования определили перепад давления  $P_n = 1605$  Па, можно сделать вывод о том, что метод конечных элементов в газогидродинамических задачах дает точное решение, не уступающее по точности аналитическому методу, а в отдельных случаях даже превосходящее

его. В процентном соотношении разница решений составляет (к аналитическому решению) ~ 0.24 %.

Технология моделирования газогидродинамических задач в модуле ANSYSCFX позволяет выполнять глубокий анализ механики жидкости и газов во многих типах изделий и процессов, что дает возможность не только снизить необходимость дорогостоящих прототипов, но и получить данные, которые не всегда доступны при проведении экспериментальных исследований.

Во время разработки нового оборудования за короткий промежуток времени можно выполнить много вычислений типа «что-если». Результатом этого становится лучшее соответствие продукта, увеличенная производительность, надежность.

Моделирование потока жидкостей и газов может служить дополнением к физическому эксперименту. Данные, полученные в ходе вычислений методом конечных элементов, позволяют скорректировать нюансы физического эксперимента, что дает возможность сократить время и снизить стоимость разработки или исследования.

### 3.3. Оценка влияния противотурбулентной присадки на поток нефти в трубопроводе «Х»

Таблица 12 – Технические параметры трубопровода «Х» и транспортируемой нефти

Параметр	Обозначение	Размерность	Величина
Диаметр трубы	$D_n$	мм	820
Толщина стенки трубы	$\delta$	мм	9
Внутренний диаметр трубы	$D_{нв}$	мм	811
Протяженность	L	км	50

Объем перекачиваемой жидкости	$G_T$	млн.т	40
Плотность нефти	$\rho_T$	кг/м <sup>3</sup>	850
Вязкость	$\nu_T$	мм <sup>2</sup> /с	22
Эквивалентная шероховатость для нефтепроводных труб новых и чистых	$K_э$	мм	0,1

Расчётной часовой пропускной способностью нефтепровода:

$$Q_{ч} = \frac{40 \cdot 10^9}{24 \cdot 355 \cdot 850} = 5523,33 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Секундный расход нефти:

$$Q = \frac{Q_{ч}}{3600} = \frac{5523,33}{3600} = 1,53 \text{ м}^3/\text{с}$$

Скорость движения нефти при данном расходе:

$$V = \frac{4 \cdot 1,53}{3,14 \cdot 0,811^2} = 2,97 \text{ м/с}$$

Расчет числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{2,97 \cdot 0,811}{2,2 \cdot 10^{-5}} = 109543$$

В нашем случае, режим течения жидкости - турбулентный.

Расчет относительной шероховатости  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{K_э}{d} = \frac{0,1}{811} = 0,0001$$

Так как течение нефти происходит в зоне смешанного трения и коэффициент гидравлического сопротивления вычисляем по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{0,0001}{0,811} + \frac{68}{109543} \right)^{0,25} = 0,01739$$

					Анализ противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Определяем гидравлический уклон по трубопроводу:

$$i = \frac{0,01739}{0,811} \cdot \frac{2,97}{2 \cdot 9,81} = 0,009$$

В соответствии с расчётной часовой пропускной способностью нефтепровода  $Q_{\text{ч}}$  выбираются основные насосы насосных станций так, чтобы выполнялось условие.

$$0,8Q_{\text{ном}} \leq Q_{\text{ч}} \leq 1,2Q_{\text{ном}} \quad (15)$$

где  $Q_{\text{ном}}$  - подача выбранного типа насосов при максимальном к.п.д.

Таблица 13 – Параметров нефтяных магистральных насосов

Типоразмер насоса	Насос					
	Номинальный режим					Масса, кг
	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Частота вращ., об/мин	Доп. Кавит. запас, м	Кпд, %	
НМ 7000/0,85 – 3.2	6000	250	3000	20	80	2960
НМ 7000 – 210 – 2.1	7000	210		20	83	3500

Основной насос 6000 - 250

Выбранный насос 7000-210

Исходя из условия:

$$4800 \leq 5523,33 \leq 12606$$

Чтобы достичь снижение гидравлического сопротивление, общих потерь на трение и увеличение пропускной способности до  $Q=700$  м<sup>3</sup>/ч, коэффициент увеличения производительности должен составить:

$$\chi = \frac{Q}{Q_{\text{ч}}} \quad (16)$$

$$\chi = \frac{7000}{5523,33} = 1,26$$

Где  $Q_0$  – пропускная способность на данный момент

$Q$  – Плановое увеличение пропускной способности

Снижение числа Рейнольдса при перекачке нефти с расходом Q составит

$$Re_0 = Re \cdot \frac{Q_ч}{Q} \quad (17)$$

$$Re_0 = 109543 \cdot \frac{5523,33}{7000} = 86434$$

Так как у нас зона гидравлически гладких труб то сопротивление определяют по формуле

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (18)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{86434^{0,25}} = 0,0185$$

Гидравлический уклон при работе с увеличенной пропускной способности.

$$i = \lambda \cdot \left(\frac{Q_ч}{Q}\right)^2 \quad (19)$$

$$i = 0,0185 \left(\frac{5523,33}{7000}\right)^2 = 0,0113$$

Для того чтобы обеспечить плановую производительность перекачки, с определённым насосным оборудованием, пользуются формулой.

$$\lambda_{п} = \lambda - \frac{1}{L} \left[ \frac{\pi^2 \cdot g \cdot d^2}{8\chi^2} n'' \cdot m_{мн} (\chi^2 - 1) - 1 \cdot \left(\frac{\lambda_0}{\chi^2} - \lambda\right) \right] \quad (20)$$

Где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления при перекачке нефти с расходом Q без применения присадки;

$\lambda_0$  – то же при расходе  $Q_0$

$n''$  – число работающих станций, в данном случае 1

$\chi$  – требуемое увеличение расхода

1 – длина перегона, по которому осуществляется перекачка нефти

$$\lambda_{п} = 0,0185 - \frac{1}{20} \left[ \frac{3,14^2 \cdot 9,81 \cdot 0,811^2}{8 \cdot 1,26^2} 1 \cdot (1,26^2 - 1) \cdot \left(\frac{0,0173}{1,26^2} - 0,0185\right) \right] =$$

$$= 0,0184$$

					Анализ противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Требуемая величина коэффициента при  $A_0(\theta)$  при известном значении  $\lambda_{\pi}$  определяется как

$$A(\theta) = \frac{1}{\text{Re}\sqrt{\lambda_{\pi}}} \cdot \exp \frac{1 + 3,745\sqrt{\lambda_{\pi}}}{0,88\sqrt{\lambda_{\pi}}} \quad (21)$$

$$A(\theta) = \frac{1}{109543\sqrt{0,0184}} \cdot \exp \frac{1 + 3,745\sqrt{0,0184}}{0,88\sqrt{0,0184}} = 20,3$$

Зависимость  $A_0$  от концентрации присадки  $\theta_{\pi}$  (г/т) является эмпирической и задаётся либо таблично, либо в виде функции.

Для присадки NECCAD – 547

$$A(\theta) = 0,407 \times \theta_{\pi}^{1,29} \quad (22)$$

Для присадки FLO MXA

$$A(\theta) = 1,48 \times \theta_{\pi}^{1,24} \quad (23)$$

Для присадки FLO XL

$$A(\theta) = 1,26 \times \theta_{\pi}^{1,25} \quad (24)$$

Для присадки M-FLOWTREAT

$$A(\theta) = 0,735 \times \theta_{\pi}^{1,28} \quad (25)$$

Для присадки CDR-102

$$A(\theta) = 1,48 \times \theta_{\pi}^{1,24} \quad (26)$$

Исходя из данных формул находим необходимые концентрации присадок

Для присадки NECCAD – 547

$$\theta_{\pi} = \left[ \frac{A(\theta)}{0,407} \right]^{\frac{1}{1,29}} = \left( \frac{20,3}{0,407} \right)^{\frac{1}{1,29}} = 20,75 \text{ г/т}$$

Для присадки FLO MXA

$$\theta_{\pi} = \left[ \frac{A(\theta)}{1,48} \right]^{\frac{1}{1,24}} = \left( \frac{20,3}{1,48} \right)^{\frac{1}{1,24}} = 8,28 \text{ г/т}$$

Для присадки FLO XL

					Анализ противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



$$\theta_{\text{п}} = \left[ \frac{A(\theta)}{1,26} \right]^{1,25} = \left( \frac{20,3}{1,26} \right)^{1,25} = 9,26 \text{ г/т}$$

Для присадки M-FLOWTREAT

$$\theta_{\text{п}} = \left[ \frac{A(\theta)}{0,735} \right]^{1,28} = \left( \frac{20,3}{0,735} \right)^{1,28} = 13,39 \text{ г/т}$$

Для присадки CDR-102

$$\theta_{\text{п}} = \left[ \frac{A(\theta)}{1,48} \right]^{1,24} = \left( \frac{20,3}{1,48} \right)^{1,24} = 8,28 \text{ г/т}$$

$\theta_{\text{п}}$  - это концентрация противотурбулентной присадки, чтобы обеспечить заданный расход.

Растёт эффективности применения данных присадок.

Эффективность противотурбулентных присадок согласно РД-23.040.00-КТН-104-17 рассчитывается по формуле [15]:

$$\varphi = \frac{\lambda - \lambda_{\text{п}}}{\lambda} \cdot 100 \%, \quad (27)$$

Где  $\lambda, \lambda_{\text{п}}$  - средние по участку магистрального нефтепровода коэффициенты гидравлического сопротивления, соответственно, до и после введения присадки в поток перекачиваемой жидкости.

$$\varphi = \frac{0,0181 - 0,0113}{0,0181} \cdot 100 \% = 37,7 \%$$

Эффективности применения данных присадок составила 37,7 %.

Сравнив результаты расчетов, видим, что числа Рейнольдса в двух случаях различны, режим течения жидкости с зоны смешанного трения перешел в зону гидравлически гладких труб.

Увеличилась эффективность участка магистрального трубопровода. Т.е. при помощи противотурбулентной присадки теоретически удалось одним насосом обеспечить перекачку на 1477 м<sup>3</sup>/ч больше, чем до ее применения. Изменился гидравлический уклон, что можно увидеть на рисунке 6.

					Анализ противотурбулентных присадок	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

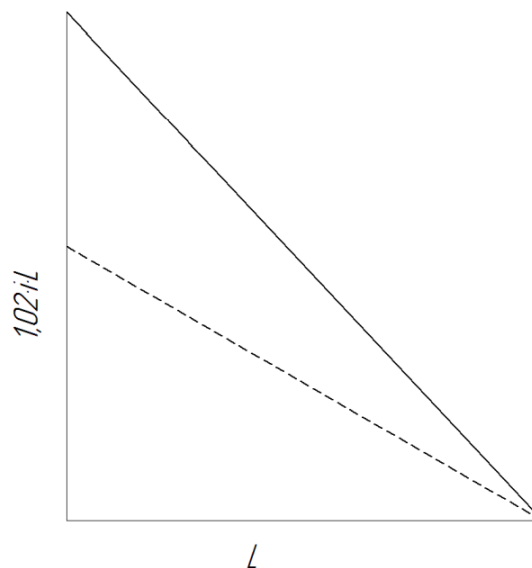


Рисунок 6 – Изменение гидравлического уклона.

———— Гидравлический уклон при работе без применения противотурбулентной присадки  $i = 0,017$ .

----- Гидравлический уклон при работе с применением противотурбулентной присадки  $i = 0,011$ .

Сравнительный анализ цены противотурбулентных присадок.

Сравнительный анализ цены противотурбулентных присадок исходя из тендерных о закупке в таблице 14.

Таблица 14 – концентрация и стоимость присадок

Присадка	Количество присадки г/тонну	Стоимость за грамм руб	Общая стоимость руб
FLO MXA	8,28 грамм	6,81	56,38
FLO XL	9,26 грамм	8,23	76,2
Neccad-447	20,75 грамм	21,34	442,8
M -FLOWTREAT	13,39 грамм	14,64	196
CDR-102	8,28 грамм	10,14	83,95

#### 4. Социальная ответственность

В настоящее время последовательная перекачка нефтей и нефтепродуктов является актуальным вопросом исследования. Это связано с проблемой образование смеси на границе контактирующих жидкостей. Так как одним из способов борьбы с этой проблемой является введение противотурбулентных присадок в трубопровод, соответственно возникает необходимость установки блока дозирования реагентов, который включает в себя утепленный контейнер, накопительную емкость, дозирующие насосы, расходные емкости, шланговый насос, компрессор, систему управления, установленные в контейнере (блок-боксе). Контейнер оснащен системой отопления, системой пожаротушения и вентиляции.

Соответственно, при установке БДР и введении противотурбулентных присадок возникает ряд вредных и опасных факторов. Их рассмотрение и анализ является целью данного раздела выпускной квалификационной работы.

#### 4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

##### 4.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Магистральные трубопроводы в большинстве случаев находятся на значительном удалении от населенных пунктов. Значительная часть персонала на объектах транспортировки нефти работают вахтовым методом. За каждый день нахождения в пути от места нахождения работодателя (пункта сбора) до места выполнения работы и обратно, предусмотренные графиком работы на вахте, а также за дни задержки в пути по метеорологическим условиям или вине транспортных организаций работнику выплачивается дневная тарифная

					<i>Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Прокаева А.Р.</i>			<b>Социальная ответственность</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>							59	97
<i>Консульт.</i>		<i>Фех А.И.</i>				<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

ставка, часть оклада (должностного оклада) за день работы (дневная ставка). Если объект располагается в районах Крайнего Севера или местностях, приравненных к ним, то устанавливается районный коэффициент, выплачиваются процентные надбавки к заработной плате, предусматриваются дополнительные отпуска.

В соответствии с законодательством на работах с вредными и или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных средств индивидуальной защиты согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, спец. обуви и других средств индивидуальной защиты в порядке, предусмотренном «Правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты», или выше этих норм в соответствии с заключенным коллективным договором или тарифным соглашением.

#### **4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

При размещении на производственной территории санитарно-бытовых и производственных помещений, мест отдыха, проходов для людей, рабочих мест должны располагаться за пределами опасных зон. На границах зон, постоянно действующих опасных производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов – сигнальные ограждения и знаки безопасности.

Работающих необходимо обеспечить санитарно-гигиеническими и безопасными условиями труда с целью устранения производственного травматизма и профессиональных заболеваний. В зависимости от выполняемых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой, спец. обувью и защитными средствами.

Рабочее пространство и рабочее место должны проектироваться в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6385-2016. [19]. Для эффективного выполнения

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

рабочих обязанностей необходимо иметь достаточное пространство, обеспечивающее удобные рабочие позы, возможность их вариаций и передвижений. Оборудование должно быть легкодоступно и безопасно. Рабочее пространство должно быть спроектировано таким образом, чтобы трудящийся не утомлялся вследствие продолжительного мускульного напряжения.

Работы на нефтегазопромислах относятся к числу вредных и опасных для здоровья трудящихся, поэтому для них предусмотрены различные льготы и компенсации за причиненный ущерб. К таким относятся увеличение оплаты труда, льготные пенсионные отчисления, а также дополнительный оплачиваемый отпуск, предоставляемый каждый год.

Рабочее место, его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с характером работы, должны обеспечивать безопасность, охрану здоровья и работоспособность персонала. Взаимное расположение и компоновка рабочих мест должны обеспечивать безопасный доступ на рабочее место и возможность быстрой эвакуации в аварийной ситуации.

Организация и состояние рабочих мест, а также расстояния между рабочими местами должны обеспечивать безопасное передвижение работников и транспортных средств, удобные и безопасные действия с материалами, а также техническое обслуживание и ремонт производственного оборудования.

## **4.2. Производственная безопасность**

Выполнение технологических операций не должно причинять вреда работнику предприятия. Вредные и опасные факторы, влияющие на организм трудящегося должны быть быстро выявлены и по мере возможности устранены, или же уменьшены масштабы их воздействия. Для оценки этих факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [23]. В таблице 15 приведены опасные и вредные факторы, связанные с запроектированными видами работ.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Таблица 15 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ					Нормативные документы
	Земляные	Погрузочно-разгрузочные работы	Сварочно-монтажные работы	Огневые работы	Работы по использованию ГПП	
<b>Опасные:</b> 1) Электрический ток;			+	+		ГОСТ 12.1.045-84; ГОСТ 12.1.002-84; ГОСТ Р 12.1.019-2009.
2) Пожаро- и взрывоопасность;				+		ГОСТ 12.1.004-91; ГОСТ 12.1.010-76.
3) Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные);	+	+	+			ГОСТ 12.4.125-83; ГОСТ 12.2.062-8.1
<b>Вредные:</b> 1) Повышенный уровень шума на рабочем месте;	+	+	+	+		ГОСТ 12.1.003-2014; ГОСТ 24346-80.
2) Недостаточная освещенность рабочей зоны;	+	+	+	+		ВСН34-82 ; СанПиН 2.2.1/2.1.1.127 8-03.
3) Токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ;					+	ГН 2.2.5.686-98
4) Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе;	+	+	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
5) Повреждения в результате контакта с насекомыми, животными;	+	+				СанПиН 3.2.3215-14

#### 4.2.1 Анализ вредных производственных факторов

Повышенный уровень шума на рабочем месте.

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Длительное воздействие шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха. В соответствии с ГОСТ 12.1.003 – 2014 допустимый уровень шума составляет 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления свыше 135 дБА [25].

Шум может создаваться работающим оборудованием: машинами (ЗИЛ, КАМАЗ, КрАЗ), бульдозерами и трубоукладчиками, полевыми машинами для изоляции трубопровода.

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся: использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи); средств звукопоглощения.

В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки, заглушающая способность которых составляет 6-8 дБА. В случаях более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину.

Недостаточная освещенность рабочей зоны.

Для электрического освещения строительной площадки и участков используется рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное освещение. В соответствии с ГЭСН 81-02-01-2001 Часть 1 Государственные элементные сметные нормы на строительные и специальные строительные работы при наступлении темноты участки работ, рабочие места, проезды и проходы к ним должны быть освещены:

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

- не менее 10 люкс при выполнении земляных работ;
- не менее 100 люкс на рабочем месте при выполнении монтажных изоляционных работ;
- не менее 2 люкс на проездах в пределах рабочей площадки;
- не менее 5 люкс в проходах к месту производства работ [26].

Освещенность должна быть равномерной, без слепящего действия осветительных приспособлений на работающих. При выполнении газоопасных работ для освещения рабочих мест должны использоваться светильники взрывозащищенном исполнении.

При недостаточной освещенности и напряженной зрительной работе происходит повышенная утомляемость, возникновение головных болей и ухудшение зрения.

Передвижные инвентарные осветительные установки должны размещаться на строительной площадке в местах производства работ, и в зоне транспортных путей и др. Строительные машины должны быть оборудованы осветительными установками наружного освещения.

Токсическое и раздражающее воздействие на организм человека химических веществ.

Одним из способов увеличения пропускной способности нефтепровода является использование противотурбулентных присадок. Противотурбулентные присадки при попадании на кожные покровы и слизистые оболочки вызывают раздражение; имеют мутагенное действие. По параметрам острой токсичности относятся к умеренно опасным веществам. Пары, в концентрациях, превышающих ПДК для воздуха рабочей зоны, оказывают воздействие на ЦНС, почки и печень; оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и органов дыхания.

Защита дыхательных органов осуществляется с помощью разнообразных противогазов и респираторов. Органы зрения защищаются путем использования предохранительных очков. Также объект должен иметь

					Социальная ответственность	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



на балансе приборы для замера вредных веществ (газоанализаторы, лазерная техника) [20].

Пары нефти обладают выраженным действием на сердечно-сосудистую систему и на показатели крови (снижение содержания гемоглобина и эритроцитов), возможно поражение печени, нарушение деятельности эндокринных желез, поражают центральную нервную систему, вызывают острые и хронические отравления. При систематическом контакте кожи с нефтью происходит некроз тканей, экземы и пигментные дерматиты, при попадании в глаза – помутнение роговицы.

Контроль воздуха рабочей зоны осуществляется по: 2-Метилпропан-1-олу, углеводородам алифатическим предельным C1-10 (в пересчете на C).

Максимальная разовая величина ПДК по 2-Метилпропан-1-олу составляет 10 мг/м<sup>3</sup> с 3-им классом опасности, а углеводородам алифатическим предельным C1-10 – 900/300 мг/м<sup>3</sup> с 4-ым классом опасности.

Для контроля газовой среды необходим стационарный газоанализатор.

В технологическом отсеке расположена пусковая аппаратура всех электроприемников установки. Электрооборудование и средства КИПиА имеют взрывозащищенное исполнение, а провода и кабели установлены с медными жилами. Используется переменный ток напряжением 380/220 В частотой 50 Гц.

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.

Микроклимат представляет комплекс физических параметров воздуха, влияющих на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность радиационного излучения солнца, величину атмосферного давления.

Высокая температура способствует ускоренному утомлению работника, может стать причиной перегрева, теплового удара. Низкая температура может также негативно влиять на организм человека, она может вызвать охлаждение организма, простудное заболевание или даже обморожение. Подвижность

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

воздуха увеличивает теплоотдачу организма, она имеет положительное значение при высоких температурах и отрицательное – при низких. Низкая влажность может стать причиной пересыхания слизистых оболочек дыхательных путей.

При отклонении показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года. При определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются.

Допустим Установка для ввода противотурбулентной присадки в трубопровод располагается в республике Саха (Якутия) в Нерюнгринском районе. Климатический регион (IV), где средняя температура воздуха зимних месяцев  $-41^{\circ}\text{C}$ , среднегодовая температура равна  $-6,9^{\circ}\text{C}$ , среднегодовая влажность воздуха – 73 %, а средняя скорость ветра 1,3 м/с [32].

Повреждения в результате контакта с насекомыми, животными.

Работа на открытой местности, а тем более в заболоченных районах лесотундры связана с постоянным воздействием со стороны кровососущих насекомых-вредителей, которые могут переносить различные болезни, передаваемые при контакте с кожей или кровеносной системой человека. Согласно СанПиН 3.2.3215-14 [29], на предприятиях должны осуществляться непрерывное наблюдение за паразитарными болезнями, проводиться надзор за эпидемическим процессом, а также разрабатываться и корректироваться профилактические мероприятия с целью их предотвращения.

В полевых условиях наиболее опасны укусы энцефалитного клеща. Поэтому нужно уделять особое внимание профилактике энцефалита. Основное профилактическое мероприятие – противоэнцефалитные прививки, которые создают у человека устойчивый иммунитет к вирусу.

Во избежание этого негативного фактора работники должны правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты, использовать при работе репелленты.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

## 4.2.2 Анализ опасных производственных факторов

### Электрический ток

Нефтегазовое производство должным образом электрифицировано, поэтому работник данной отрасли постоянно сталкивается с электроприборами или оборудованием, находящимся под напряжением.

Источником поражения электрическим током могут являться плохо изолированные токопроводящие части, провода, от сварочного аппарата, или дизельного электродвигателя. В электрической цепи значение параметра напряжения должно удовлетворять ГОСТ 12.1.019 – 2009 и быть в свою очередь не более 50 мА [30].

Опасное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм (ожоги, металлизация кожи, механические повреждения), электрического удара и профессиональных заболеваний. Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Индивидуальные средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставки [30].

### Пожароопасность и взрывоопасность.

Источниками возникновения пожара при сооружении магистрального нефтепровода могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры дуги, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91, объекты нефтегазовых промыслов должны быть оборудованы системами пожарной безопасности, которые в случае опасности должны незамедлительно оповестить рабочий персонал. В случае возникновения пожарной ситуации основной задачей работников производства является предотвращение образования горючей среды и (или) источников зажигания, а также организация защиты и безопасной эвакуации людей [31].

В целях безопасности людей на случай пожара должны быть правильно спроектированы здания и помещения, которые гарантируют быструю эвакуацию персонала и ограничивают распространение пожара, отделка стен и потолков не должна содержать горючих и выделяющих удушающие газы в процессе горения материалов, все противопожарное оборудование должно всегда находиться в боевой готовности, все работники должны быть ознакомлены с противопожарными инструкциями и планами эвакуаций. К средствам защиты при возникновении пожарных ситуаций относятся противогазы, респираторы и аптечки, которые должны находиться в доступных для работников местах.

Первичные средства пожаротушения (порошковый, углекислотный огнетушители, песок), пожарное оборудование, инвентарь должны содержаться в полной исправности. Запрещается на территории БДР курение, применение любых источников огня. При отсутствии электроосвещения допускается пользоваться взрывобезопасными аккумуляторными фонарями. При ремонтных работах применять искробезопасный инструмент.

Не допускается скопление реагента, ветоши внутри или на территории установки; места загрязнений должны засыпаться и пропитываться сорбентом, песком, использованный обтирочный материал, удалять в специально отведенные места утилизации.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Для тушения очага возгорания внутри БДР использовать порошковый огнетушитель, песок, кошму, с позиции более 2-х метров от очага – углекислотный огнетушитель. При пожаре обесточенной установки использовать порошковые составы, тонко распыленную воду, химические пены. В качестве огнегасительных средств категорически запрещается подача компактных струй воды. Присутствует система сигнализации о пожаре.

При появлении любых неисправностей во время работы, в том числе пожарной опасности, необходимо в первую очередь обесточить БДР. Для тушения БДР под напряжением используют порошковый огнетушитель.

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования.

При сооружении магистрального трубопровода движущиеся части оборудования представляют опасность травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности. Основными грузоподъёмными машинами при сооружении являются экскаваторы, краны, краны трубоукладчики. Скорость движения транспортных средств вблизи мест производства работ не должна превышать 10 км/ч на прямых участках и 5 км/ч на поворотах.

Движущиеся части производственного оборудования должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства, предотвращающие травмирование.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к коллективным средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства: оградительные; автоматического контроля и сигнализации; предохранительные; дистанционного управления; тормозные; знаки безопасности [21].

### **4.3 Экологическая безопасность.**

#### **4.3.1 Защита атмосферы**

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Наибольшее воздействие на атмосферу при строительстве нефтепровода представляют различные машины, используемые при строительстве. Второстепенное воздействие оказывают сварочные работы, работы по резке металла. При работе различных частей машин и механизмов выделяются углерод оксид, азот оксид, сера диоксид, керосин, углерод. При сварочных работах выделяется сварочный аэрозоль, в состав которого входят: железа оксид, марганец и его соединения, пыль неорганическая: 70-20% двуокиси кремния, фтористые газообразные соединения (в пересчете на фтор), азот (IV) оксид, углерод оксид. Для защиты нефтепровода от коррозии используются импортные покрывные материалы. Чаще всего покрытие осуществляется методом распыления, что чревато выделением аэрозоля краски. В настоящее время для контроля за наличием определенной концентрации вещества в атмосфере установлено два норматива: среднесуточная предельно-допустимая концентрация и максимальная разовая предельно-допустимая концентрация. Под первой понимается концентрация, осредненная на какой-то продолжительный промежуток времени, под второй – период двадцатиминутного измерения.

При попадании в атмосферу вредные вещества физико - химически преобразуются, а впоследствии либо рассеиваются, либо вымываются.

Предельная допустимая концентрация испарений в нефти составляет не более 10 мг/м<sup>3</sup>. Для снижения уровня загрязнения атмосферы выбросами углеводородов необходимо осуществлять мероприятия по сокращению потерь нефти в результате аварийного разлива нефтепровода и выбросов токсичных испарений. Для устранения возможных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из магистрального нефтепровода по причине не плотности технологического оборудования осуществляется комплекс мероприятий:

1. Проверка оборудования на прочность и герметичность;
2. Соблюдение правил эксплуатации;
3. Своевременная замена уплотнений насосов и запорной арматуры.

					Социальная ответственность	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 4.3.2 Защита гидросферы

В процессе строительства нефтепровода, появляется большое количество отходов производства. Утилизации таких отходов должна быть осуществлена только в специально предназначенные для этого места, не допускается сброс отходов в водные источники, во избежание загрязнений водного ресурса. Для того, чтобы воздействие при строительстве нефтепровода было минимальным необходимо проводить следующие мероприятия: все горюче – смазочные материалы должны быть слиты в отведенные для этого места; промышленные и бытовые отходы должны быть утилизированы в отведенные для этого места; вывоз отходов строительства должен быть санкционированным и своевременным.

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами приводит к появлению нефтяных пятен, что затрудняет процессы фотосинтеза в воде из-за прекращения доступа солнечных лучей, а также вызывает гибель растений и животных. Каждая тонна нефти создает нефтяную пленку на площади до 12 кв. км. Восстановление пораженных экосистем занимает 10-15 лет.

Нефть, попадая в воду, растекается вследствие ее гидрофобности по поверхности, образуя тонкую нефтяную пленку, которая перемещается со скоростью примерно в два раза большей, чем скорость течения воды. При соприкосновении с берегом и прибрежной растительностью нефтяная пленка оседает на них. В процессе распространения по поверхности воды легкие фракции нефти частично испаряются, растворяются, а тяжелые опускаются в толщу воды, оседают на дно и образуют донное загрязнение. Биохимическое окисление нефти сопровождается интенсивным поглощением кислорода воды. В среднем на окисление 1 мг нефти затрачивается от 0,5 до 3,5 мг кислорода.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

### 4.3.3 Защита литосферы

Строительное производство потребляет большое количество различного природного сырья: гравия, песка, щебня и прочего. Так же при непосредственном строительстве нефтепровода происходит серьезное нарушение ландшафта: расчистка земель, далее снятие плодородного слоя почвы и выполнение земляных работ.

Также земляные работы при строительстве трубопроводов меняют морфологию участков земной поверхности, на длительное время исключают из хозяйственного оборота территории, уничтожают растительность, способствуют эрозии, загрязняют окружающую среду.

Наиболее эффективным методом сохранения земельных ресурсов при строительстве нефтепроводов является рациональное использование ресурса. Этого можно добиться при соблюдении всех норм и правил, предусмотренных нормативными документами. Необходим рациональный подход к разработке планов и расчету, используемому по применению земель, а также его строгое соблюдение.

Основными методами сохранения земельных ресурсов являются: исправление ландшафта, изменённого во время работ; создание мелиоративных и гидротехнических сооружений; обработка почвы, путем внесения удобрений. Если же все-таки происходят экстренные случаи, приводящие к загрязнению почвенных структур, то необходимо проводить рекультивацию затронутых производством земель в соответствии с ГОСТ 17.5.3.04-83 [24].

Общая особенность всех нефтезагрязненных почв – изменение численности и ограничение видового разнообразия реобионтов (почвенной мезо- и микрофауны и микрофлоры). Последствия возникновения нефтяного загрязнения почв носят губительный характер.

Для разных почв процесс реанимации проходит по-разному. Зависит он и от глубины проникновения продуктов в основание. Например, время

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72



реанимации почв достигает 25 лет при концентрации отходов 12 литров на квадратный метр. Временной интервал зависит от типа основания и погодных условий.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Чрезвычайные ситуации на трубопроводном транспорте могут возникнуть по различным причинам, например, паводковые наводнения, лесные пожары, террористические акты, по причинам техногенного характера (аварии) и др.

Возможными аварийными ситуациями на установке являются:

- возникновение неконтролируемой утечки транспортируемой нефти в результате разрушения (разгерметизации) трубопровода, запорной арматуры;
- возникновение неконтролируемой утечки противотурбулентной присадки в результате разрушения (разгерметизации) трубопровода, запорной арматуры, насосного оборудования и т.д.

При возникновении аварийных разливов нефти возможны:

- загрязнение почвы на значительной территории (губятся гумусированные слои почвы);
- воздушная ударная волна при взрыве газовой среды;
- термическое воздействие пожара при возгорании вытекающей из трубопровода нефти;
- загазованность территории.

Оперативные действия при ликвидации аварийных разливов нефти:

- сообщить мастеру участка по обслуживанию нефтепровода (мастеру по добыче нефти и газа) об аварии;
- прекратить транспортировку нефти по трубопроводу;
- закрыть задвижки в начале и конце нефтепровода;
- вызвать аварийную бригаду;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

- вызвать пожарную часть;
- принять меры к недопущению возгорания и растекания нефти;
- обозначить зону загазованности.
- выставить в наиболее опасных местах посты для предупреждения проникновения в опасную зону людей, транспортных средств, животных;
- организовать сбор разлившейся нефти до максимально достижимого уровня, обусловленного техническими характеристиками используемых специальных технических средств;
- произвести завершающие работы по ликвидации последствий разливов нефти, реабилитации загрязненных территорий. Эти операции проводить в соответствии с проектами (программами) рекультивации земель и восстановления водных объектов. Полученное положительное заключение государственной экологической экспертизы указывает на качество проведенных работ.

Факторы аварийности магистральных нефтепроводов представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Факторы аварийности магистральных нефтепроводов

№ п/п	Группа факторов риска	Доля, %
1	Внешние антропогенные воздействия	20
2	Подземная коррозия	2
3	Атмосферная коррозия	2
4	Внутренняя коррозия	20
5	Качество производства труб и оборудования	15
6	Качество строительно-монтажных работ	15
7	Качество и сроки испытаний	5
8	Конструктивно-технологические факторы	5
9	Природные воздействия	10
10	Эксплуатационные факторы	6

БДР предназначен для непрерывного добавления противотурбулентной присадки к транспортируемой нефти. По технологической схеме расположен на 51 территории НПС после насосного цеха, относится ко второй группе гражданской обороны (ГО).

Для периодического осмотра БДР необходимы четыре смены, в каждой из которых один оператор. Все 100 % работников обеспечены индивидуальными и медицинскими средствами защиты [18].

На территории предприятия находится склад горючесмазочных легковоспламеняющихся, взрывоопасных материалов и АЗС, которые являются источниками для образования вторичных факторов поражения.

Предприятие имеет электроснабжение от ЛЭП (имеется аварийный дизельный генератор), постоянный доступ к мобильной связи, стационарные сети тепло- и водоснабжения (вода из артезианских скважин).

Можно сделать вывод, что предприятие имеет достаточную устойчивость к чрезвычайным ситуациям.

Вывод: Трубопроводному транспорту углеводородов (нефти, нефтепродуктов, природного и сжиженного газа) уделяется большое внимание, так как данный вид транспортировки является наиболее безопасным, выгодным и эффективным при транспортировке на дальние расстояния.

Обеспечение стабильного функционирования, надежности и безопасности магистральных нефтепроводов входит в ряд первоочередных задач при их строительстве и эксплуатации.

Строгое соблюдение научно обоснованных проектных решений в процессе строительства и эксплуатации обеспечивает надёжность и безопасность трубопроводных систем. Надёжность и безопасность магистральных нефтепроводов обеспечиваются разработкой и применением научно обоснованных технических и технологических решений на этапах проектирования, строительства и эксплуатации. Изменения ситуации вблизи

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

объектов и сооружений магистральных нефтепроводов в течение длительной их эксплуатации, а также научно-технические достижения последних лет по надёжности и безопасности трубопроводных систем определяют необходимость и позволяют принять текущих мер по поддержанию эффективности эксплуатации магистральных нефтепроводов. Обеспечение надёжности и безопасности магистральных трубопроводов на основе совершенствования технических и технологических решений на стадиях проектирования и эксплуатации сооружения.

В данной главе мы определили, что безопасность ввода реагента противотурбулентной присадки, а также установка блока дозатора присадки является важным аспектом и соблюдение норм и правил, должны обязательно выполняться, чтобы обеспечить безаварийную работу.

					Социальная ответственность	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Трубопроводный транспорт - вид производственной деятельности, направленной на доставку продукции к месту назначения по трубопроводам. Для транспортировки жидких и газообразных углеводородов этот вид транспорта является наиболее целесообразным, он занимает первое место по грузообороту и третье по объему перевозок.

Роль трубопроводного транспорта в системе нефтегазовой промышленности чрезвычайно высока. Он является основным и одним из дешевых видов транспорта нефти от мест добычи на нефтеперерабатывающие заводы и экспорт. Магистральные трубопроводы, обеспечивая энергетическую безопасность страны, в тоже время позволяют разгрузить железнодорожный транспорт для перевозок других важных для народного хозяйства грузов.

Поэтому разработка проекта по увеличению пропускной способности магистрального нефтепровода является выгодным проектом с экономической точки зрения.

Таким образом, целью данного раздела является анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения технологий и разработок для последующей разработки экономически эффективного и конкурентно способного оборудования.

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

#### 5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.		
Разраб.		Прокаева А.Р.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.						77	97
Консульт.		Клемашева Е.И.			<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					

С необходимостью увеличения пропускной способности магистральных нефтепроводов приходится встречаться при проектировании, сооружении и эксплуатации нефтепроводов. Также открытие новых и истощение существующих месторождений, строительство новых нефтеперерабатывающих заводов предопределяет задачу увеличения пропускной способности в целом всего действующего магистрального нефтепровода или отдельных участков трубопроводной системы.

В связи с этим, технические решения, приведенные в проекте, могут заинтересовать большое количество нефтегазовых компаний.

### 5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Показатели оцениваются по пятибальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей в сумме составляют 1.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 17.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (28)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 17 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$

Технические критерии оценки ресурсоэффективности								
1	Повышение производительности труда пользователя	0,18	4	2	3	0,72	0,36	0,52
2	Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,14	5	3	4	0,70	0,42	0,56
3	Энергоэкономичность	0,07	4	4	2	0,28	0,28	0,14
Экономические критерии оценки эффективности								
1	Конкурентоспособность продукта	0,09	5	3	3	0,45	0,24	0,24
2	Уровень проникновения на рынок	0,06	3	5	5	0,18	0,30	0,30
3	Цена	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
4	Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
6	Финансирование научной разработки	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,20
7	Срок выхода на рынок	0,03	5	3	3	0,15	0,12	0,12
8	Финансирование научной разработки	0,05	4	3	5	0,20	0,15	0,25
Итого		1	58	47	51	4,46	3,38	3,75

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 4,46, в то время как двух других аналогов 3,38 и 3,75 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство в эксплуатации, надежность, цена, предполагаемый срок эксплуатации.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, заключающийся в выявлении факторов внешней и внутренней среды, оказывающих влияние на реализацию проекта. Факторы делятся на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

Сильные стороны – это факторы, характеризующие

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Слабые стороны – это недостатки, упущения или ограничения научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию, возникающую в условиях окружающей среды проекта, которая поддерживает спрос на результаты проекта. Угрозы – это нежелательные ситуации, тенденции или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Результаты SWOT-анализа исследования, проведенного в рамках данной выпускной квалификационной работы, представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны проекта:</b> С1. Возможность анализа технологий по увеличению пропускной способности магистрального нефтепровода С2. Разнообразные технологические решения в технологии строительства. С3. Нефтепровод пользуется массовым спросом С4. Применяемые методики соответствуют требованиям нормативных документов. С5. Возможность применения на действующих нефтепроводах</p>	<p><b>Слабые стороны проекта:</b> Сл1. Большой первоначальный взнос реализации проекта Сл2. Транспортировка оборудования требует больших капиталовложений Сл4. Проблема импортозамещения оборудования Сл3. Недостаточное количество современных источников</p>
--	---	--



<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной структуры ТПУ</p> <p>В2. Сотрудничество с заинтересованными компаниями</p> <p>В3. Повышение уровня вовлеченности со стороны государства</p> <p>В4. Возможность применения технологии на большем количестве объектов</p>	<p>1. Использование научной базы предприятия с целью повышения ресурсоэффективности проекта и увеличения экономической выгоды</p> <p>2. Учет пожеланий заказчиков при соблюдении требований нормативных документов</p> <p>3. Расширение кадрового состава</p>	<p>1. Применение опыта работы компаний-партнеров</p> <p>2. Повышение уровня сотрудничества с компаниями другого профиля</p> <p>3. Отбор высококвалифицированных специалистов</p> <p>4. Сотрудничество с иностранными компаниями</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Возможность отказа заказчика от проекта из-за высокой стоимости</p> <p>У2. Истощение запасов месторождений</p> <p>У3. Изменение нормативно-правовой базы</p> <p>У4. Появление новых технологий</p> <p>У5. Возможны проблемы при транспортировке оборудования</p>	<p>1. Постоянное отслеживание изменений в законодательстве</p> <p>2. Повышенная надежность используемого оборудования</p> <p>3. Постоянное отслеживание появления новых научных разработок по теме исследования</p>	<p>1. Создание универсального алгоритма подбора технологического оборудования</p> <p>2. Переквалификация сотрудников предприятия</p> <p>3. Развитие исследования для возможности применения новых технических решений</p>

Результаты анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта. Анализируя

результаты SWOT-анализа, можно утверждать, что реализация представленных возможностей позволяет выгодно реализовать сильные стороны и уменьшить влияние слабых.

## 5.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проведения научно-исследовательских работ. Для построения графика необходимо составить план выполнения проекта с указанием вида работа, длительности их исполнения и участников, ответственных за исполнение каждого пункта плана.

План производства работ по реализации научно-исследовательского проекта представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка Технического задания	1	Составление и утверждение задания	Руководитель
Разработка концепции проекта	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	3	Разработка концепции проекта	Руководитель, Исполнитель
	4	Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	Руководитель
	5	Календарное планирование работ	Руководитель, Исполнитель
	6	Определение объема и частей ВКР	Руководитель, Исполнитель
Теоретические исследования	7	Проведение теоретического исследования темы	Исполнитель

	8	Проведение расчетов	Исполнитель
	9	Разработка части финансовый менеджмент	Исполнитель
	10	Разработка части социальная ответственность	Исполнитель
Анализ результатов	11	Оценка эффективности проделанных работ	Исполнитель
Оформление отчета	12	Составление пояснительной записки	Исполнитель
	13	Разработка презентации	Исполнитель

### 5.2.2. Разработка графика проведения научного исследования

Для расчета длительности работ в календарных днях найдем коэффициент календарности  $k_{\text{кал}}$ :

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{вых}}} \quad (29)$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22,$$

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

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней.

Продолжительность  $i$ -й работы в календарных днях  $T_{ki}$ :

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

где  $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях.

Результаты расчетов занесем в таблицу 20.

Таблица 20 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pr}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел.дни	$t_{max}$ , чел.дни	$t_{ож}$ , чел.дни			

Составление и утверждение задания	1	2	1	1	1	2
Подбор и изучение материалов по теме	3	6	5	2	2,5	4
Разработка концепции проекта	2	4	3	2	1,5	2
Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	2	2	2	1	2	3
Календарное планирование работ	2	3	2	1	2	3
Определение объема и частей ВКР	1	3	2	2	1	1
Проведение теоретического исследования темы	7	14	10	1	10	15
Проведение расчетов	5	9	7	1	7	10
Разработка части финансовый менеджмент	5	8	7	1	7	10
Разработка части социальная ответственность	5	7	7	1	7	10
Оценка эффективности проделанных работ	2	4	3	2	1,5	2
Составление пояснительной записки	10	15	12	1	12	18
Разработка презентации	2	5	2	1	2	3
Итого:						83

Итого для выполнения ВКР потребуется 83 календарных дня. Для иллюстрации календарного плана проекта приведена диаграмма Ганта, на

					<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

которой работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства отображения каждый месяц разделен на декады (таблица 21).

Таблица 21 – Календарный план-график выполнения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнитель	Т <sub>ki</sub> , кол. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль			март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение задания	Руководитель	2	█													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель	4	█													
3	Разработка концепции проекта	Руководитель, Исполнитель	2	█													
4	Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	Руководитель	3	█													
5	Календарное планирование работ	Руководитель, Исполнитель	3	█													
6	Определение объема и частей ВКР	Руководитель, Исполнитель	1	█													
7	Проведение теоретического исследования темы	Исполнитель	15			█											

8	Проведение расчетов	Исполнитель	10																	
9	Разработка части финансовой менеджмент	Исполнитель	10																	
10	Разработка части социальная ответственность	Исполнитель	10																	
11	Оценка эффективности проделанных работ	Исполнитель	2																	
12	Составление пояснительной записки	Исполнитель	18																	
13	Разработка презентации	Исполнитель	3																	

 - Исполнитель; 
  - руководитель.

### 5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 5.3.1. Расчет затрат на специальное оборудование

Для проведения научного исследования необходим компьютер, с установленными специальными программами и с соответствующим программным обеспечением.

Таблица 22 – затраты на специальное оборудование

Наименование оборудования	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
---------------------------	------------	-----------------	-------------

Компьютер	1	31500	31500
Итого			31500

### 5.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Данный раздел отображает основную заработную плату научных сотрудников и инженерно-технических работников непосредственно участвующих в выполнении работ в рамках проекта. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. За основу оклада берется ставка работника предприятия, согласно занимаемой должности. Из таблицы окладов для доцента (степень – кандидат наук) – 23264 руб., для ассистента (степень отсутствует) – 14584 руб. Исходя из среднего количества рабочих дней в месяце, равным 21, средняя заработная плата руководителя составила 1107,81 руб. в день, а для инженера 694,48 руб. в день. Заработная плата складывается из основной и дополнительной оплаты.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на одинчел.- раб.дн., руб.			Всего заработная плата по тарифу(окладам), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Руководитель	11	13	15	1450	1450	1450	15950	18850	21750
2	Исполнитель	82	85	92	560	560	560	45920	47600	51520
Итого								<b>61870</b>	<b>66450</b>	<b>73270</b>

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (31)$$

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

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим

работником, раб.дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (32)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течении года;

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

Для руководителя среднедневная заработная плата с учетом районного коэффициента  $k_{\text{р}}$ :

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M \cdot k_{\text{р}}}{F_{\text{д}}} \quad (33)$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{23264 \cdot 10,4 \cdot 1,3}{243} = 1450 \text{ руб.};$$

Для исполнителя среднедневная заработная плата с учетом районного коэффициента  $k_{\text{р}}$ :

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

$$Z_{\text{дн}} = \frac{14584 \cdot 10,4 \cdot 1,3}{243} = 754 \text{ руб.};$$

### 5.3.3. Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (35)$$

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

Для руководителя дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 15950 = 2393 \text{ руб.};$$

Для исполнителя дополнительная заработная плата:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88



$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 45920 = 6888 \text{ руб.};$$

Расчет для каждого варианта исполнения представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет дополнительной заработной платы

№п/п	Исполнитель по категориям	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Руководитель	15950	18850	21750	9281	9970	10990
2	Исполнитель	45920	47600	51520			

### 5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{цсн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (36)$$

Где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	15950	18850	21750	9281	9970	10990
Исполнитель	45920	47600	51520			
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%					
<b>Итого:</b>	<b>18282 руб.</b>	<b>20010 руб.</b>	<b>28035 руб.</b>			

### 5.3.5. Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле 34:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей 1} \div 4) \quad (37)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Тогда накладные расходы составят:

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 90443 = 12565 \text{ руб.}$$

### 5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Распределение бюджета затрат НТИ по статьям отображено в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Затраты по основной заработной плате	61870	66450	73270
2	Затраты по дополнительной заработной плате	9281	9970	10990
3	Отчисления во внебюджетные фонды	18282	20010	28035
4	Накладные расходы	12565	14570	16065
5	Бюджет затрат НТИ	<b>102998</b>	<b>111700</b>	<b>123160</b>

### 5.4. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 35.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (38)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость *i*-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{102998 \text{ руб.}}{124160 \text{ руб.}} = 0,84;$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки относительно самого затратного варианта.

Для оценки интегрального показателя ресурсоэффективности вариантов реализации научного исследования используется формула 36.

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (39)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для *i*-го варианта реализации научного исследования;

$a_i$  – весовой коэффициент *i*-го варианта реализации научного исследования;

$b_i$  – балльная оценка *i*-го варианта реализации научного исследования;

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	3	4
3. Безопасность	0,2	5	4	4
4. Энергосбережение	0,1	4	3	3
5. Надежность	0,3	5	4	4
Итого	1	24	18	19

Основываясь на данных таблицы показатели ресурсоэффективности текущего проекта и двух других исполнений следует:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

$$I_{p1} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,3 = 4,9;$$

$$I_{p2} = 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,3 = 3,8;$$

$$I_{p3} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,3 = 3,9;$$

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 37.

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p-\text{исп.1}}}{I_{\text{финр.1}}} \quad (40)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 28).

Сравнительная эффективность проекта по формуле 38.

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} \quad (41)$$

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,9	3,8	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,8	4,2	3,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,38 1,49		

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Как видно из таблицы, разработка данного научно-исследовательского проекта выгоднее остальных двух как с финансовой стороны, так и со стороны ресурсоэффективности.

## Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы было выполнено следующее:

- изучена используемая нормативно-техническая документация;
- проанализированы технологии и методы по увеличению пропускной способности магистральных нефтепроводов путем использования противотурбулентных присадок;
- проведены расчет потерь давления и проведен конечно-объемный расчет турбулентного течения жидкости в трубе;
- проведен анализ эффективности применения присадок,
- проведен расчет необходимой концентрации и приведен эффект от их применения;
- проведены финансовые расчеты.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- 1) На введение в трубопровод присадки выбираем неионогенные, обусловленные своей эффективностью, высокой устойчивостью и адгезией
- 2) Противотурбулентная присадка показала свою эффективность, обеспечив перекачку на 1477 м<sup>3</sup>/ч больше, чем до ее применения., снизив при этом коэффициент гидравлического сопротивления на 37,7 %.
- 3) На применение выбираем присадку FLO XL, так как она является оптимально подходящей и экономически обоснованным выбором при своей малой концентрации дозирования.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.			
Разраб.		Прокаева А.Р			<b>Заключение</b>	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Никольчиков А.В.					93	97
Консульт.								
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						
<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>								

### Список использованных источников

1. Белоусов, Ю.П. Противотурбулентные присадки для углеводородных жидкостей / Ю.П. Белоусов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 145 с
2. РД 153-39.4-113-01. Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов
3. Белоусов, Ю.П. Полимерные присадки для снижения гидродинамического сопротивления нефти / Ю.П. Белоусов, И.И. Сухова, Л.Б. Коваль, М.М. Гареев // Нефтяное хозяйство. – 1991. – № 5. – С.36–37.
4. Буевич, Ю.А. Снижения сопротивления при введении частиц в турбулентный поток вязкой жидкости / Ю.А. Буевич // Механика жидкости и газа. – 1970. – № 2. – С. 114–120.
5. Блок дозирования реагентов «ОЗНА-Дозатор» [Электронный ресурс]: сайт компании, занимающейся проектированием, изготовлением и сервисным обслуживанием нефтегазового оборудования // Компания «ОЗНА». – Режим доступа: <http://ozna.ru>.
6. Berman, N.S. Evidence for molecular interactions in drag reduction in turbulent pipe flows / N.S. Berman // Polymer Engineering and Science. – 1980. – Vol. 20(7). – P. 451–455.
7. Bewersdorff, H.W. An investigation of possible mechanisms of heterogeneous drag reduction in pipe and channel flows / Bewersdorff H.W., Gyr A., Hoyer K., et al. // Rheologica acta. – 1993. – 32(2). – P. 140-149.
8. Гареев, М.М. Результаты ввода в поток присадки для снижения гидравлического сопротивления / М.М. Гареев, Г.В. Несын, В.Н. Манжай // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 30–31.

					<i>Оценка влияния противотурбулентной присадки на параметры течения транспортируемой нефти по магистральному трубопроводу.</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Прокаева А.Р</i>			<b>Список используемых источников</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Никульчиков А.В.</i>					94	97
<i>Консульт.</i>						<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

9. Гатиятов, А.И. Области применения противотурбулентных присадок / А.И. Гатиятов, В.И. Муратова // 59-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конф. – Кн.1 / Редкол.: Ю.Г. Матвеев и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2008. – С. 18–19.
10. Гумеров, А.Г. Оптимизация технологии применения противотурбулентной присадки FLO-XL на Казахстанском участке нефтепровода Узень-Атырау-Самара / А.Г. Гумеров, Т.К. Алдыяров, Г.Б. Хаиров, А.Н. Нысангалиев // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2005. – Вып. 65. – С. 5–26.
11. Гумеров, А.Г. О моделировании эффекта Томса в круглой трубе / А.Г. Гумеров, Д.П. Ким, Ш.И. Рахматуллин // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2005. – Вып. 64. – С. 35–38.
12. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – Введ. 30.05.2003. – Москва : Минздрав России, 2003. – 201 с.
13. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - Введ. 01.01.1976. – Москва : ГКССМ СССР, 1976. – 5 с.
14. Данилов, А. М. Применение присадок в топливах для автомобилей: справ. изд. / А. М. Данилов. – Москва : Химия, 2000. – 232 с.
15. Демченко, Ю.В. О проведении и результатах опытно-промышленной транспортировке дизельного топлива с противотурбулентной присадкой «Necadd-547» / Ю.В. Демченко, Х. Харьюхахто // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 1998. – № 8. – С. 6–7.
16. Ишмухаметов, И.Т. Трубопроводный транспорт нефтепродуктов / И.Т. Ишмухаметов, С.Л. Исаев, М.В. Лурье, С.П. Макаров. – М.: Нефть и газ, 1999. – 300 с.
17. Ерошкина, И.И. Повышение пропускной способности магистральных нефтепродуктопроводов на основе применения противотурбулентных присадок: канд. технических. наук: 25.00.19 / Ерошкина Ирина Игоревна. – М., 2003. – 146 с.

					Список используемых источников	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

18. Инструкция по охране труда при эксплуатации блока реагента химического (БРХ), блока дозировки реагента (БДР) и установки дозирования химреагентов (УДХ) [Электронный ресурс] : учебные материалы для студентов – Режим доступа: <http://vunivere.ru>.
19. ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
20. Несын, Г.В. Снижение гидродинамического сопротивления углеводородных жидкостей теоретические и практические аспекты / Г.В. Несын, 131 В.П. Шибяев, Р.З. Сунагатуллин // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – № 3 (8). – С. 309-325.
21. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
22. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
23. ГОСТ 17.5.3.04-83 Охрана природы (ССОП). Земли. Общие требования к рекультивации земель (с Изменением N 1).
24. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
25. ГЭСН 81-02-01-2001 Государственные сметные нормативы. Государственные элементные сметные нормы на строительные и специальные строительные работы. Часть 1. Земляные работы (в редакции приказов Минстроя России от 30 января 2014 г. N 31/пр, от 17 октября 2014 г. N 634/пр, от 12 ноября 2014 г. N 703/пр).
26. Муратова, В.И. Расчет концентрации противотурбулентной присадки для обеспечения заданной производительности трубопровода / В.И. Муратова, А.М. Нечваль // 58-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конф. – Кн.1 / Ред- кол.: Ю.Г. Матвеев и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. – С. 29–30.

					Список используемых источников	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



27. Муратова, В.И. Исследование режимов работы нефтепродуктопровода при вводе в поток противотурбулентной присадки / В.И. Муратова, А.М. Нечваль // 58-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конф. – Кн.1 / Редкол.: Ю.Г. Матвеев и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. – С. 31.
28. СанПиН 3.2.3215-14 "Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации" (с изменениями на 29 декабря 2015 года).
- 29.30 ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
30. ГОСТ 12.1.004-91 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).
31. Погода и климат [Электронный ресурс] : сайт о погоде и климате регионов // Погода и климат. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>.
32. Пат. 89883 Установка для ввода противотурбулентной присадки в трубопровод / Р. В. Нефедов, И. О. Иванов, К. Б. Федотов, В. Г. Митропольский (РФ). – № 2009130245/22; заявл. 06.08.2009; опубл. 20.12.2009, Бюл. № 13. – 5 с.
33. Противотурбулентная присадка M-FLOWTREAT [Электронный ресурс]: сайт производителя присадок // ООО «Миррико». – Режим доступа: <http://www.mirrico.ru>
34. РД-23.040.00-КТН-104-17 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Присадки противотурбулентные. Общие технические требования.

					Список используемых источников	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		