

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 (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»

УДК 622.691.4.053-048.78

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Плужнова А.Ю.		22.06.2020

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропова Н.А.	к.г.-м.н., доцент		22.06.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Черемискина М.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
<i>Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»</i>		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромыслового оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК20, ПК-21, ПК-22).</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27,</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е).
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
Р9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
Р10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
Р11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор нормативно-технической документации и научных трудов; анализ аварийности ГП; характеристика района работ и участка МГ; виды опасных геологических процессов; разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода; расчётная часть.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>нет</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Рыжакина Т.Г., доцент</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Черемискина М.С., ассистент</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>31.01.2020</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропова Наталья Алексеевна	к.г.-м.н.		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Плужнова Арина Юрьевна		31.01.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6А	Плужнова Арина Юрьевна

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Нефтегазовое дело
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности работы объектов линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является участок магистрального газопровода «Сила Сибири» и опасные инженерно-геологические процессы (ОГП), свойственные району пролегания данного участка. Методы инженерной защиты от выявленных ОГП.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Основные нормативные документы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Трудовой кодекс №197-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.04.2014) 2. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08- 624-03 3. РФ от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Превышение уровня шума; – Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды; – Неудовлетворительные метрологические условия на рабочем месте; – Укусы животных и насекомых; – Недостаточная освещенность рабочей зоны. <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; – Электрическая дуга и металлические искры при сварке; – Электрический ток; – Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов

	– Взрывопожароопасность.
3. Экологическая безопасность:	<p>При сооружении магистрального газопровода и конструкций инженерной защиты воздействия оказывают как производственные процессы, так и объекты постоянного и временного назначения. Сооружение сопровождается:</p> <ul style="list-style-type: none"> – загрязнением атмосферного воздуха; - нарушением гидрогеологического режима; – загрязнением поверхностных водных источников и подземных вод; – повреждением почвенно-растительного покрова; – уничтожением лесных массивов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Чрезвычайные ситуации при сооружении магистрального газопровода и конструкций инженерной защиты: 1) природного характера – оползни; 2) техногенного характера – авария на магистральном газопроводе (пожар, взрыв)</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Плужнова Арина Юрьевна		31.01.2020

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6А	Плужновой А.Ю.

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Нефтегазовое дело
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	1. Литературные источники. 2. Методические указания по разработке раздела. 3. Нормативные справочники. 4. Налоговый кодекс РФ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Проведение оценки ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
-------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Плужнова А.Ю.		31.01.2020

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 (специальность) 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 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2020
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2020	<i>Введение</i>	
05.03.2020	<i>Обзор литературы</i>	
14.03.2020	<i>Аварии на магистральных газопроводах МГ</i>	
28.03.2020	<i>Характеристика участка МГ и района его расположения</i>	
15.04.2020	<i>Виды опасных геологических процессов</i>	
29.04.2020	<i>Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода</i>	
15.05.2020	<i>Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона</i>	
10.06.2020	<i>Финансовый менеджмент</i>	
08.06.2020	<i>Социальная ответственность</i>	
15.06.2020	<i>Заключение</i>	
23.06.2020	<i>Презентация</i>	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

эффективность: Соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами.

инженерная защита территорий, зданий и сооружений: Комплекс сооружений и мероприятий, направленных на предупреждение отрицательного воздействия опасных геологических, экологических и других процессов на территорию, здания и сооружения, а также защиту от их последствий.

опасный геологический процесс: Изменение состояния приповерхностной части литосферы (геологической среды), обусловленное естественными или техногенными причинами, которое может привести к негативным последствиям для человека, объектов хозяйства и окружающей среды.

магистральный газопровод; МГ: Технологически неделимый, централизованно управляемый имущественный производственный комплекс, состоящий из взаимосвязанных объектов, являющихся его неотъемлемой технологической частью, предназначенных для транспортирования подготовленной в соответствии с требованиями национальных стандартов продукции (природного газа) от объектов добычи и (или) пунктов приема до пунктов сдачи потребителям и передачи в распределительные газопроводы или иной вид транспорта и (или) хранения.

эрозия: Процесс разрушения горных пород водным потоком.

давление рабочее: Наибольшее избыточное давление участка трубопровода на всех предусмотренных в проектной документации стационарных режимах перекачки.

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Плужнова А.Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.				1	133
Консульт.					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					
					ТПУ, гр. 2Б6А		

В настоящей работе были использованы ссылки на следующие обозначения и сокращения:

МГ – магистральный газопровод;

ОГП – опасный геологический процесс;

ЛЧМГ – линейная часть магистрального газопровода;

КП-Р – контейнер противозэрозийный ромбический;

РРС – радиорелейная станция;

ГИС – географические информационные системы;

КС – компрессорная станция;

ЛПУ МГ – линейно-производственное управление магистральных газопроводов;

УЗПКС – узел подключения компрессорной станции;

УПОУ – узел приема очистного устройства.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 55989-2014 Магистральные газопроводы. Нормы проектирования на давление свыше 10 МПа. Основные требования.

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).

ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок.

ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

ГОСТ 12.3.009-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).

ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Строительство. Нормы освещения строительных площадок.

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

ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

ГОСТ Р 22.3.03-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях
защита населения основные положения.

СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий.

Актуализированная редакция СНиП 22-01-95.

СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* (с Изменениями N 1, 2)

СП 425.1325800.2018 Инженерная защита территории от эрозионных процессов. Правила проектирования.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

Реферат

Выпускная квалификационная работа 133 с., 33 рис., 28 табл., 48 источников.

Ключевые слова: эффективность, магистральный газопровод, опасный геологический процесс, эрозия, инженерная защита территорий, зданий и сооружений.

Объектом исследования является участок магистрального газопровода «Сила Сибири».

Цель работы – разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности работы объектов линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири».

В процессе исследования проводились расчеты толщины стенки трубопровода, расчет на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва грунта засыпки на склоне на основании СП 36.13330.2012, СП 425.1325800.2018, а также с использованием РД 51-2.4-007-97 как справочного материала. Рассмотрены вопросы причин и последствий аварий на магистральных газопроводах (МГ), воздействия на них ОГП, рассмотрение процесса разработки и обоснования выбора мероприятий и сооружений инженерной защиты МГ от эрозионных процессов. Приведены мероприятия по охране труда и безопасности строительства, охране окружающей среды, технико-экономическая часть.

В результате исследования был произведен сравнительный анализ причин аварийности магистральных газопроводов, интенсивности воздействия опасных геологических процессов на рассматриваемый участок газопровода. На основании полученных результатов был выявлен, самый распространенный процесс на участке и обосновано применение на нем определенных противоэрозионных мероприятий.

Область применения: трубопроводные системы.

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Плужнова А.Ю.			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					4	132
Консульт.						ТПУ, гр. 2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

Abstract

Final qualification work 133 pp., 33fig., 28 tab., 48 sources.

Key words: efficiency, gas main, dangerous geological process, erosion, engineering protection of territories, buildings and structures.

The object of research is a section of the Power of Siberia gas trunkline.

The purpose of the work is the development of measures to improve the efficiency and safety of the facilities of the linear part of the Power of Siberia gas pipeline.

In the course of the study, calculations were made of the wall thickness of the pipeline, a calculation of strength and stability, a predictive calculation of erosion of backfill soil on the slope based on SP 36.13330.2012, SP 425.1325800.2018, and also using RD 51-2.4-007-97 as reference material. Issues of the causes and consequences of accidents on main gas pipelines (MG), the impact on MG of hazardous geological processes (GCP), the development and justification of the selection of measures and facilities for engineering protection of the MG from erosion processes are considered. Measures for labor protection and construction safety, environmental protection, technical and economic part are given.

As a result of the study, a comparative analysis of the causes of the accident of gas pipelines, the intensity of the impact of hazardous geological processes on the considered section of the pipeline was made. Based on the results obtained, the most common process on the site was identified and the application of certain anti-erosion measures on it was justified.

Scope: pipeline systems.

					<i>Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Плужнова А.Ю.			<i>Abstract</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					5	132
<i>Консульт.</i>						<i>ТПУ, зр. 2Б6А</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

Оглавление

		С.
1	Введение	8
2	Обзор литературы	10
3	1 Аварии на магистральных газопроводах МГ	12
	1.1 Основные направления повышения эффективности и безопасности работы объектов ЛЧМГ	12
	1.2 Анализ причин аварийных ситуаций газопроводов	13
	1.3 Последствия аварий на ЛЧМГ	17
4	2 Характеристика участка МГ и района его расположения	20
	2.1 Характеристика трассы участка газопровода	20
	2.2 Перечень сооружений рассматриваемой ЛЧМГ	22
	2.3 Характеристика района расположения объекта	24
	2.4 Физико-географическая характеристика	24
	2.5 Климатические условия	30
5	3 Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ	32
	3.1 Виды ОГП на рассматриваемом участке	32
	3.2 Воздействие ОГП на техническое состояние ЛЧМГ	36
6	4 Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	44
	4.1 Состав работ при обследовании эрозионноопасных участков МГ	44
	4.2 Выбор противоэрозионных мероприятий	45
	4.3 Обоснование выбора противоэрозионных мероприятий на исследуемом участке	48
7	5 Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	72
	5.1 Определение толщины стенки газопровода	73
	5.2 Проверка на прочность подземного газопровода в продольном направлении	76
	5.3 Прогнозный расчет размыва грунта засыпки на склоне	74
8	6 Социальная ответственность	86
	6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
	6.2 Производственная безопасность	87

					<i>Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Плужнова А.Ю.			Оглавление	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					6	132
<i>Консульт.</i>						ТПУ, гр. 2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

	6.3 Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению	89
	6.4 Анализ основных опасных факторов и мероприятия по их устранению	91
	6.5 Безопасность при чрезвычайных ситуациях	99
	7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	101
9	7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	101
	7.2 Планирование научно-исследовательских работ	108
	7.3 Бюджет научно-технического исследования НТИ	114
	7.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	124
10	Заключение	125
11	Список использованных источников	127

Введение

По данным Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору (Ростехнадзор) за 2005 – 2013 годы 1% от общего числа аварий на газопроводах приходится на аварии вследствие воздействия стихийных явлений природного происхождения.

Магистральный газопровод ПАО «Газпром» «Сила Сибири» является протяженным объектом транспортировки газа, трасса которого пролегает в сложных природно-климатических условиях. В зонах влияния этих условий происходят процессы, связанные с изменением границ сезонно-талого слоя, деградацией многолетнемерзлых пород, режима поверхностных и грунтовых вод, вспучиванием поверхности, а также потерей устойчивости грунтовых слоев на склонах. Все перечисленное приводит к возникновению опасных геологических процессов (ОГП) и, таким образом, обуславливает дополнительные внешние нагрузки на трубопровод и ускоренное протекание коррозии, которые, в свою очередь, способны привести к разрушению объектов линейной части трубопровода и возникновению аварийной ситуации.

В связи с этим, встает проблема повышение эффективности и безопасности работы объектов линейной части участка газопровода «Сила Сибири», решение которой заключается в обеспечении безаварийной работы этих объектов за счет разработанных мероприятий инженерной защиты. Для решения данной проблемы применяется ряд мероприятий инженерной защиты, которые будут рассмотрены в выпускной квалификационной работе (ВКР).

Для решения данной проблемы применяется ряд мероприятий инженерной защиты, которые будут рассмотрены в выпускной квалификационной работе (ВКР).

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Плужнова А.Ю.			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А					8	132
<i>Консульт.</i>						ТПУ, ар.2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

Обзор литературы

Эффективность и безопасность работы объектов линейной части магистральных газопроводов тесно связано с их безаварийной эксплуатацией, поэтому минимизация аварийных ситуаций на газопроводах является одной из главных задач, которую необходимо решить. Одной из причин аварий на газопроводах является воздействие стихийных природных процессов и явлений. По данным ПАО «Газпром» на 2015 год, 42 % всех аварий на линейной части магистральных газопроводов обусловлено прямым или косвенным воздействием природных факторов [15].

Основные направления развития газотранспортной системы ПАО «Газпром», способных обеспечить повышение эффективности и безопасности функционирования инфраструктуры газопроводов были озвучены в тезисах докладов VI Международной научно-технической конференции «Газотранспортные системы: настоящее и будущее (GTS-2015)» [1].

Анализ аварийности магистральных газопроводов широко изучен в трудах А.Е. Скапинцева, А.Д. Потапова, А.А. Лаврусевича, М.В. Николаевой, Р.А. Атласова, М.Д. Филипповой, С. Савонина, А. Москаленко [4, 6, 23].

Воздействия опасных геологических процессов на линейную часть магистральных газопроводов освещают в своих научных статьях Марахтанов В.П., А.Е. Скапинцев, Аристов М., М.В. Николаева, Р.А. Атласов, М.Д. Филиппова [2, 14, 26].

Из документации ПАО «ВНИПИГазодобыча» [9] можно сделать вывод, что самым распространенным и одним из самых опасных процессов на рассматриваемом в данной работе участке является эрозия грунта, в котором проложен магистральный газопровод. В этой же документации рассматривается

					<i>Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Плужнова А.Ю.			Обзор литературы	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					10	132
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						
						ТПУ, гр.2Б6А		

инженерная защита от эрозионных процессов, которая регламентирована такими нормативно-техническими документами как СП 425.1325800.2018, СП 116.13330.2012, СТО Газпром 2-2.1-206-2008 [16,27,28]. Различные подходы к решению этой проблемы также приведены в трудах А.Е. Скапинцева, А.Д. Потапова, А.А. Лаврусевича, Н.Б. Кутвицкой, А.В. Рязанова, А.В. Икан [24, 26].

					Обзор литературы	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Аварии на магистральных газопроводах МГ

1.1 Основные направления повышения эффективности и безопасности работы объектов ЛЧМГ

Под эффективной работой подразумевается экологически безопасная эксплуатация и высокопроизводительное функционирование объектов линейной части магистрального газопровода. Общая безопасность систем трубопроводного транспорта нефти и газа зависит в немалой степени от работоспособности объектов их инфраструктуры. То есть, эффективность функционирования газотранспортной системы определяется минимизацией эксплуатационных затрат, включая затраты и простои на выполнение аварийно-восстановительных работ, оптимизацией капитальных вложений.

Эти факторы развития определяются как общим уровнем технического прогресса, так и научно-техническими достижениями, внедрение которых позволит обеспечить высокую конкурентоспособность и бесперебойную подачу газа потребителям.

Основные направления научно-технического и инновационного развития газотранспортной системы ПАО «Газпром», которые позволят обеспечить высокую эффективность и безопасность функционирования газотранспортной системы [1]:

- Повышение энергоэффективности и решение вопросов энергосбережения;
- Совершенствование системы управления техническим состоянием и целостностью;
- Новые методы и средства диагностики;

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Плужнова А.Ю.			Аварии на магистральных газопроводах МГ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					12	132
Консульт.						ТПУ, гр.2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

- Совершенствование методов технического обслуживания и технологий ремонта;
- Развитие технологий, техники и организации строительства.

К совершенствованию системы управления техническим состоянием и целостностью, в том числе, относится разработка мероприятий инженерной защиты объектов ЛЧМГ от опасных геологических процессов, в условиях воздействия которых, происходит их строительство и эксплуатация.

1.2 Анализ причин аварийных ситуаций газопроводов

Российская газопроводная система является одной из крупнейших в мире, в 2012 г. протяженность линейной части магистральных газопроводов составляла более 175 тыс. км. В настоящее время на территории Российской Федерации реализуется ряд крупнейших газотранспортных проектов («Северный поток», «Сахалин I», «Сахалин II», «Сила Сибири» и другие), включающих многие километры новых магистральных газопроводов [2].

					Аварии на магистральных газопроводах МГ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

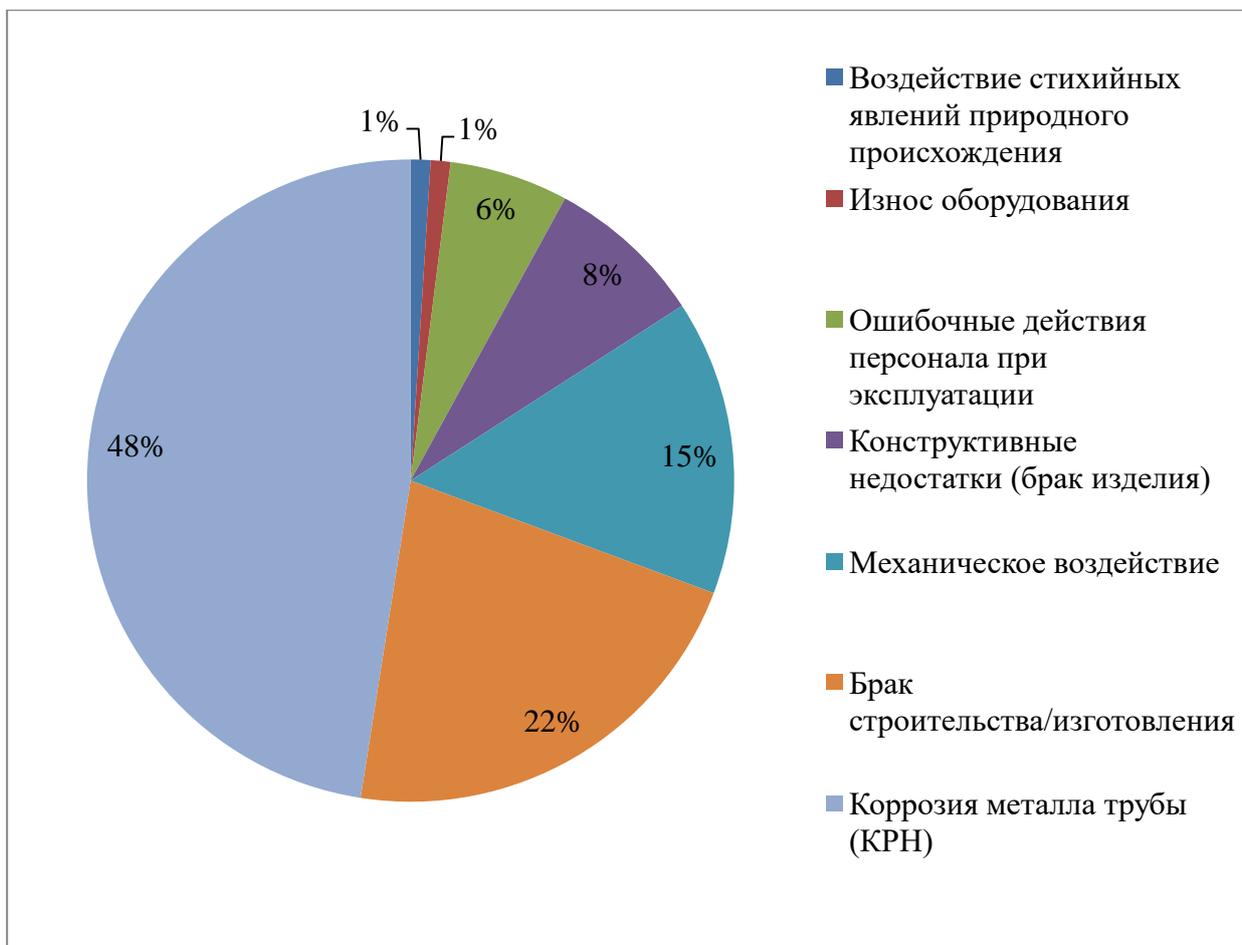


Рисунок 1.1 [5]– Суммарное распределение причин аварий на магистральных газопроводах по данным Ростехнадзора на 2005 – 2013 годы

Из вышеприведенных данных видно, что наибольшее число аварий на линейной части МГ происходило вследствие наружной и внутренней коррозии (48 %), брака строительно-монтажных работ (22 %) и механических повреждений (15 %).

Эксплуатация магистральных газопроводов сопряжена с работой в сложных динамических, инженерно-геологических, природно-климатических условиях, нередко приводящих к авариям. Так, по обобщенным данным научных и технологических исследований и по официальным данным ПАО «Газпром» на 2015 год, 42 % всех аварий на линейной части магистральных газопроводов обусловлено прямым или косвенным воздействием природных факторов. В том числе 16 % обусловлено внешней общей коррозией, 12 % – экзогенными

процессами, 3 % – в результате изменений геокриологических условий, 13 % – стресс коррозионными явлениями, 1 % – другими естественными факторами [3].

Анализ результатов технических расследований причин аварий показывает, что основными причинами аварий за 2018 год явились [5]:

- внутренние опасные факторы, связанные с разгерметизацией и разрушением технических устройств, — 10 случаев (84 % от общего числа аварий);
- внешние факторы, связанные с повреждением трубопровода при проведении работ в охранной зоне, — 1 случай (8 %);
- чрезвычайная ситуация природного характера — 1 случай (8 %).

Эксплуатационная надежность трубопровода, от которой зависит его безаварийная работа, определяется силовыми факторами, свойствами материала труб, влиянием коррозионно-активных сред, колебаний температуры, рабочих нагрузок и напряжений.

Результаты исследований аварийных ситуаций показывают, что к разрушению трубы приводит совокупность причин. В результате циклических напряжений, созданных опасными геологическими процессами, перепадами температуры окружающей среды и колебаниями рабочего давления за время эксплуатации трубопровода около дефектов накапливаются повреждения, которые приводят к образованию трещины. Установлено, что при эксплуатации нефтегазопроводов грунты служат как их средой функционирования, так и их основаниями. Недостаточный учет взаимовлияния грунта и трубопровода вызывает технологические трудности при эксплуатации и ремонте трубопроводов, обуславливает наличие отказов и аварий [4].

При эксплуатации газопроводов, проложенных по территории с распространением многолетнемерзлых пород в специфических гидрогеологических и геологических условиях, технологические элементы взаимодействуют с природной средой и с мерзлыми грунтами в том числе. Этот процесс может вызвать активизацию опасных природных и

					Аварии на магистральных газопроводах МГ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

геологических процессов, которые оказывают негативное влияние на состояние трубопроводов и могут привести к авариям и отказам.

Для магистральных газопроводов основными причинами аварий являются [4]:

- Образование гофры и разрыв по телу трубы;
- Трещина по поперечному шву с выходом на металл трубы;
- Свищ в теле трубы от механических повреждений;
- Повреждение трубы на подземном участке гусеничной техникой.

Необходимо отметить четко прослеживаемую зависимость частоты возникновения аварий на линейной части газопровода от срока его эксплуатации. В том числе с разбивкой по различным диаметрам (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Распределение аварий (в процентах от общего их числа) для газопроводов разных диаметров в зависимости от срока их эксплуатации

Диаметр газопровода, мм	Всего аварий	В том числе по срокам эксплуатации, %				
		менее 3 лет	3 – 8 лет	8 – 13 лет	13 – 20 лет	более 20 лет
1420	100%	33,3	44,4	16,7	2,8	2,8
1220	100%	7,8	17,2	46,9	26,6	1,5
1020	100%	6,6	21,0	43,4	22,4	6,6
820	100%	6,7	0	10	40	43,3
720	100%	21	21	16,1	9,7	32,2
529	100%	26,4	14,5	26,4	30,9	21,8
Менее 500	100%	17,3	21	14,8	17,3	29,6

Анализ аварий в магистральном газопроводном транспорте позволяет выделить виды наиболее вероятных причин их возникновения и предпринять превентивные и митигационные меры.

Проявление аварийности на магистральных газопроводах, представляющих протяженные линейные сооружения, носит ярко выраженный территориальный характер. Региональное проявление аварийности связано с различием в разных регионах инженерно-геологических особенностей трасс, состоянием сети дорог, общим уровнем промышленного и сельскохозяйственного развития и прочего [6].

Региональный характер проявления аварийности, помимо общих технологических причин и антропогенного влияния, определяется сложными геодинамическими процессами в верхнем слое земной коры.

1.3 Последствия аварий на ЛЧМГ

Эффективность – это соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами. Поэтому эффективность работы ЛЧМГ напрямую связана с безаварийной работой ее объектов. Так, например, основной характеристикой эффективности МГ является его производительность. В случае аварии на магистральном газопроводе, его производительность заметно снизится, следовательно, снизится и его эффективность.

Также, безаварийная работа ЛЧМГ определяет состояние промышленной, экологической и пожарной безопасности, которая является основой нормального функционирования предприятия и от которой зависит не только состояние здоровья и жизнь человека, но и состояние окружающей среды.

Так как МГ относятся к объектам повышенной опасности, опасность принято рассчитывать как совокупность опасных последствий процесса перекачки газа и опасных свойств перекачиваемой среды. Опасные последствия аварий представлены на рисунке 1.2.

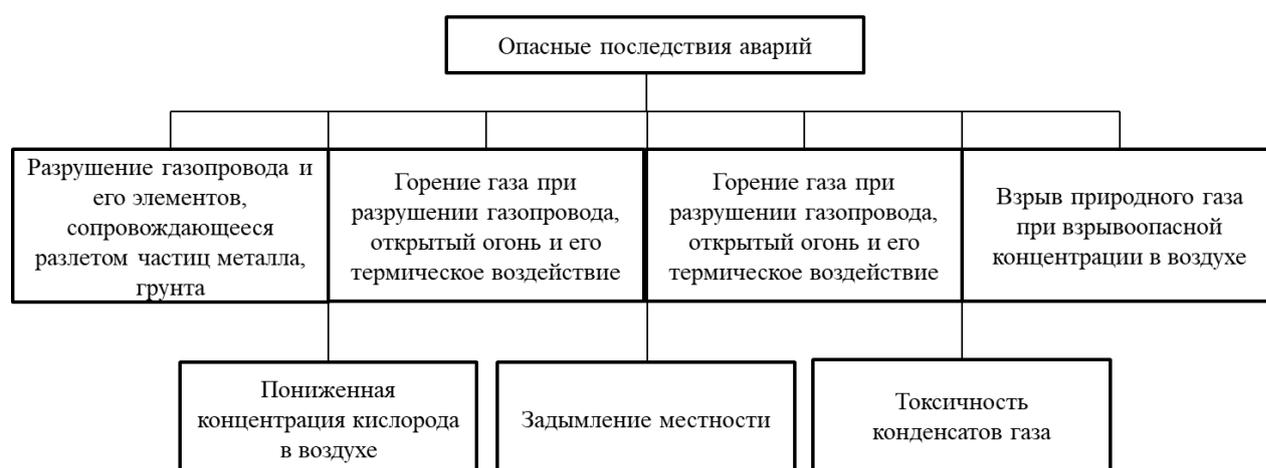


Рисунок 1.2 – Опасные последствия аварий на газопроводах

Наиболее опасные аварии на магистральных газопроводах с максимальными диаметрами труб от 1000 до 1420 мм, которые могут проходить с горением вытекающего природного газа [7]. Радиус поражающего действия от переизбытка давления газа составляет до 20 м от очага аварии. При разрыве трубопровода и истечении газа с его возгоранием диаметр пожароопасной зоны составляет 250-300 м от места аварии, а диаметр очага пожара может составить 60-100 м. В таблице 2 представлены вероятные зоны действия поражающих факторов аварий в зависимости от диаметра трубы газопровода.

Таблица 1.2 - Вероятные зоны действия поражающих факторов аварий на участках магистральных газопроводов [7]

Параметр поражения	Наиболее опасный сценарий	Наиболее вероятный сценарий
	Пожар газа при разгерметизации ГП	Выброс газа без возгорания
Горение высокоскоростных струй газа при разгерметизации газопровода		
Участки МГ от D_y 700 до D_y 1400		
Пожар в котловане		
Высота факела, м	250	-
Диаметр факела, м	75	-
Глубина зоны безвозвратных потерь, м	113	-
Струевое горение		
Длина факела, м	624	-
Ширина факела, м	144	-
Глубина зоны безвозвратных потерь, м	685	-
Участки МГ от D_y 400 до D_y 700		
Пожар в котловане		
Высота факела, м	127	-
Диаметр факела, м	38	-
Глубина зоны безвозвратных потерь, м	57	-
Струевое горение		
Длина факела, м	317	-
Ширина факела, м	73	-
Глубина зоны безвозвратных потерь, м	348	-
Образование зон загазованности при разгерметизации газопровода		
Газопровод – отвод до D_y 400 мм		
Колонный выброс		
Высота зоны загазованности, м	-	97
Диаметр зоны загазованности, м	-	26

По литературным источникам установлено, что проявление аварийности на МГ носит выраженный территориальный характер и связано с инженерно-геологическими особенностями трасс.

					Аварии на магистральных газопроводах МГ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

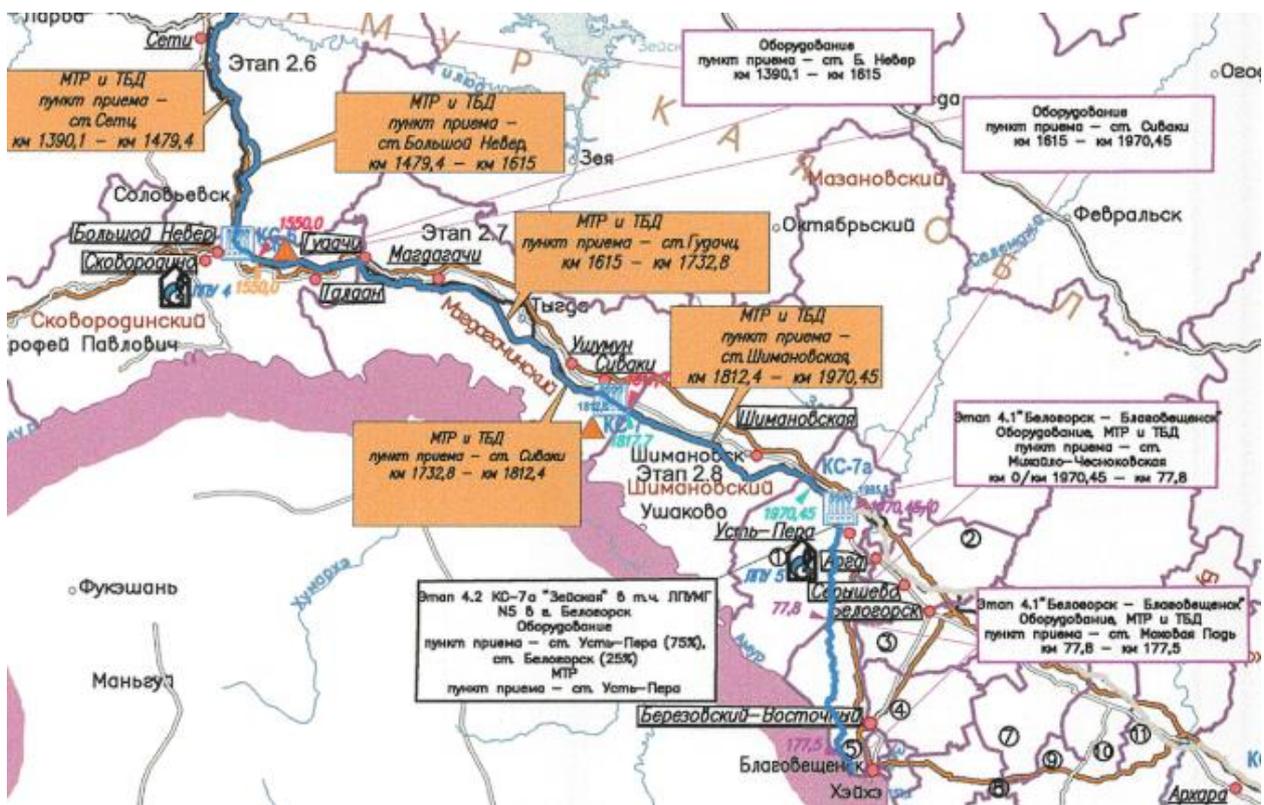
2 Характеристика участка МГ и района его расположения

2.1 Характеристика трассы участка газопровода

Участок «Белогорск – Благовещенск» является участком магистрального газопровода «Сила Сибири» (рисунок 2.1). В настоящее время, «Сила Сибири» («восточный» маршрут) транспортирует газ с Чаяндинского месторождения — базового для Якутского центра газодобычи — российским потребителям на Дальнем Востоке и в Китай. В конце 2022 года подача газа в «Силу Сибири» начнется еще с одного месторождения — Ковыктинского, на основе которого формируется Иркутский центр газодобычи. Трасса газопровода проходит по территориям трех субъектов РФ: Иркутской области, Республики Саха (Якутия) и Амурской области [8].

Участок трассы газопровода «Белогорск – Благовещенск» является продолжением и стыкуется с участком «КС 7 «Сивакинская – Белогорск» и берет свое начало от условной границы проектирования. Далее трасса МГ следует на Амурский газоперерабатывающий завод, затем на узел подключения КС 7а «Зейская» и далее в южном направлении в район города Благовещенск. Заканчивается трасса на условной границе проектирования с участком «Благовещенск – граница КНР» [8].

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Плужнова А.Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.				20	132
Консульт.					Характеристика участка МГ и района его расположения		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					
					ТПУ, гр.2Б6А		



Условные обозначения

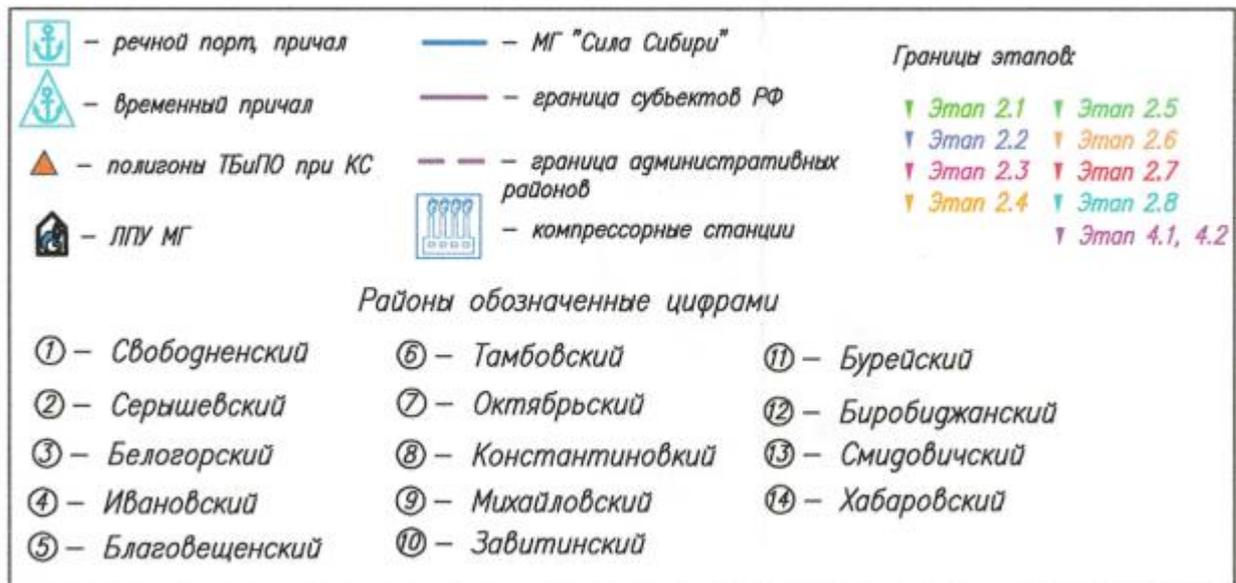


Рисунок 2.1 – Часть общего ситуационного плана строительства, на котором представлен участок «Белогорск – Благовещенск»

На участке «Условная граница проектирования – Амурский газоперерабатывающий завод – узел подключения КС 7а «Зейская»» рабочее

давление в трубопроводе определено в 9,8 МПа, протяженность данного участка около 11,5 км. Участок трассы МГ от узла подключения КС 7а «Зейская» до условной границы проектирования рассчитан на транспорт газа с рабочим давлением 11,8 МПа, протяженность участка составляет 177, 67 км.

Рассматриваемый участок МГ имеет диаметр 1420 мм и общую протяженность 191 км. Его часть с рабочим давлением 9,8 МПа относится к I классу в соответствии с п. 6.1 СП 36.13330.2012. В соответствии с таблицами 2 и 3 СП 36.13330.2012 газопровод диаметром 1420 мм и рабочим давлением 9,8 МПа принят не ниже III категории. В соответствии с таблицей 2 СТО «Газпром» 2 – 2.1 – 249 – 2008 и п. 2.3.1 Специальных технических условий на проектирование, строительство и эксплуатацию объекта «Магистральный газопровод «Сила Сибири», участок «Белогорск – Благовещенск» в части обеспечения надежности и безопасности газопровод с рабочим давлением 11,8 МПа принят не ниже «Н» категории.

2.2 Перечень сооружений рассматриваемой ЛЧМГ

В состав проектируемых объектов магистрального газопровода рассматриваемого участка входит ряд линейных и площадочных сооружений.

Перечень основных линейных с указанием наименований и характеристик приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Перечень основных линейных сооружений [10]

Наименование	Количество
1. Магистральный газопровод Ду 1400	190,853 км
2. Кабельные линии связи	216,512 км
3. ВЛ 10 кВ	126,459 км
4. Подъездная автодорога III-в	0,935 км

категории к площадке ГИС	
5. Подъездная автодорога III-в категории к площадке КС – 7а «Зейская»	2,373 км
6. Подъездная автодорога III-в категории к площадке ЛПУ МГ №5	1,528 км

Перечень основных площадочных сооружений, входящих в состав линейной части магистрального газопровода приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Перечень основных площадочных сооружений на рассматриваемом участке

Наименование	Количество	Наименование
1. Крановые узлы	9	№1984, №4, №31 – 1, №58, №85, №114, №143, №170
2. Узел приема очистного устройства	1	УПОУ МГ1
3. Узел подключения компрессорной станции №7а	1	УЗПКС№7а
4. РРС	6	№78 – 1, №78 – 2, №78 – 3, №78 – 4, №78 – 5, №78 – 6
5. Газоизмерительная станция	1	

2.3 Характеристика района расположения объекта

В административном отношении участок магистрального газопровода «Сила Сибири» – «Белогорск–Благовещенск» (Приложение А) проходит по территории Свободненского и Благовещенского районов Амурской области по правому берегу реки Зeya (рис.2.2).

Из природных препятствий исследуемый участок трубопровода пересекает девять рек, одно озеро, семь ручьев и один овраг.



Рисунок 2.2 – Административная карта Амурской области

2.4 Физико-географическая характеристика

2.4.1 Геологическая и тектоническая характеристики

Согласно схеме районирования территории Хабаровского края и Амурской области для инженерно-геологических целей (Гидрогеология СССР, том XXIII), район изысканий относится к Амуро-Зейской равнине.

Амуро-Зейский регион представляет собой самую крупную мезо-

					Характеристика участка МГ и района его расположения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

кайнозойскую впадину Дальнего Востока.

Фундамент впадины имеет явно выраженное блоковое строение и сформирован разновозрастными изверженными, метаморфическими и осадочными породами от протерозойских до раннемеловых включительно. Он глубоко погребен под чехлом более молодых образований и обнажается лишь в приподнятых блоках (валы), возвышающихся над поверхностью равнин в виде останцовых сопок. Исключение составляет Мамынский выступ, охватывающий значительную часть междуречья Зеи и Селемджи. Чехол впадины образован верхнемеловыми - кайнозойскими континентальными образованиями терригенных молассовых формаций, залегающих с размывом и угловым несогласием на более древних породах.

Терригенная молассовая формация позднего мела распространена в южной и юго-восточной частях депрессии по рекам Амур, Буряя. Она имеет трехчленное строение, связанное с цикличностью изменения условий формирования. Во время наиболее интенсивных нисходящих движений (маастрихтский век) происходило накопление грубообломочных осадков (конгломератов, грубозернистых песчаников) преимущественно дельтового и аллювиального генезиса. К началу датского века погружение замедлилось, и создались условия для формирования озерно-аллювиальной толщи, представленной переслаиванием мелкозернистых песчаников, алевролитов и глин. Общая мощность формации колеблется от 200 до 800 м.

Угленосная формация позднего мела — палеогена выполняет мульдообразные прогибы и залегает согласно на верхнемеловых осадках. В западной части впадины она несогласно перекрывает нижнемеловые туфы. Накопление осадков происходило в ряде сравнительно крупных озер, которые периодически заболачивались, что способствовало образованию восстановительных условий среды. Озера соединялись между собой реками. Все это привело к формированию ритмично переслаивающихся глин (50—60%), песков, углей (10%), реже алевролитов и аргиллитов. Мощность глинистых

					Характеристика участка МГ и района его расположения	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

прослоев от 1 до 40 м, песчаных - 2-4 м. Общая мощность формации до 100 м.

Глины и суглинки образуют две пачки в нижней и верхней частях разреза мощностью от 1 до 40 м.

В центральной части депрессии преобладают глины пылеватые и тяжелые. В восточной части отмечается переслаивание тяжелых суглинков и глин с высоким содержанием песчаной фракции (до 25 %).

Терригенная молассовая формация палеоген - миоцена распространена повсеместно. Залегает она горизонтально на размытой поверхности более древних пород. Осадки отлагались крупными равнинными реками в относительно стабильном в тектоническом отношении районе, в условиях теплого влажного климата. Формация представлена песками с примесью гравия и гальки с линзовидными горизонтами глин мощностью 3—7 м. В основании лежит базальный галечниковый горизонт. В центральной и северо-восточной частях впадины разрез более сложный и состоит из нижней глинистой толщи с пластами углей и верхней - песчаной. Общая мощность отложений от 50 до 200 м.

Аллювиальные и озерно-аллювиальные плиоцен –нижнеплейстоценовые отложения залегают с размывом на миоценовых осадках; по окраинам впадины — на породах фундамента. Осадки формировались в условиях спокойного течения равнинных рек, часто менявших положения своих русел, в эпоху умеренно теплого, умеренно влажного климата. Это в основном косослоистые пески с высоким содержанием гравия и гальки. Органические остатки встречаются очень редко. В основании четко выделяется галечниковый базальный горизонт мощностью 0,5 – 1,5 м. С поверхности распространены суглинки и глины мощностью от 1,5 до 13 м. Глины и суглинки встречаются как с поверхности, так и в виде линз и прослоев в толще песков.

Аллювиально-озерные средне - верхнеплейстоценовые отложения покрывают с поверхности I и II надпойменные террасы Амура и Зеи. В составе доминируют глины с про-слоями суглинков и песков. Мощность изменяется от двух до 14 м.

					Характеристика участка МГ и района его расположения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Область характеризуется умеренной сейсмичностью. Согласно СНиП II-7-81*, сейсмичность рассматриваемого участка составляет 7 баллов.

Сейсмические условия участка трассы газопровода осложнены наличием в разрезе несвязных грунтов насыщенных водой и глинистых грунтов от мягкопластичной до текучей консистенции. Категория грунта по сейсмическим свойствам, согласно СНиП II-7-81*, табл.1*- II и III.

2.4.2 Геоморфологическая характеристика

Из современных рельефообразующих процессов наиболее широкое распространение получили криогенные и посткриогенные экзогенные процессы: термокарст. На участке поймы реки Амур из современных рельефообразующих процессов преобладают аллювиальные и аллювиально-пролювиальные экзогенные процессы. Большое влияние на рельефообразование оказывает и антропогенная деятельность: деструкция рельефа в зонах открытой разработки полезных ископаемых.

Характеристика овражности: умеренная. Густота овражной сети составляет 2 – 10 км/100 км², плотность оврагов 10 – 50 на 100 км². Условия развития русловых деформаций характеризуется чередованием свободного и ограниченного меандрирования со слабым заилением. На реке Амур, в районе подхода трассы скорость размыва берегов составляет 2-5 м/год.

2.4.3 Гидрогеологические условия

Согласно гидрогеологическому районированию рассматриваемая территория находится в Амуро-Охотской гидрогеологической складчатой области, в Амуро-Зейском артезианском бассейне, который включает в себя бассейны рек Зeya и Селемджа в нижнем течении, бассейн реки Амур в среднем течении с левого берега. Артезианский бассейн относится к структурам, подземные воды которого

					Характеристика участка МГ и района его расположения	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

тесно взаимодействуют с поверхностными. Водоносные породы представлены песчано-гравийно-галечниковыми образованиями, базальтами, известняками, мергелями и песчаниками, образующими слоистую толщу.

В кровле водоносного горизонта присутствует прерывистый глинистый водоупор мощностью от 3 до 20 м. Глубина залегания вод в пределах речных долин от 0,5—8 на поймах до 23—25 м у бровок надпойменных террас. На междуречных пространствах она колеблется от 10 до 60 м. Уровень вод обычно свободный, местами обладает слабым напором (3—6 м). Годовая амплитуда колебания уровня на поймах 3—6,5 м, на остальной площади бассейна не превышает 1—1,2 м. Наиболее значительные подъемы уровней происходят в периоды летних паводков. При этом на поймах уровень вод часто достигает поверхности земли, что способствует интенсивному их заболачиванию.

Многолетняя мерзлота оказывает большое влияние на формирование ландшафтов. Наличие мерзлоты определяет также особенности режима поверхностных и грунтовых вод. Препятствуя проникновению воды в грунт, она является водоупором и причиной заболоченности равнинных пространств. Весной талые воды быстро скатываются по мерзлому грунту в долины и вызывают высокий подъем уровня рек; летом вода, образующаяся за счет медленного оттаивания ледяных частиц верхних горизонтов мерзлой почвы, служит источником питания водотоков. С вечной мерзлотой связано также образование речных и грунтовых наледей, явлений солифлюкации и другие.

2.4.4 Растительность и почвы

Участок рассматриваемой трассы находится в зоне южной тайги. Ландшафты участка относятся к типу бореальных подтаёжных и суббореальных широколиственно-лесных, с наибольшим распространением в северной части широколиственно-хвойнотаёжных лесов, в южной части - широколиственных лесов. В долине Зеи распространены пойменные луга в сочетании с кустарниками.

					Характеристика участка МГ и района его расположения	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На территории рассматриваемого участка газопровода распространены следующие группы почв:

- Болотные почвы, которые, в свою очередь, подразделяются на: торфяные, торфяно-глеевые (мощность торфа 50 – 100 см), торфянисто-глеевые (мощность торфа до 50 см), иловато-глеевые, перегнойно-торфянисто-глеевые и т.д.;
- Лугово–черноземовидные: развиваются на бурых глинах озерного и речного происхождения, под луговой или лугово-травянистой растительностью. Механический состав тяжелый, низкая кислотность;
- Пойменные (аллювиальные) почвы: распространены в долинах Амура, Зеи и их притоков, формируются на аллювиальных отложениях, под луговой или лугово-травянистой растительностью, механический состав легкий, кислотность высокая;
- Буротаежные почвы: занимает Амуро-Зейский раздел, механический состав – супеси и суглинки, высокая кислотность. В основном, располагаются на повышенных элементах рельефа.
- Луговые подбелы;
- Лесные подбелы;
- Горные буротаежные оподзоленные и неоподзоленные;
- Бурые лесные почвы обычны в зоне хвойно-широколиственных лесов. Два первых типа развиваются на песках и супесях. Распространены на Амурско-Зейской равнине, на севере и юго-востоке Зейско-Буреинской, на увалах, холмах и их склонах. Все бурые лесные почвы слабокислые, реже кислые. Механический состав - от супесного до тяжелосуглинистого [11].

Формированию почв в Амурской области, в том числе в рассматриваемом районе в южной части области, способствует ряд природных факторов, характерных для данной территории:

- Глубокое промерзание почвы вследствие холодной и малоснежной зимы;
- Холодная и засушливая весна, которая препятствует оттаиванию почвы и развитию растений;

					Характеристика участка МГ и района его расположения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

– Переувлажнение в летнем сезоне, из-за теплых летних температур и высокого уровня осадков.

Зимой на юге Амурской области образуется сезонный слой многолетней мерзлоты до 2,5 – 3 м, полностью оттаивающий к началу июля. Летом мерзлая толщина песчаных грунтов оттаивает на 2-3 м, а если сверху лежит моховой покров, - всего на 20-30 см [11].

2.5 Климатические условия

Климат Амурской области резко-континентальный с чертами муссонности. На юге области проходят изотермы от -28° до -24°C . Зима в области суровая: в Благовещенске январские температуры варьируют от -24° до -27°C . Бывают морозы до -44°C . Лето на юге области теплое. Здесь проходят изотермы от 18° до 21°C .

Многолетний статистический температурный режим, [10]-характерный для данной местности в силу её географического положения представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Характеристики температурного режима

Характеристика	Свободный	Благовещенск
Средний минимум температуры воздуха в январе, $^{\circ}\text{C}$	-31,5	-28,8
Абсолютный минимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$	-49,9	-45
Средний максимум температуры воздуха в июле, $^{\circ}\text{C}$	26,4	27
Число дней с переходом температуры воздуха через 0°C	71	58
Средняя годовая амплитуда колебаний температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (разность среднемесячных температур самого теплого и самого холодного месяца)	46,2	44,9

Для всей области характерен летний максимум осадков, что обусловлено муссонностью климата. За июнь, июль и август может выпадать до 70% годовой нормы осадков. Возможны колебания в выпадении осадков. Так, летом с возрастанием испарения увеличивается абсолютная и относительная влажность, а весной из-за сухости воздуха снежный покров большей частью испаряется, и следствием этого становится незначительный весенний подъем уровня воды в реках.

Среднее количество осадков с поправками к показаниям осадкомера (в мм) за год и по месяцам и характеристика снежного покрова приведены в таблице 2.4 и в таблице 2.5 соответственно.

Таблица 2.4 – Среднемесячное и среднегодовое количество осадков в области пролегания заданного участка газопровода с поправками на смачивание,

мм

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Северная часть трассы, м-ст. Свободный												
7	6	13	36	54	80	137	117	68	28	15	10	571
Южная часть трассы, м-ст. Благовещенск												
6	6	11	32	49	87	134	121	65	24	13	10	558

Таблица 2.5 – Характеристики снежного покрова

Характеристика	Свободный	Благовещенск
Средняя из наибольших высот снежного покрова по постоянной рейке за зиму, см	23,5	16,4
Плотность снежного покрова при наибольшей высоте, г/см ³	0,16	0,19
Среднее из наибольших количество воды в снежном покрове, мм	36	31

3 Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ

Основываясь на приведенной выше информации о природных условиях [10], были определены ОГП, свойственные району прокладки исследуемого участка магистрального газопровода «Сила Сибири» – «Белогорск – Благовещенск».

3.1 Виды ОГП на рассматриваемом участке

Инженерно-геологические процессы представляют собой потоки вещества в верхней части разреза горных пород (их грунтовой и водной составляющей), обусловленные энергетическими воздействиями, развивающимися как внутри самой горной породы, так и проявляющимися со стороны перемещающихся водных и воздушных масс.

Помимо горных пород, на развитие неблагоприятных инженерно-геологических процессов сказывается состояние и других компонентов ландшафта – характер рельефа, уровень залегания подземных вод, тип почвенно-растительного покрова, распределение снежного покрова. Все эти компоненты, совместно с горными породами, формируют ландшафтный облик территории. Поэтому изучение инженерно-геологических процессов базируется на учете ландшафтной неоднородности территорий, то есть на результатах геологических, гидрологических изысканий и ландшафтного геокриологического районирования.

Из опасных геологических и инженерно-геологических процессов, на территории прокладки рассматриваемого участка газопровода, наиболее широкое развитие получили:

- Заболачивание;
- Оползни;

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Плужнова А.Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.				32	132
Консульт.					ТПУ, гр.2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					
					Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ		

– Овражно-балочная эрозия.

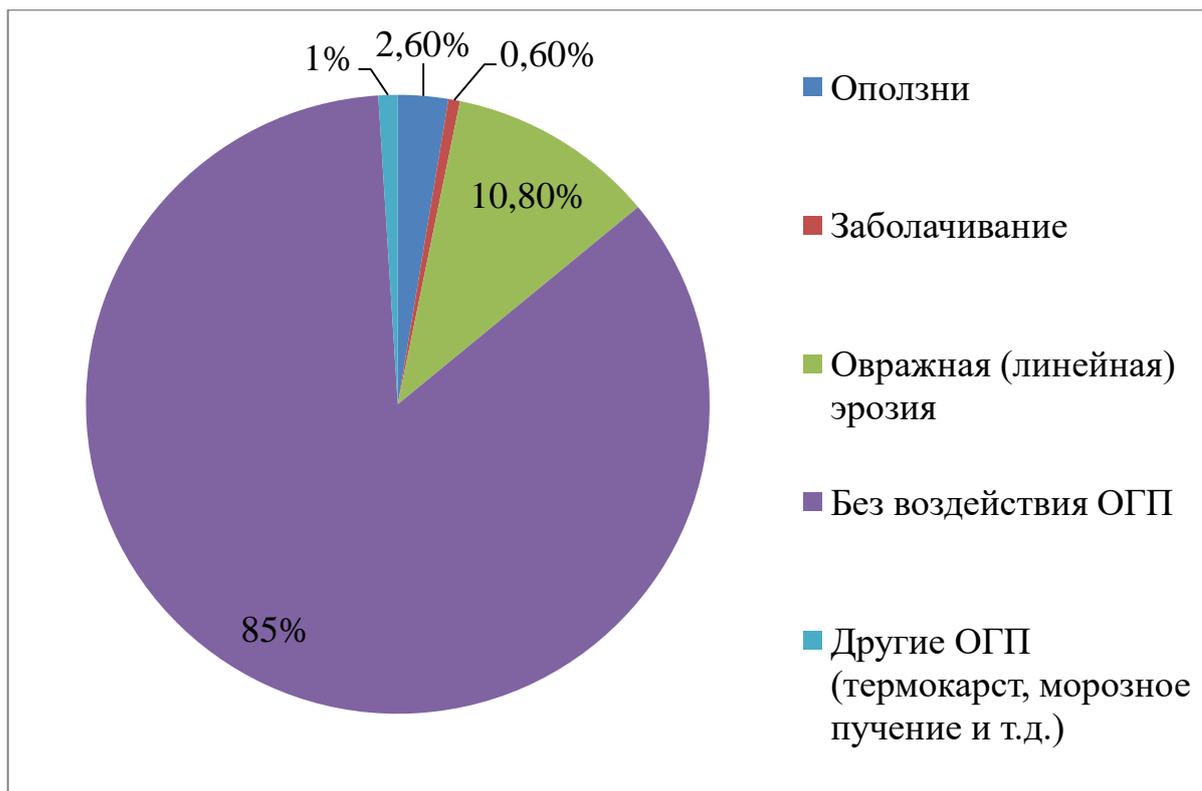


Рисунок 3.1 – Воздействие видов ОГП на ЛЧМГ в процентах от всей длины рассматриваемого участка

Наиболее широким распространением пользуются эрозионные процессы, вызывающие развитие оврагов. Способствует развитию овражной эрозии распространение легкоразмываемых песчаных грунтов, вырубка леса, распашка равнин. Глубина оврагов в среднем от трех до пяти метров. Особенно активное развитие оврагов происходит в летний период (за один летний дождь средней интенсивности овраг удлиняется на 50 – 70 см). При катастрофических ливнях овраги вырастают в длину на 2 м и более.

На рассматриваемой территории процессы заболачивания развиты повсеместно, но с разной степенью интенсивности. Болота и заболоченные земли расположены по долинам рек и по плоским водораздельным поверхностям.

Формирование болот происходит в результате формирования небольших пойменных озер. Глубина их не превышает 1,5 – 3 м.

Оползни пользуются ограниченным распространением и приурочены к породам песчано-алеврито-сланцевого состава, в меньшей степени – к рыхлым песчано-глинистым отложениям.

Качественную оценку устойчивости склона к оползням необходимо производить с учетом генетического типа, морфологии (характера рельефа), возраста и стадии формирования склона и его морфологических элементов, анализируя следующие данные [12]:

– Характерные профили рельефа: если склон очень крутой, крутой или средней крутизны, то на нем возможно возникновение оползня;

– Положение (границы) относительно однородных по литологии и механическим свойствам слоев и толщ, слагающих склон – необходимо рассматривать однородность напластования склона, наклон слагающих его пластов в сторону поверхности склона;

– Генетические типы слагающих склон пластов – наличие выветривающихся пород или коренных, взаимное их расположение;

– Положение поверхностей (или зон) ослабления в массиве склона (трещины различного происхождения, старые и свежие поверхности оползневых смещений, контакты слоев, прослой и зоны малопрочных пород, зоны тектонического дробления);

– Верхние и нижние границы водоносных горизонтов и обводненных зон в массиве пород.

Сезонное пучение грунтов – самый типичный и наиболее распространенный на рассматриваемой территории мерзлотный процесс, проявляющийся в образовании кочковатого микрорельефа. Небольшая глубина

					Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сезонно-талого слоя и соответственно повышенные темпы промерзания талых пород препятствуют интенсивности развития пучения. Начало пучения приходится на середину–конец ноября; оно продолжается в течение всей зимы с максимальной интенсивностью с января по март. Наибольшая величина пучения наблюдается в долинах рек, полосах стока, где существуют оптимальные условия для его развития: грунтовые воды залегают на глубине меньше 3 м, и глинистые грунты значительно увлажнены. В большинстве случаев кочки имеют диаметр 10–20 см, высота 20–40 см.

Многолетнее пучение наблюдается на участках торфяников и в долинах рек и водотоков с моховым покровом. Формируются небольшие по высоте (до 0,5 м) слабовыпуклые бугры пучения. Формирование бугров пучения связано с образованием и накоплением сегрегационного льда вследствие миграции влаги под влиянием температуры и влажности [15].

При наложении карты распространения многолетнемерзлых пород (ММП) России на политико-административную карту России, было установлено, что Свободненский район Амурской области, в котором располагается рассматриваемый участок газопровода, находится в зоне редкоостровного, островного и массивно-островного распространения ММП со средними температурами от +3°C до -1°C и мощностью мерзлой толщи от нуля до 100 метров. Поэтому грунт в данном районе может быть подвержен и термокарстовому процессу.

Термокарстовые образования развиваются преимущественно в сильнольдистых аллювиальных и болотных отложениях. Прогрессируют процессы термокарста в парагенезисе с пучением. Причинами развития термокарста являются повышение среднегодовой температуры пород и изменение степени обводненности участков. В настоящее время, процессы термокарста развиты на

					Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

плоских вершинах водораздела, сложенных элювиальными образованиями на породах терригенно-карбонатной формации, и выражены в небольших котловинах глубиной до 0,5 м. Процессы термокарста отмечены на слабодренируемых, заболоченных участках. Связаны процессы термокарста с вытаяванием сегрегационных льдов [15].

3.2 Воздействие ОГП на техническое состояние ЛЧМГ

Опасные инженерно-геологические процессы по-разному воздействуют на различные элементы конструкции линейной части подземного магистрального газопровода, из которых основными являются:

- Труба;
- Противокоррозионное изоляционное покрытие;
- Грунтовое обвалование;
- Утяжелители;
- Крановые узлы.

Физические основы воздействия ОГП на эти элементы включает в себя взаимодействие литосферы, гидросферы и атмосферы и изменение температуры грунта в зоне контакта с сооружением, что влечет за собой следующие отрицательные последствия [14]:

- Смещение трубы вниз, в результате удаления грунта из-под нее или осадки поверхности грунта;
- Изгиб трубы, перекос и опрокидывание утяжелителей, сдирающих изоляционное покрытие, что в дальнейшем ведет к разрушению изоляции и активизации коррозии металла трубы за счет воздействия внешних факторов;
- Деформация трубы под воздействием грунтового массива, смещающегося вниз по склону поперек газопровода;

					Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– Размыв обвалования, всплытие трубы, нарушение изоляционного покрытия и активизации коррозии металла при повышении уровня грунтовых вод в траншее газопровода.

В зависимости от природы ОГП, они могут по-разному воздействовать на объекты линейной части. Воздействие отмеченных ОГП на различные элементы представлены в таблице 3.1 [14].

Таблица 3.1 – Воздействие опасных процессов на газопровод на данном участке [14]

Тип процесса	Конструктивные элементы газопровода				
	Труба	Изоляция	Обвалование	Утяжелители	Крановые узлы
Морозное пучение сезонное	Деформация трубопровода				
Морозное пучение многолетнее	Смещение вверх, изгиб	Задиры при выпучивании утяжелителей	Разрушение на боковых участках трубы	Выпучивание, перекос, опрокидывание	Деформация трубопровода байпаса
Термокарст на горизонтальных поверхностях	Всплытие	Гофры, отслоение	Размыв с обнажением трубы	Перемещение вниз вместе с трубой, перекос	Деформация трубопровода байпаса
Термокарст на склонах	Смещение вниз			Перемещение вниз вместе с трубой	
Линейная и донная эрозии	Смещение вниз		Размыв с обнажением трубы		Смещение вниз
Заболачивание	Всплытие	Гофры, отслоение	Размыв с обнажением трубы		
Оползни	Деформация трубопровода		Разрушения над верхней образующей трубы		Деформация байпасных кранов

Из таблицы видно, что наиболее опасными для газопровода процессами являются морозное пучение, оползни и термокарст. Однако в ходе анализа проектной документации было выяснено, что самым распространенным на анализируемой территории процессом является овражно-балочная эрозия (10,8% от длины участка). Таким образом, вследствие воздействия этого процесса на трубопровод (таблица 4), овражно-балочная – наиболее опасный процесс для рассматриваемого участка «Белогорск – Благовещенск».

Под воздействием опасных инженерно-геологических процессов может наблюдаться последовательное вовлечение в деструкцию все новых элементов газопровода, что обусловлено различной стойкостью. Наиболее «слабым звеном» сооружения является грунтовое обвалование. Сначала разрушение грунтового обвалования разрушает изоляцию, дальнейшая деструкция которой приводит к обнажению поверхности металла и последующей его коррозии. Участки развития вдоль трассы этих дефектов в пространственном отношении оказываются как бы последовательно «вложены» друг в друга: на участках с разрушенным обвалованием встречаются (но не повсеместно) участки с нарушенной изоляцией, которые, в свою очередь, местами подвержены коррозии [14].

При этом если обвалование бывает разрушено полностью, то изоляция уничтожена лишь на локальных участках (в остальных местах наблюдаются задиры, гофры и отслоения), а коррозия охватывает еще меньшие площади.

Учитывая описанные выше природные условия, имеющие прямое и косвенное воздействие на магистральный газопровод, можно выделить две большие группы дефектов, вызываемых инженерно-геологическими факторами и процессами (рис. 3.2) [15]:

- Коррозионные дефекты;
- Изменение проектного положения оси магистрального газопровода.

					Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 3.2 – Классификация дефектов газопровода, вызываемых природными факторами

Интенсивность наружного коррозионного процесса зависит от гранулометрического состава горных пород, их структуры, удельного электрического сопротивления грунта, наличия источников блуждающих токов, наличия пар дифференциальной аэрации (ПДА). Как правило, коррозионные дефекты, вызываемые влиянием инженерно-геологических факторов, можно отнести к общей внешней коррозии. Зачастую участки с большой концентрацией коррозионных дефектов могут достигать 300–400 мм по трассе [16].

Изменение проектного положения оси магистрального газопровода, по литературным данным, может быть связано со следующими дефектами:

- Всплытие участков газопровода – к этому явлению относятся участки магистрального газопровода, потерявшие проектное положение оси в обводненном грунте с выходом на поверхность воды (рис. 3.3);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

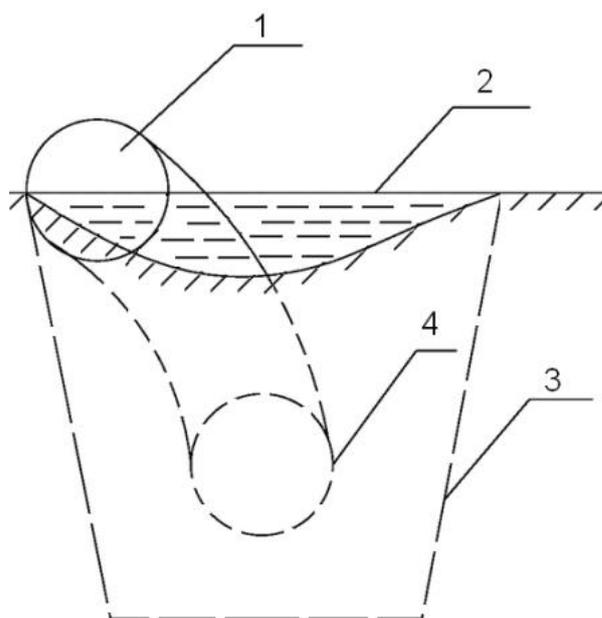
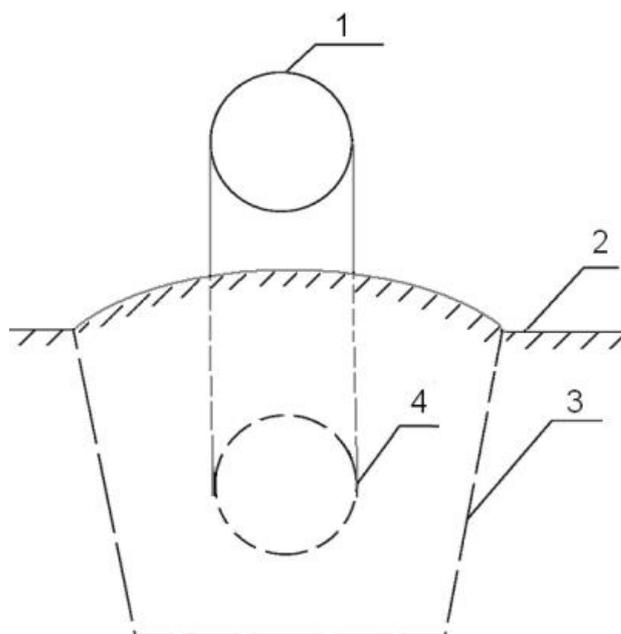


Рисунок 3.3 – Всплытие участка магистрального газопровода [15]: 1 – фактическое положение газопровода; 2 – существующая поверхность грунта; 3 – профиль строительной траншеи; 4 – положение газопровода по проекту строительства

– Выпучины газопровода – основной причиной изменения проектного положения является морозное пучение (рис. 3.4);



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Рисунок 3.4 – Морозное пучение и выпучивание газопровода [15]: 1 – фактическое положение газопровода; 2 – существующая поверхность грунта; 3 – профиль строительной траншеи; 4 – положение газопровода по проекту строительства

– Провисы газопровода – представляют собой оголенные участки трубопровода без опоры на грунт, возникающие, к примеру, в результате карстовых явлений (рис. 3.5) или оттаивания вечномерзлых грунтов.

– Просадки газопровода – участки газопровода на глинистых и лессовых грунтах, ось которых при повышении влажности грунта выше определенного значения опускается ниже проектного уровня.



Рисунок 3. 5 – Схема формирования мульды оседания земной поверхности и дополнительных напряжений в системе труба – массив горных пород: I – тектонически ослабленные зоны, определяющие блоковый характер векторных деформаций земной коры; II – дополнительные напряжения на металле трубопровода в связи с формированием мульды оседания земной поверхности с развитием карстовосуффозионных и эрозионнотектонических форм.

Гидродинамические зоны: 1 – аэрации или вертикальной нисходящей циркуляции вод; 2 – переходная; 3 – зона постоянного горизонтального стока [17]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Морозное пучение грунта является результатом объемного расширения воды (примерно на 9 %), находящейся в грунте до промерзания и дополнительно мигрирующей к границе промерзания, в процессе перехода воды из одного агрегатного состояния в другое [18, 19]. Во время промерзания грунтов, особенно при интенсивных фазовых переходах воды (при температуре от 0 до -5 °С), при некоторых условиях может происходить перераспределение воды, содержащейся в грунте. Как правило, в песках мелких и пылеватых, в пылевато-глинистых грунтах наблюдается миграция ее снизу вверх к фронту охлаждения и промерзания.

Наиболее интенсивная миграция происходит в грунтах с небольшой скоростью промерзания и со значительной пылевой фракцией от 30 до 80 %. При промерзании таких грунтов происходят значительные деформации сооружений до десятков сантиметров. Необходимо учитывать, что чем ближе уровень подземных вод к границе промерзания, тем более высокой пучинистостью обладают пылевато-глинистые грунты при прочих равных условиях. Основной причиной является то, что подобные грунты имеют слабо выраженную текстуру и малое сцепление между частицами, таким образом, при промерзании лед в таких грунтах образуется внутри структурных элементов и вызывает значительные деформации. При увлажнении пылеватые грунты теряют сцепление между частицами, при промерзании в них образуется большое количество льда и ледяных линз.

На объем морозного пучения грунта значительное влияние оказывает плотность их строения. Так, если грунты очень плотные, то при их промерзании наблюдается незначительное пучение, так как такие грунты имеют небольшое количество воды и в них затруднена возможность ее миграции при промерзании. В достаточно рыхлых грунтах много пор и пустот, которые, как правило, свободны от воды, и за счет этих пустот могут гаситься деформации пучения. Грунты

					Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

средней плотности с полностью заполненными водой порами при промерзании значительно увеличиваются в объеме, т. е. деформируются от морозного пучения.

Одним из самых часто встречающихся дефектов являются провисы газопровода, т. е. участки, потерявшие грунтовое основание вследствие различных процессов, таких как термокарстовые, эрозионные [20]. Вследствие развития данных процессов происходит горизонтальная и вертикальная деформация земной поверхности, что может стать причиной нарушения целостности и последующего разрушения магистрального трубопровода [21].

В данном разделе были проанализированы основные ОГП, свойственные району прохождения трассы исследуемого участка, рассмотрены возможные результаты их воздействия на объекты линейной части, а также определен наиболее распространенный и опасный инженерно-геологический процесс для данного участка. Таким процессом является овражно-балочная (линейная), донная и береговая эрозия грунта, которая составляет 10,8% от всей длины участка «Белогорск – Благовещенск».

					Виды ОГП и их воздействие на участок ЛЧМГ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода

Поскольку овражно-балочная (линейная) и донная эрозия является самым распространенным и наиболее опасным процессом на рассматриваемой территории трассы МГ, то в данном разделе будут проанализированы мероприятия, использующиеся для инженерной защиты от этого процесса. А также предложены другие способы защиты.

4.1 Состав работ при обследовании эрозионноопасных участков МГ

Состав и масштабы работ по обследованию состояния эрозионноопасных участков трубопроводов зависят от стадии и целевых назначений данной работы и особенностей природного объекта [27].

Обследование включает в себя, в общем случае, следующие виды работ:

- работы подготовительного периода;
- техническое обследование;
- инженерно-геодезические изыскания;
- инженерно-геологические изыскания;
- инженерно-гидрометеорологические изыскания.

При проектировании нового трубопровода или сопутствующего сооружения, "техническое обследование" из состава подготовительных работ исключается или сводится к установлению и привязке других сооружений в полосе изысканий (при выполнении инженерно-геодезических изысканий).

Состав, сложность и трудоемкость различных работ могут изменяться или уточняться в техническом задании в зависимости от характера участка и других факторов.

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Плужнова А.Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.				44	132
Консульт.					ТПУ, гр.2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					
					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода		

Инженерные изыскания проводятся в соответствии с требованиями СТО Газпром 2-2.1-206-2008 и СП 47.13330.2016. Особенности проведения инженерно-геологических изысканий при обследовании эрозионно-опасных участков представлены в СП 425.1325800.2018.

Перед непосредственной разработкой противоэрозионных мероприятий для конкретного участка трубопровода проводится предварительный этап работ, в ходе которого выполняется анализ исходных данных: вдольтрассовых профилей и топопланов, отчетов об инженерно-геологических изысканиях, данных об архитектурно-строительных решениях и другой документации.

В рамках предварительного этапа работ проводятся районирование территории трассы по геоморфологическим и технологическим особенностям, а также типизация инженерно-геологических условий [28].

4.2 Выбор противоэрозионных мероприятий

Вид противоэрозионного мероприятия, необходимого для защиты трубопровода от размыва, определяется, прежде всего, видом эрозионного нарушения (рисунок 1). Кроме того, следует учитывать такие факторы, как наличие строительных материалов, техники, транспортную схему, грунтовые и климатические условия [27].

На основании СП 425.1325800.2018 [28], инженерная защита территорий от эрозионных процессов включает выполнение соответствующих мероприятий и устройство инженерных сооружений. К противоэрозионным мероприятиям инженерной защиты следует относить:

- Биологические типы укреплений;
- Планировку территорий и водоотводные мероприятия.

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист 45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Противоэрозионные сооружения следует разделять:

- На защитные покрытия и укрепления грунтов;
- Комбинированные конструкции;
- Конструкции из габионов матрацно-тюфячного типа;
- Решетчатые конструкции.

Также, в соответствии с РД 51-2.4-007-97, противоэрозионные мероприятия и сооружения классифицируются следующим образом:

- По месту расположения:
 - а) расположенные на водосборной территории;
 - б) расположенные на поверхности склона (в т.ч. дренажные);
 - в) расположенные в траншее;
 - г) вершинные;
 - д) расположенные в ложе временных и малых водотоков;
 - е) берегоукрепительные;
 - ж) подводные;
- По функции:
 - а) водопропускные (лотки, быстротоки);
 - б) водоотводные и дренажные;
 - в) водозадерживающие;
 - г) экранирующие;
 - д) многофункциональные;
- По материалу:
 - а) грунтовые;
 - б) каменные;
 - в) из закрепленного грунта;
 - г) с использованием растений;

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

- д) из искусственных материалов (металлические, бетонные, резиноканевые, полимерные, нетканые синтетические и др.);
- е) комбинированные (габионные и др.).



Рисунок 4.1 – Классификация видов эрозии грунта на трассах подземных трубопроводов

В зависимости от вида эрозионного нарушения, в соответствии с классификацией, представленной на рисунке 4.1, следует выбирать противоэрозионные мероприятия.

4.3 Обоснование выбора противоэрозионных мероприятий на исследуемом участке

На участке магистрального газопровода «Сила Сибири» – «Белогорск – Благовещенск» используются следующие виды противоэрозионных инженерных мероприятий и конструкций:

- Георешетки GW;
- Геоматы трехмерные дренажные;
- Грунтозадерживающие дамбы из полимер-контейнеров типа «КП-Р»;
- Укрепление каменной наброской;
- Устройство водопропуска с применением гибких бетонных матов;
- Устройство водопропуска с использованием георешетки;
- Укрепление берегов габионами (матрачно-тюфячного типа, матрацами «Рено»);
- Противоэрозионное покрытие (геотекстиль);
- Устройство глиняных перемычек.

4.3.1 Использование георешеток

На рисунке 4.2 представлен чертеж продольного профиля участка газопровода через падь без названия, на котором изображено использование георешеток с заполнением щебнем и торфо-песчаной смесью для укрепления береговой траншеи.

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

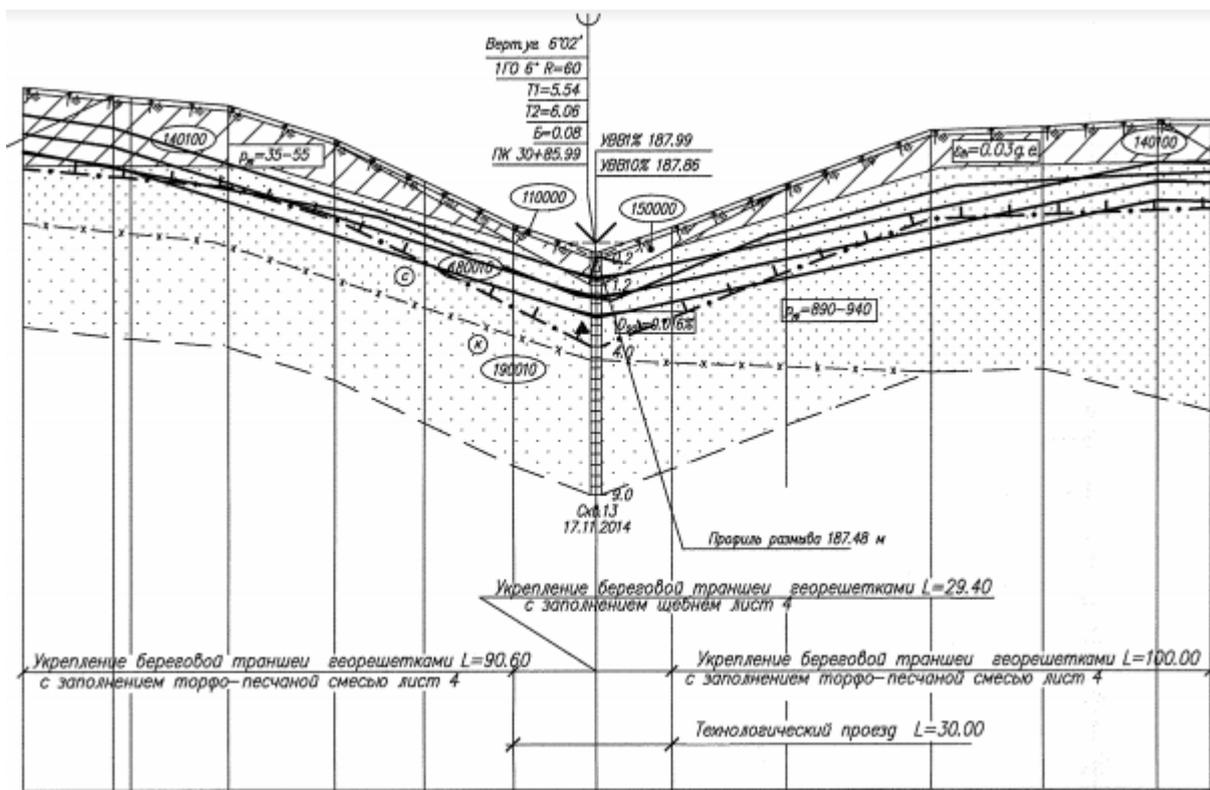


Рисунок 4.2 – Продольный профиль перехода газопровода через падь

В данном случае может иметь место береговая эрозия, вызванная половодьями, сезонным таянием снега, ливнями, дождевыми паводками и поднятием уровня грунтовых вод (подтоплением).

В разделе пять данной работы, на основании СП 425.1325800.2018 и РД 51-2.4-007-97 [27, 30] было рассчитано и установлено, что данный склон подвержен эрозии, следовательно, целесообразно применение противоэрозионных мероприятий или конструкций. Установка георешеток для укрепления грунта является наиболее часто используемым сооружением на участке «Белогорск – Благовещенск».

Георешетки (геосетки) предназначены для объемного армирования грунта или материала заполнителя в целях образования композитного слоя, обладающего улучшенными по отношению к заполнителю эксплуатационными свойствами.

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Композитный слой обладает повышенной жесткостью, прочностью, распределяющей способностью, стойкостью к воздействию динамических нагрузок, поверхностному размыву, воздействию неравномерных деформаций.

Георешетки в области распространения уровня высоких вод (УВВ), заполняются щебнем, так как он обладает большей фильтрационной способностью (по сравнению с торфяно-песчаной смесью), и в этой области возможен смыв растительного слоя грунта. Также в этом месте устроен технологический проезд, следовательно, грунт должен обладать высокой несущей способностью, которую обеспечивает щебень.

На откосах, где отсутствует область распространения УВВ, укладывают георешетку с заполнением торфяно-песчаной смесью. Торфяно-песчаная смесь является благоприятным грунтом для произрастания травянистых растений, густая корневая система которых служит дополнительным укреплением грунта откосов и которые решают задачу восстановления растительно-почвенного покрова после строительства.

Использование георешеток в качестве противоэрозионной конструкции в ПАО «Газпром» предусмотрено ТУ 2246-004-18649652-2011 и в СП 425.1325800.2018.

Трёхмерная сотовая георешетка (пространственная полимерная решетка) ППР GW представляет собой объемную ячеистую конструкцию, изготавливаемую из полиэтиленовых лент, посредством их соединения между собой линейными швами, расположенными в шахматном порядке (рисунок 4.3,4.4), для объемного укрепления грунта. ППР GW стабилизирует грунты путем перераспределения нагрузки между ячейками. ППР GW выпускается секциями. Секции поставляются к месту установки в сложенном виде (с целью облегчения транспортировки и

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

складирования). ППР GW выпускается как с перфорированными, так и не перфорированными стенками ячеек [29].

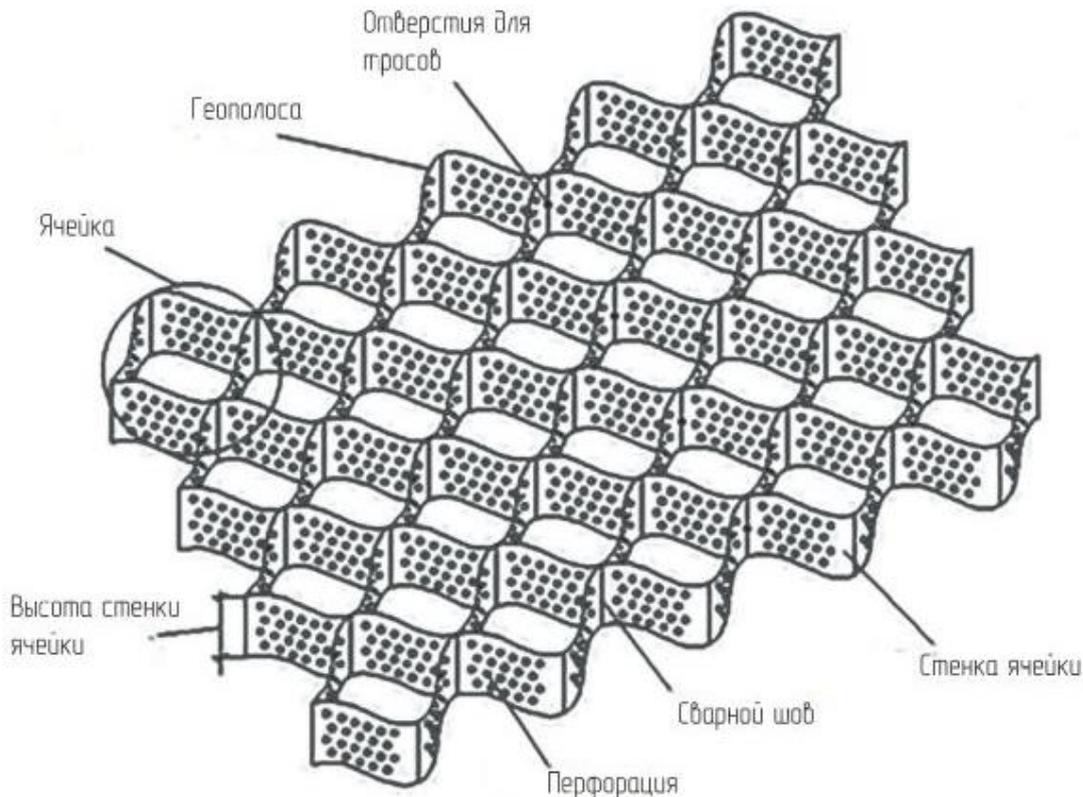


Рисунок 3 – Общий вид георешетки

Перфорированные георешетки не препятствуют укоренению растений, в то же время, обеспечивая защиту от размыва грунтов поверхностными водами, укрепляя грунтовый массив по глубине [29].

Типовая конструкция укрепления эрозионных склонов представляет собой сплошное гибкое покрытие из георешетки (геосетки), повторяющее рельеф поверхности и включающее [30]:

- дренирующую прослойку из рулонного геосинтетического нетканого материала, уложенную на уплотненный слой грунта;
- объемный модуль;
- наполнитель (растительный грунт с посевом семян; грунт, обработанный вяжущим; торфопесчаная смесь);
- монтажные анкеры;
- несущие анкеры;
- разделительную фильтрующую прослойку из геосинтетических материалов (при необходимости);
- упорную конструкцию (при необходимости).

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

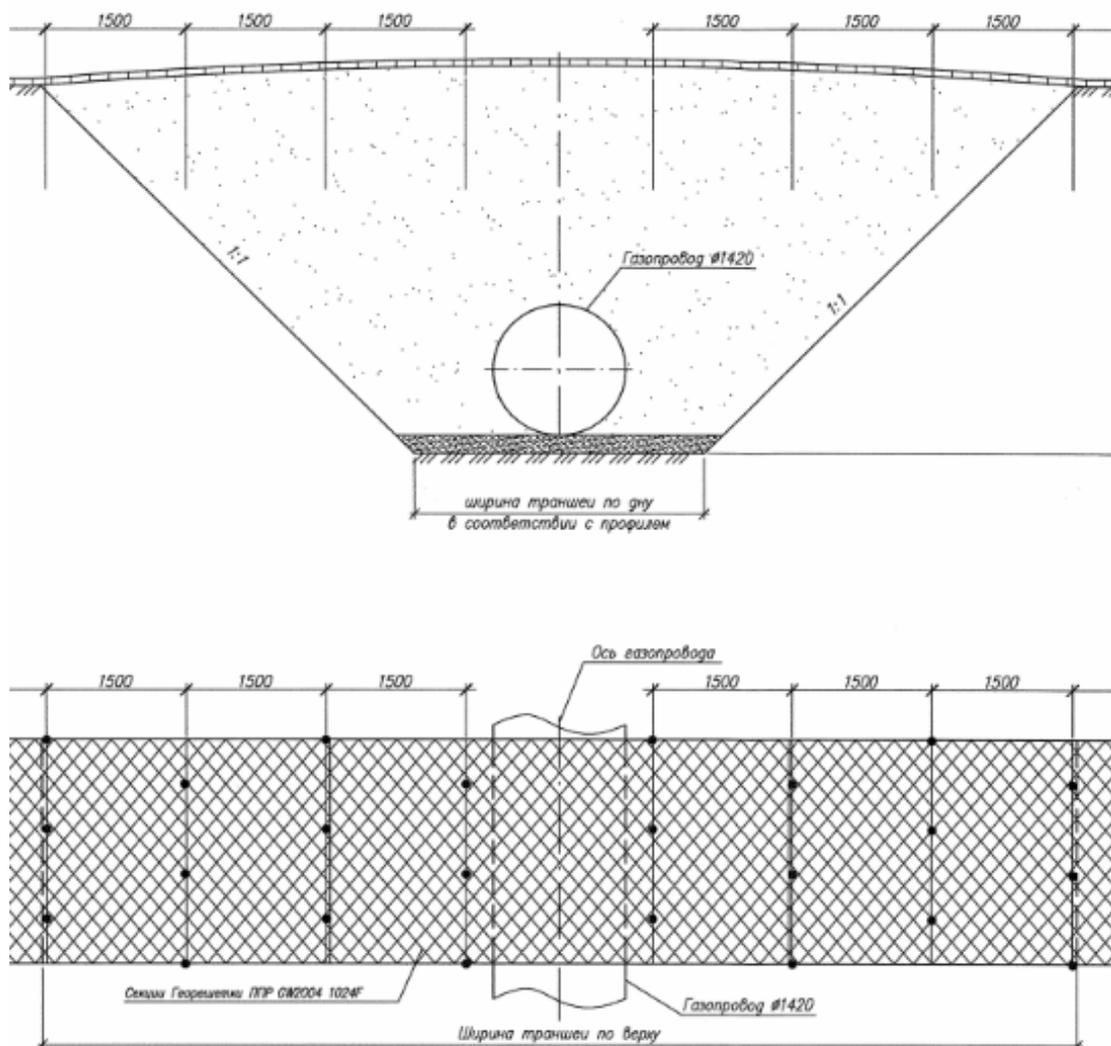


Рисунок 4.4 – Схема укрепление береговых траншей трехмерной георешеткой

4.3.2 Использование габионов, матрасов, глиняных перемычек

На рисунке 4.5 представлена часть чертежа продольного профиля перехода газопровода через реку Б. Пера. На нем изображено применение для защиты от эрозии таких конструкций, как: укрепление габионами матрацно-тюфячного (матрацы «Рено») и коробчатого типов, глиняные перемычки.

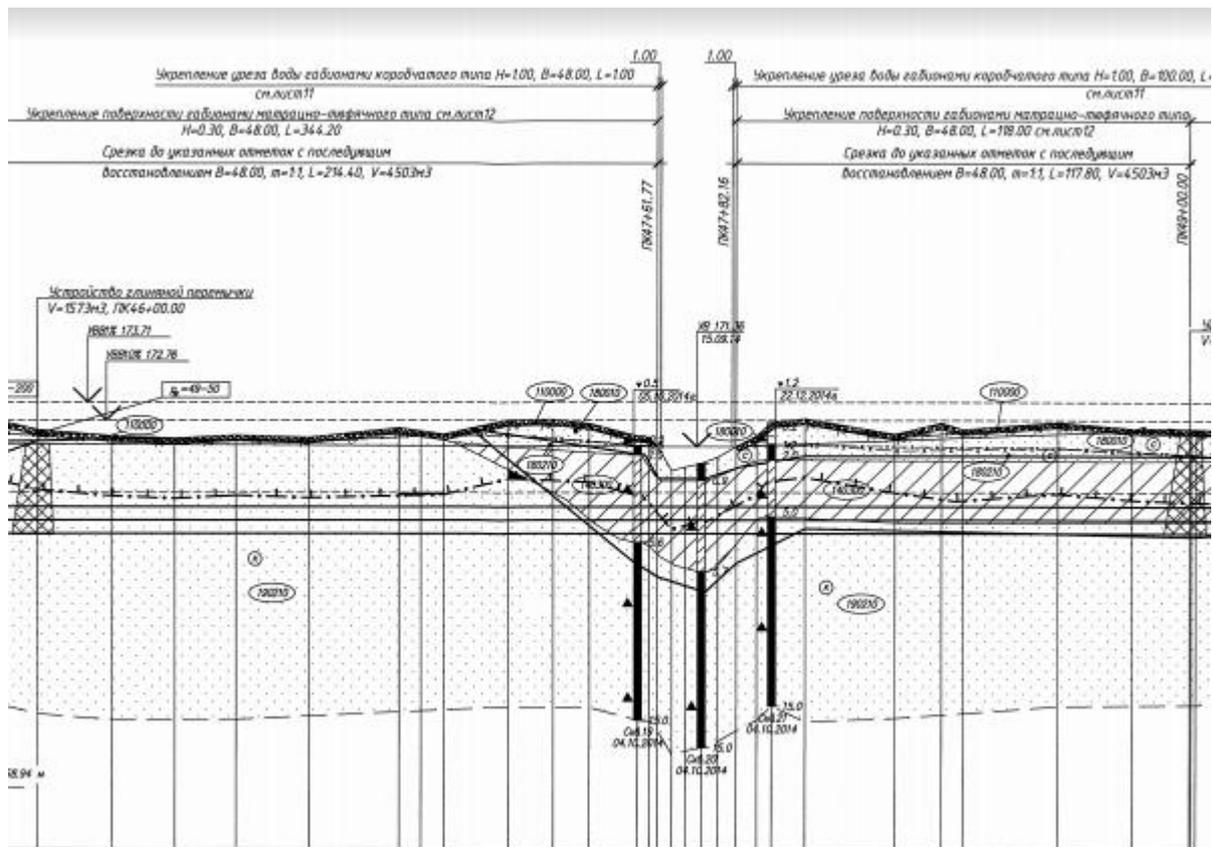


Рисунок 4.5 – Продольный профиль перехода газопровода через реку
Б. Пера

4.3.2.1 Использование габрионных конструкций

Использование габрионных конструкций для защиты от эрозионных процессов в ПАО «Газпром» предусмотрено ТУ 1275-007-89632342-2012 и в СП 425.1325800.2018.

Габрионные конструкции представляют собой объемные конструкции различной формы, изготовленные из сетки проволочной крученой с шестиугольными ячейками, заполненные каменным материалом (рисунок 4.6) [31].

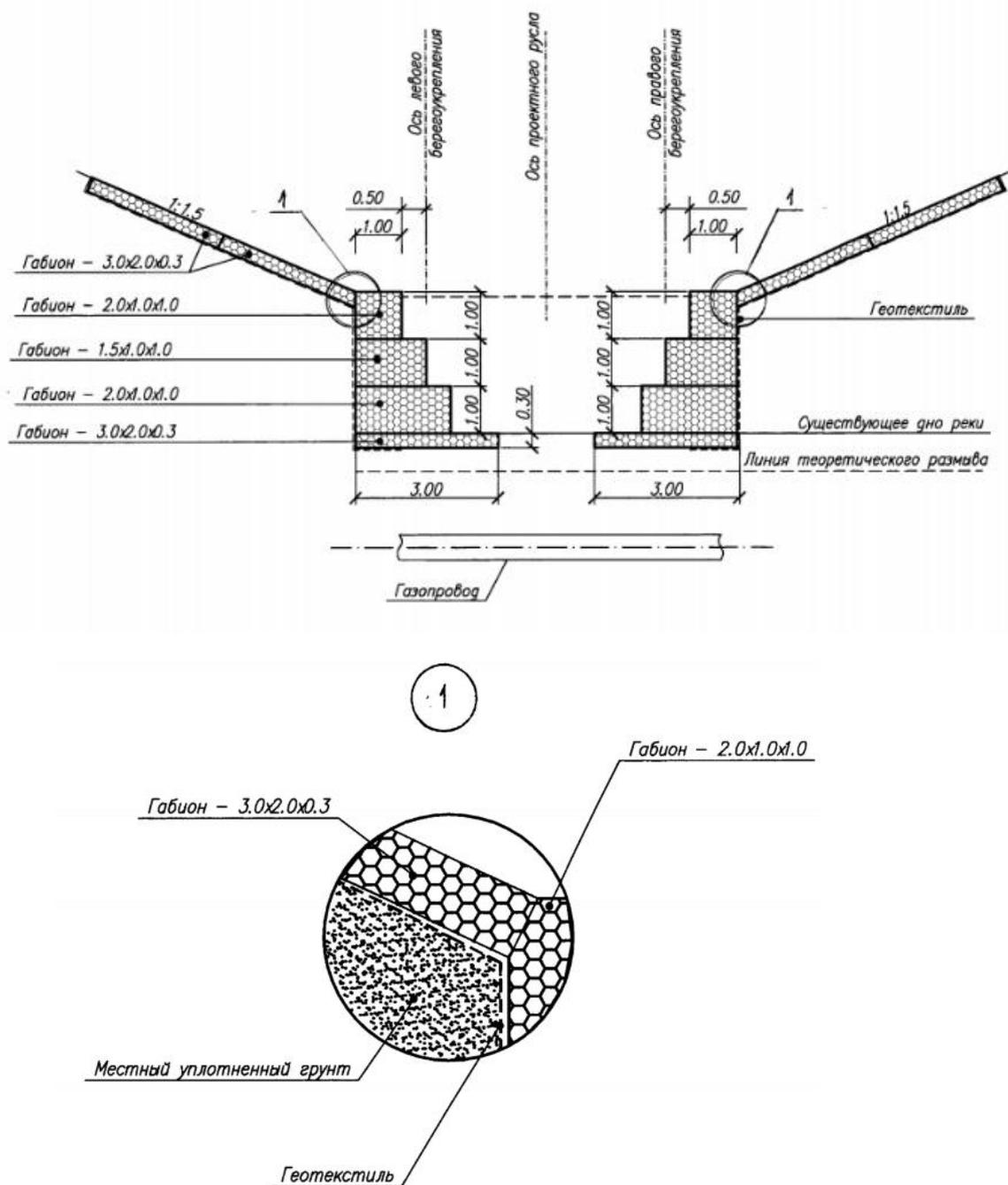


Рисунок 4.6 – Схема укрепления берегов габионами

Габионные конструкции применяют в качестве противоэрозионного крепления, противоразмывного фартука в берегозащитных сооружениях. Они

служат для облицовки каналов в водопропускных и водоотводных сооружениях [31].

Таким образом, укрепление берегов реки габионами регламентировано СП 425.1325800.2018. Как видно из рисунка 5, габионные конструкции коробчатого типа применяют для укрепления среза воды (берегов) реки Б. Пера для защиты от эрозии, вызванной действием постоянных потоков (от размывов приустьевых участков переходов через реки). Схема габиона коробчатой формы представлена на рисунке 4.7.

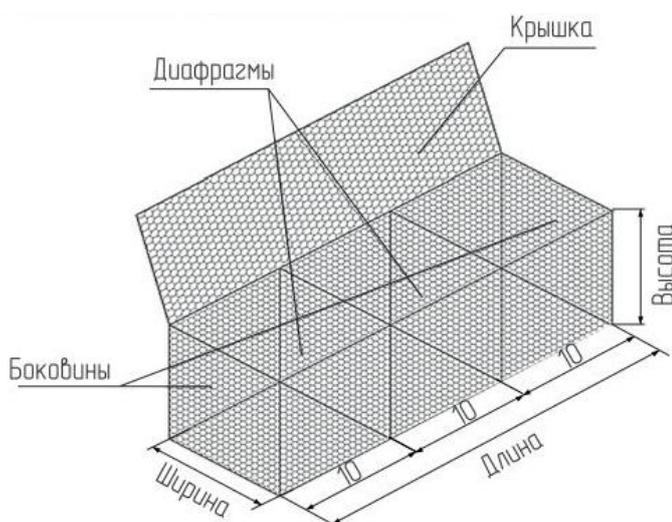


Рисунок 4.7 – Конструктивная схема изделия коробчатой формы (ГИ-К)

Укрепление поверхности (берегов) производится путем установки матрасов «Рено» (габионов матрацно-тюфячного типа). Матрасы защищают периодически затопляемые участки во время сезонного таяния снега, паводка и половодья вследствие разлива реки. Их использование также регламентируется СП 425.1325800.2018 и ТУ 1275-007-89632342-2012. Схема габиона матрацно-тюфячной формы представлена на рисунке 4.8.

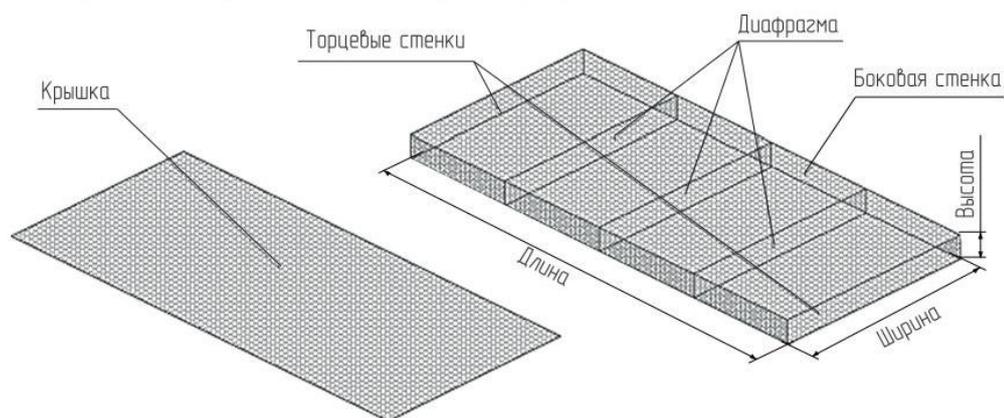


Рисунок 4.8 – Конструктивная схема габионных изделий матрацно-
тютюфячной формы (ГИ-М)

Необходимо отметить, что использование габионных конструкций в данном случае обусловлено рядом преимуществ такой конструкции [32]:

- простота конструкции и монтажа;
- минимальные объемы работ по подготовке основания сооружения;
- отсутствие затрат на устройство дренажных систем;
- отсутствие сезонности при строительстве.

4.3.2.2 Глиняные перемычки

Использование глиняных перемычек регламентируется СТО Газпром 2-2.1-206-2008. На основании СТО, перемычка выкладывается на полное сечение траншеи, для предотвращения стока воды вдоль трубопровода. Формирование глиняной перемычки производится одноковшовым экскаватором с гидроприводом, для послойного уплотнения глины используют трамбовки.

Траншейные перемычки следует устраивать из гидрофобизированного грунта, либо другого водонепроницаемого материала, заглубляя их в стенки и дно

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

траншеи на 0,3-0,5 м для образования "замков", препятствующих течению воды по траншее [27]. На рисунке 4.9 представлена схема устройства глиняной перемычки.

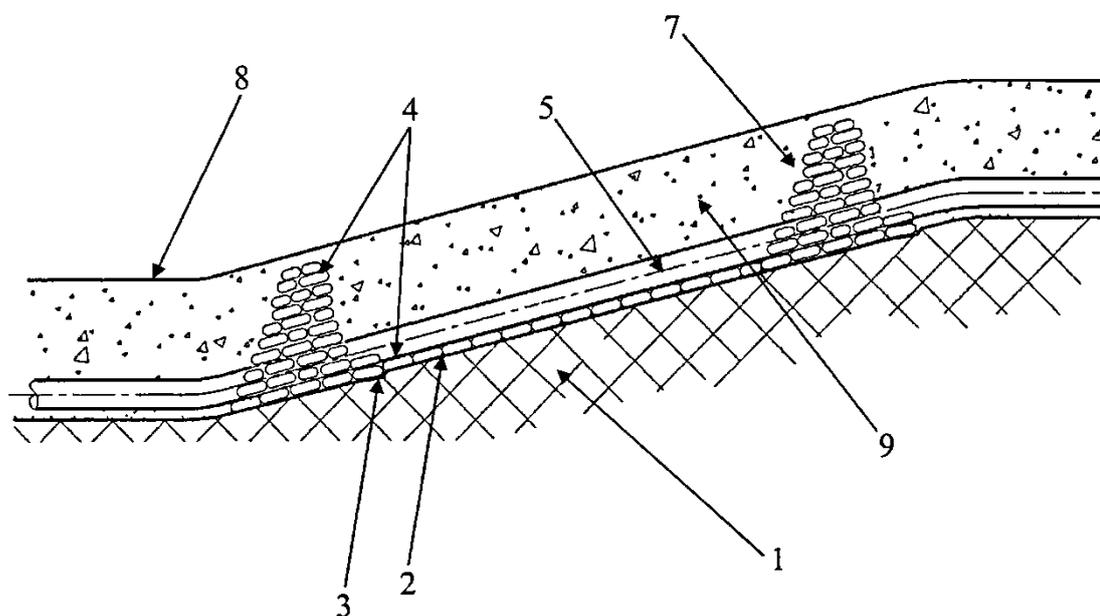


Рисунок 4.9 – Схема устройства глиняной перемычки: 1 – продольный уклон; 2 – дно траншеи; 3 – углубление дна; 4,7 – глиняная перемычка; 5 – трубопровод; 9 – засыпанный минеральный грунт

4.3.3 Каменная наброска

Каменная наброска, в отличие от георешеток, применяется при более низких скоростях течения потока и более низком уровне поднятия воды в периоды паводка, половодья и таяния снега. Каменная наброска защищает от эрозии, вызываемой действием временных и постоянных водотоков (прибрежная зона и берега рек).

Основные требования к проектированию каменных набросок установлены в «Руководстве по проектированию береговых укреплений на внутренних водоемах».

На рисунке 4.10 изображен продольный профиль перехода газопровода через реку Юхта с применением укрепления каменной наброской.

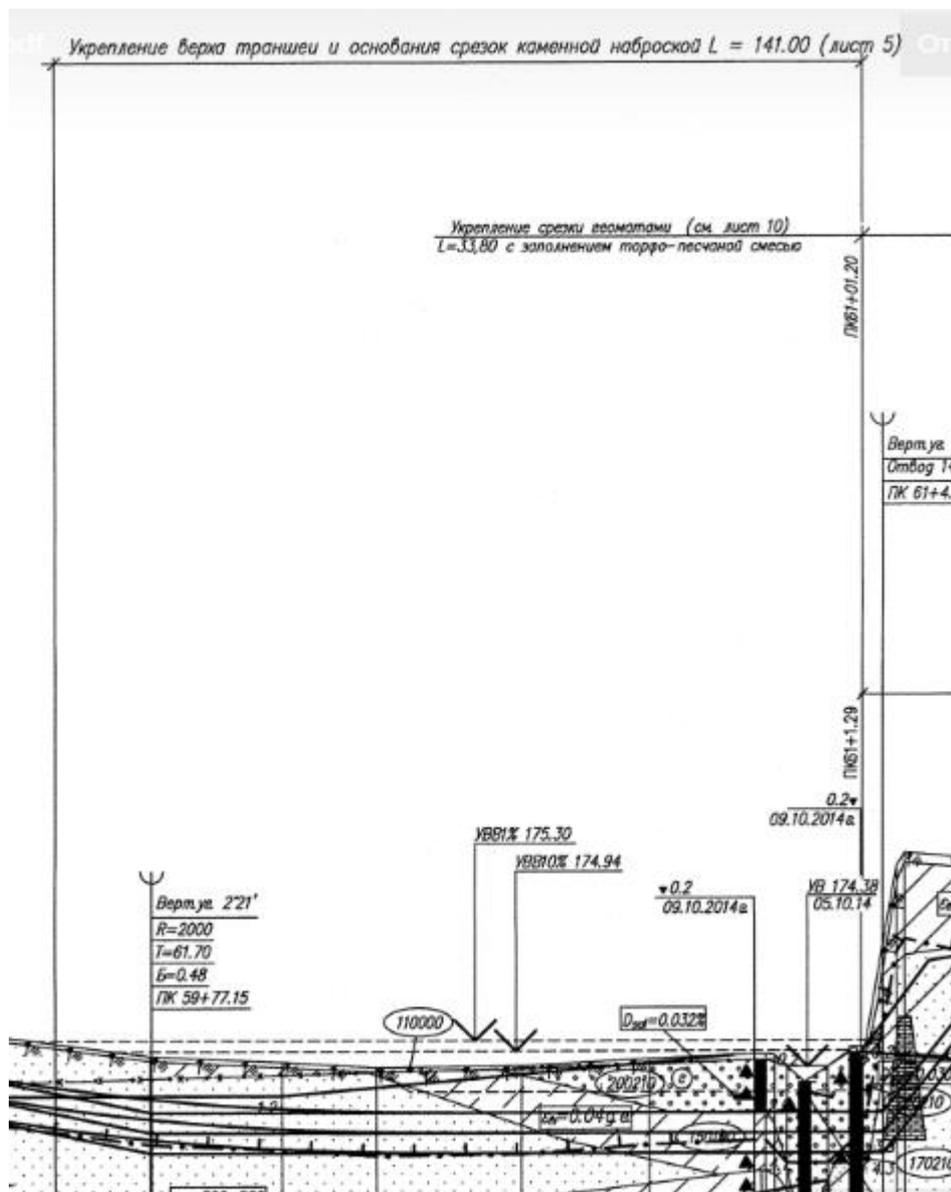


Рисунок 4.10 – Продольный профиль перехода газопровода через р. Юхта

На рисунке 4.11 представлена схема укрепления грунта каменной наброской.

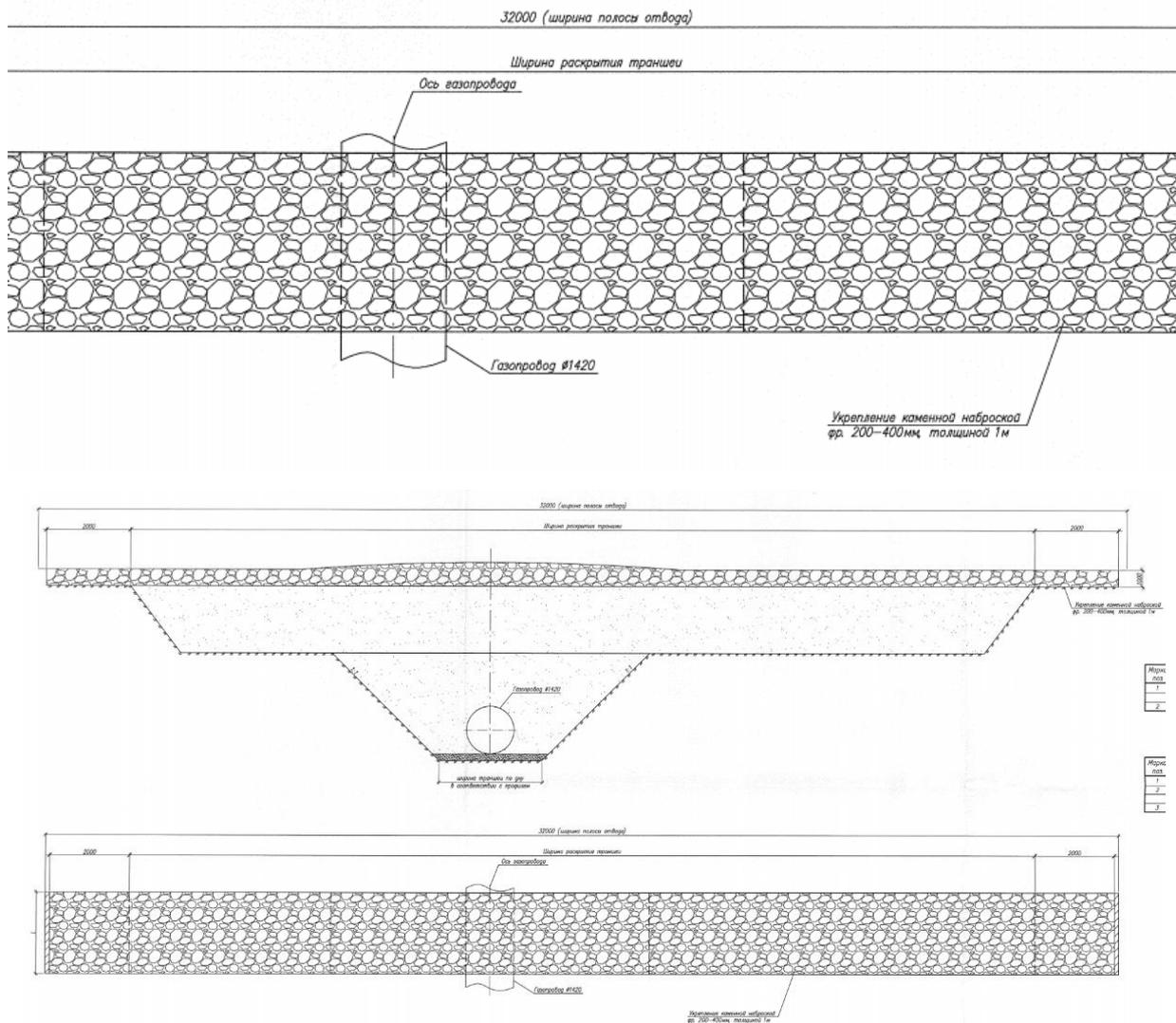


Рисунок 4.11 – Укрепление грунта каменной наброской

4.3.4 Грунтозадерживающие дамбы, геоматы, антиэрозионное покрытие

4.3.4.1 Грунтозадерживающая дамба из полимер-контейнеров типа «КП-Р»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

На рисунке 4.12 изображен продольный профиль газопровода, на котором представлено применение дамб из полимер-контейнеров, трехмерных геоматов и антиэрозионного покрытия для защиты от склоновой эрозии.

В разделе пять настоящей работы представлены расчеты, подтверждающие, что склон подвержен размыву и поэтому необходимы противоэрозионные мероприятия.

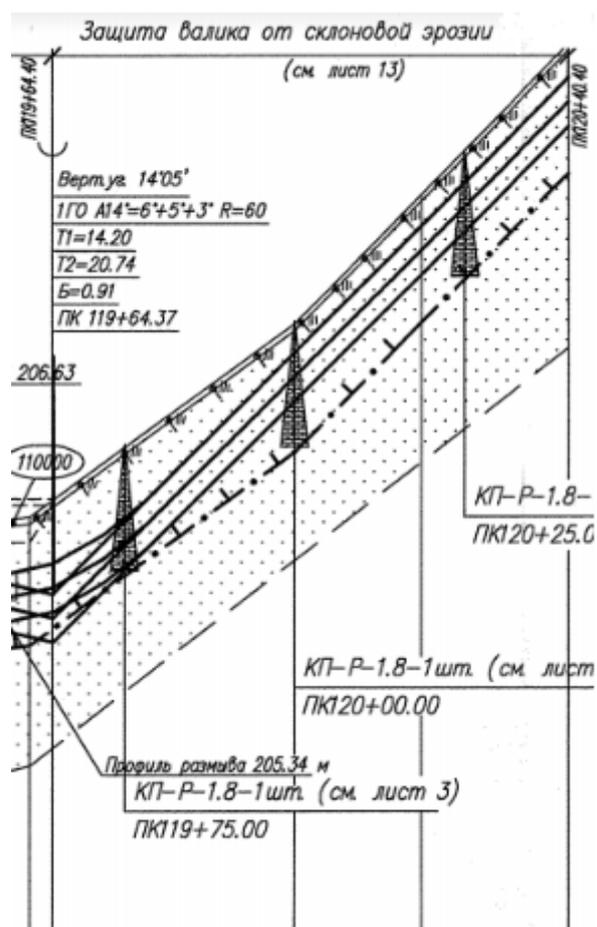


Рисунок 4.12 – Продольный профиль газопровода

На участках с продольным уклоном более 11° , на склонах речных долин, берегах рек и ручьев предусматривается применение грунтозадерживающих

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

подземных дамб из противоэрозионных контейнеров типа КП-Р-1,8 (рисунок 4.13), заполненных привозным или местным грунтом, которые полностью перекрывают поперечное сечение траншеи и тем самым препятствуют выносу нарушенного при строительстве грунта траншеи. Аналогичную функцию выполняют полимерно-контейнерные балластирующие устройства типа ПКБУ-МКС (рисунок 4.15) [1].

Требования к использованию КП-Р представлены в СТО Газпром 2-2.1-206-2008 и ТУ 4834-005-89632342-2009. Конструкция контейнеров противоэрозионных – ромбических типа КП-Р представляет собой ёмкость со вшитой горловиной. Ёмкость снабжена двумя симметрично расположенными грузовыми элементами, вшитыми в боковины емкости, предназначенными для монтажа КП-Р. Контейнеры КП-Р заполняются экскаватором сыпучим минеральным грунтом с размерами фракции не более 50 мм при помощи передвижного бункерного устройства [33].

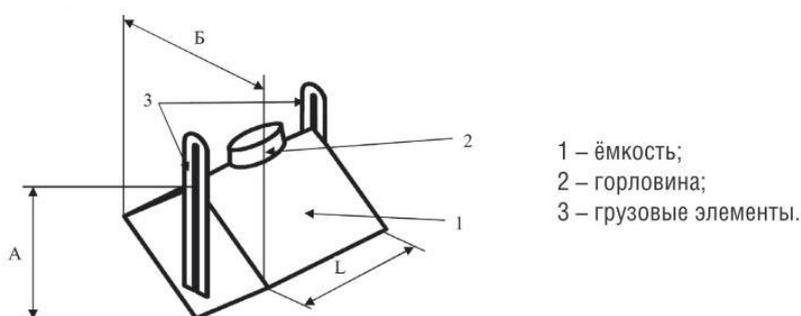


Рисунок 4.13 – Схема контейнеров противоэрозионных ромбических КП-Р

На рисунке 4.14 представлена схема грунтозадерживающей дамбы из КП-Р, используемая на участке «Белогорск – Благовещенск».

Преимуществами данной защитной конструкции являются:

- устойчивое положение за счет ромбической формы;

– применение бункера для засыпки исключает неполное заполнение грунтом.

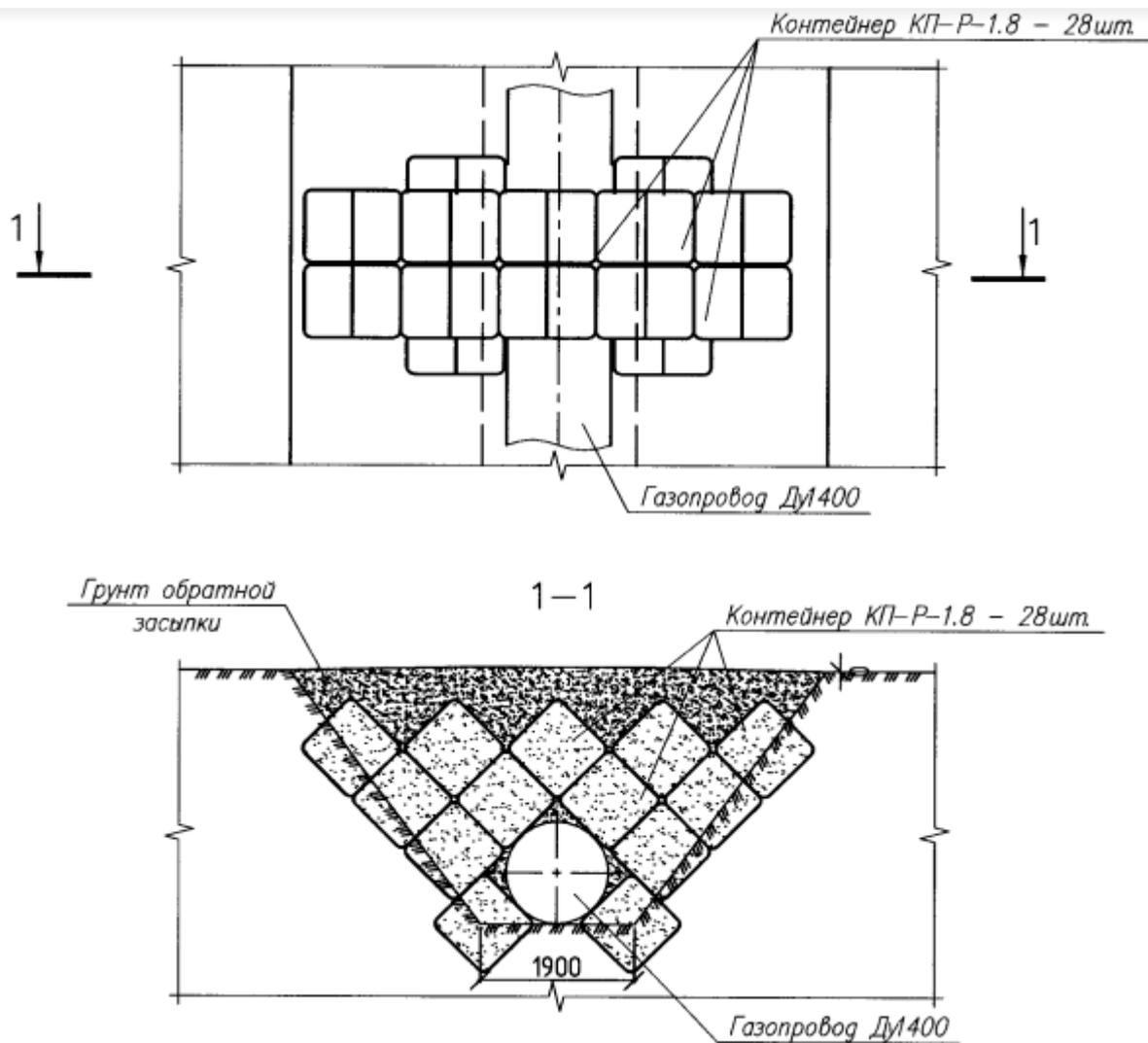


Рисунок 4.14 – Грунтозадерживающая дамба из полимер-контейнеров типа «КП-Р»

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

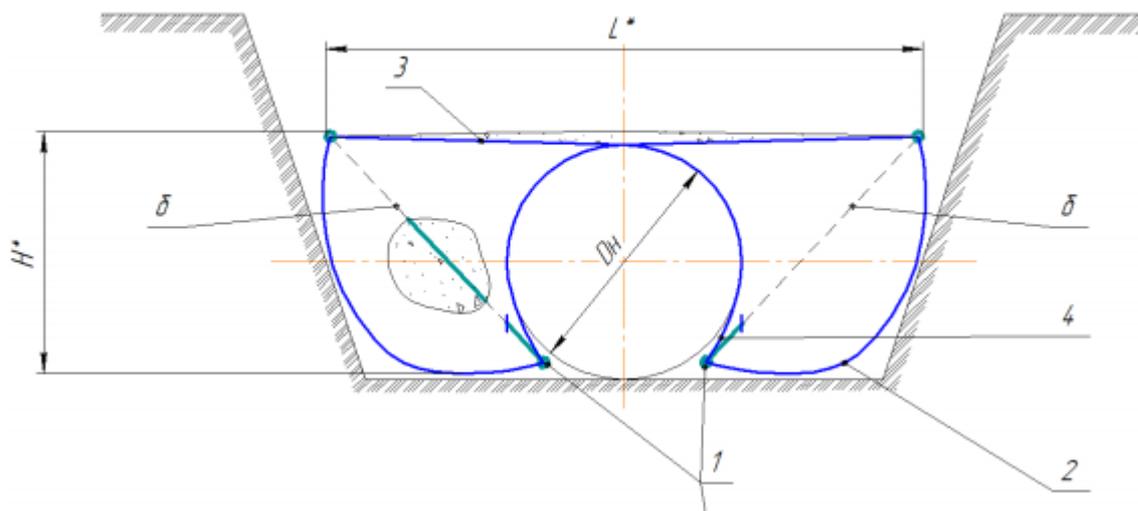


Рисунок 4.15 – Схема конструкции полимерконтейнерные балластирующие устройства – модернизированная конструкция сдвоенная ПКБУ-МКС: 1 – распорные рамки жесткости (а – продольные элементы; б – поперечные элементы); 2 – контейнерная часть; 3 – верхние силовые ленты; 4 – нижние силовые ленты

4.3.4.2 Трехмерные геоматы и антиэрозионное покрытие

Трехмерный геомат – это трехмерный, объемный материал, характеризующийся хаотичной структурой из полимерных волокон, которые соединены между собой термическим способом.

Геосинтетик используют для защиты склонов, оврагов и откосов от эрозии грунта, за счет укрепления корневой системы растений, при высоте склона не более 30° . Не препятствует росту корневой системы растений, поэтому территории, выстеленные этим геоматериалом, быстро зарастают. Защищает от эрозии даже крутые склоны, если правильно его выбрать и соблюдать правила при монтаже [26].

Для дополнительной защиты от эрозии под геомат подстилают антиэрозионное покрытие – материал для рекультивации почвенно-растительного слоя на поверхностях с уклоном – АЭрП «Экотрасса- уклон» изготавливается из двух слоев биоразлагаемой нетканой основы, армирующей синтетической сетки из неразлагаемого материала и слоя семян специальной травосмеси ТС «Экотрасса» (рисунок 4.16, 4.17). Покрытие АЭрП «Экотрасса-уклон» предназначено для укрепления и защиты грунтовых поверхностей, угол уклона которых от горизонтальной поверхности составляет до 30° (грунтовых насыпей и откосов, грунтовых обвалок трубопроводов наземной прокладки, поверхностей грунтов обратной засыпки трубопроводов подземной прокладки, карьеров и т.д.) [34].

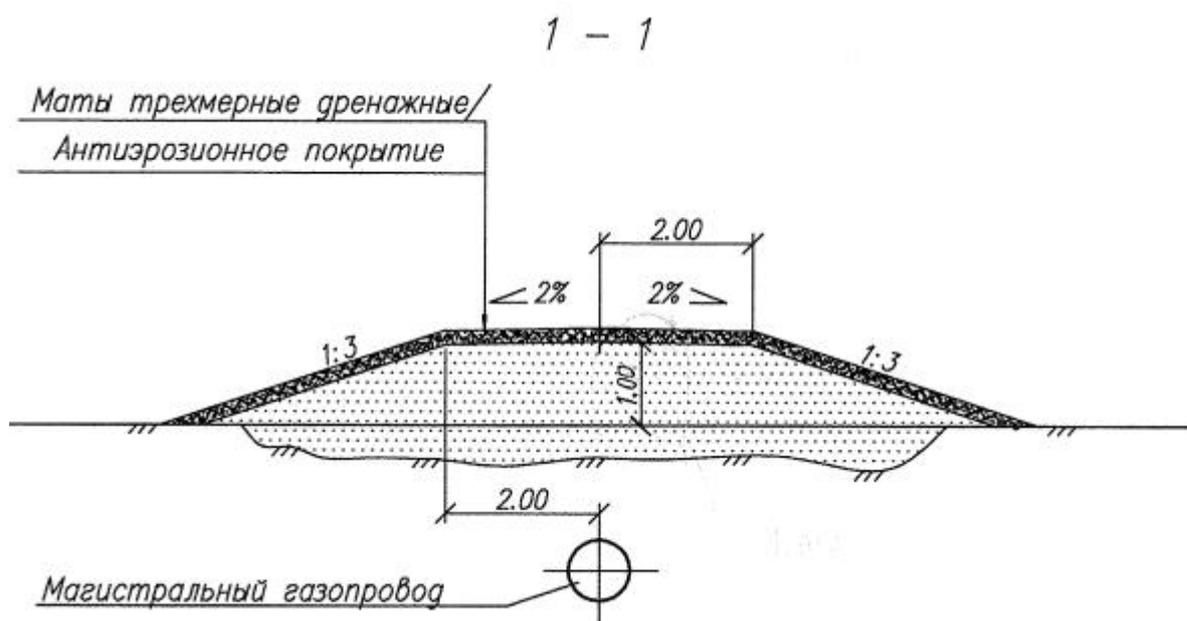
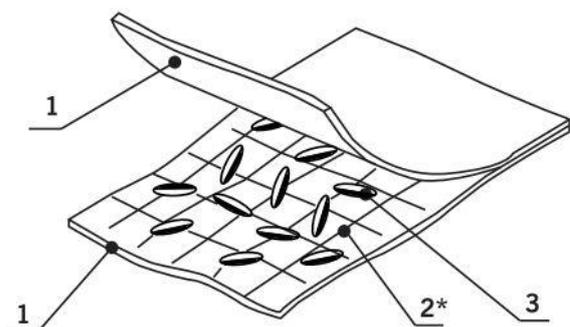


Рисунок 4.16 – Защита валика от склоновой эрозии

Требования к применению геоматов представлены в ТУ 2291-018-00205009-2010 и в СП 425.1325800.2018, к применению антиэрозионного покрытия в ТУ 8397-012-54892207-2011.

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65



Конструкция покрытия АЭрП «Экотрасса-уклон»:

- 1 – нетканое биоразлагаемое полотно;
- 2 – синтетическая сетка;
- 3 – семена специальной травосмеси ТС «Экотрасса».

Рисунок 4.17 – Антиэрозионное покрытие

4.3.5 Устройство водопропуска с применением гибких бетонных матов

На рисунке 4.18 изображена часть продольного профиля газопровода с устройством водопропуска в теле валика с использованием гибких бетонных матов.

Водоотводящие валики следует устраивать из местного грунта с укреплением верхнего откоса (камнем, дерном или укладкой геотекстиля), из гидрофобизированного грунта, либо из мешков с грунтом. Отвод стока следует осуществлять за пределы полосы газопровода в водосбросный лоток, либо на участки поверхностного закрепления грунта (задернением, устройством покрытия из закрепленного грунта, каменной наброски или другого материала).

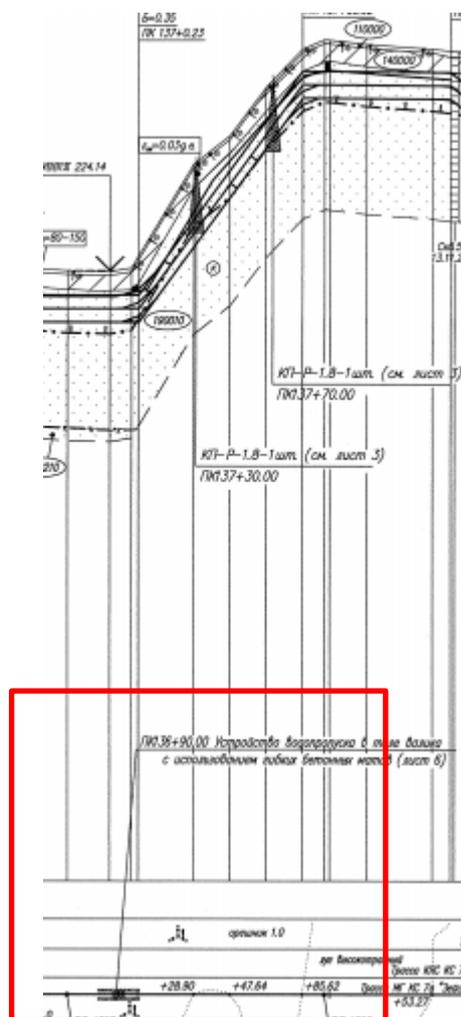


Рисунок 4.18 – Устройство водопропуска с использованием гибких бетонных матов

Устройство установлено в области распространения УВВ вследствие сезонного таяния снега, половодья, паводка, подтопления. Водоотводные каналы открытого типа трапециевидного сечения с использованием универсальных гибких защитных бетонных матов УГЗБМ-202. УГЗБМ укладываются (вдоль или поперек) на дно и откосы канала. УГЗБМ крепятся к грунтовой поверхности посредством анкерки металлическими арматурными стержнями. Секции бетонных матов

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

скрепляются между собой металлическими скобами — креплениями для бетонных матов [26].

Под бетонные маты укладывается геотекстильное полотно с целью предотвращения вымывания частиц грунта из-под бетонных матов. В качестве гасителя в месте выхода канавы на отметку естественной поверхности предусмотрена дополнительная укладка универсальных гибких защитных бетонных матов УГЗБМ-202. В месте выхода на естественную поверхность глубина канавы сводится на нулевой уровень.

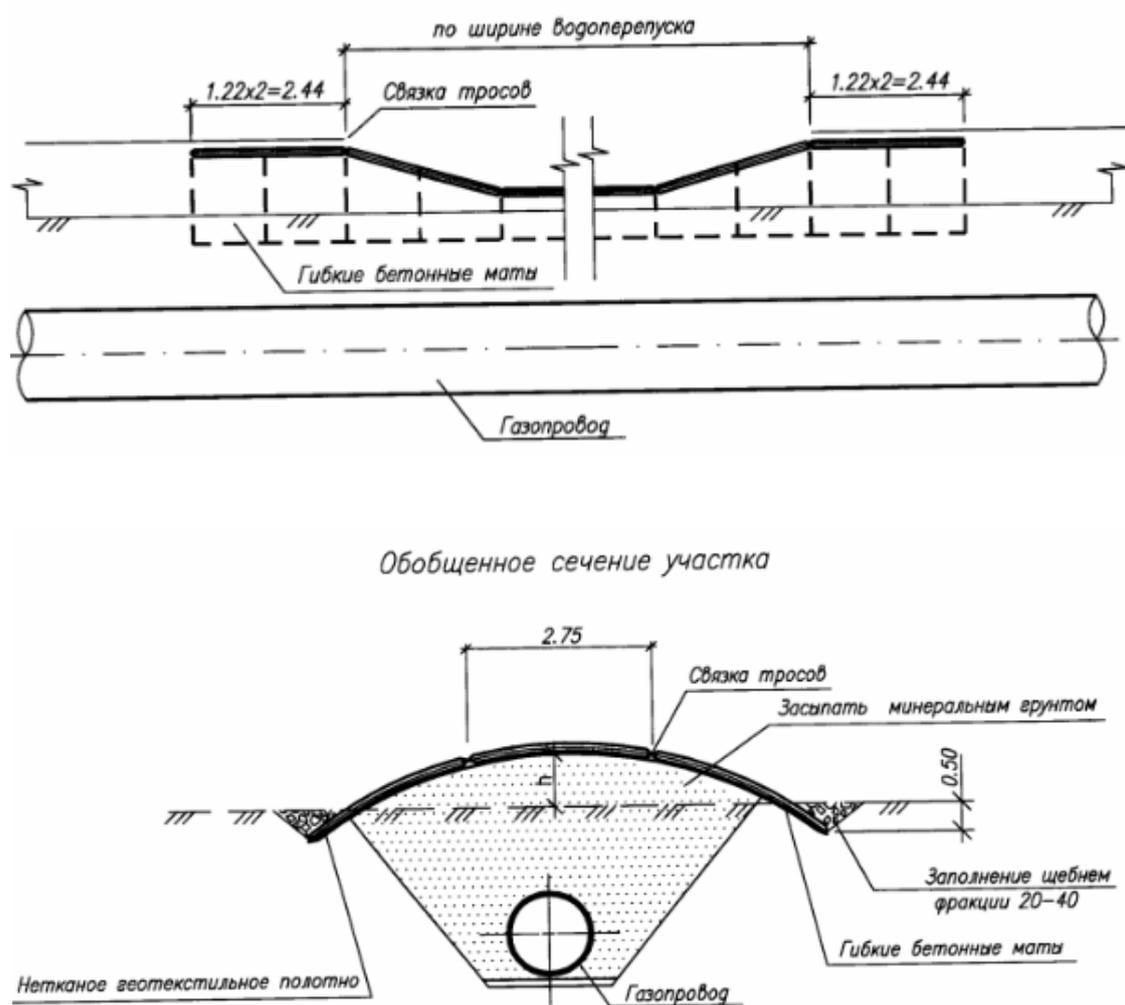


Рисунок 4.19 – Устройство водопропуска с применением гибких бетонных матов

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Применение гибких бетонных матов регламентировано ТУ 5859-001-35842586-2009, ТУ 5859-017-89632342-2014 и СП 425.1325800.2018.

Канавы из УГЗБМ обладают рядом преимуществ [26]:

- возможность создания канав с любым сечением за счет гибкости матов;
- высокие прочностные характеристики самих матов;
- в случае вымывания грунта под ячейками УГЗБМ пустоты под ними компенсируются усадкой матов под их собственным весом.

4.3.6 Устройство водопропуска с использованием георешетки

На рисунке 4.20 представлена часть продольного профиля газопровода, на котором изображено применение устройства водопропуска в теле валика с использованием георешеток.

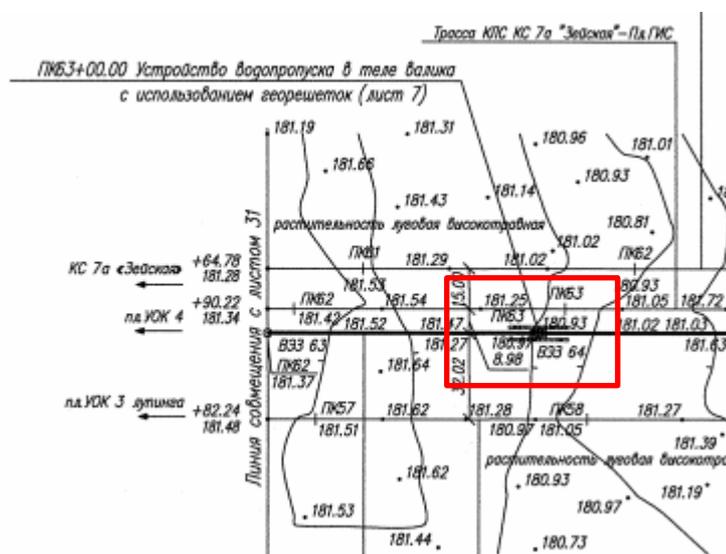


Рисунок 4.20 – Продольный профиль газопровода

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

На данном участке георешетка используется для защиты от меньшего объема поверхностных вод и при более низких скоростях потока на участке газопровода, подверженного эрозии.

Требования к устройству водопропуска с использованием георешетки представлены в СП 425.1325800.2018, в ТУ 2246-024-89632342-2013, ТУ 2246-005-59343184-2012, ТУ 2246-002-56910145-2011, ТУ 2246-004-78179460-2012.

Водоотводные каналы проектируются с применением плоскостных конструкций из сетки типа георешетки, заполненной крупнообломочным материалом. Плоскостные конструкции укладываются на дно выемки на слой нетканого геотекстильного полотна (служит для предотвращения вымывания из-под лотка частиц грунта) и/или геокомпозитного материала с гидроизоляцией (в случае необходимости обеспечения 100%-й гидроизоляции в гидрофильных грунтах). Плоскостные конструкции изготавливаются вручную из сетки двойного кручения, крепление соседних конструкций осуществляется с помощью вязальной проволоки диаметром не менее 3 мм. Конструкции засыпаются крупнообломочным каменным материалом (фракция 70...120 мм, но не более высоты самой конструкции из сетки).

На рисунке 4.21 представлена схема устройства водопропуска с использованием георешеток.

					Разработка мероприятий инженерной защиты на участке газопровода	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

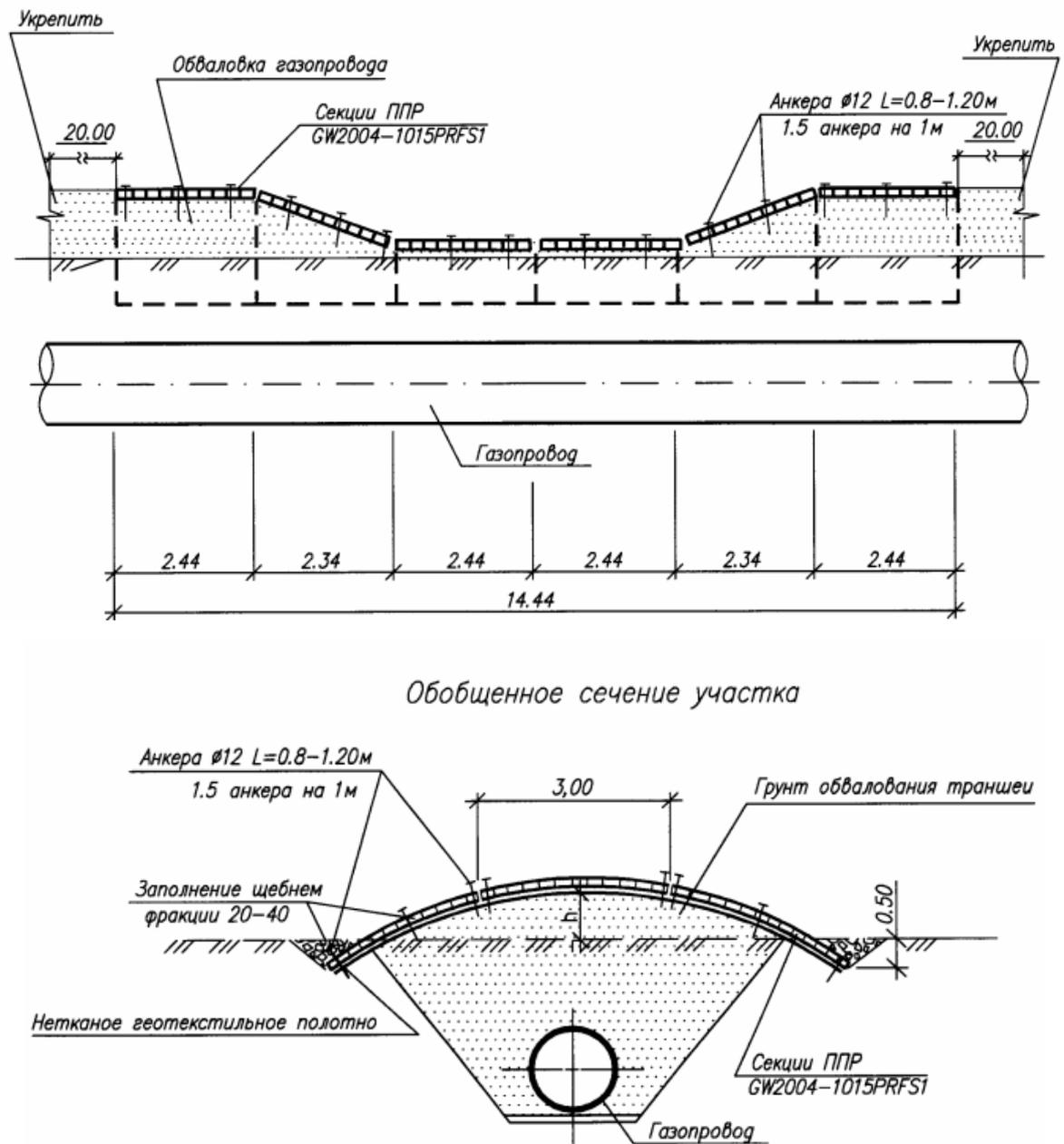


Рисунок 4.21 – Устройство водопропуска с использованием георешеток

Сброс отводимых лотками вод осуществляется на пониженные части естественного рельефа. В местах сброса вод устраиваются гасители, заполненные щебнем фракции от 40 до 70 мм.

5 Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона

Подземные магистральные газопроводы являются протяженными объектами, трассы которых прокладываются в разнообразных топографических, геологических, гидрогеологических и климатических условиях. Наряду с участками с большой несущей способностью трубопроводы пересекают участки с грунтами малой несущей способности, болотистые участки, участки многолетнемерзлых грунтов и др., а также значительное число естественных и искусственных препятствий (реки, озера, сейсмические разломы, склоны, овраги, железные и шоссейные дороги). Особую опасность для магистральных трубопроводов представляют участки с просадками грунта [9].

В связи с вышесказанным, в данном разделе будет проводиться расчет толщины стенки фрагмента рассматриваемого участка МГ (рисунок 1) и его проверка на прочность и устойчивость. Исходные данные для расчета представлены в таблице 5.1. Все расчеты приведены на основании СП 36.13330.2012 [35].

Таблица 5.1 – Исходные данные

Параметры	Значение
$d_{\text{ТНар}}$ - диаметр газопровода наружный, мм	1420
Марка стали	К65
t^0 - температура при сварке замыкающего стыка	-28
t^0 -температура эксплуатации трубопровода	17
ρ - средняя плотность, кг/м ³	0,8

					<i>Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Плужнова А.Ю.			Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.				72	132	
<i>Консульт.</i>						ТПУ, гр.2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

P_1 – рабочее давление , кгс/см ²	99,93 (9,8 МПа)
Тип грунта	Супеси
$\rho_{и}$ - радиус упругого изгиба трубопровода, м	2200

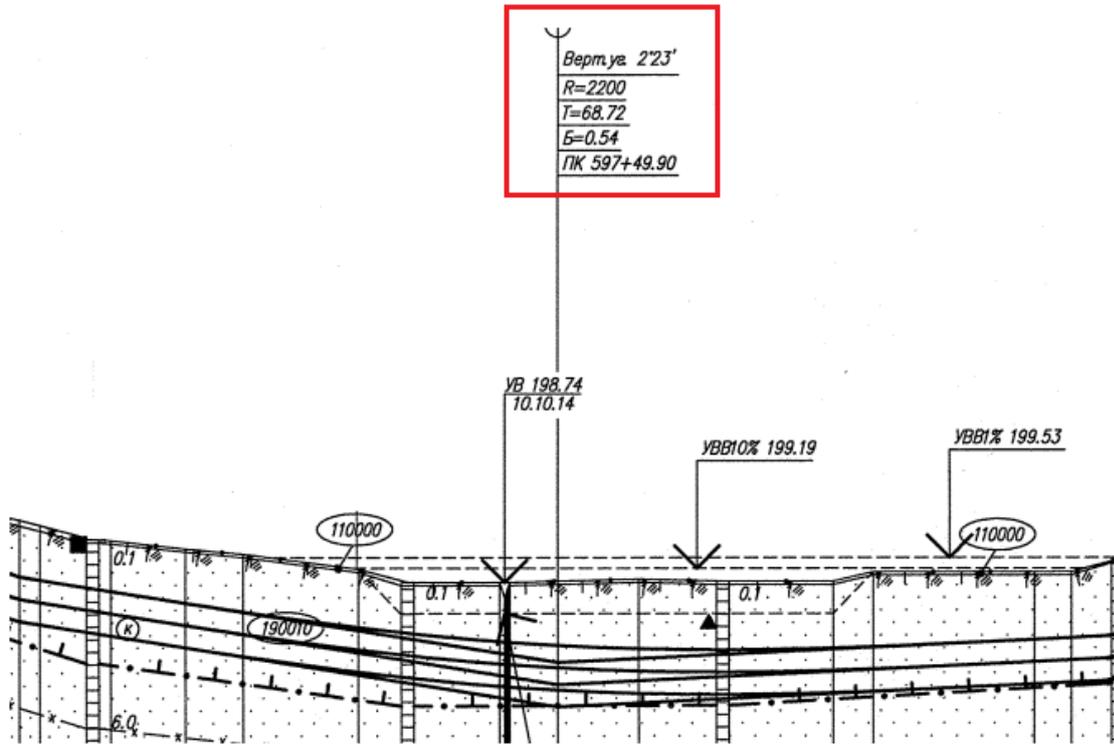


Рисунок 1 – Профиль участка газопровода

5.1 Определение толщины стенки газопровода

Расчетную толщину стенки трубопровода δ , мм, следует определять по формуле:

$$\delta_{н} = \frac{n \cdot P \cdot D_{н}}{2(R_1 + n \cdot P)} = \frac{1,1 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \cdot 1,420}{2 \cdot (547,83 \cdot 10^6 + 1,1 \cdot 9,8 \cdot 10^6)} = 0,0137\text{м}, \quad (1)$$

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

где n , коэффициент надежности по нагрузке - внутреннему рабочему давлению в трубопроводе, примем $n = 1,1$

P , МПа – рабочее давление в трубопроводе, примем за давление P_1 ,
9,8 МПа

D_H , мм – наружный диаметр трубы;

R_1 – расчетное сопротивление растяжению, определяется по формуле:

$$R_1 = \frac{R_1^H \cdot m_0}{k_1 \cdot k_H} = \frac{980 \cdot 10^6 \cdot 0,99}{1,4 \cdot 1,265} = 547,83 \text{ МПа}, \quad (2)$$

где m_0 - коэффициент условий работы трубопровода, примем $m_0 = 0,990$ (III категория трубопровода);

k_1 - коэффициент надежности по материалу, примем $k_1 = 1,40$;

k_H - коэффициент надежности по назначению трубопровода, для трубопроводов номинальным диаметром 1400 мм примем $k_H = 1,265$;

R_1^H - нормативное сопротивление растяжению металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению временного сопротивления $\sigma_{вр} = R_1^H$, МПа, примем $\sigma_{вр} = 980$ МПа для стали марки 65 [3];

Полученное расчетное значение толщины стенки трубы округляется до ближайшего большего значения δ_H , предусмотренного государственными стандартами и техническими условиями. При расчете толщины стенки трубы запас на коррозию не предусматривается.

При наличии продольных осевых сжимающих напряжений толщину стенки следует определять из условия:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2(R_1 \cdot \psi_1 + n \cdot P)} = \frac{1,1 \cdot 9,8 \cdot 1,42}{2 \cdot (547,83 \cdot 0,47 + 1,1 \cdot 9,8)} = 0,0285 \text{ м} = 28,5 \text{ мм}, \quad (3)$$

где ψ_1 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние труб, определяемый по формуле:

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{|\sigma_{\text{прN}}|}{R_1}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{|\sigma_{\text{прN}}|}{R_1}$$

$$= \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{|-370,36|}{547,83}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{|-370,36|}{547,83} = 0,47, \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{прN}}$ - продольное осевое сжимающее напряжение, МПа, определяемое от расчетных нагрузок и воздействий с учетом упругопластической работы металла труб, определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{прN}} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_{\text{вн}}}{2\delta_{\text{н}}}$$

$$= -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 155,13 + 0,3 \cdot \frac{1,1 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \cdot 1,392}{2 \cdot 0,014}$$

$$= -370,36 \text{ МПа}, \quad (5)$$

где $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ град - коэффициент линейного расширения металла трубы;
 $E = 2,06 \cdot 10^{11}$ МПа - переменный параметр упругости (модуль Юнга);
 $\mu = 0,26-0,33$ - переменный коэффициент поперечной деформации стали (коэффициент Пуассона), при расчётах можно принять 0,3;

$D_{\text{н}}$, мм - диаметр трубы.

Δt - расчетный температурный перепад.

Абсолютное значение максимального положительного или отрицательного температурного перепада определяют по формулам:

$$\Delta t_{(+)} = \frac{\mu \cdot R_1}{\alpha \cdot E} = \frac{0,3 \cdot 547,83}{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5} = 66,48 \text{ град}, \quad (6)$$

$$\Delta t_{(-)} = \frac{(1 - \mu) \cdot R_1}{\alpha \cdot E} = \frac{(1 - 0,3) \cdot 547,83}{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5} = 155,13 \text{ град}. \quad (7)$$

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

К дальнейшему расчету принимаем больший перепад температуры.

Находим величину продольных осевых сжимающих напряжений:

Если $\sigma_{npN} = (-) \text{ МПа}$ – отрицательное значение, это означает, что присутствуют сжимающие напряжения. Тогда рассчитывают коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние труб ψ_1 .

При наличии продольных напряжений расчетную толщину стенки пересчитывают.

Поскольку полученное расчетное значение толщины стенки трубы округляется до ближайшего большего значения δ_n , предусмотренного государственными стандартами и техническими условиями, исходя из приведенных расчетов и наличия продольных осевых сжимающих напряжений, толщина стенки газопровода $\delta_n = 29 \text{ мм}$ [37].

5.2 Проверка на прочность подземного газопровода в продольном направлении

Проверку на прочность следует производить из условия:

$$\begin{aligned} |\sigma_{npN}| &\leq \psi_2 \cdot R_1; & (8) \\ |-370,36| &< 174,89, \end{aligned}$$

где σ_{npN} - продольное осевое напряжение, МПа, определяемое от расчетных нагрузок и воздействий:

$$\sigma_{npN} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_{BH}}{\delta_n} = -370,36 \text{ МПа}, \quad (9)$$

где ψ_2 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, при растягивающих осевых продольных напряжениях ($\sigma_{npN} > 0$)

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

принимаемый равным единице, при сжимающих ($\sigma_{прN} < 0$) определяемый по формуле:

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_{кц}}{R_1}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_{кц}}{R_1} = 0,676, \quad (10)$$

где $\sigma_{кц}$ - кольцевые напряжения от расчетного внутреннего давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{кц} = \frac{n \cdot P \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta_n} = \frac{1,1 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \cdot 1,362}{2 \cdot 0,029} = 258,72 \text{ МПа}, \quad (11)$$

Вычисляем комплекс $\psi_2 \cdot R_1 = 174,89$.

Проверить условие прочности трубопровода в продольном направлении выполняется или нет. Если условие прочности не выполняется, то необходимо увеличить толщину стенки трубопровода либо поменять марку стали.

Таким образом, из верного неравенства можно сделать вывод, что условие выполняется, то есть проверка на прочность пройдена.

5.2.1 Проверка на предотвращение недопустимых пластических деформаций

Для предотвращения недопустимых пластических деформаций подземных трубопроводов проверку необходимо производить по условиям:

$$|\sigma_{пр}^H| \leq \psi_3 \cdot \frac{m_0}{0,9 \cdot k_H} \cdot R_2^H; \quad (12)$$

$$|-379| \leq 532,4;$$

$$\sigma_{кц}^H \leq \frac{m_0}{0,9 \cdot k_H} \cdot R_2^H; \quad (13)$$

$$235,2 \leq 532,4,$$

где $\sigma_{пр}^H$ - максимальные суммарные продольные напряжения в трубопроводе от нормативных нагрузок и воздействий, МПа;

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

ψ_3 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, при растягивающих продольных напряжениях ($\sigma_{пр}^H > 0$) принимаемый равным единице, при сжимающих ($\sigma_{пр}^H < 0$) определяемый по формуле:

$$\psi_3 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_{кц}}{\frac{m_0}{0,9 \cdot k_H} \cdot R_2^H} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_{кц}}{\frac{m_0}{0,9 \cdot k_H} \cdot R_2^H}; \quad (14)$$

$$\frac{m_0}{0,9 \cdot k_H} \cdot R_2^H = \frac{0,99}{0,9 \cdot 1,265} \cdot 785 = 682,61 \text{ МПа}, \quad (15)$$

$$\psi_3 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{235,2}{682,61} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{235,2}{682,61} = 0,78,$$

где, R_2^H - нормативное сопротивление сжатию металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению предела текучести $\sigma_{тек} = R_2^H$, МПа, примем $\sigma_{тек} = 785$ МПа [3].

$\sigma_{кц}^H$ - кольцевые напряжения от нормативного (рабочего) давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{кц}^H = \frac{P \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta_H} = \frac{9,8 \cdot 10^6 \cdot 1,362}{2 \cdot 0,029} = 235,2 \text{ МПа}. \quad (16)$$

Максимальные суммарные продольные напряжения $\sigma_{пр}^H$ определяются от всех (с учетом их сочетания) нормативных нагрузок и воздействий с учетом поперечных и продольных перемещений трубопровода в соответствии с правилами строительной механики. В частности, для прямолинейных и упруго-изогнутых участков трубопровода при отсутствии продольных и поперечных перемещений трубопровода, просадок и пучения грунта максимальные суммарные продольные перемещения от нормативных нагрузок и воздействий - внутреннего давления, температурного перепада и упругого изгиба определяются по формуле:

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист 78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}} = \mu \cdot \sigma_{\text{кц}}^{\text{H}} - \alpha \cdot E \cdot \Delta t \pm \frac{E \cdot D_{\text{H}}}{2 \cdot R_{\text{и}}}; \quad (17)$$

где $R_{\text{и}}$, м - минимальный радиус упругого изгиба оси трубопровода.

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{пр1}}^{\text{H}} &= \mu \cdot \sigma_{\text{кц}}^{\text{H}} - \alpha \cdot E \cdot \Delta t + \frac{E \cdot D_{\text{H}}}{2 \cdot R_{\text{и}}} \\ &= 0,3 \cdot 235,2 \cdot 10^6 - 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 155,13 + \frac{2,06 \cdot 10^{11} \cdot 1,42}{2 \cdot 2200} \\ &= -246 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{пр2}}^{\text{H}} &= \mu \cdot \sigma_{\text{кц}}^{\text{H}} - \alpha \cdot E \cdot \Delta t - \frac{E \cdot D_{\text{H}}}{2 \cdot R_{\text{и}}} \\ &= 0,3 \cdot 235,2 \cdot 10^6 - 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 155,13 - \frac{2,06 \cdot 10^{11} \cdot 1,42}{2 \cdot 2200} \\ &= -379 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (19)$$

Проверку выполняем по наибольшим по абсолютному значению продольным напряжениям $\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}}$, МПа.

Если условия не выполняются, то для выполнения условий увеличиваем толщину стенки трубы ближайшую по сортаменту или увеличиваем радиус упругого изгиба трубопровода, также можно выбрать марку стали с лучшими механическими характеристиками.

Из полученных верных неравенств, следует, что условие для предотвращения пластических деформаций выполняется.

5.2.2 Проверка общей устойчивости трубопровода в продольном направлении

Проверку общей устойчивости трубопровода в продольном направлении в плоскости наименьшей жесткости системы следует производить из условия:

$$S \leq m_0 \cdot N_{\text{кр}}; \quad (20)$$

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

$$55 \leq 100,7$$

Условие общей устойчивости трубопровода выполняется.

где S — эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода;

$N_{кр}$ — продольное критическое усилие, Н или МН, при котором наступает потеря продольной устойчивости трубопровода.

Эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода S следует определять от расчетных нагрузок и воздействий с учетом продольных и поперечных перемещений трубопровода в соответствии с правилами строительной механики. В частности, для прямолинейных участков трубопровода и участков, выполненных упругим изгибом, при отсутствии компенсации продольных перемещений, просадок и пучения грунта S определяется по формуле:

$$\begin{aligned} S &= [(0,5 - \mu) \cdot \sigma_{кц} + \alpha \cdot E \cdot \Delta T] \cdot F \\ &= [(0,5 - 0,3) \cdot 258,72 \cdot 10^6 + 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 155,13] \cdot 0,127 \\ &= 55 \text{ МН.} \end{aligned} \quad (21)$$

F - площадь поперечного сечения трубы:

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D_H^2 - D_{вн}^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (1,42^2 - 1,362^2) = 0,127 \text{ м}^2. \quad (22)$$

Проверим общую устойчивость криволинейных участков трубопровода, выполненных с упругим изгибом:

$$\begin{aligned} N_{кр}^{(3)} &= \beta_N \cdot \sqrt[3]{q_{верт}^2 \cdot E \cdot J} = 34 \cdot \sqrt[3]{65197^2 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 30,6 \cdot 10^{-3}} \\ &= 101,7 \cdot 10^6 \text{ Н,} \end{aligned} \quad (23)$$

где J - осевой момент инерции металла трубы, определяется по формуле:

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (1,42^4 - 1,362^4) = 30,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4; \quad (24)$$

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

$q_{\text{верт}}$ - сопротивление вертикальным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, обусловленное весом грунтовой засыпки и собственным весом трубопровода, отнесенное к единице длины, Н/м:

$$q_{\text{верт}} = n_{\text{гр}} \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot D_{\text{н}} \cdot \left(h_0 + \frac{D_{\text{н}}}{2} - \frac{\pi \cdot D_{\text{н}}}{8} \right) + q_{\text{тр}} \quad (25)$$

$$= 1,15 \cdot 19700 \cdot 1,42 \cdot \left(1,5 + \frac{1,42}{2} - \frac{\pi \cdot 1,42}{8} \right) + 12031,45 = 65197 \text{ Н,}$$

где $\gamma_{\text{гр}}$, кН/м³ - удельный вес грунта, для супесей равен 19,7 кН/м³;

h_0 , м - высота слоя засыпки от верхней образующей трубопровода до поверхности грунта или глубина заложения трубопровода, примем $h_0 = 1,5$ м.

$q_{\text{тр}}$ — расчетная нагрузка от собственного веса заизолированного трубопровода с перекачиваемым продуктом:

$$q_{\text{тр}} = q_{\text{м}} + q_{\text{и}} + q_{\text{пр}} = 10937,5 + 1093,75 + 0,2 = 12031,45 \text{ Н/м}$$

Нагрузка от собственного веса металла трубы, Н/м:

$$q_{\text{м}} = n \cdot \gamma_{\text{м}} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2) = 1,1 \cdot 78500 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (1,42^2 - 1,362^2) = 10937,5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}, \quad (26)$$

где $n_{\text{св}} = 1,1$ - коэффициент надежности по нагрузкам при расчете на продольную устойчивость и устойчивость положения;

$\gamma_{\text{м}}$ - удельный вес металла, из которого изготовлены трубы, для стали $\gamma_{\text{м}} = 78500$ Н/м³

Нагрузка от собственного веса изоляции для подземных трубопроводов, для ориентировочных расчетов нагрузку от веса изоляции можно принять равной 10% от собственного веса металла:

$$q_{\text{и}} = 0,1 \cdot q_{\text{м}}, \quad (26)$$

$$q_{\text{и}} = 0,1 \cdot q_{\text{м}} = 0,1 \cdot 10937,5 = 1093,75 \text{ Н/м}$$

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Нагрузку от веса газа, находящегося в трубе единичной длины, допускается принимать:

$$q_{\text{пр}} = 10^{-2} \cdot p_a \cdot D_{\text{вн}}^2 = 10^{-2} \cdot 9,8 \cdot 1,362^2 = 0,2 \frac{\text{Н}}{\text{м}}, \quad (27)$$

где p_a – абсолютное давление газа в газопроводе, МПа.

По номограмме определяем коэффициент – β_N , рисунок 1.

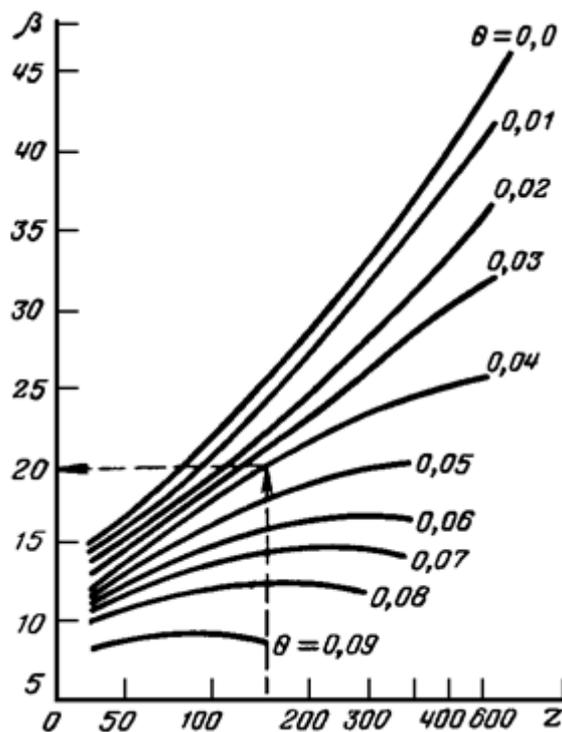


Рисунок 1 – Номограмма для определения коэффициента β_N при проверке устойчивости криволинейного трубопровода

Для этого вычисляем параметры:

$$\theta_{\beta} = \frac{1}{R_{\beta} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{верт}}}{E \cdot J}}} = \frac{1}{2200 \cdot \sqrt[3]{\frac{65197}{2,06 \cdot 10^{11} \cdot 30,6 \cdot 10^{-3}}} = 0,02, \quad (28)$$

$$Z_{\beta} = \frac{\sqrt{\frac{P_0 \cdot F}{q_{\text{верт}} \cdot J}}}{\sqrt[3]{\frac{q_{\text{верт}}}{E \cdot J}}} = \frac{\sqrt{\frac{120447 \cdot 0,127}{65197 \cdot 30,6 \cdot 10^{-3}}}}{\sqrt[3]{\frac{65197}{2,06 \cdot 10^{11} \cdot 30,6 \cdot 10^{-3}}}} = 270, \quad (29)$$

где R_{β} - радиус упругого изгиба трубопровода, соответствующий рельефу дна траншеи.

P_0 – сопротивление грунта продольным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, определяется по формуле:

$$P_0 = \pi \cdot D_H \cdot (C_{\text{гр}} + P_{\text{гр}} \cdot \text{tg}\phi_{\text{гр}}) = 3,14 \cdot 1,42 \cdot (12000 + 42895 \cdot 0,35) = 120447 \text{ Па}, \quad (30)$$

где $C_{\text{гр}}$, 12 кПа - коэффициент сцепления грунта;

$P_{\text{гр}}$ - среднее удельное давление на единицу поверхности контакта трубопровода с грунтом;

$\phi_{\text{гр}}$, 22- угол внутреннего трения грунта, $\text{tg}\phi_{\text{гр}} = 0,35$ для супесей.

Среднее удельное давление на единицу поверхности контакта трубопровода с грунтом вычисляется по формуле:

$$P_{\text{гр}} = \frac{2 \cdot n_{\text{гр}} \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot D_H \left[\left(h_0 + \frac{D_H}{8} \right) + \left(h_0 + \frac{D_H}{2} \right) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_{\text{гр}}}{2} \right) \right] + q_{\text{гр}}}{\pi \cdot D_H} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 19700 \cdot 1,42 \cdot \left[\left(1,5 + \frac{1,42}{8} \right) + \left(1,5 + \frac{1,42}{2} \right) \cdot 0,67^2 \right] + 12031,45}{\pi \cdot 1,42}$$

$$= 42895 \text{ Па}, \quad (31)$$

где $n_{\text{гр}}=1,2$ - коэффициент надежности по нагрузке от веса грунта;

$\gamma_{гр}$, кН/м³ -удельный вес грунта, для супесей 19,7.

Из номограммы $\beta_N = 34$.

5.3 Прогнозный расчет размыва грунта засыпки на склоне

В соответствии с СП 425.1325800.2018 [30] допускается выполнение противоэрозионных мероприятий и сооружений на участке грунта при выполнении условия:

$$V > V_{доп}, \quad (32)$$

где $V = V_{\Delta x}$ – фактическая донная скорость потока;

$V_{доп} = V_{\Delta H}$ – донная допускаемая неразмывающая скорость.

В случае если $V < V_{доп}$, размыва рассматриваемого участка склона не происходит.

Последующие расчеты приведены с использованием РД 51-2.4-007-97 [27] как справочного материала.

При отсутствии достаточных данных для расчета донной допускаемой неразмывающей скорости допускается принимать ее значения по таблице [27].

Для супесей донная допускаемая неразмывающая скорость равна $V_{\Delta H} = 0,3$ м/с.

Фактическая донная скорость потока в точке, отстоящей от водораздела (верха склона) на X м определяется по формуле:

$$V_{\Delta x} = 22,2 \cdot (J - J_0)^{0,3} \cdot x^{0,3} \cdot i^{0,35} \cdot n_0^{0,3} \cdot m_I^{0,7}, \quad (33)$$

где J – интенсивность осадков, м/с. Максимальная интенсивность дождя продолжительностью T (с), повторяющегося в среднем 1 раз в N лет, определяется по данным работы (0,5 мм/мин);

J_0 – интенсивность впитывания влаги в грунт, определяется по графику (рисунок 3) в зависимости от интенсивности осадков и класса грунта по водопроницаемости, м/с.

i – уклон склона;

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

n_0 – коэффициент шероховатости русла потока, для грунта засыпки без растительности $n_0=0,025$, при наличии однолетнего травяного покрова - 0,04;

m_I – коэффициент, учитывающий отклонение характера движения склонового стока от движения ровного слоя воды, для склона, изрезанного промоинами, $m_I = 1,5$, для выровненного склона - 1.

Для рисунка 2, фактическая донная скорость потока:

$$V_{\Delta x1} = 22,2 \cdot \left(\frac{0,2}{1000 \cdot 60} \right)^{0,3} \cdot 12,17^{0,3} \cdot 0,4^{0,35} \cdot 0,04^{0,3} \cdot 1 = 0,313 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

где $i = 0,4$,

$m_I = 1$,

$n_0 = 0,04$,

$x = 12,17$ м.

Для рисунка 12 фактическая донная скорость потока:

$$V_{\Delta x2} = 22,2 \cdot \left(\frac{0,2}{1000 \cdot 60} \right)^{0,3} \cdot 60,9^{0,3} \cdot 0,175^{0,35} \cdot 0,04^{0,3} \cdot 1 = 0,358 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

где $i = 0,175$,

$m_I = 1$,

$n_0 = 0,04$,

$x = 12,33$ м.

Таким образом, $V_{\Delta x1} > V_{\text{доп}}$, так как $0,313 > 0,3$. Значит, размыв склона на рисунке 2 происходит и необходимо применение противоэрозионных мероприятий.

$V_{\Delta x2} > V_{\text{доп}}$, так как $0,358 > 0,3$. Следовательно, необходимо применение мероприятий по защите от эрозии.

					Расчет участка МГ на прочность и устойчивость, прогнозный расчет размыва склона	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

6 Социальная ответственность

Объектом исследования является участок магистрального газопровода «Сила Сибири» – «Белогорск – Благовещенск», который расположен на территории Свободненского и Благовещенского районов Амурской области.

Важнейшей задачей является соблюдение правил и требований производственной и экологической безопасности.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Государство предусмотрело, что люди, работающие на вредных производствах, обеспечиваются льготами и компенсациями. Какие сферы деятельности и специальности связаны с вредными условиями труда, указывается в Постановлении Правительства [1].

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливаются на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия.

Законодательно предусмотрено, что люди, работающие в опасных условиях, могут получать такие гарантии и компенсации:

- уменьшение количества рабочих часов (36 часов в неделю и меньше),
- оплачиваемый отпуск, являющийся дополнительным и предоставляемым каждый год (не меньше 7 календарных дней),
- происходит рост оплаты труда (не меньше 4% от оклада),
- льготы для пенсионного обеспечения, – бесплатное лечение и оздоровление,
- выдача расходных материалов – спецодежды, обеззараживающих средств.

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Плужнова А.Ю.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					86	132
Консульт.						ТПУ, ар.2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

Все компенсации выплачиваются из страховых взносов работодателей по тарифам, установленными страховыми организациями. В ряде регионов установлен специальный тариф за неблагоприятные природные условия [3].

Компенсация дополнительного отпуска за вредные условия труда для работника предусмотрена только за те дни, которые дает работодатель сверх минимального значения (более 7). Кроме компенсаций, существует такое понятие как доплата за вредные условия труда, которая также может устанавливаться работодателем. Судебная практика указывает, что к такому роду доплат относится и так называемая компенсация морального ущерба сотрудникам, работающим в опасных условиях [3].

Персонал допускается к работе только в спецодежде и в средствах индивидуальной защиты, после инструктажа. Производственный процесс должен быть организован так, чтобы не допускать выделения в воздух рабочей зоны газа и вредных веществ.

Все эксплуатируемые электроустановки должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», и других нормативных документов. Все работники должны уметь пользоваться средствами пожаротушения и уметь оказывать первую помощь при несчастном случае. Не допускается загромождение рабочих мест, проходов, доступа к противопожарному оборудованию.

6.2 Производственная безопасность

Возможные опасные и вредные природные факторы, возникающие и при строительстве газопровода и защитных инженерных конструкций, представлены в таблице 6.1.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Таблица 6.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования		+	+	ГОСТ 12.0.003-2015 [3] ГОСТ 12.1.012-2004 [4] ГОСТ 12.1.004-91 [5] ГОСТ 12.1.005-88 [6] ГОСТ 12.1.003-2014 [7] ВСН 51-1-80 [8] ГОСТ 12.3.009-76 [9] СП 436.1325800.2018 [10]
2. Электрическая дуга и металлические искры при сварке	+	+		
3. Взрывоопасность и пожароопасность		+	+	
4. Электрический ток	+	+	+	
5. Оползни		+	+	
6. Превышение уровня шума		+		
7. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны		+	+	
8. Отклонение показателей климата	+	+	+	
9. Укусы животных и насекомых		+	+	

К работе допускаются лица, имеющие соответствующее специальное образование, прошедшие медицинский осмотр, инструктаж по охране труда, а также проверку знаний СТО Газпром 14-2005.

Специалисты, являющиеся непосредственными руководителями работ или исполнителями работ, должны проводить проверку знаний правил безопасности. Перед началом работ результаты проверки должны быть занесены в «Журнал инструктажа на рабочем месте».

Все работники бригады должны знать и уметь самостоятельно оказывать первую помощь пострадавшему. Бригада должна быть обеспечена аптечкой первой помощи. Медикаменты должны пополняться по мере расходования и с учетом сроков их годности.

6.3 Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению

6.3.1 Превышение уровня шума

Шум может создаваться работающими транспортом и оборудованием – кранами-трубоукладчиками, экскаватором, шлиф-машинкой. Поэтому рабочие должны находиться в наушниках. Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые процессы изменения органа слуха у человека, повышает утомляемость и раздражительность.

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется по ГОСТ 12.1.003-2014 [7].

Мероприятия по борьбе с шумом:

- Применение наушников;
- беруши.

Степень вредности и опасности условий труда при действии виброакустических факторов устанавливается с учетом их временных характеристик (постоянный, непостоянный шум, вибрация и т.д.). Определение класса условий труда при воздействии производственного шума, оценка условий труда при воздействии на работника непостоянного шума производится по результатам измерения эквивалентного уровня звука за смену (интегрирующим шумомером) или расчетным способом.

6.3.2 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

В процессе своей трудовой деятельности электросварщик подвергается воздействию сварочного аэрозоля.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Сварочный аэрозоль представляет собой совокупность мельчайших частиц, образовавшихся в результате конденсации паров расплавленного металла, шлака и покрытия электродов.

При значительном содержании природного газа в воздухе, из-за снижения содержания кислорода смесь газа с воздухом действует, их вредные свойства становятся заметными при более низких концентрациях газа в воздухе.

6.3.3 Неудовлетворительные метеорологические условия на рабочем месте

Климат Амурской области резко-континентальный с чертами муссонности. На юге области проходят изотермы от -28° до -24°C . Зима в области суровая: в Благовещенске январские температуры варьируют от -24° до -27°C . Бывают морозы до -44°C . Лето на юге области теплое. Здесь проходят изотермы от 18° до 21°C .

Летом: костюм безветренный, костюм хлопчатобумажный с водоотталкивающим покрытием, костюм против-энцефалитный, сапоги кирзовые.

Зимой: куртка на утепленной прокладке, костюм зимний с пристегивающейся утепляющей прокладкой, чуни, перчатки, рукавицы.

6.3.4 Укусы животных и насекомых

Район работ приурочен к лесным и болотным ландшафтам, в связи с чем, существует опасность укусов кровососущими насекомыми и клещами. Обязательным требованием для допуска к работе является вакцинация против

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

клещевого энцефалита. Укус клеща может вызвать воспаление головного мозга и нарушение функций ЦНС, вследствие воздействия патогенных микроорганизмов. Укусы кровососущих насекомых могут вызвать зуд и покраснения кожи в месте укуса, а также вызвать реакцию сенсибилизации и общую интоксикацию организма вследствие химического воздействия на организм в виде токсичного вещества [3].

Для защиты от укусов кровососущих насекомых и клещей используется:

- Средство для обработки одежды (защитный аэрозоль);
- Средство для нанесения на кожу (спрей);
- Костюм для защиты от вредных биологических факторов с сеткой.

6.3.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для строительных площадок и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5лк при работе вручную и не менее 10лк при работе с помощью машин и механизмов [12].

6.4 Анализ основных опасных факторов и мероприятия по их устранению

6.4.1 Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные)

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

При эксплуатации строительных машин и механизмов следует руководствоваться СНиП III-4-80[8]. Техника безопасности в строительстве, «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» и инструкциями заводов-изготовителей.

Руководители организаций, выполняющих строительно-монтажные работы с применением строительных машин и механизмов, обязаны назначать ИТР, ответственных за безопасное проведение этих работ из числа лиц, прошедших проверку знаний, правил и инструкций по безопасному ведению работ с применением данных машин и механизмов.

До начала работы с применением машин и механизмов руководитель работы должен определить схему движения и место установки их места и способы заземления машин, имеющих электропривод, указать способы взаимодействия и сигнализации машиниста (оператора) с рабочим- сигнальщиком, обслуживающим машины, определить (при необходимости) местонахождение сигнальщика, а также обеспечить надлежащее освещение рабочей зоны.

Не допускается промежуточный сигнальщик для передачи сигналов машинисту.

Установка (укладка) грузов на транспортные средства должна обеспечивать устойчивое положение транспортного средства и груза при погрузке, транспортировке и разгрузке.

Такелажные приспособления (пеньковые канаты, тросы, стропы, цепи) и грузоподъемные механизмы (тали, лебедки, краны), применяемые при эксплуатации и ремонте, должны быть проверены и снабжены клеймами или бирками с указанием допустимых нагрузок, дат приведенного и очередного испытания.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

При погрузке и разгрузке труб должны быть приняты меры против самопроизвольного их скатывания со штабелей или транспортных средств.

6.4.2 Электрическая дуга и металлические искры при сварке

Допускаются к сварочным работам на газопроводе и газоопасном оборудовании сварщики, прошедшие курсовое обучение, проверку знаний (аттестацию) в соответствии с «Правилами аттестации сварщиков» и получившие удостоверение на право производства сварочных работ для способа и положения сварки, а также типа свариваемого металла, аналогичных предстоящим условиям сварки.

Для подвода тока к электро-держателю должны применять гибкие изолированные провода, защищенные от повреждений. Запрещается применять провода с нарушенной изоляцией. Сварочный аппарат и вспомогательные устройства должны располагать не ближе 20 м от места огневой работы. После окончания работы или перерыва в ней электросварочный аппарат должен быть выключен.

6.4.3 Электрический ток

Источником поражения током является: электрические провода, вспомогательное оборудование работающие от электричества.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает на него сложное действие, включая термическое, электролитическое и биологическое.

Безопасность при работе обеспечивается применением различных технических и организационных мер:

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

- установка оградительных устройств;
- изоляция токопроводящих частей и её непрерывный контроль; согласно ПУЭ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 - 10 Ом·м.
- защитное заземление, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;

В состав бригады входит электрик. К работе с электрооборудованием допускаются лица, прошедшие специальное обучение и имеющие соответствующую группу допуска по электробезопасности согласно “Перечню профессий и должностей работников службы ЛЭС, которые должны иметь соответствующую группу допуска по электробезопасности”.

Весь состав проходит инструктаж по электробезопасности.

6.4.4 Пожарная и взрывная безопасность

Пожарная профилактика является важнейшей составной частью общей проблемы обеспечения пожаро-взрывобезопасности различных объектов, и поэтому ей уделяется первостепенное внимание при решении вопросов защиты объектов от пожаров и взрывов. При пожаре на людей воздействуют следующие опасные факторы:

- повышенная температура воздуха или отдельных предметов;
- открытый огонь и искры пониженное содержание кислорода в воздухе;
- взрывы;
- токсичные продукты сгорания, дым.

Ответственность за пожарную безопасность при строительстве магистрального газопровода возлагается на руководителя огневых работ.

					Социальная ответственность	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		94

Все принимающие непосредственное участие в огневых работах должны быть в сертифицированной спецодежде из термостойких материалов. Хранение и транспортирование баллонов с газами должно осуществляться только с навинченными на их горловины предохранительными колпаками. При транспортировании баллонов нельзя допускать толчков и ударов. К месту сварочных работ баллоны должны доставляться на специальных тележках, носилках, санках. Баллоны с газом при их хранении, транспортировании и эксплуатации должны быть защищены от действия солнечных лучей и других источников тепла.

6.4.5 Безопасность при оползнях

Наиболее действенной защитой от оползневых процессов является предупреждение. Из комплекса предупредительных мероприятий следует отметить сбор и отведение поверхностных вод, искусственное преобразование рельефа (в зоне возможного отрыва земли уменьшают нагрузку на склоны), фиксацию склона с помощью свай и подпорных стенок.

6.4.6 Экологическая безопасность

При выполнении всех строительно-монтажных работ необходимо строго соблюдать требования защиты окружающей природной среды, сохранения её устойчивого экологического равновесия, и не нарушать условия землепользования, установленные законодательством об охране природы.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Защита атмосферы. Воздействие на атмосферный воздух в период проведения работ можно отнести к кратковременному воздействию. Оно происходит за счет выбросов загрязняющих веществ и является временным [16].

Источниками загрязнения при строительстве являются:

- работа строительных механизмов и автотранспорта (выделяются отработанные газы);
- сварочные работы;
- опорожнение трубопровода перед врезкой путем стравливания газа в свечу;
- выемочно-погрузочные работы;
- земляные работы и работа с сыпучими материалами (выделяется пыль).

К мероприятиям по снижению воздействия на атмосферу относятся:

- применение герметичных и закрывающихся емкостей для хранения ГСМ;
- использовать только исправную технику, прошедшую контроль токсичности отработанных газов;
- осмотр и регулировка топливной аппаратуры дизельной техники для снижения расхода дизтоплива;
- запрещение работы оборудования на форсированном режиме;
- запрещение ремонтных работ, связанных с повышенным выделением вредных веществ в атмосферу;
- проведение работ с возможным минимальным использованием технических средств [17].

В период нормального режима эксплуатации магистральные газопроводы не оказывают отрицательного воздействия на атмосферный воздух.

					Социальная ответственность	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Защита гидросферы. Негативное воздействие на поверхностные и подземные воды может произойти при выполнении следующих работ [22]:

- земляные работы вблизи и на участках с высоким стоянием грунтовых вод;
- работы в русле и на пойме реки при демонтаже и монтаже трубопровода;
- передвижение и заправка техники;
- слив воды на водосборную площадь после использования для производственных целей;
- забор воды для проведения гидроиспытаний;
- размещение строительных и бытовых отходов.

Для снижения воздействия на гидросферу и затрат на их возмещение при проведении ремонтных работ на магистральном газопроводе необходимо выполнение следующих мероприятий:

- Использование емкостей для сбора отработанных ГСМ, хозяйственных и производственных отходов;
- Оборудование передвижных емкостей приспособлениями, исключающими разлив ГСМ при их транспортировке и заправке техники;
- Строгое соблюдение правил работы в водоохранной зоне;
- Озеленение водоохранных зон;
- Ликвидация отходов производства и хозяйственных отходов на местах работы строительной бригады.

В период эксплуатации система трубопроводного транспорта газа герметична и не оказывает негативное воздействие на поверхностные и подземные воды.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

Защита литосферы. Для выполнения работ по сооружению газопровода требуется выполнить отчуждение земель на период производства работ [17]. В зоне производства работ при строительстве произойдет негативное воздействие на почвенно-растительный покров и рельеф местности. Тип воздействия - механическое разрушение, образование и размещение отходов производства и потребления [18].

Потенциальными источниками воздействия являются:

- расчистка полосы отвода от лесорастительности;
- передвижение строительной техники;
- земляные работы при разработке траншеи;
- устройство временных отвалов грунта;
- устройство проездов;
- устройство амбара для слива воды после гидроиспытаний.

Для снижения воздействия на поверхность земель в период производства работ предусмотрены следующие мероприятия:

- первоочередное строительство внутриплощадочных проездов;
- проезд строительной техники только в пределах зоны производства работ;
- своевременная уборка мусора и отходов для исключения загрязнения территории отходами производства;
- запрещение использования неисправных, пожароопасных транспортных и строительно-монтажных средств;
- применение строительных материалов, имеющих сертификат качества;
- для исключения разлива, ГСМ заправка техники осуществляется на временной площадке с твердым покрытием и обваловкой (после завершения работ площадка демонтируется);

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

- размещение отвалов грунта в пределах границ зоны производства работ;
- рекультивация нарушенных земель.

Потери растительного слоя при прокладке временных дорог должны быть минимальными, не рекомендуется вырубать низкие кустарники вдоль полосы отвода. Они сохраняют устойчивость почвы и служат в качестве осадочного фильтра вдоль водоёмов.

6.5 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями, которые могут возникнуть при строительстве трубопровода и защитных конструкций, являются: пожар, взрыв на рабочем месте и ЧС природного характера в виде возникновения оползня.

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте.

До начала работ должны быть разработаны мероприятия по пожарной безопасности, которые вносятся в план производства работ [19]. Мероприятия по предотвращению пожара:

- Работы должны производиться с соблюдением правил пожарной безопасности;
- Персонал должен пройти внеочередной инструктаж по пожарной безопасности;
- Проведение периодического контроля состояния воздушной среды в рабочей зоне;
- Работники должны быть одеты в спецодежду, не накапливающую статическое электричество и иметь средства индивидуальной защиты;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

- Электрооборудование должно находиться в исправном состоянии и быть заземлено;
- Рабочее место должно быть оснащено первичными средствами пожаротушения;
- Установки пожаротушения эксплуатируют в режиме автоматического пуска. Перевод установок пожаротушения в режим дистанционного управления допускают на время проведения регламентных работ по ремонту и техническому обслуживанию технологического оборудования защищаемого объекта [20].

При возникновении пожара на магистральных газопроводах оперативный персонал должен аварийно остановить компрессорную станцию и отключить аварийный участок. При этом необходимо, чтобы выгорел скопившийся под высоким давлением газ. Наиболее эффективно тушение таких пожаров с помощью порошковых огнегасительных составов на основе бикарбонатов калия и натрия, а также, введение газовых средств тушения в магистраль, по которой поступает горючий газ. В газопроводе просверливают отверстие и через него подают огнегасительный газ (двуокись углерода, инертные газы), расход которого должен в 2-5 раз превышать расход горючего газа

Для освещения рабочего места на загазованных участках разрешается применять только аккумуляторные фонари во взрывобезопасном исполнении.

Одновременно с тушением пожара на газопроводе необходимо осуществлять его охлаждение. Во избежание разрушений, деформаций и разрывов нельзя допускать попадание воды на оборудование и газопровод, которые по условиям технологического процесса работают при высоких температурах.

При строительстве промышленных трубопроводов и технического обслуживания необходимо уделять большое внимание экологической и производственной безопасности.

Необходимо использовать исправное оборудование и соблюдать технику безопасности.

					Социальная ответственность	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Для данного проекта целевой рынок – газонефтедобывающие и транспортирующие компании, такие как ПАО «Газпром», ПАО «Транснефть», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Лукойл», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Татнефть», ПАО «Новатэк», АО «Норильсктрансгаз», «NordStream 2 AG», АО «Сахатранснефтегаз».

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка. Размер компании очень важен, т.к. крупные компании часто используют новые технологии и допускают некоторые риски, имея возможность возместить убытки. Что же касается отраслей, то не во всех предприятиях применяется данный исследовательский проект, а только в газонефтедобывающих и

					<i>Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Плужнова А.Ю.			Финансовый менеджмент	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					101	132
<i>Консульт.</i>						ТПУ, гр. 2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

транспортирующих. Отсюда вытекает географический критерий, потому что не всякий регион и не всякая страна имеет газовые и нефтяные ресурсы.

На рисунке 7.1 отражена карта сегментирования рынка предоставляемых услуг для крупных и средних газонефтедобывающих и транспортирующих компаний.

		Отрасль	
		Газонефтедобывающие предприятия	Транспортирующие предприятия
размер	Крупные		
	Средние		

	ПАО «Газпром»		ПАО «Транснефть»		АО «Норильсктрансгаз»		АО «Сахатранснефтегаз»
--	---------------	--	------------------	--	-----------------------	--	------------------------

Рисунок 7.1 – Карта сегментирования рынка предоставляемых услуг

Как видно из рисунка, основными наиболее перспективными сегментами рынка в отраслях газонефтедобычи и транспортировки для формирования спроса являются компании всех размеров.

7.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;

- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Таблица 7.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _{геосетки}	Б _{геоматы}	К _{геосетки}	К _{геоматы}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Повышение производительности труда	0,1	5	4	0,75	0,6
2.Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	0,75	0,53
3. Надежность	0,15	5	4	0,5	0,4
4. Безопасность	0,15	5	6	0,5	0,4
5.Энергоэкономичность					
Экономические критерии оценки эффективности					
1.Цена	0,15	5	4	1,0	0,8
2. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	3	0,25	0,15
3. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	0,2	0,2
4.Срок выхода на рынок	0,05	4	4	0,2	0,2
Итого	1	42	34	4,9	3,7

Б_{геосетки} – геосетки;

Б_{геоматы} – геоматы.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкурентоспособность разработки составила 4,9, в то время альтернативная разработка всего 3,7, в результате чего видно, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет весомое преимущество.

7.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды научно-исследовательского проекта, который помогает составить структурированное описание конкретной ситуации, и на основании этого описания можно сделать выводы.

То есть это метод первичной оценки текущей ситуации, основанный на рассмотрении её с четырёх сторон: SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

Таблица 7.2 – Матрица SWOT

Факторы SWOT	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	1. Наличие достаточного финансирования; 2. Квалифицированный персонал; 3. Простота проектирования; 4. Использование	1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца; 2. Отсутствие бюджетного

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Эти соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 7.3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	0	+	-
	B2	+	+	+	+	+
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	0	+	+	-	0
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	+	+	+	-
	B2	-	-	-	-	+
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	+	+	+	+	+

Таблица 7.4 – SWOT-анализ

	сравнительно низкой затратности проекта, представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация (У1,С2,С3)	отсутствии конкуренции проекта (У2,Сл.1,Сл.4,Сл.5). Несвоевременное финансирование научного исследования приведет к невозможности получения сертификации (У1,Сл.3)
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

По результатам SWOT-анализа можно сделать вывод, что у разрабатываемого проекта сильных сторон больше чем слабых, и, изучая возможные угрозы, выяснилось, что технологии конкурентоспособны.

7.2 Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент. Составим перечень этапов работ и распределим исполнителей по данным видам работ (таблица 7.5).

Таблица 7.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Бакалавр
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ существующей схемы теплообмена	Бакалавр
	6	Разработка математической модели процесса	Бакалавр
	7	Оценка адекватности математической модели реальному процессу	Бакалавр
	8	Оценка влияния технологических параметров на качество продукта	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения процесса	Руководитель, бакалавр
	11	Оформление пояснительной записки	Бакалавр
	12	Разработка презентации и раздаточного материала	Бакалавр

7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5},$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

В качестве примера рассчитаем продолжительность 1 работы – разработка ТЗ:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел} - \text{дн};$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ дн.}$$

7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются

					Финансовый менеджмент	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118 - 27} = 1,7,$$

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

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

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

Таблица 7.6 – Временные показатели проведения научного исследования в первом исполнении

Название работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ, раб.дн., T_{pi}	Длительность работ в кал.дн., T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожи}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Руководитель Бакалавр	1,8	2
Подбор и изучение материалов по теме	25	28	26,2	Руководитель, бакалавр	26,8	30
Выбор направления исследований	8	9	8,4	Руководитель, бакалавр	8,4	10
Календарное	2	3	2,4	Руководитель,	2,4	3

планирование работ по теме				бакалавр		
Анализ существующей схемы теплообмена	7	9	7,8	Бакалавр	7,8	9
Разработка математической модели процесса	40	30	36	Бакалавр	36	36
Оценка адекватности математической модели реальному процессу	10	12	10,8	Бакалавр	10,8	14
Оценка влияния технологических параметров на качество продукта	10	12	10,8	Бакалавр	10,8	14
Оценка эффективности полученных результатов	1	2	1,4	Руководитель, бакалавр	1,4	2
Определение целесообразности проведения процесса	5	2	5,8	Руководитель, бакалавр	5,8	7
Оформление пояснительной записки	1	2	1,4	Бакалавр	1,4	2
Разработка презентации и раздаточного материала	10	14	11,6	Бакалавр	11,6	14

По результатам таблицы 4.6 строим план - график, представленный в таблице 4.7.

Таблица 7.7 – Календарный план-график проведения НИР по теме

					Финансовый менеджмент	Лист
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал.дн.	Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Бакалавр	2	■										
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр	30		■	■	■	■						
3	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	10			■	■	■						
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр	3				■	■	■					
5	Анализ существующей схемы теплообмена	Бакалавр	9				■	■	■	■	■			
6	Разработка математической модели процесса	Бакалавр	36				■	■	■	■	■	■	■	■
7	Оценка адекватности математической модели реальному процессу	Бакалавр	14						■	■	■	■	■	■
8	Оценка влияния технологических параметров на качество продукта	Бакалавр	14								■	■	■	■
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2										■	■
10	Определение целесообразности	Руководитель, бакалавр	7										■	■

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 5 % от стоимости материалов. Результаты расчетов представлены в таблице 4.8.

Таблица 7.8 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Ед. измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	пачка	2	400	800
Ручка	шт.	4	30	120
Тетрадь	шт.	1	110	110
Мультифоры	шт.	7	3	21
Папка	шт.	2	60	120
Карандаш	шт.	1	30	20
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				
Итого				1261(Исполнение 1)
				1000(Исполнение 2)
				1100(исполнение 3)

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

Для выполнения данного проекта необходимо приобретение персонального компьютера для двух участников проекта и программного обеспечения MicrosoftOffice 365 для создания документов. Также необходимо иметь экспериментальные данные от компании, которые могут быть получены двумя способами: 1) взять данные в ходе прохождения преддипломной практики; 2) провести необходимые исследования в лаборатории кафедры.

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Так, стоимость персонального

компьютера при сроке амортизации 24 месяца и его использовании в течение 6 месяцев составит 26 тысяч рублей.

Таблица 7.9 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед. оборудования	Цена ед. оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Персональный компьютер	2	26	30	120	52	60	240
2	Мышь	1	1	0,3	6,2	1	0,3	6,2
3	Интернет-модем	1	1,3	0,6	1	1,3	0,6	1
4	Программа GEO5 «Устойчивость откоса»	2	14	14	14	28	28	28
Итого						82300(Исполнение 1) 88900(Исполнение 2) 245200(Исполнение 3)		

7.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

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

					Финансовый менеджмент	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн. (таблица 4.9);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 7.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
- выходные дни	27	27
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	48
- отпуск	0	0
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	196	172

$$Z_{\text{дн(рук.)}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{34682 \cdot 11,2}{196} = 1981,8 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

Z_6 – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 7.11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_6 , руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$Z_м$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{раб}$, раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	34682	1,3	-	1,3	58612,6	1981,8	45	89181
Бакалавр	-	-	-	1,3	-	-	125	-
Итого								89181

7.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 89181 \cdot 0,15 = 13377,2 \text{ рублей,}$$

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты (на стадии проектирования принимается 0,12-0,15);

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 7.12 – Заработная плата исполнителей НТИ

Исполнители	Z_6 , руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$Z_м$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{раб}$, раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	34682	1,3	-	1,3	58612,6	1981,8	45	89181
Бакалавр	-	-	-	1,3	-	-	125	-
Итого								89181

7.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Таблица 7.13– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	89181	13377,2
Бакалавр	-	-
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	30%	
Отчисления, руб.	24168,1	3625,2
Итого	27793,3	

7.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы – это расходы на прочие затраты, не учитываемые в п.п 1.3.1 – 1.3.3, например, затраты на печать, ксерокопирование, оплата интернета и прочих услуг связи и коммуникации, электроэнергии. Величина накладных расходов определяется по формуле:

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

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

Величина коэффициента накладных расходов принята в размере 16%.

Рассчитаем накладные расходы на выполнение НТИ:

$$Z_{\text{накл исп 1}} = (1261 + 82300 + 89181 + 13377,2 + 27793,3) \cdot 0,16$$

$$= 34226 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{накл исп 2}} = (1000 + 88900 + 89181 + 13377,2 + 27793,3) \cdot 0,16$$

$$= 35240 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{накл исп 3}} = (1100 + 245200 + 89181 + 13377,2 + 27793,3) \cdot 0,16$$

$$= 60264 \text{ рублей}$$

7.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 7.14 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Материальные затраты НТИ	1261	1000	1100
2. Специальное оборудование для научных работ	82300	88900	245200
3. Основная заработная плата	89181	89181	89181
4. Дополнительная заработная плата	13377,2	13377,2	13377,2
5. Отчисления на социальные нужды	27793,3	27793,3	27793,3
6. Накладные расходы	34226	35240	60264
7. Бюджет затрат	242138,5	243491,5	436915,5

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки (таблица 7.15) отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 7.15 - Расчет интегрального финансового показателя.

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		121

№ исполнения	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость аналогов	Интегральный финансовый показатель
1	242138,5	436915,5	0,55
2	243491,5		0,56
3	436915,5		1

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблица 7.16)

Таблица 7.16 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	5	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	5
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	3

4.Энергосбережение	0,25	4	4	4
5.Надежность	0,15	5	4	3
6.Материалоемкость	0,20	4	3	3
Итого	1	4,3	3,9	3,5

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 4,3;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 = 3,9.$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 = 3,5$$

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

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

$$I_{рук} = \frac{4,3}{0,55} = 7,8;$$

$$I_{рук} = \frac{3,9}{0,56} = 6,96;$$

$$I_{рук} = \frac{3,5}{1} = 3,5.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 7.17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп i}}{I_{min i}}$$

Таблица 7.17 - Сравнительная эффективность разработки.

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп.2	Исп. 31
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,55	0,56	1

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	3,9	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	7,8	6,96	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,2	1,99	1

Значение интегрального показателя эффективности «исполнения 1» составляет 7,8, по сравнению с 6,96 и 3,5, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение – «исполнение 1», является наиболее эффективным вариантом исполнения.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НИИ, основная часть которого приходится на материальные затраты, связанные с оплатой труда руководителя и исполнителя. Все, вышперечисленные техникоэкономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что данная проектная разработка экономически выгодна.

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		124

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) предложены мероприятия, повышающие эффективность и безопасность работы объектов ЛЧМГ.

Так, в ходе изучения нормативной документации, научных трудов и документации ПАО «Газпром», нами выявлено, что одним из основных направлений повышения эффективности и безопасности работы объектов линейной части магистральных газопроводов является снижение риска аварий, которое подразумевает под собой разработку и применение инновационных или эффективное использование уже имеющихся методов защиты и диагностики.

С целью обоснования мероприятий по повышению эффективности и безопасности работы объектов ЛЧМГ был проведен анализ научных трудов и документации ПАО «Газпром», в результате которого было установлено, что 42% всех аварий на газопроводах ПАО «Газпром» произошли под прямым или косвенным влиянием природных процессов и явлений. Выяснено, что самым распространенным из наиболее опасных геологических процессов на рассматриваемом участке трассы является эрозия (овражно-балочная, донная, береговая), которая охватывает 10,8% всей длины участка «Белогорск – Благовещенск».

В связи с этим в работе рассматриваются мероприятия инженерной защиты, применение которых способствует как обеспечению, так и повышению уровня эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири».

В данной работе, в ходе анализа документов ПАО «Газпром» нами установлено, что:

					<i>Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Плужнова А.Ю.			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Антропова Н.А.					125	132
<i>Консульт.</i>						ТПУ, гр. 2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

- На рассматриваемом участке при крутизне склона более 11° применяются противоэрозионные контейнеры типа «КП-Р»;
- Для укрепления береговых траншей, в местах сезонного поднятия грунтовых вод используются георешетки GW;
- Геоматы трехмерные дренажные применяют совместно с использованием «КП-Р» для поверхностной защиты склона от эрозии;
- Укрепление каменной наброской в отличие от георешеток применяются при более низких скоростях потока и малом уровне поднятия воды;
- Устройство водопропуска с применением гибких бетонных матов при поднятии уровня воды вследствие паводков или наличии сильного течения, используется совместно с противоэрозионным покрытием;
- Устройство водопропуска с использованием георешетки для отвода поверхностных вод при низких скоростях потока;
- Укрепление берегов реки осуществляется габионами (матрачно-тюфячного типа, матрацами «Рено»), глиняные перемычки для дополнительной защиты.

С целью обоснования применения данных мероприятий нами приведены теоретическая аргументация и соответствующие расчеты.

В данной работе также рассмотрены примеры использования мероприятий на определенных участках трассы газопровода и их принцип действия. Кроме того, в результате проведения расчетов нами определена толщина стенки газопровода, проведена проверка на прочность и устойчивость участка, пролегающего в грунтах, подверженных эрозии – супесях.

Таким образом, поставленные задачи ВКР были решены, цель достигнута.

					Заключение	Лист
						126
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. Газотранспортные системы: настоящее и будущее. Тезисы докладов VI Международной научно-технической конференции GTS-2015 (28–29 октября 2015 г.). – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2015. – 174 с.

2. Гостева А.В., Глебова Е.В., Черноплёков А.Н. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций на магистральных газопроводах на основе результатов анализа риска // Нефть, газ и бизнес. – 2009. – № 9. – С. 68–70.

3. Аристов М. Воздействие геологических и других природных процессов на магистральные газопроводы. Результаты исследований с применением мультиспектральных аэрокосмических съемок // Электронный научный журнал «Геопрофиль». – 2008, ноябрь–декабрь. – №3.–С.44–50.
URL:<http://internetgeo.ru/uploads/journals/geoprofile0308/pipeline.pdf>

4. М.В. Николаева, Р.А. Атласов, М.Д. Филиппова. Анализ причин аварийных ситуаций газопроводов, проложенных в многолетнемерзлых грунтах// Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле». – 2017 - №4(08). – С. 47 – 53.

5. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]: годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году . - Ростехнадзор 2013-2020. – Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/

6. С. Савонин, А. Москаленко. Анализ основных причин аварий, произошедших на магистральных газопроводах//Научно-практический журнал «Инженерная защита» [Электронный ресурс]. – 2015 - №11. – Режим доступа: <https://territoryengineering.ru/vyzov/analiz-osnovnyh-prichin-avarij-proizoshedshih-na-magistralnyh-gazoprovodah/>

					Разработка мероприятий для повышения эффективности и безопасности объектов линейной части участка магистрального газопровода «Сила Сибири			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Плужнова А.Ю.			Список использованных источников	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					127	132
Консульт.						ТПУ, гр. 2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

7. СТО ГАЗПРОМ 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром». – М.: ООО «Научно исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», «Газпром экспо», 2009.

8. ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]: магистральный газопровод «Сила Сибири». – Официальный сайт ПАО «Газпром» 2020. – Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/projects/power-of-siberia/> - Загл. с экрана.

9. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* (с Изменениями N 1, 2).

10. ПАО «ВНИПИгазодобыча»: Проектная документация, раздел 5

11. Составление схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Амурской области [Электронный ресурс]: Преобладающие типы почв и их распространение. - Vuzlit - архив студенческих работ 2017 – 2020. – Режим доступа: https://vuzlit.ru/75716/preobladayuschie_tipy_pochv_rasprostranenie

12. helpiks.org [Электронный ресурс]: опасные геологические процессы. - Хелпикс.Орг - 2014-2020. – Режим доступа: <https://helpiks.org/5-106814.html>

13. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов / ПНИИИС. - М.: Стройиздат, 1984. - 80 с.

14. Марахтанов В.П. Воздействие опасных инженерно-геологических процессов на газопроводы в области криолитозоны западной сибери/ Марахтанов В.П. // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2029. - № 34. – С. 25-33.

15. Строкова Л.А., Ермолаева А.В. Природные особенности строительства магистрального газопровода «сила сибери» на участке Чаяндинское

					Список использованных источников	Лист
						128
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск/ Строкова Л.А., Ермолаева А.В. // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – № 4. – С. 41-55.

16. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова. –М.: Недра, 1989. – 414 с.

17. Инженерная геология СССР. Т. 3. Восточная Сибирь / под ред. Г.А. Голодковской. – М.: Издво Моск. унта. 1977. – 657 с.

18. White W.B. Karst hydrology: recent developments and open questions // Engineering Geology. – 2002. – V. 65. – P. 85–105.

19. Worthington S.R.H., Ford D.C. Selforganized permeability in car bonate aquifers // Ground Water. – 2009. – V. 43 (3). – P. 326–336.

20. Примеры моделирования карстовых процессов Карстовые системы севера в меняющейся среде / А.Я. Гаев, Ю.А. Килин, И.Н. Алферов, Н.С. Алферова // Карстовые системы севера в меняющейся среде: матер. конф. – ПинегаГолубино, Россия, 5–10 сентября 2011. – С. 34–37.

21. Klimchuk A.B. Sistematzatsiya struktury vodoobmena kak sistemoobrazuyushchee svoystvo karsta [Systematization patterns of water exchange as a core feature of karst]. *Geologicheskii zhurnal*, 2011, no. 1, pp. 85–110.

22. Лободенко И.Ю., Федоренко А.А. Методы инженерной защиты объектов магистральных трубопроводов от опасных природных процессов и явлений// Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2016. – №6(26). – С.72 – 78.

23. М.В. Николаева, Р.А. Атласов, М.Д. Филиппова. Анализ причин аварийных ситуаций газопроводов, проложенных в многолетнемерзлых грунтах.// Вестник СВФУ. Серия «науки о земле – 2017 – № 4 (08) – С.47-53.

					Список использованных источников	Лист
						129
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

24. Н.Б. Кутвицкая, А.В. Рязанов, А.Е. Скапинцев, А.В. Икан. Инженерная защита трубопроводов от опасных инженерно-геологических процессов в условиях северных регионов/ Н.Б. Кутвицкая, А.В. Рязанов, А.Е. Скапинцев, А.В. Икан /Научно-практический журнал «Neftegaz.ru» [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/453500-inzhenernaya-zashchita-obektov-magistralnogo-truboprovoda-v-usloviyakh-mnogoletney-merzloty/>

25. Природные опасности России / под ред. А.Л. Рагозина. М. : Крук, 2002—2003. 320 с.

26. Скапинцев А.Е., Потапов А.Д., Лаврусевич А.А. Инженерная защита трубопроводов от эрозионных процессов // Вестник МГСУ. 2013. № 7. С. 140—151.

27. РД 51-2.4-007-97. Борьба с водной эрозией грунтов на линейной части трубопроводов. – М.: Уфимский государственный нефтяной технический университет, ЗАО "Стройтрансгаз", ДП "Баштрансгаз" , 1998.

28. *Голодковская Г.А.* Принципы инж.-геол. типизации месторождений полезных ископаемых // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. 1983. Вып. 5. – С. 355—369.

29. ТУ 2246-004-18649652-2011. Противозерозионные средства. Изделия для сооружения вдольтрассовых дорог и проездов. Трехмерная сотовая георешетка (пространственная полимерная решетка) ППР GW.

30. СП 425.1325800.2018 Инженерная защита территории от эрозионных процессов. Правила проектирования.

31. ТУ 1275-007-89632342-2012. Противозерозионные средства. Изделия для сооружения вдольтрассовых дорог и проездов. Конструкции из сетки проволочной крученой с шестиугольными ячейками.

					Список использованных источников	Лист
						130
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

32. ТУ 4834-005-89632342-2009. Противозерозионные средства. Изделия для сооружения вдольтрассовых дорог и проездов. Контейнеры противозерозионные-ромбические типа КП-Р.

33. Современные технологии строительства [Электронный ресурс]: геомат (трехмерный мат). – Современные технологии строительства 2006-2020. – Режим доступа: <http://novokuznetsk.st-stroi.ru/prod/geomat>

34. ТУ 8397-012-54892207-2011. Противозерозионные средства. Изделия для сооружения вдольтрассовых дорог и проездов. Антиэрозионное покрытие «ЭКОТРАССА-УКЛОН» (АЭРП «ЭКОТРАССА-УКЛОН»).

35. С.Н. Чужинов, П.А.Новиков, Ю.В. Ларионов. Анализ прочности трубопровода на участках просадки грунта// Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2012. – №4(90) – С. 92-99.

36. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс]: Сталь марки 65. – metallischekiy-portal.ru 2009- 2019. – Режим доступа: http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/65

37. ТУ 1381-012-05757848-2005 Трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 508-1420 мм для магистральных трубопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа. Технические условия.

38. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями N 1, 2, 3).

39. СТО Газпром 2-2.1-206-2008. Сооружение газопроводов в горных условиях.

40. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

41. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.

					Список использованных источников	Лист
						131
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

42. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).

43. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с
Изменением N 1).

44. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).

45. ВСН 51-1-80/Мингазпром Инструкция по производству строительных
работ в охранных зонах магистральных трубопроводов Министерства газовой
промышленности (Дата актуализации: 01.02.2020).

46. ГОСТ 12.3.009-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности (с Изменением
N 1).

47. СП 436.1325800.2018 Инженерная защита территорий, зданий и
сооружений от оползней и обвалов. Правила проектирования.

48. ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Строительство. Нормы освещения строительных площадок.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		132