

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) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»
 Отделение школы (НОЦ) нефтегазового дела (ОНД)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»

УДК 622.691.4.053-049.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	И.Е. Гаврилов		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	А.В. Шадрина	д.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	В.Б. Романюк	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	А.И. Сечин	д.т.н., профессор		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	О.В. Сумцова	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	А.В. Шадрина	д.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
Общие по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»		
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
ОПК(У)-2	Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ
ОПК(У)-6	Способен участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарт: 01.004
Специализация «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»		
ПК(У)-1	Способность разрабатывать учебно-методическое обеспечение программ профессионального обучения, а также реализовывать их	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарт: 01.004
ПК(У)-2	Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055
ПК(У)-3	Способность оценивать экономическую эффективность инновационных решений в	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	области трубопроводного транспорта углеводородов	
ПК(У)-4	Способность обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу технологического оборудования нефтегазовой отрасли	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-5	Способность участвовать в управлении технологическими комплексами, принимать решения в условиях неопределенности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-6	Способность применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-7	Способность применять современные программные комплексы для проектирования технических устройств, аппаратов и механизмов, технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП ОНД ИШПР
 А.В. Шадрин

 (Подпись) _____ (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ91	Гаврилову Ивану Евгеньевичу

Тема работы:

«Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.02.2021 г. № 42-29/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Условным объектом исследования является участок газопровода «Сила Сибири», расположенный между Чиканским газоконденсатным месторождением до Ковыктинским газоконденсатным месторождением.</p> <p>В этой работе рассмотрена замена отводов горячегнутых на отводы холодного гнутья. Сама работа направлена на проверку экономической рентабельности замены и надежности отвода под замену.</p> <p>Проведен экономический и прочностной анализ отвода под замену в условиях, приближенных к реальным, для территории прокладки газопровода в Иркутской области.</p>
---	--

<p align="center">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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести анализ нормативно-технической документации и литературных источников по теме работы; 2. Обоснование замены отводов горячегнутых на отводы холодного гнутья и описание видов работ; 3. Анализ прочностных характеристик отводов разных типов; <p align="center">Дополнительные разделы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; • «Социальная ответственность».
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p align="center">Рисунки и таблицы</p>
<p align="center">Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p align="center">Раздел</p>	<p align="center">Консультант</p>
<p align="center">«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p align="center">В.Б. Романюк, доцент ОНД</p>
<p align="center">«Социальная ответственность»</p>	<p align="center">А.И. Сечин, профессор ООД</p>
<p align="center">Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШПИБ</p>	<p align="center">О.В. Сумцова, старший преподаватель ОИЯ</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: теоретическая часть ВКР.</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p align="center">11.02.2021 г.</p>
--	-------------------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	А.В. Шадрина	д.т.н.		11.02.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	И.Е. Гаврилов		11.02.2021 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ91	Гаврилову Ивану Евгеньевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль <u>«Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»</u>

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Расходы на приобретение трубогибочного оборудования, амортизация, общехозяйственные расходы, прямые производственные расходы, логистические расходы.</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы проектирования соединительных деталей трубопроводов</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Годовые амортизационные отчисления.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Изучить процесс формирования стоимости соединительных деталей - отводов холодного гнущего и горячегнутого отводов</i>
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет экономической эффективности от использования отводов холодного гнущего вместо горячегнутого отводов</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.03.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Романюк Вера Борисовна	к.э.н, доцент		27.03.2021г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	Гаврилов Иван Евгеньевич		27.03.2021г

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ91	Гаврилову Ивану Евгеньевичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01. «Нефтегазовое дело», «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»

Тема ВКР:

Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности 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	Объект исследования: участок магистрального газопровода с отводом холодного гнущья. Область применения: прокладка трубопроводов линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири» с применением отводов холодного гнущья.
--	--

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. 	<ul style="list-style-type: none"> - Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ (последняя редакция) - Закон РФ от 19 февраля 1993 г. N 4520-I "О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях" - СТО Газпром 2-2.1-249-2008 «Магистральные газопроводы», - СТО Газпром 2-2.2-382-2009 «Магистральные газопроводы. Правила производства и приемки работ при строительстве сухопутных участков газопроводов, в том числе в условиях Крайнего Севера» - ГОСТ 17.5.3.06-85 «Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ»
<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 производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны (метеоусловия); - Повышенный уровень шума на рабочем месте; - Недостаточная освещенность рабочей зоны. - Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Опасность падения с высоты; - Возможность поражения электрическим током; - Сварочные работы; - Грузоподъемные работы.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Воздействие на атмосферу: продувка оборудования, выпуск газа при технологических операциях.</p> <p>Воздействие на гидросферу: воздействие при строительстве и обслуживании подводных переходов линейной части газопроводов.</p> <p>Воздействие на литосферу: земляные работы в зоне укладки, разработка котлованов, объезды на технике.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС: взрыв или возгорание газа, разрушение механическим воздействием, опрокидывание строительной техники, разгерметизация, стихийные бедствия (пожары, паводки), несанкционные врезки.</p>

	Наиболее распространённый вид аварии: взрывы, сопровождающиеся пожаром, разрушением тела трубы, образованием котлованов.
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	А.И. Сечин	д.т.н.		26.02.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	Гаврилов Иван Евгеньевич		26.02.2021 г.

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) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Уровень образования магистратура
 Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
19.01. 2021 г.	<i>Введение</i>	10
10.03. 2021 г.	<i>Литературный обзор</i>	10
16.04. 2021 г.	<i>Порядок производства и виды работ</i>	30
29.04. 2021 г.	<i>Расчёты и аналитика. Прочностные расчеты отводов</i>	15
05.05. 2021 г.	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
13.05. 2021 г.	<i>Социальная ответственность</i>	10
26.05. 2021 г.	<i>Заключение</i>	5
30.05. 2021 г.	<i>Презентация</i>	10
ИТОГО:		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	А.В. Шадрина	д.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД ИШПР	А.В. Шадрина	д.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация с. 92, 17 рис., 7 табл., 39 источник, 1 прил.

Ключевые слова: отвод, газопровод, линейная часть трубопровода, трубогибочный станок, индукционный нагрев, проектирование, «Сила Сибири».

Объектом исследования являются отводы холодного гнущего и горячегнутого отводы.

Цель работы – обосновать применение отводов холодного гнущего взамен горячегнутого отводов и обозначить границы применения отводов холодного гнущего.

В процессе исследования проведены: технический расчёт для определения толщины стенки трубопровода, сравнительный прочностной расчет разных отводов в ПК МКЭ ANSYS и финансовый расчёт об экономической эффективности замены горячегнутого отвода отводом холодного гнущего.

В результате исследования были изучены технологии создания отводов горячегнутого и холодного гнущего, указания для применения соединительных деталей в нормативной документации ПАО «Газпром».

Область применения: строительство любых протяженных трасс линейных трубопроводов.

Экономическая эффективность/значимость работы: сокращение финансовых затрат на закупку деталей для постройки трубопровода, вариативность при подборе углов поворотов трассы, возможность создавать отводы в условиях, близких к трассовым.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»			
Разраб.		Гаериллов И.Е.			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.					10	92
Консульт.						НИ ТПУ ИШПР		
Рук. ООП		Шадрина А.В.				ГРУППА 2БМ91		

Обозначения и сокращения

Основные термины и определения, которые были применены в данной работе:

Отвод – это элемент трубопроводной системы, который задает направление трубопроводу;

Горячегнутый отвод – отвод, произведенный методом индукционного нагрева;

Отвод холодного гнутья – отвод, произведенный методом холодного гнута с помощью предназначенных для этого трубогибочных станков;

Трубопроводный транспорт – транспортировка по трубам сырья (жидкостей или газов) и продуктов (любых химически стабильных веществ, которые возможно перемещать по трубопроводам).

В настоящей работе применены следующие сокращения:

- ГО – отвод холодного гнутья;
- ОГ – горячегнутый отвод;
- ГКМ – газоконденсатное месторождение;
- СПГ – сжиженный природный газ;
- ТУ – технические условия;
- СД – соединительные детали;
- СТО – стандарт организации;
- ГОСТ – государственный стандарт.

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Гаврилов И.Е.			Обозначения и сокращения	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.					11	92
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ		ИШПР
<i>Рук. ООП</i>		Шадрина А.В.				ГРУППА		2БМ91

Содержание

Введение.....	14
1 Объект исследования	15
1.1 Общие сведения о газопроводе	15
1.1.1 Климатическая характеристика	17
1.1.2 Физико-географическая характеристика	18
1.1.3 Гидрографическая характеристика	19
1.2 Общая информация об отводах гнутых	20
1.2.1 Характеристика горячегнутых отводов	22
1.2.2 Характеристика отводов холодного гнутья	26
1.3 Изоляция трубопроводов	30
2 Порядок производства и виды работ.....	32
2.1 Обоснование применения отводов на этапах проектирования и строительства газопровода	34
2.2 Земляные работы	34
2.3 Доставка оборудования и материалов.....	36
2.4 Трубогибочное оборудование	41
2.5 Монтаж и сварка газопроводов и отводов	43
2.6 Нанесение антикоррозийной изоляции на отводы в полевых условиях	45
3 Анализ прочностных характеристик отводов	46
3.1 Расчет толщины стенки трубопровода.....	47
3.2 Прочностной расчет	49
4 Финансовый менеджмент.....	14
4.1 Экономическая эффективность. Технологические сведения об отводах гнутых.....	57
4.2 Расчёт полной стоимости отвода горячегнутого	58
4.3 Расчет полной стоимости отвода холодного гнутья.....	59
5 Социальная ответственность	61

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Гаврилов И.Е.</i>			Содержание	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Шадрина А.В.</i>					12	92
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук. ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						
					НИ ТПУ ГРУППА		ИШПР 2БМ91	

5.1	Социальная ответственность при прокладке трубопроводов линейной части магистрального газопровода с применением отвода холодного гнутья	61
5.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	62
5.2.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	62
5.2.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	62
5.3	Производственная безопасность.....	63
5.3.1	Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов.....	63
5.3.2	Обоснование мероприятий по снижению воздействия.....	67
5.4	Экологическая безопасность.....	71
5.4.1	Анализ влияния на окружающую среду.....	71
5.4.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	72
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
5.5.1	Анализ вероятных ЧС.....	73
–	природные разрушения вследствие стихийных бедствий (ураганы, наводнения, пожары);.....	74
–	аварии вследствие несанкционированных врезок и последующей разгерметизацией полости газопровода.....	74
5.5.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	74
	Заключение.....	77
	Список литературы.....	78
1.2	General information about bent branch.....	82
1.2.1	Characteristics of bent branches.....	84
1.2.2	Characteristics of cold bent branches.....	87
2	Feasibility of bent branch usage at the designing and constructing stage.....	90
3.3	Pipe-bending machine.....	91

Введение

Современность нефтегазовой промышленности диктует постоянно повышающиеся требования к технико-экономическим показателям для всего оборудования, которое используется или может быть использовано в технологических процессах. Все эти требования отмечены, в большинстве своем, в нормативной документации, как для всей нефтегазовой промышленности, так и для конкретных компаний. Однако объем информации настолько огромен, что даже при существующем в огромном количестве объеме нормативной документации, невозможно охватить абсолютно все спорные моменты. В нормативной документации для проектирования газопровода «Сила Сибири» замечена возможность использовать отводы холодного гнуща и горячегнутые отводы без конкретного обоснования, несмотря на разные технологии их создания и разную стоимость производства. Цель работы – выбрать и обосновать применение конкретного отвода в конкретных условиях эксплуатации, соблюдая технико-экономическую выгоду.

Для выполнения цели были поставлены несколько задач:

- 1) Провести анализ нормативно-технической документации и литературных источников на тему применения отводов;
- 2) Произвести прочностной анализ разных типов отводов;
- 3) Рассчитать технические и экономические характеристики для применения наиболее выгодных типов отводов для разных условий эксплуатации газопровода «Сила Сибири».

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
Разраб.		Гаврилов И.Е.			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.					14	92
Консульт.								
Рук. ООП		Шадрина А.В.						
						НИ ТПУ	ИШПР	
						ГРУППА	2БМ91	

1 Объект исследования

1.1 Общие сведения о газопроводе

Газопровод «Сила Сибири» был открыт 2 декабря 2019 года в рамках сотрудничества «Газпрома» и CNPC (Китай). Основная задача данного газопровода – осуществление поставок газа из Якутии в страны Азиатско-Тихоокеанского региона транзитом через Приморский край.

Общая протяженность проектируемого газопровода составит более 2160 км, при строительстве использовались трубы с диаметром – 1420 мм, выдерживающие рабочее давление 9,8 МПа. Данный газопровод является важным стратегическим объектом, т.к. его экспортная мощность составляет около 40 млрд кубометров газа в год. На этапе проектирования затраты на строительство данного газопровода оценивали меньше 1 трлн руб., тем не менее согласно последним данным итоговая стоимость составила 1,1 трлн руб. [1].

Протяженность газопровода от Чаяндинского месторождения до Владивостока составляет почти 4000 км. Часть пути трубопровода лежит через интегрированный коридор вместе со второй частью нефтепровода «Восточная Сибирь — Тихий океан». Оба трубопровода необходимы для наполнения проектируемой станции по производству сжиженного природного газа, направленной на производство СПГ для экспорта в Японию и поставки сырья на проектируемый нефтехимический комплекс в Приморском крае.

В этой работе будет рассмотрен перспективный участок газопровода Сила Сибири 2 от Чиканского газоконденсатного месторождения до Ковыктинского газоконденсатного месторождения.

Чиканское ГКМ расположено на Южно-Ковыктинской площади. Содержание метана в газе Чиканского ГКМ составляет около 91%, остальное приходится на пропан, бутан, этан, пентан и гелий.

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Гаврилов И.Е.			Объект исследования	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.					15	92
Консульт.								
Рук. ООП		Шадрина А.В.						
						НИ ТПУ		ИШПР
						ГРУППА		2БМ91

Проектная мощность месторождения составляет 10 млрд м³/год.

В 2008 г. Чиканское ГКМ было введено в опытно-промышленную эксплуатацию, но законсервировано, т. к. не была готова газотранспортная система для поставки газа потребителям.



Рис. 1 – Расположение Чиканского месторождения

Месторождение территориально относится к востоку Иркутской области, расстояние от него до областного центра составляет 450 км. Согласно административному делению Иркутской области, месторождение находится в подчинении Жигаловского и Казачинско-Ленского районов. Местность высокогорная, распространена темнохвойная тайга. Осложнения составляют вечная мерзлота и большое количество каньонов. Климат суровый, резко континентальный [5].

В состав газа входят гомологи метана (бутан и пропан) и значительная доля гелия. Разделение компонентов данного газа будет осуществляться на Амурском газоперерабатывающем заводе [2].

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Объект исследования					

1.1.1 Климатическая характеристика

Климат в Иркутской области резко континентальный. Своеобразие климата Иркутской области во многом определяется обширностью территории с севера на юг и с запада на восток и расчлененностью рельефа. Характерными особенностями являются продолжительные зимы, большое количество часов солнечного сияния, высокий уровень колебания температур в течение года, высокое давление и резкая смена времен года. Амплитуда колебаний годовой температуры может составлять 80 ° и выше, а суточной - 30 ° и выше. Средняя температура воздуха в году в Иркутской области ниже 0 °, за исключением побережья Байкала. В рассматриваемых районах средние показатели таковы - средняя годовая температура воздуха — до -5 градусов; средняя температура в январе составляет минус 29 градусов, в июле плюс 18; толщина снежного покрова зимой составляет 30 – 40 см. Самый холодный месяц – январь, самый теплый месяц – июль. Среднее количество осадков составляет около 500 мм в год. Максимальное количество осадков приходится на июль -август, минимальное - на февраль и март. Осадки преобладают в северных и западных районах, меньше всего осадков — в центральной лесостепной части области. В целом – территория прокладки газопровода самая холодная, наряду с северной частью Иркутской области [3].

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

1.1.2 Физико-географическая характеристика

Иркутская область расположена в горной местности. Юг области занимают горные массивы Хамар-Дабан и Восточный Саян. По хребтам Хамар-Дабана проходит граница Республики Бурятия и Иркутской области.

Высота горных массивов составляет 1500 м, отдельные хребты достигают высоты в 3000 м. Флора и фауна Восточного Саяна разнообразна. В горах встречаются альпийские луга, месторождения полезных ископаемых. При подъеме в гору обнаруживаются гольцы. В силу большой высоты гор встречаются вечные ледники. В горах Саяна протекает великое множество притоков Ангары. Будучи горными реками, обладают быстрым и бурным течением.

К северо-востоку от Восточного Саяна расположено множество отрогов, к самым большим относятся Тункинский, Китойский, Вельский и Окинский отроги. Они служат водоразделами между притоками Ангары. На берегу Байкальского побережья расположены два хребта – Приморский и Байкальский, абсолютные высоты которых составляют 2500 м.

В особенности рельефа также нужно включить Северо-Байкальское и Патомское нагорья. К их характерным особенностям относятся наличие гор (с высотами 1000-2000 м), зон вечной мерзлоты и ледников. Также важно отметить Становое нагорье, на территории которого расположена самая высокая точка Иркутской области – 2999 м.

Патомское нагорье расположено в междуречье рек Лены и Вити-ма и включает в себя бассейны Чуй, Патома, Жуй. Данное нагорье относится к заболоченной территории, покрытой тайгой. На территории нагорья расположено множество месторождений россыпного и рудного золота [4].

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

1.1.3 Гидрографическая характеристика

Территория Иркутской области богата своими запасами озерной и речной воды. Помимо Байкала, который является самым большим пресным озером в мире, в Иркутской области обнаружены 229 озер, площадь зеркала которых составляет 7 732,6 км².

Гидросфера Иркутской области в основном состоит из бассейнов крупных рек, таких как Ангара, Нижняя Тунгуска и Лена. Суммарное количество рек в Иркутской области превышает 65 тысяч. Русла большинства рек пересекают предполагаемую трассу трубопровода.

Суммарная длина рек, пересекающих территорию Иркутской области, превышает 309 тысяч км. 12 рек являются крупными водными артериями, на них приходится менее 1% от общей длины. Основная протяженность водной сети обеспечивается мелкими речушками. Густота речной сети составляет 400 м на 1 квадратный метр.

На территории Иркутской области локализован Ангаро-Ленский артезианский бассейн минеральных вод. В его составе выделяют более трехсот источников. Источники плотно располагаются на территории, залежи расположены глубоко, что и определяет химический состав воды, ее температуру и мощность водоносных горизонтов.

Глубина залегания основных запасов – 30-350 м, что обуславливает защиту источников от загрязнения. Вблизи источников нередко расположены здравницы. По качеству оказываемых услуг они сопоставимы со здравницами, расположенными на территории Северного Кавказа.

На территории Иркутской области производят разлив питьевых лечебно-столовых минеральных вод [5].

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

1.2 Общая информация об отводах гнутых

Основным местом применения гнутых отводов является участок перемены направления трубопровода. По форме гнутые отводы относятся к изогнутым металлическим трубам. Гнутые отводы активно применяются в ходе процесса транспортировки полезных ископаемых, при обслуживании различных технологических станций, которые непременно задействуют трубы [10].

Особенности гнутых отводов является меньший угол поворота, который достигается за счет радиуса изгиба, равного примерно $20DN$. Количество используемых отводов обусловлено особенностью местности и рельефа, а также направлением прокладки трубопровода [6].

Область применения гнутых отводов являются узкоспециализированной, т.к. данные элементы обладают большим весом.

Существует два метода производства гнутых отводов: горячее и холодное гнутье. Холодное гнутье ограничено стандартами ГОСТ, в то время как горячее гнутье зависит от полевых условий. В целях экономии в качестве заготовки могут применяться не цельные стальные трубы, а отрезки. Отличительной чертой гнутья является наличие деформации в центральной части трубы, в то время как оставшаяся часть остается неизменной.

При производстве гнутых отводов могут быть задействованы стали разных производителей, при этом при помощи оцинкованного покрытия можно добиться большего разнообразия в характеристиках и применении.

Важной характеристикой, которую необходимо учитывать является диаметр отвода. Необходимо контролировать соответствие диаметра отвода номинальным параметрам трубы и условиям эксплуатации.

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20



Рис. 2 – Отводы при надземной прокладке трубопроводов

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

1.2.1 Характеристика горячегнутых отводов

Горячегнутые отводы производятся методом индукционного нагрева. Разогрев трубчатой заготовки осуществляют при помощи индукции или газодушной горелкой в месте деформации. Данный разогрев имеет место быть при горячем способе гнутья. Предподготовка включает в себя зачистку труб, дефектоскопию и балансировку. Также необходимо поставить метки длин прямых участков и зон изгиба [13].

Необходимо осуществлять контроль таких параметров, как радиус изгиба, скорость подачи нагревательного элемента и объем подачи хладагента.

На этапе обрезки и разделки кромки необходимо контролировать толщину зоны изгиба трубы с обеих сторон. Значение гидросопротивления на крутоизогнутом фитинге выше, чем на полученном участке. Преимуществом является отсутствие засоров и вредных примесей среды. После получения производят маркировку отвода, ставят полимерные заглушки, в крайнем случае наносят защитное покрытие с внешней стороны.

К недостаткам горячегнутого отвода относят большое потребление исходного материала и высокую себестоимость. Тем не менее, значительным преимуществом является равномерное распределение металла в зоне изгиба трубы, обладающей большим радиусом, при этом наблюдается минимальное изменение размера и формы внутреннего сечения [6].



Рис. 3 – Производство горячегнутых отводов

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Объект исследования					22

Важным условием при проектировке горячегнутых отводов является соответствие основных параметров и элементов конструкции рисунку 4, значениям, представленным в таблице 1, и рабочим чертежам. Рекомендуемый угол изгиба лежит в интервале от 3° до 90° с постепенным повышением через 3°. В некоторых случаях допускают повышение через 1° [7].

Допускаемые отклонения угла изгиба не должны превышать $\pm 20'$.

Допускаемые отклонения радиуса изгиба не должны превышать:

- ± 50 мм для 1,5–2,0 DN;
- ± 100 мм 2,5–5,0 DN;
- ± 200 мм 10 DN и более.

Длины А и В отводов, приведенных на рисунке 3, состоят из длины а, соответствующей изогнутому участку и участков L1 и L2, наименьшая допустимая длина которых составляет 650 мм. Необходимо осуществлять округление значений длин отвода до ближайшего значения кратного 50 мм.

Формула для вычисления строительной длины изогнутого участка а, мм,

$$a = R \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2$$

Необходимой локализацией продольных сварных швов трубопровода при осуществлении гнутья отвода является нейтральная зона изгиба. Допустимое отклонение сварного шва от вышеуказанной точки равно не более чем 1/15 диаметра отвода.

Следует избегать излома оси, возникающего как результат потери устойчивости [1].

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

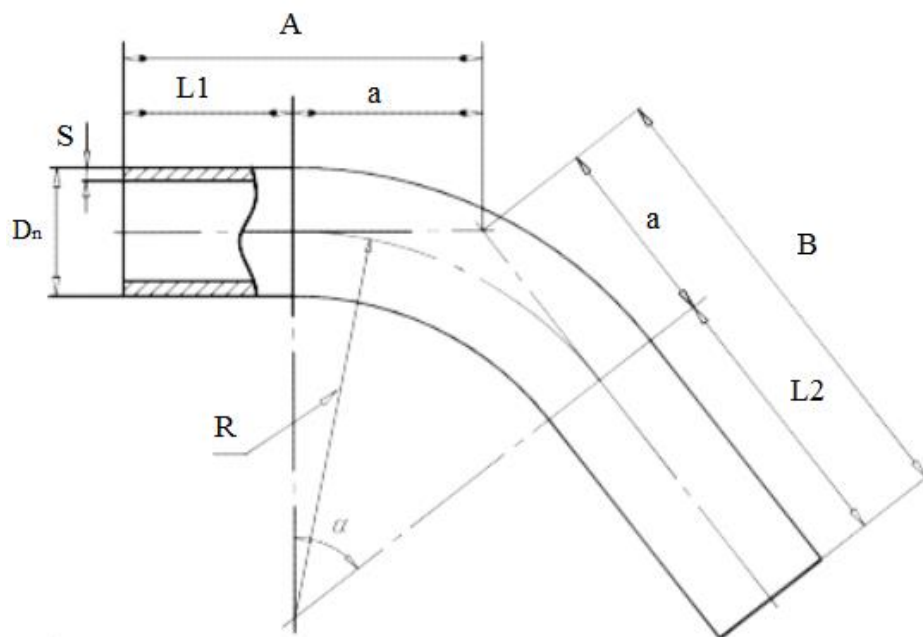


Рис. 4 – Отвод горячегнутой

Здесь: А, В – строительные длины (от плоскостей торцов до точки пересечения осевых линий), мм., D_n – условный диаметр, мм., α – угол изгиба (угол поворота осевой линии), градус., L1 и L2 – прямые участки, мм., а – строительная длина изогнутого участка, мм, S – толщина стенки на торцах, мм., R – радиус изгиба (радиус кривизны осевой линии), мм.,

Таблица 1 – Размеры гнутых отводов, изготовленных с использованием индукционного нагрева

Наружный диаметр D, мм	Условный диаметр DN	Радиус изгиба, мм										
		1,5 DN	2,0 DN	2,5 DN	3,5 DN	5 DN	6 DN	7 DN	8,5 DN	10 DN	16 DN	20 DN
89	80	120	160	200	280	400	480	550	680	800	1250	1600
108, 114	100	150	200	250	350	500	600	700	850	1000	1600	2000
133	125	190	250	300	450	600	750	900	1000	1250	2000	2500
159, 168	150	225	300	400	500	750	900	1000	1250	1500	2400	3000
219	200	300	400	500	700	1000	1200	1400	1700	2000	3200	4000
273	250	375	500	600	900	1250	1500	1800	2100	2500	4000	5000
325	300	450	600	750	1000	1500	1800	2100	2500	3000	4800	6000
377	350	525	700	900	1250	1800	2100	2500	3000	3500	5600	7000

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

Объект исследования

Лист

24

426	400	600	800	1000	1400	2000	2400	2800	3400	4000	6400	8000
530	500	750	1000	1250	1800	2500	3000	3500	4200	5000	8000	10000
630	600	900	1200	1500	2100	3000	3600	4200	5100	6000	9600	12000
720	700	1000	1400	1800	2500	3500	4200	5000	6000	7000	-	-
820	800	1200	1600	2000	2800	4000	4800	5600	6800	8000	-	-
1020, 1067	1000	1500	2000	2500	3500	5000	6000	7000	8500	10000	-	-
1220	1200	1800	2400	3000	4200	6000	7200	8400	10200	12000	-	-
1420	1400	2100	2800	3500	4900	7000	8400	10000	-	-	-	-

В местах стыковки изгибов отводов могут встречаться плавные, выпуклые или вогнутые неровности. Присутствие данных дефектов допускается в том случае, если их высота лежит в интервале от 0,5 номинальной толщины стенки отвода до 5 мм. Вся представленная в этом пункте информация предоставлена в [7].

1.2.2 Характеристика отводов холодного гнутья

Установка гибки труб располагается на производственной базе и применяется в ходе процесса изготовления отводов. При осуществлении холодного гнутья трубу располагают на подставке, фиксируют один край трубы, а второй приподнимают. Для того, чтобы достичь равномерного распределения нагрузки на зону изгиба и избежать формирования гофры и утонения, заполняют трубу сыпучим материалом, а с обоих концов ставят заглушки [6].



Рис. 5 – Производство отводов холодного гнутья

При производстве отводов и кривых вставок, полученных при помощи холодной гибки, необходимо соблюдать ряд требований, описанных в СТО Газпром 2-4.1-273-2008:

1. Исходным материалом для производства отводов холодного гнутья должны быть выбраны одиночные трубы или двухтрубные секции;

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2. Должно соблюдаться соответствие основных параметров и конструкции отводов холодного гнущего значениям, представленным в таблице 2, рисунку 6, требованиям ГОСТ № 24950 и рабочим чертежам;

3. Допустимое значение угла гибки должно быть кратно 3° . В некоторых случаях разрешается повышение через 1° [12].

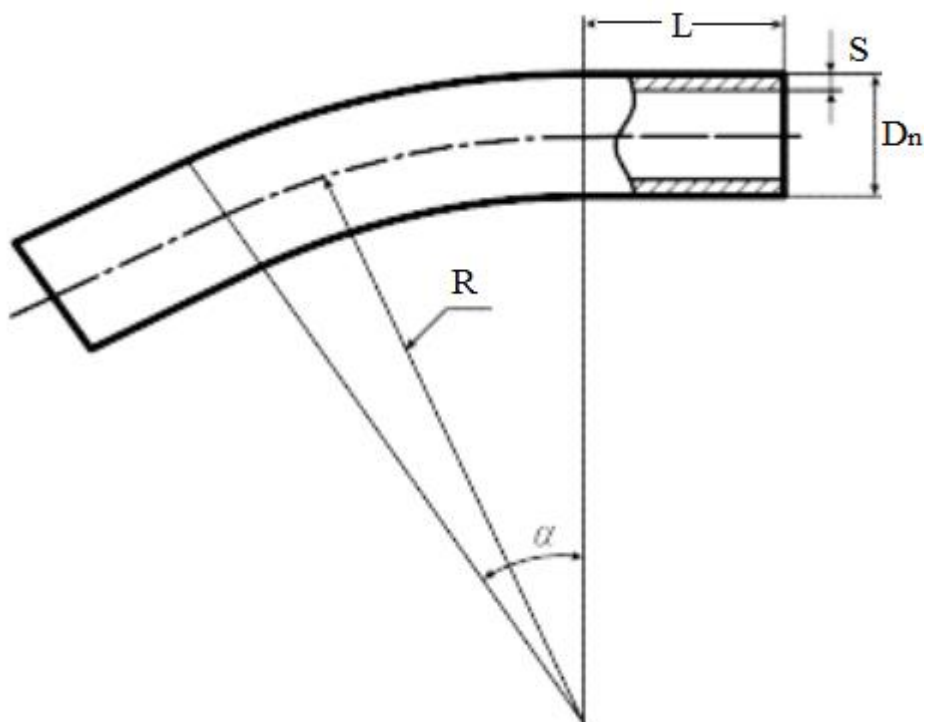


Рис. 6 – Отвод холодного гнущего

Здесь: S – толщина стенки на торцах отвода (без учета покрытия), мм., D_n – условный диаметр, мм., α – угол изгиба (угол поворота осевой линии), градус, R – радиус изгиба (радиус кривизны осевой линии), мм., L – длина переднего по ходу гибки прямого участка (зависит от трубогибочного станка, не является нормируемой характеристикой), мм.

Таблица 2 – Размеры холодногогнутых отводов

Условный диаметр DN	Наружный диаметр D , мм	Толщина стенки S , мм		Унифицированный радиус гибки R , м	Угол гибки α , градус	
		min	max		max	рекомендуемый
50	57	4	8	15	180	3–90
65	76		10			
80	89					

100	102					
	114					
125	133		12			3-45
150	168		15			
200	219				90	
250	273					
300	325		18			3-27
350	377					
400	426	6		20	50	3-21
500	530	7		20	25	
600	630					
700	720	8	21	35	27	
800	820					
1000	1020	11	25	40	7	3-9
					7	
1200	1220	13	27	60	6	
1400	1420	15,7	40		6	

Для отводов холодного гнущего есть ряд производственных и технологических ограничений:

- Максимальное значение отклонения угла изгиба составляет $\pm 20'$;
- Диапазон значений угла изгиба, отклоняющегося от действительного значения, составляет от $\pm 0,05 R$ до ± 200 мм;
- Температура окружающего воздуха, при которой допустимо осуществление гибки труб, составляет не ниже минус 20°C ;
- Температура окружающего воздуха, при которой осуществляют гибку труб, покрытой полимером, составляет не ниже минус 5°C ;
- С целью соблюдения соответствия параметров гибочного башмака, зажимного устройства, ложементов и дорна диаметру деформируемой трубы устанавливают вкладыши;
- На трубогибных станках располагают эластичные прокладки на время гибки труб, покрытых антикоррозионным составом;
- Важным условием осуществления успешной гибки труб холодного гнущего является фиксация трубы и исключение перемещения трубы

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

относительно своей оси. Для сохранения формы трубы разрешено применять внутренние распорки;

- Оптимальное место расположения продольного сварного шва – нейтральная плоскость изгиба с отклонением не более $1/15$ диаметра. Шов рекомендуется располагать в зависимости от положения ложементов;

- Деформация оси, которая является результатом потери устойчивости, запрещена;

- Необходимо проверять наружные поверхности отводов, покрытых антикоррозионным составом, на наличие нарушения сплошности покрытия. При выявлении дефектов последние должны быть устранены;

- Такие параметры, как диэлектрическая сплошность покрытия и толщина трубы, должны подходить под нормативные значения [7].

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

1.3 Изоляция трубопроводов

На газопроводах «Сила Сибири» широко применяются наружные изоляционные асбольные покрытия – разновидность антикоррозийной изоляции.

Для защиты трубопровода от коррозии активно используют асбольное покрытие. В состав асмолы входят поверхностно-активные вещества, создающие защитную пленку на внешней поверхности трубопровода. Вид конечного асбольного продукта зависит от условий эксплуатации трубопровода. В случае «горячего» нанесения используют мастику АСМОЛ. При использовании же «холодного» нанесения используют рулонный асбольный материал «АРМАС» [8]

Достоинства асбольных покрытий:

- Молекулярный уровень антикоррозионной защиты;
- Высокий уровень связывания мастики и металла;
- Отсутствие необходимости в подготовке трубы;
- Наличие работ по изоляции в зимний период (до минус 30°C);
- Отсутствие необходимости в подогреве трубопровода;
- Оптимум применения материалов включает в себя отрицательную температуру (до минус 10 °C).

Применение различных асбольных покрытий:

1. Грунтовка асбольная (ТУ 2312-021-16802026-2000 с изм. №1).

Используется в качестве наружного покрытия подземных газонефтепроводов и продуктопроводов под ленту ЛИАМ, и в качестве базы для мастики на основе Асмолы с целью защиты в диапазоне температур от минус 20 °C до плюс 60 °C. Средний расход грунтовки составляет 130-160 г/м²;

2. Мастичная композиция для антикоррозионных покрытий «АСМОЛ» (ТУ 0258-037-16802026-2009 с изм. №1). Используется как мастичный слой, предотвращающий коррозию в составе как базовых, так и

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

комбинированных покрытий. Применяется в качестве защиты линейной части магистральных трубопроводов, имеющих максимальный диаметр 1420 мм, сварных швов и участков с различной степенью кривизны;

3. Асмольный рулонный материал, армированный стеклотканью «АРМАС» (ТУ 5774-027-16802026-2012). Может быть использован как армирующая мастика, применяемая в комплексе изоляционных покрытий для защиты линейных трубопроводов, имеющих диаметр до 1420 мм. Осуществляют серийный выпуск двух марок: АРМАС-Л (применяется в летний период) и АРМАС-З (применяется зимой);

4. Лента антикоррозионная полимерно-асмольная «ЛИАМ» (ГОСТ Р 52602-2006). Может быть использована в комплексе изоляционных покрытий для защиты линейных трубопроводов, имеющих диаметр до 1420 мм. Также к её достоинствам можно отнести применение в ремонтных условиях или на стадии сооружения при оптимальных температурах до +40 °С. Осуществляют серийный выпуск двух марок: ЛИАМ-Л (применяется в летний период при оптимальных температурах от плюс 5 °С до плюс 30 °С) и ЛИАМ-З (применяется зимой в диапазоне температур от минус 20 °С до плюс 10 °С) [14].

Любой тип покрытия подходит для предполагаемого места прокладки трубопровода, поэтому выберем комбинацию описанных грунтовок и ленты в качестве антикоррозионного покрытия трубопроводов.

					Объект исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2 Порядок производства и виды работ

Основной целью подготовки является обеспечение условий, необходимых для своевременного выполнения прокладки трубопровода и работ, связанных с устранением препятствий как естественных, так и искусственных. Подготовительные работы лежат в основе успешного прокладывания магистрального трубопровода.

Подготовительные работы включают в себя:

- очистка предполагаемой трассы от деревьев и кустарников;
- превращение вертикального откоса в откос под углом;
- проведение мероприятий, направленных на защиту от обвалов и оползней;
- внедрение комплекса мер, направленных на предотвращение промерзания грунта;
- подготовка и проектирование дорог, водоотливных, водопропускных сооружений и осушительных конструкций вблизи трассы, а также временных сооружений (переправ) через объекты гидросферы;
- расположение времянок и складов, предназначенных для хранения оборудования и материалов;
- подготовка вертолётных площадок;
- настройка системы диспетчерской связи;
- защита подъездных дорог от снежных заносов;
- оборудование локаций для проведения трубопроводов через естественные и искусственные барьеры с обязательным наличием временных бытовых помещений и рабочих мест;
- снятие почвы и временное размещение данного слоя земли в отвале.

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Гаврилов И.Е.</i>			<i>Порядок производства и виды работ</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Шадрина А.В.</i>					32	92
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ ГРУППА ИШПР 2БМ91		
<i>Рук. ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>						

Важным условием работ в областях вечной мерзлоты является отсутствие повреждения мохового покрова, поскольку в льдонасыщенных вечномерзлых грунтах наблюдается высокий риск образования термокарста.

Инженерная подготовка трассы включает в себя процесс геодезической разведки, уточнения границ разбивки и условий местности, а также прилегающих к месту разведывания участков. Она необходима для возможности своевременной коррекции проекта [13].

					<i>Порядок производства и виды работ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

2.1 Обоснование применения отводов на этапах проектирования и строительства газопровода

Преимущественный способ прокладки газопровода «Сила Сибири» на всем его протяжении – подземный. Подземный способ прокладки, применимо к теме диссертации, позволяет не использовать компенсационные блоки трубопровода. Однако, пересеченная местность, различный рельеф и густая лесная растительность могут вынудить инженерный состав прибегнуть к изменению положения трассы и к дальнейшим ее поворотам в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Поворот трассы может быть выполнен несколькими способами – при помощи упругого изгиба трубопровода или отводов. Именно применение отводов и рассматривается в этой работе [7].

2.2 Земляные работы

Подавляющее большинство трассы газопровода «Сила Сибири» проложено подземным способом (открытая прокладка трубопровода). В данном случае нет дополнительных мероприятий по обеспечению устойчивости для поворотов трассы трубопровода, где предполагается использовать готовые отводы. В связи с этим, виды и специфика земляных работ не отличается как для случая применения отводов холодного гнущья, так и для горячегнутых отводов [16].

					<i>Порядок производства и виды работ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34



Рис. 7 – Укладка трубопровода в траншею

Основной сутью открытого метода прокладки трубопровода является формирование траншей определенной глубины. Затем данную траншею укрепляют и укладывают трубы внутри неё.

Выделяют следующие стадии:

- Выкапывание траншеи, ее выравнивание;
- Укрепление траншеи;
- Отсыпка подушки;
- Укладка трубопровода;
- Укрывание труб;
- Закрытие траншеи;
- Восстановление ландшафта территории или дорожного покрытия.

Земляные работы, имеющие место в процессе прокладки магистрального газопровода, включают в себя: амортизацию газопровода за счёт формирования песчаной насыпи, уборку насыпи и рекультивацию участка [7].

Следующим этапом является формирование амортизирующей прокладки. Исходным материалом для прокладки является привозной песок.

					Порядок производства и виды работ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Для формирования достаточного уровня амортизации необходимо последовательно уплотнять свои. К амортизирующей прокладке предъявляют следующие требования: толщина должна находиться в пределах 100–150 мм и обеспечивать перекрытие камней, твердого грунта и прочих элементов, способных оказывать негативное влияние на антикоррозионную защиту.

Обвалование является следующим этапом после размещения рабочего участка газопровода на амортизирующей прокладке. Исходным материалом, как и в случае амортизирующей прокладки, является привозной песок. В процесс обвалования включает такие машины, как бульдозеры и одноковшовые экскаваторы. В целях предотвращения деформации газопровода используется песчаный валик. Он должен полностью покрывать газопровод и иметь достаточный запас прочности. Сооружение песчаного валика должно осуществляться профессионалами, дабы избежать деформации и повреждения покрытия или собственно трубопровода [39].

Земляные работы должны осуществляться под контролем геодезистов и геологов. Кроме того, контроль должен присутствовать со стороны компании – заказчика, дабы избежать ошибок на стадии строительства.

2.3 Доставка оборудования и материалов

Наиболее выгодным способом доставки трубопроводов от завода до точки их распределения близ места производства работ безусловно является железнодорожный транспорт [10].

Основным преимуществом транспортировки труб в полувагонах является повсеместное использование. Полувагоны активно используются при отправке труб малого диаметра к месту эксплуатации. Используемые методы крепления позволяют повышать эффективность эксплуатации полувагонов до 95%. Кроме того, конструкция полувагона также позволяет перевозить трубы разного диаметра, например, размещая одну трубу внутри другой.

Перевозка труб большего диаметра сопряжена с определенными трудностями. Во-первых, необходимо задействовать определенные виды крепления, во-вторых, малый процент эффективности использования

					<i>Порядок производства и виды работ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

платформы и сложности укладки вынуждают искать альтернативные способы транспорта.

Частично решить проблему транспорта может вагон-трубовоз. Он является специализированным вагоном, в связи с чем его использование ограничено. Параметры трубовоза – 2,44x2,63 м. В связи с этим его вместительная способность увеличивается в два раза по сравнению с полувагоном. Кроме того, в трубовоз включена собственная система крепления, что уменьшает затраты на транспортировку. Эксплуатация трубовозов является экономически оправданной при транспорте больших партий [9,20].

диаметр 1420 -- 4 трубы

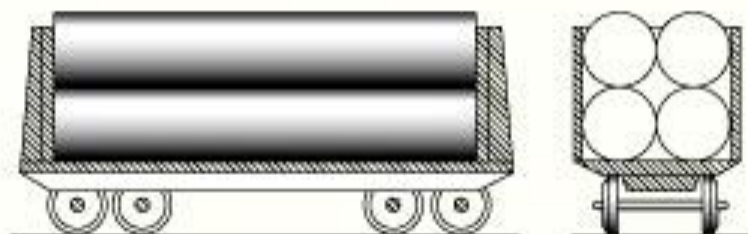


Рис. 8 – Схема укладки трубопроводов в вагоне

От железнодорожного пункта до сварочно-распределительной базы трубопроводы и иное необходимое оборудование доставляется трубо- и плетевозами на базе автомашин. В этом плане транспорт отводов холодного гнутья немногим отличается от транспорта труб из-за своих внушительных размеров и относительно небольших угловгиба. К тому же, в некоторых случаях трубогибочные операции позволяет производить в полевых условиях, что экономит денежные ресурсы (в перспективе) и время на особенности транспортировки, а это безусловный плюс. Отводы же горячегнутые значительно отличаются по форме и габаритам от прямых трубопроводов, что заставляет либо подготавливать отдельный транспорт для доставки их к месту установки, либо заниматься планированием и комбинированием полезного пространства в грузовой части трубо- и плетевозов [21].

Работы, сопряженные с транспортом, погрузкой и разгрузкой, осуществляемые при строительстве газопроводов:

- выгрузку труб на прирельсовых площадках;
- погрузку труб на автомобильные транспортные средства, складирование труб на прирельсовом, базисном или притрассовом складе;
- погрузку-разгрузку на трубосварочных базах, погрузку и транспортировку секций труб, и их разгрузку на трассе.

Для успешного строительства газопровода необходимо обеспечить своевременную доставку труб и их секций, элементов запорной арматуры, изоляцию, железобетонную конструкцию, механизмы и т.д. В основном наибольшие энерго- и ресурсозатраты выходят на транспорт труб и секций.

В процессе транспортировки активно используются следующие виды транспорта: водный, автомобильный и железнодорожный.

К отдельным пунктам трассы грузы доставляются железнодорожным, водным и автомобильным транспортом. От мест разгрузки трубы и трубные секции развозят по трассе или на трубосварочные базы специальным автотранспортом – трубовозами [9].

В труднодоступных районах со сложными дорожными условиями, транспортные работы играют решающую роль. Ведь от качества их выполнения будет зависеть процесс строительства определённого участка и соответствие отведённым срокам сооружения всего магистрального газопровода в целом. Для транспортировки труб и трубных секций к месту проведения работ по сооружению газопровода в условиях бездорожья, применяют специальные транспортные средства повышенной проходимости на автомобильном или тракторном ходу [10].

Секции труб, доставленные к месту производства монтажных работ, как правило, разгружают с транспортных средств трубоукладчиками.

					<i>Порядок производства и виды работ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

В сложных районах транспортные работы могут выполняться со значительным опережением основного потока производства работ по сооружению магистрального газопровода.

Ведущую роль в своевременном выполнении транспортных работ играет качественное проведение подготовительных работ, а именно наличие или отсутствие временных дорог, переправ через реки, ручьи, а также переходы через овраги и промоины.

Регулировка межконикового расстояния автопоезда производится за счет изменения установки «плавающего» дышла в раме прицепа при маневрах тягача. Загрузка роспуска на тягач при холостом пробеге осуществляется за счет лебедки тягача и складывающегося дышла, а управление роспуском выполняется с помощью трособлочной, крестообразной сцепки [39].

Благодаря такой конструкции автопоезд трубоплетевоз обладает максимальной универсальностью, которая выражается в бесступенчатой регулировке длины перевозимого объекта в сочетании с регулируемыи по вылету кониками. К типичным моделям данного типа относятся вариации на базе автомобилей «Урал» и КАМАЗ, под шасси которых устанавливают трубоплетевозные надстройки. При этом оба производителя предлагают весьма мощные машины трубовозы с использованием узлов и комплектующих известных иностранных производителей. К примеру, такие модели трубовозных тягачей как трехосный КамАЗ-65226 (6х6) и четырехосный КамАЗ-65228 (8х8) оснащаются механическими коробками переключения передач Zahnrad Fabrik и автоматическими с гидротрансформатором Allison, а также гибридными гидро-механизированными Zahnrad Fabrik Transmatic WSK [37].

Если говорить о трубоплетевозах на базе «Урал», то сейчас помимо классических вариантов доступны к покупке бескапотные модели «Урал 690222» на шасси «Урал 6370-1151». Особая гордость автотягачей с Урала – это модель ТАГАНАЙ 8х8 с двигателем высокой мощности Caterpillar C18.

					<i>Порядок производства и виды работ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Из трубовозов и трубоплетевозов данного типа иностранного производства на рынке России представлены машины немногих производителей. Наиболее популярной в данном сегменте является чешская компания Tatra с моделями TATRA T 815-290, TATRA T 163-390, TATRA T 815-290.

Ко второму типу машин для перевозки труб или плетей относятся внедорожные автомобили одиночки, перевозящие на себе трубы, плети из труб, балки и любой другой груз, соответствующий грузоподъемности машины, габаритам и ее тяговым и проходимым возможностям. Выпуском подобных машин занимаются всего несколько специализированных автомобильных компаний, к примеру, Terberg, Ginaf и Paul Nutzfahrzeuge.

Обычно в качестве «донора» для таких автомобилей используется серийные грузовики, оснащенные тремя и более осями. Для монтажа трубоплетевозных держателей и ограничителей поверх рамы устанавливается дополнительная надстройка. Что бы понизить центр тяжести машины, учитывая немалую массу труб, кабину оператора выносят вперед и вниз, делая так называемую вагонную компоновку с заниженной кабиной или Deep Cabin. Впрочем, более рациональным вариантом трубоперевозчика с верхним расположением груза является разработка спецшасси, что позволяет получить эффективную машину с изначально установленной кабиной впереди двигателя, который вынесен в верхнюю часть рамы.

К данному типу относится автомобиль трубовоз с верхним размещением трубы TATRA T815-290R9T/280, или изначально машины тяжеловозы вагонной компоновки MAN Special eXtreme в версиях HX, FX, CAT, KAT с осевыми приводами 6x6, 8x8 и 10x10.

Также в данном сегменте популярна спецтехника с использованием активного подвижного шарнира, к примеру, TEREX FSDT, Volvo A30E Pipe Carrier 6×6 и канадские спецмашины Foremost Delta, Foremost Commander [10].

					<i>Порядок производства и виды работ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

2.4 Трубогибочное оборудование

Чтобы создать отводы холодного гнущего в полевых или близких к полевым условиям необходимо использовать трубогибочные станки. Для рассматриваемого трубопровода с наружным диаметром 1420 мм предлагается применять трубогиб ГТ1425 российского производства.

Конструкция станка, делая скидку на большую часть предполагаемой территории прокладки трубопровода, позволяет вести работы только на производственных базах, что обосновывается большим диаметром трубопровода и, соответственно, большим весом общей конструкции. В сумме эти факторы делают нецелесообразным проведение трубогибочных работ непосредственно в районе прокладки газопровода. Диаметр проектируемого трубопровода – 1420 мм, что является профильным диаметром для рассматриваемого трубогибочного станка.

Родственные станки подобного типа предназначены для холодной гибки в полевых и производственных условиях стальных прямошовных и бесшовных труб длиной от 10 до 24 м с наружным диаметром 219-1420 мм.

Станки могут применяться при строительстве трубопроводов на трубосварочных базах. Гибка производится путем обкатки трубы по формирующему лекалу (башмаку) с помощью гибочного ложемент и системы гидроцилиндров. Станки комплектуются штатными угломерами. По дополнительной заявке возможна поставка цифровых угломеров.

Основное отличие более совершенных моделей трубогибов ГТ1022, ГТ532, ГТ1424 от их предшественников - трубогибов известных марок ГТ531, ГТ1021, ГТ1421 и ГТ1422 - возможность гнутья труб более высоких классов прочности и с большей толщиной стенки. Также новые модели имеют более высокую производительность, короткий гибочный ложемент, что позволяет получать отводы с меньшими радиусами гнущего, особенно при использовании дорнов. Кроме того, на трубогибе ГТ532 возможно использовать дорны Д219-530 мм., в трубогибе ГТ531 такая возможность отсутствует. Вкладыши изготавливаются на диаметры труб, необходимые Заказчику.

					Порядок производства и виды работ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



Рис. 9 – Трубогиб ГТ1425

В настоящее время трубогиб ГТ1424 заменен в производстве на новую модель ГТ1425, который позволяет гнуть трубы более высоких классов прочности и с большей толщиной стенки.

Трубогиб ГТ1425 может изготавливаться с приводом от дизельного двигателя «Caterpillar 3126 DI-TA» с прифланцованным к нему редуктором РПП ZF 280-1 с передаточным отношением 1,514:1 [11].

Таблица 3. Характеристика трубогибочного станка ГТ1425 [12]

Наружный max D изгибаемых труб, мм - прочих	1420 914, 1020, 1067,8(42"), 1220
Машинное время одного гига, с	75
Максимальный угол изгиба труб длиной 12 м	до 15°
Максимальная толщина стенки труб D класса прочности K65 (X80), мм	D 1020 - 85 D 1420 - 44
Достижимый радиус изогнутой трубы, м	36
Установленная мощность, кВт	96,2
Габаритные размеры, мм: - длина	9900

- ширина	2940
- высота	3130
Масса (без кабины, ходы и вкладышей), кг	51000

2.5 Монтаж и сварка газопроводов и отводов

Основу трубопроводного строительства составляют сварочно-монтажные работы, в значительной степени определяющие надёжность сооружаемых объектов. При строительстве линейной части магистральных газопроводов сварочно-монтажные работы выполняют, как правило, в два этапа: на первом этапе отдельные трубы с заводской длиной 12 м и менее на полустационарных трубосварочных базах сваривают с поворотом в 24-, 36- и даже 48-метровые секции; на втором этапе из этих вывезенных на трассу длинномерных секций сваривают непрерывную нитку трубопровода. Эта схема сварочно-монтажных работ принята во многих странах. Технология так называемой поворотной сварки непрерывно совершенствуется в направлении исключения выполняемых вручную операций как по сварке, так и по транспортировке труб по трубосварочной базе. Технология сварки совершенствуется в направлении увеличения производительности и повышения качества [13].

Сборку труб под сварку выполняют с помощью внутренних либо наружных звеньевых центраторов. Зазор между кромками зависит не только от толщины стенки труб и вида сварки, но и типа электродов, применяемых при сварке корневого шва. Необходимый зазор устанавливают щупами и фиксируют трубы прихватками по всему периметру.

Монтажные работы при наличии труб с заводской изоляцией имеют некоторые особенности. Трубы должны доставляться трубопроводными машинами с оборудованием, исключающим повреждение покрытия в местах их контакта с конниками трубопровода. Их выгружают и погружают с помощью

					Порядок производства и виды работ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

траверсы. Стрелы трубоукладчиков покрывают амортизирующими обрезиненными прокладками толщиной не менее 20 мм.

Трубы и трубные секции разгружаются только на заранее подготовленные деревянные лежки, на которых имеются мягкие прокладки и деревянные клинья [14].

Для монтажа изолированных труб и секций на трассе применяются опоры из деревянных лежек. Верхние лежки имеют амортизирующие прокладки. Использование земляных или грунтовых призм не допускается.

Кривые вставки изготавливают на трубогибочных станках с обязательным использованием дорнов. Опорные поверхности башмаков ложементов упора станков снабжаются прокладками из резины.

Производство сварочных работ должно выполняться в соответствии с «Временные требования к организации сварочно-монтажных работ, применяемым технологиям сварки, неразрушающему контролю качества сварных соединений и оснащенности подрядных организаций при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте магистральных газопроводов ПАО «Газпром». Контроль качества сварных соединений должен выполняться в соответствии с «Технические требования к сварке и НК качества сварных соединений при строительстве газопровода в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» [37].

Руководитель сварочных работ должен быть аттестован по НК на метод контроля ВИК.

Трубы для строительства газопровода должны поступать с завода-изготовителя с установленными на них инвентарными заглушками. Конструкция заглушек должна позволять проводить все такелажные операции, не снимая их с торца трубы (тип заглушки должен обеспечивать защиту полости трубопровода от попадания пыли и загрязнений).

Строительно-монтажные организации в обязательном порядке должны сохранять заглушки на торцах труб при приемке, хранении на приобъектных складах, вывозке и раскладке труб по трассе. Снятие заглушек разрешается

					<i>Порядок производства и виды работ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

только непосредственно перед монтажом газопровода. При устройстве перехода применяются следующие виды сварки [13]:

- Ручная дуговая сварка электродами с основным видом покрытия (все слои шва);

- Ремонт дефектов сварного шва ручной дуговой сваркой.

2.6 Нанесение антикоррозийной изоляции на отводы в полевых условиях

Отводы горячегнутые производятся в заводских условиях, поэтому там же и подвергаются нанесению заводской изоляции. Данные отводы не нуждаются в дополнительных операциях, связанных с изоляционным покрытием. Отводы же холодного гнутья создают из прямых труб с заранее нанесенным заводским способом изоляционным покрытием. Процесс холодного гнутья в определенных случаях может спровоцировать частичное разрушение некоторого или всех слоев изоляции. Зафиксировав нарушение целостности или приход в негодность изоляционного покрытия необходимо провести операции по снятию неудовлетворительного покрытия и нанесению нового покрытия в соответствии с нормами для нанесения изоляционного покрытия в полевых (или приближенных к ним) условиях. Возможность нанесения антикоррозийного покрытия в зимних полевых условиях обусловлена выбором покрытия (асмольное покрытие: грунтовка и лента) [8].

					<i>Порядок производства и виды работ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

3 Анализ прочностных характеристик отводов

Практическое исследование включает в себе выбор толщины стенки трубопровода (такая же толщина стенки будет у отводов) и последующий прочностной сравнительный расчет отводов ГО и ОГ. Расчет проводится в ПО МКЭ ANSYS.

Исходные данные для прочностного расчета:

1. диаметр трубопровода – 1420 мм.;
2. горячегнутые отводы – не имеют утонения стенки трубы, отводы холодного гнутья – имеют утонение (согласно [14], предельное отклонение по наружному диаметру [для диаметров более 1020 мм] составляет $\pm 0,6\%$ или ± 6 мм);
3. углыгиба общие для двух отводов, имеют значение от 1 до 6 градусов [7];
4. учитывается нагрузка рабочего давления среды, теплового расширения металла труб и отводов, вес вышерасположенного грунта и снежного покрова.

В данной работе не рассматривается упругий изгиб, поскольку газопровод прокладывается подземно. В подземной прокладке отсутствуют компенсаторные блоки, поскольку температурные перепады под землей значительно ниже, чем над поверхностью земли. Однако, грунты обладают свойствами сезонных пучений и таяний, что приводит к изменению положения трубопровода относительно его проектного положения. Трубопровод в таких случаях изгибаются упруго, что регламентируется нормативной документацией. Однако создание дополнительных мест упругого изгиба является рискованным мероприятием. Поэтому при прокладке трубопровода необходимо использовать специализированные отводы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»			
Разраб.		Гаврилов И.Е.			Анализ прочностных характеристик отводов	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.					46	92
Консульт.								
Рук. ООП		Шадрина А.В.						
					НИ ТПУ		ИШПР	
					ГРУППА		2БМ91	

3.1 Расчет толщины стенки трубопровода

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

$$\delta_n = \frac{n \cdot P \cdot D_n}{2(R_1 + n \cdot P)} = \frac{1,1 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \cdot 1420}{2 \cdot (329,81 \cdot 10^6 + 1,1 \cdot 9,8 \cdot 10^6)} = 0,0234 \text{ м,}$$

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

$P = 9,8$ МПа – рабочее давление в трубопроводе;

$D_n = 1420$ мм – наружный диаметр трубы;

R_1 – расчетное сопротивление растяжению, определяется по формуле:

$$R_1 = \frac{R_n^1 \cdot m_0}{k_1 \cdot k_n} = \frac{590 \cdot 10^6 \cdot 0,99}{1,4 \cdot 1,265} = 329,81 \text{ МПа,}$$

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

$k_1 = 1,40$ – коэффициент надежности по материалу;

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

R_n^1 - нормативное сопротивление растяжению металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению временного сопротивления $\sigma_{вр} = R_n^1$, МПа, примем $\sigma_{вр} = 590$ МПа для стали классом прочности К60.

Полученное расчетное значение толщины стенки трубы округляется до ближайшего большего значения, 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:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_n}{2(R_1 \cdot \psi_1 + n \cdot P)} = \frac{1,1 \cdot 9,8 \cdot 1,42}{2 \cdot (329,81 \cdot 0,47 + 1,1 \cdot 9,8)} = 0,0350 \text{ м,}$$

					Анализ прочностных характеристик отводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

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

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

$$\sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{134,26}{329,81} \right)} - 0,5 \cdot \frac{134,26}{329,81} = 0,63,$$

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

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

$$-1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 96,19 + 0,3 \cdot \frac{1,1 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \cdot 1,374}{2 \cdot 0,023} = -134,26 \text{ МПа},$$

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 расчетах можно принять 0,3;

$D_{\text{внут}}$, мм - внутренний диаметр трубы;

Δt - расчетный температурный перепад.

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

$$\Delta t_{(+)} = \frac{\mu \cdot R_1}{\alpha \cdot E} = \frac{0,3 \cdot 329,81}{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5} = 41,22 \text{ град},$$

$$\Delta t_{(-)} = \frac{(1 - \mu) \cdot R_1}{\alpha \cdot E} = \frac{(1 - 0,3) \cdot 329,81}{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5} = 96,19 \text{ град}.$$

К дальнейшему расчету принимаем больший перепад температуры.

Находим величину продольных осевых сжимающих напряжений:

Если $\sigma_{\text{прN}}$ - имеет отрицательное значение, это означает, что присутствуют сжимающие напряжения. Тогда рассчитывают коэффициент,

					Анализ прочностных характеристик отводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

учитывающий двухосное напряженное состояние труб ψ_1 . При наличии продольных напряжений расчетную толщину стенки пересчитывают.

Поскольку полученное расчетное значение толщины не входит в стандартный размерный ряд для труб [15], выпускаемых ВМЗ, будем считать что данную трубу сделают на заказ. Исходя из приведенных расчетов и наличия продольных осевых сжимающих напряжений, толщина стенки газопровода $\delta_n = 35$ мм.

3.2 Прочностной расчет

Объект исследования. Объектами исследования являются две модели гнутых отводов, каждый из которых имеет внешний диаметр 1420 мм, толщину стенки 35 мм и угол поворота 5° . Согласно нормативной документации [7], данные отводы имеют регламентированный радиус изгиба и строительную длину. Радиус изгиба отвода холодного гнутья – 60 м., горячего отвода – 7 м. Строительная длина для отвода холодного гнутья – не нормируется, горячего отвода – 700 мм. Забегая вперед, в ходе практических расчетов выяснилось, что на торцах исследуемых трубопроводов возникают избыточные напряжения, не соответствующие реальному напряженно-деформированному состоянию трубопроводов. Поэтому принято решение в расчетной модели помимо самих отводов, использовать добавочные прямые вставки длиной по 7 м., а итоговая длина исследуемой модели составляет порядка 15 м. Также обращаю внимание, что анализу подлежит только место изгиба трубы. В расчете принимаем расстояние от верхней образующей трубы до поверхности земли 1 м.

Отличительной особенностью отвода холодного гнутья, помимо большого радиуса изгиба, является наличие утонения в внешней стороне изгиба отвода, величина которого регламентируется [14] и не превышает 6 мм по наружному диаметру. В данном расчете максимальное утонение стенки отвода равно 3 мм. Виртуальные модели отводов и их натурные модели расположены на рисунках 10-13.

					Анализ прочностных характеристик отводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

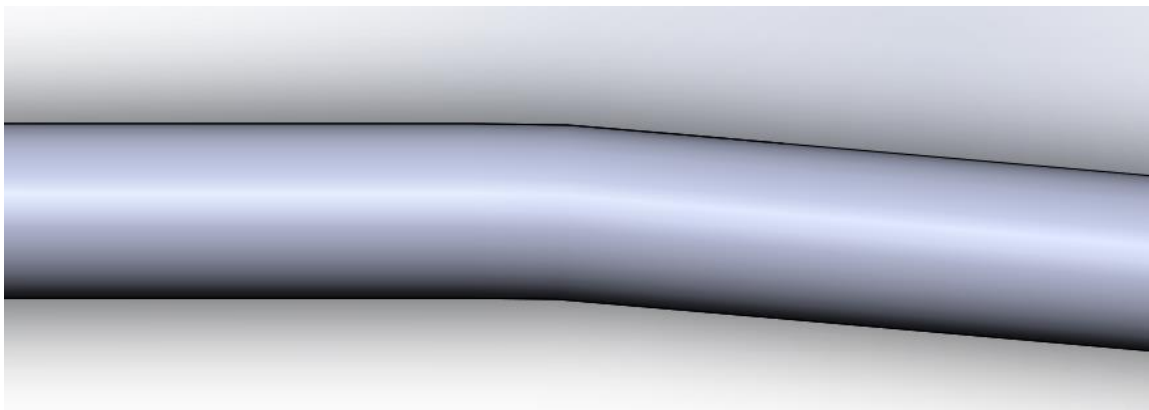


Рис. 10 – Модель отвода горячегнутого

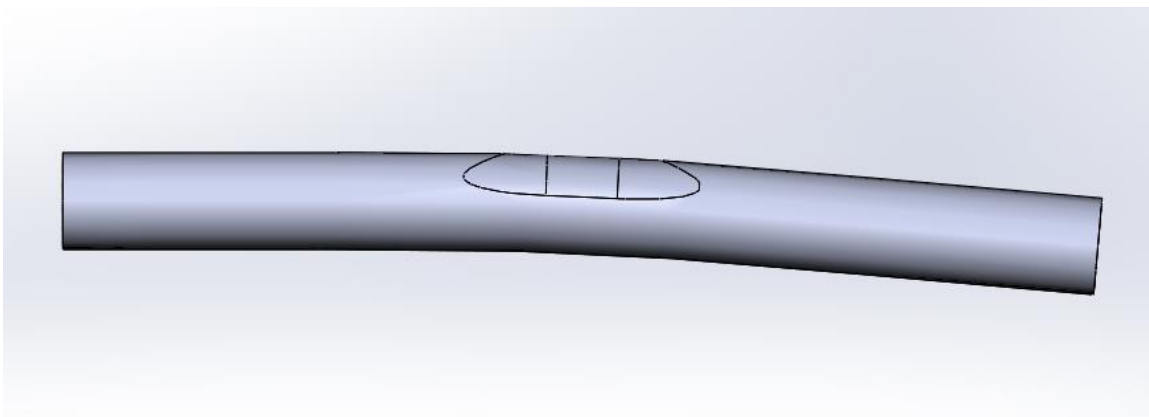


Рис. 11 – Модель отвода холодного гнутья



Рис. 12 – Натурная модель горячегнутого отвода

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рис. 13 – Натурная модель отвода холодного гнущья

Нагрузками, действующими на трубопровод, являются:

- вес грунта;
- вес снегового покрова;
- собственный вес трубы;
- осевые сжимающие/растягивающие напряжения;
- рабочее давление транспортируемой среды внутри трубопровода.

Разберем величины нагрузок более подробно. Плотность грунта в районе прокладки трубопровода, согласно [15], составляет порядка 1350 кг/м^3 . Т. е. вес грунта, приходящийся на 1 погонный метр трубопровода, составляет порядка 1,9 кН. Нагрузка от снегового покрова регламентируется [16]. Исследуемый район прокладки трубопровода находится во второй зоне, поэтому нагрузка принимает значение 1 кПа. Осевая нагрузка рассчитана по следующей формуле:

$$N = E \cdot F \cdot \alpha \cdot \Delta t, \text{ где}$$

Δt – значение перепада средних температур между январем и июлем.

$$N = 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 0,15 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 47 = 17,4 \text{ МПа.}$$

Принимаем значение осевой нагрузки 17,4 МПа. Остальные параметры известны или их легко задать в процессе прочностного расчета.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Задача на решение. Проверка прочности каждого из представленных отводов от действия нагрузок во время эксплуатации трубопровода.

Анализ граничных условий. В состав граничных условий для данной работы войдут:

1. Модуль упругости материала трубопровода – $E=2,06 \cdot 10^{11}$ МПа;
2. Коэффициент Пуассона – 0,3;
3. Нагрузки (рис. 14 – 15):
 - вес грунта – 29 кН, приложен вертикально вниз;
 - вес снегового покрова на поверхности земли – 1 кПа, приложен вертикально вниз;
 - осевое сжимающее усилие от температурного расширения/сжатия труб – 17,4 МПа, приложено перпендикулярно торцам трубопроводов;
 - собственный вес трубопроводов, приложен вертикально вниз;
 - рабочее давление в трубопроводе – 9,8 МПа, приложено перпендикулярно внутренней поверхности трубопровода.
4. Температурное поле не меняется – минус 5 С°.

					<i>Анализ прочностных характеристик отводов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

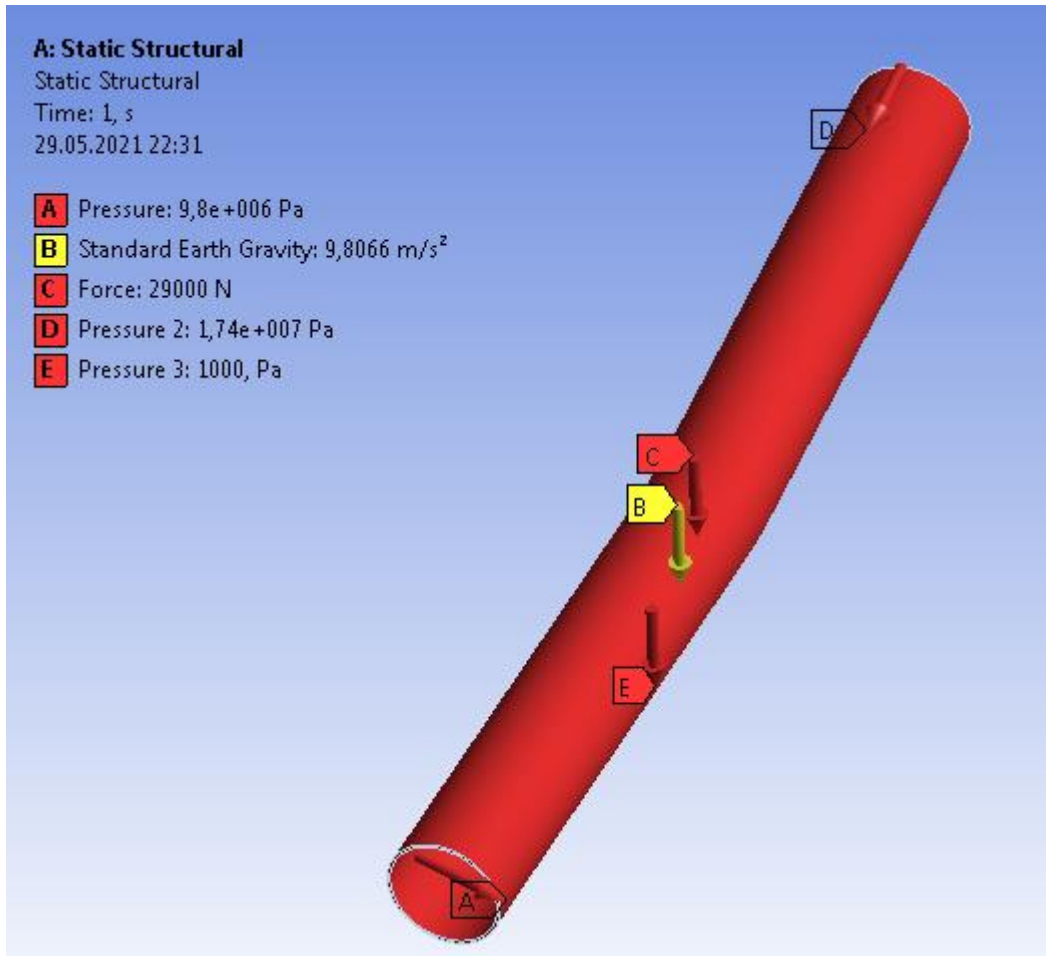


Рис. 14 – Нагрузки для горячего отвода

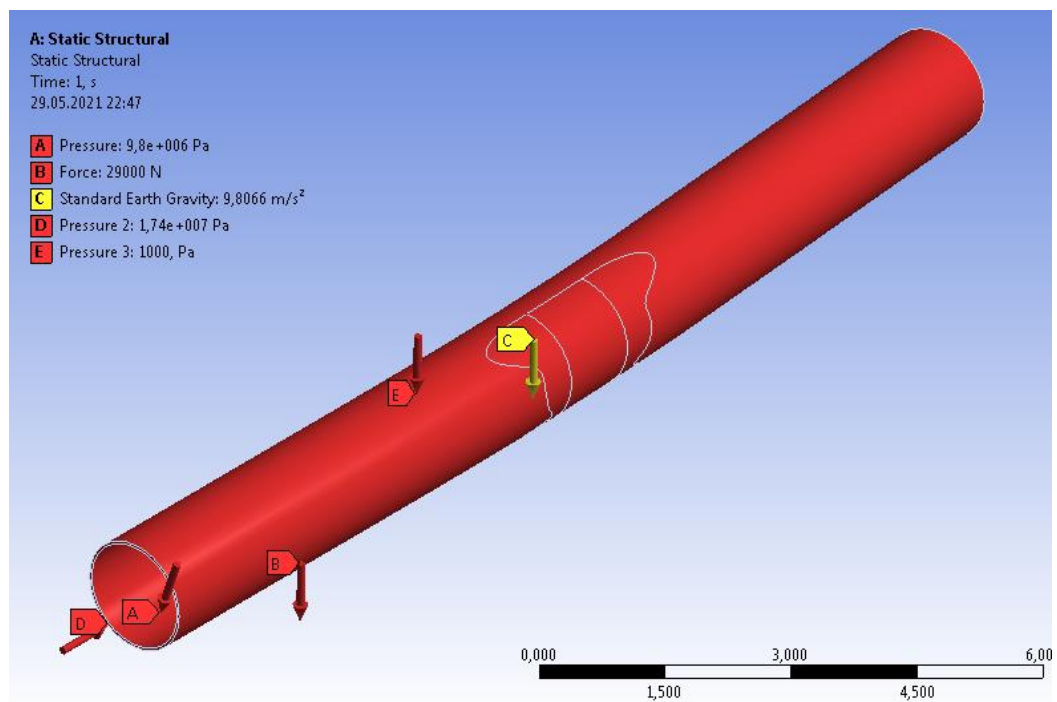


Рис. 15 – Нагрузки для отвода холодного гнущя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Решение в ANSYS. ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов (САПР, или CAE) и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей.

Выбор материала. В ПО ANSYS есть возможность выбрать большое количество материалов в своей библиотеке. Для данного расчета воспользуемся стандартно предлагаемым материалом «Structural Steel». Здесь устанавливаем модуль Юнга - $2,06 \cdot 10^{11}$ Па, а коэффициент Пуассона – 0,3. Согласно [17] предел текучести материала труб с классом прочности K60 равен 460 Мпа.

Тип решения. Результаты данного исследования отображены в модуле Postprocessing в ПК МКЭ ANSYS. Программный комплекс ANSYS, использующий метод конечных элементов является одной из наиболее распространенных CAE-систем (CAE – Computer Aids Engineering). Многоцелевая направленность программы, независимость от аппаратных средств (от персональных компьютеров до рабочих станций и суперкомпьютеров), средства геометрического моделирования на базе B-сплайнов (технология NURBS), полная совместимость с CAD/CAM/CAE системами ведущих производителей и «дружеский» интерфейс привели к тому, что именно ANSYS в настоящее время используется во многих университетах для обучения студентов и выполнения научно-исследовательских работ. Данный ресурс выполняет сложный прочностной анализ конструкций с учетом разнообразных нелинейностей, среди которых геометрическая и физическая нелинейности, нелинейное поведение конечных

					Анализ прочностных характеристик отводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

элементов и потеря устойчивости. Используется для точного моделирования поведения больших и сложных расчетных моделей.

Анализ результатов. Проведенные расчеты (рис 16 и рис 17) показывают неоднозначные результаты. Исследуемые отводы имеют существенно различающиеся картины распределения напряжений.

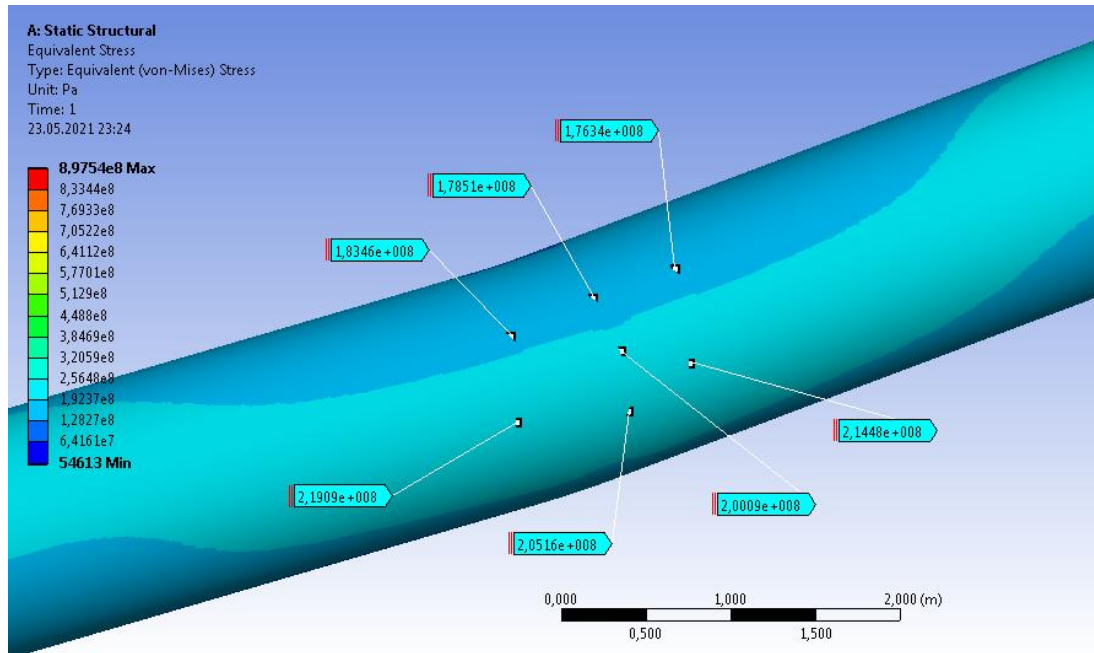


Рис. 16 – Распределение полей эквивалентных напряжений для горячегнутого отвода

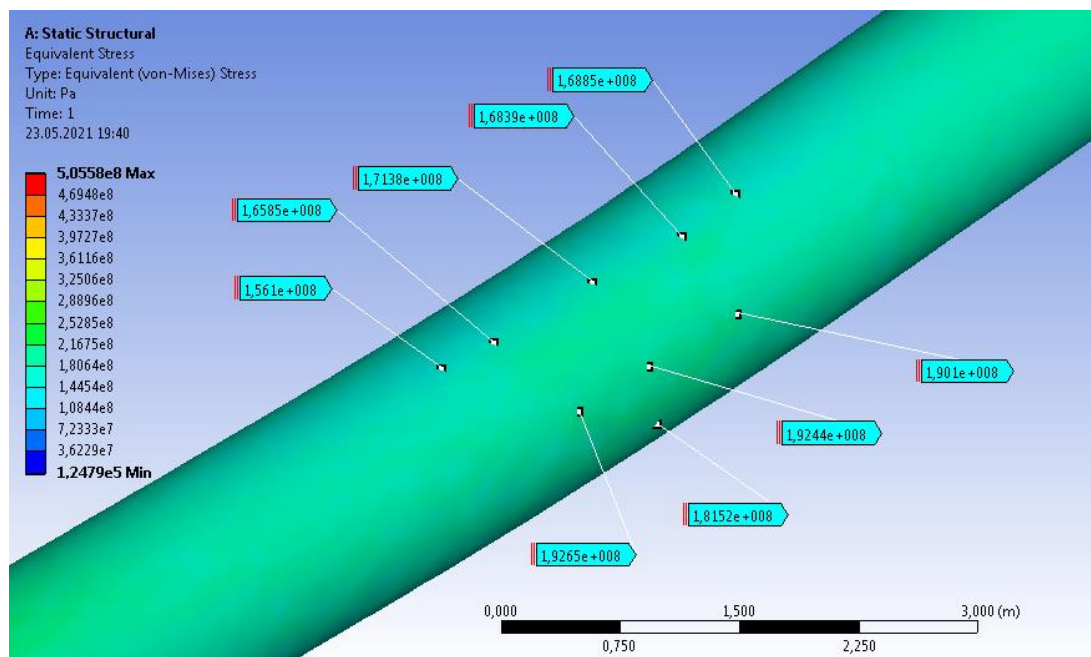


Рис. 17 – Распределение полей эквивалентных напряжений для отвода холодного гнутья

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Проведя анализ результатов прочностных расчетов, сделаем несколько выводов и обоснуем их:

- Горячегнутый отвод концентрирует напряжения на внешней стороне. Это объясняется формой отвода, центральная ось которого близка к форме окружности, за счет небольшого радиуса кривизны. Минимальный коэффициент запаса в данном случае равен 2,1;

- Отвод холодного гнущего имеет различную картину НДС, по сравнению с отводом горячегнутым. Это также связано с радиусом кривизны отвода: 60 метров против 7, отличие практически в 10 раз. Такая форма отвода больше похожа на прямой участок трубопровода, что и показывает факт равномерно распределенных напряжений. Минимальный коэффициент запаса данного отвода составляет порядка 2,38 – это значение позволяет рассматривать его в качестве альтернативы горячегнутым отводам.

					Анализ прочностных характеристик отводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

4 Финансовый менеджмент

4.1 Экономическая эффективность. Технологические сведения об отводах гнутых

Отводы горячегнутые и холодного гнутья выполняют одну и ту же функцию – обеспечение поворота трассы трубопровода. Способ их производства при этом отличается. Отводы горячегнутые производятся методом постоянного нагрева изгибающегося элемента при помощи электромагнитной индукции. Данный способ позволяет создавать отводы достаточно низкого радиуса изгиба, но условия для создания отводов таким методом реализуемы исключительно в производственных (заводских) помещениях. Часто компании-подрядчики не обладают таким оборудованием, поскольку его эксплуатация слишком сложна в условиях далекого расположения производственных баз в районах прокладки трубопроводов. Отводы холодного гнутья создаются на специальных трубогибочных станках, часто мобильного исполнения. Их использование не требует высокой квалификации работника, использующего данный станок, и само обслуживание станка является менее трудоемким [20]. В связи со всем вышесказанным видно, что использование того или иного отвода приводит к разным суммарным стоимостям. В данный момент широкое применение имеют отводы горячегнутые. Рассмотрим в этом разделе, из чего состоит стоимость применения отводов горячегнутых и холодного гнутья и есть ли экономический эффект от замены отводов горячегнутых на отводы холодного гнутья.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»			
Разраб.		Гаврилов И.Е.			Финансовый менеджмент	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.					57	92
Консульт.		Романюк В.Б.				НИ ТПУ ИШПР		
Рук. ООП		Шадрина А.В.				ГРУППА 2БМ91		

Вернемся к расчету стоимостей. Стоимость трубогибочного станка ГТ1425 составляет 2062000 рублей [22]. Примем ставку амортизации в 10% и рассчитаем амортизационные отчисления на один отвод холодного гнущего, путем умножения стоимости трубогибочного станка на ставку амортизации, разделив полученное значение на количество произведенных отводов холодного гнущего в год:

$$\frac{2062000 \cdot 0,1}{40} = 5155 \approx 5,2 \text{ тыс. р.}$$

Предположительным работником, который будет работать с трубогибочным станком, может быть переквалифицированный слесарь-ремонтник или оператор. Средняя зарплата людей таких профессий, учитывая, что Иркутск не попадает в область начисления северных надбавок, составляет порядка 40000 р [23]. Работа над созданием одного гнутого отвода может занять от 15 минут до часа, что составит в крайнем случае порядка 100 р. Сумма слишком мала для комплексной оценки стоимости отвода, поэтому не будет ее учитывать.

Таблица 6 – Исходные данные к расчету отвода холодного гнущего

Параметр	Стоимость, тыс. р
Плеть трубопровода	1020
Амортизационные отчисления	5,2
Сумма	1025,2

Разница между полными стоимостями отвода горячегнутого и отвода холодного гнущего составляет – 118,9 тыс. р. для одного отвода.

Вывод. С экономической точки есть значительный экономический эффект от использования отвода холодного гнущего вместо горячегнутого – порядка 119 тыс. рублей экономии. Поэтому необходимо рассмотреть замену отводов в трассовых условиях, учитывая особенности конструкционные отводов холодного гнущего.

5 Социальная ответственность

5.1 Социальная ответственность при прокладке трубопроводов линейной части магистрального газопровода с применением отвода холодного гнутья

На сегодняшний день, в условиях расширенной газификации Восточной Сибири и запуске серьезных стратегических объектов транспорта ценного углеводородного сырья – природного газа, вопросы, связанные с соблюдением проектного положения трубопровода наиболее актуальны. Приоритетную роль здесь исполняют стальные отводы – соединительные детали трубопроводов, которые меняют направление потока транспортируемой среды [18].

Несомненно, любой вид укладки труб магистральных газопроводах являются работами повышенной опасности, с возникновением вредных и опасных факторов. Так же во время проведения трубоукладочных работ происходит сильное воздействие на окружающую среду.

В данном разделе проведены исследования, позволяющие определить основные аспекты безопасности трубоукладочных работ на магистральных трубопроводах и их влияние на окружающую среду.

Основная задача при проведении трубоукладочных работ – обеспечение высокого уровня безопасности проведения работ и охраны труда персонала.

Стоит отметить, что в данной работе рассматривается магистральный газопровод, расположенный в Иркутской области – районе, характеризующимся сложными климатическими условиями, слабой инфраструктурой, которые также влияют на качество проведения работ [29].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»			
Разраб.		Гаврилов И.Е.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.					61	92
Консульт.		Сечин А.И.				НИ ТПУ ИШПР		
Рук. ООП		Шадрина А.В.				ГРУППА 2БМ91		

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.2.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

К выполнению трубоукладочных работ на магистральных газопроводах допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие ограничений, обученные безопасным методам ведения работы, прошедшие инструктаж на рабочем месте и получившие допуск к самостоятельной работе. Рабочий обязан применять все действующие инструкции, стандарты предприятия и организации, использовать средства индивидуальной защиты и исправный инструмент [35].

Рабочий персонал, в соответствии с федеральным законом от 28.12.13 с ст. 147 ТК РФ и ст. 117 ТК РФ, получает надбавку к заработной плате в размере не менее 4% от оклада и дополнительно оплачиваемый отпуск в размере 7 календарных дней. В зависимости от региона проживания работник имеет право на получение дополнительного отпуска и на досрочную пенсию, а работодатель обязан перечислять повышенные взносы в пенсионный фонд [36].

При осуществлении трубоукладочных работ в условиях Крайнего Севера рабочие имеют определенные льготы и права, отраженные в законе «О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях».

5.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Трубоукладочные работы относятся к газоопасным работам. Для обеспечения их безопасного проведения необходима правильная компоновка рабочей зоны. Земляные работы, включенные в состав мероприятий по трубоукладке, проводятся согласно внутренней нормативной документации и инструкциям, составленные на основе стандартов организации СТО Газпром 2-2.1-249-2008 «Магистральные газопроводы», СТО Газпром 2-2.2-382-2009

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

«Магистральные газопроводы. Правила производства и приемки работ при строительстве сухопутных участков газопроводов, в том числе в условиях Крайнего Севера» [39].

Размеры зон должны обеспечивать проезд техники. Грунты котлованов защищаются от обвала, и оснащаются лестницами и ступенями для беспрепятственного доступа персонала (не менее 2 лестниц с каждой стороны). Место проведения ограждается сигнальной лентой и необходимым комплектом запрещающих и информационных знаков. Компоновка зоны, схема проведения работ утверждается нарядом-допуском на проведение газоопасных трубоукладочных работ.

Площадки необходимо предварительно обеспечены снятием плодородного слоя почв в радиусе 15 метров согласно ГОСТ 17.5.3.06-85 «Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ». После окончания место проведения подлежит рекультивации.

5.3 Производственная безопасность

5.3.1 Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

При производстве работ появляется вероятность возникновения воздействия вредных и опасных факторов. Выявленные вредные и опасные факторы при проведении трубоукладочных работ на участке магистрального газопровода при помощи муфты приведены в таблице 7 [26].

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

Таблица 7 - Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Метеоусловия	-	-	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Превышение уровня шума	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
4. Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне	-	+	+	ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ 17.2.3.02–78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

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

Социальная ответственность

Лист

64

5. Опасность падения с высоты	-	-	+	ГОСТ Р 12.3.050-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Работы на высоте. Правила безопасности
6. Возможность поражения электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
7. Сварочные работы	-	-	+	ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением N 1)
8. Травмирование при грузоподъемных работах	-	+	+	ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.

Метеоусловия

Трубоукладочные работы производятся на открытом воздухе, зачастую в сложных климатических условиях. Повышенная или же пониженная температура воздуха негативно влияет на самочувствие работника, снижает его работоспособность. Так же стоит отметить воздействие на технику, используемую при проведении трубоукладочных работ – вследствие тяжелых климатических условий оборудование нередко работает некорректно, что так же приводит к потере его работоспособного состояния или же возникновению вредного воздействия на персонал [36].

Высокий уровень шума

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

Источниками шума являются различная техника, привлеченная к проведению трубоукладочных работ (трактора, трубоукладчики, бульдозеры, тягачи), сварочные и насосные аппараты, генераторы энергии. Повышенные показатели шума негативно влияют на органы слуха, а также на нервную систему, следовательно, на общее состояние персонала и его работоспособность. При физической работе, связанной с точностью, сосредоточенностью или периодическими слуховыми контролями, громкость выше 80 дБ влияет негативно на органы слуха, что приводит (при постоянном воздействии фактора) на появление профессиональных заболеваний [26].

Недостаточная освещённость рабочей зоны

Нередко трубоукладочные работы проводятся в темное время суток без обеспечения достаточного освещения рабочих мест и рабочей зоны. Недостаточная освещённость рабочей зоны снижает внимательность и ускоряет наступление усталости. Плохая освещённость снижает точность установки трубоукладочных конструкций, что так же негативно влияет на проведение работ и приводит либо к некачественной установке конструкции, либо к увеличению общего времени проведения работ [27].

Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне

При проведении трубоукладочных работ воздух в рабочей зоне возможен выход газа, который в смеси с окислителем (кислородом) приводит к возникновению взрывопожароопасной смеси. Так же возникновение источника утечки газа может привести к удушью или отравлению работников при достижениях концентрации выше предельной нормы. Данный фактор подлежит особому контролю, так как утечка газа в основном свидетельствует о негерметичности запорных устройств или разгерметизации полости трубопровода, которые могут привести к аварийным ситуациям [28,29].

Опасность падения с высоты

При выполнении трубоукладочных работ возникает возможность падения с высоты – кромки траншеи, вследствие несоблюдения правил компоновки рабочей зоны, обвала грунта или же невнимательности персонала.

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

Работами на высоте считаются все работы, при которых возможно падение работника с высоты более 1,8 м от поверхности грунта или настила [31].

Возможность поражения электрическим током

Основной источник – осветительные приборы, телемеханика, сварочные агрегаты, генераторы. Электрический ток может оказывать следующее влияние на организм человека: ожоги; пребывание в шоковом состоянии; поражение электрическим током; нервное расстройство; смертельный исход. Требования, предъявляемые к электробезопасности производственных процессов при трубоукладочных работах подробно описаны в отечественном ГОСТ 12.1.038-82 [32,33].

Сварочные работы

Сварочно-монтажные работы сопровождаются такими опасными факторами, как: поражение лучами дуги глаз и открытой поверхности кожи; поражение при прикосновении человека к токовыводящим частям электрической цепи электрическим током; взрыв в результате проведения сварки вблизи взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ; ожоги от капель шлака и брызг металла при сварке; различного рода травмы механического характера при подготовке и в процессе сварки трубопровода [35].

Травмирование при грузоподъемных работах

Выгрузка специализированного оборудования, строповка и перемещение секций трубы (катушек), сборка и сварочные работы по установке муфты – эти операции относятся к грузоподъемным и при их проведении возникает возможность травмирования, вследствие опрокидывания контракции, неправильного перемещения, или же использования нерегламентированных или не прошедших проверку устройств строповки и перемещения [36].

5.3.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Метеоусловия

Для обеспечения безопасного проведения необходимо использовать

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

соответствующие средства индивидуальной защиты (средства защиты органов дыхания, изолирующие костюмы, специальная одежда и обувь, средства защиты лица, головы, рук, органов слуха и глаз, защитные дерматологические средства, предохранительные приспособления), выполнять работы по наряду-допуску, и соблюдать режим труда и отдыха. Поэтому, в соответствии с отечественным СанПиН 2.2.4.548-96 «Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы» необходимо устанавливать время пребывания на рабочем участке. Работы, связанные установкой муфты на газопровод, относят к категории работы III - тяжелые работы, связанные с передвижениями, перемещением тяжестей выше 10 кг и требующие больших физических усилий. Регламентируются нормы отдыха работников, которые указываются в наряде-допуске [36].

Высокий уровень шума

В соответствии с нормативными документами при длительном воздействие шума больше 85 дБ происходит постоянное повышение порога слуха и кровяного давления. Для предотвращения негативного воздействия необходимо использовать соответствующие средства индивидуальной защиты органов слуха (наушники, беруши и т.д.), снижать при возможности уровень шума в источнике его возникновения, использовать средства коллективной защиты или же конструкционные особенности (удаление от зоны на безопасное расстояние, преграждающие устройства, щиты), соблюдение режима труда и отдыха [26].

Недостаточная освещённость рабочей зоны

Естественное освещение в помещениях и на производственных объектах регламентируется нормами, предусмотренными СНиП 11-4-79 «Естественное и искусственное освещение» [27].

Трубоукладочные работы необходимо проводить в светлое время суток, с оформлением нарядов-допусков на газоопасные работы, с использованием для освещения рабочей зоны взрывозащищённых переносных

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

светильников напряжением не выше 12 В и (или) аккумуляторных фонарей, соответствующих по исполнению категории и группе продукта, установленных на высоте не менее 2,5 метров, исключающих ослепление и обеспечивающих равномерное освещение рабочей зоны.

Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне

Во время проведения работ необходимо оформление наряда-допуска с уточнением времени замера концентрации вредных веществ в рабочей зоне, с указанием периодов проверки, ответственного за проведение проверки, места проведения замеров и устройств – газоанализаторов, используемых при проверке. Загазованность проверяется с периодичностью не менее 30 минут, с фиксацией параметров замера. При возможности появления тяжелых углеводородов замер проводится с периодичностью в 15 минут.

Содержание паров веществ не должно превышать показания ПДК – 300 мг/м³ для паров углеводородов в воздухе. Для защиты органов дыхания используются средства индивидуальной защиты – противогазы, респираторы. Тип определяется из степени опасности воздействия паров [30].

Опасность падения с высоты

Для обеспечения безопасного проведения работ необходимо обозначать опасную зону сигнальной лентой, отвалы грунта защищать при помощи каркасов или обеспечения определенного угла откоса. При необходимости создавать перила и мостки через траншею, высотой не менее 1,1 м и шириной от 1 м. К средствам индивидуальной защиты от падения с высоты работников относятся: канаты страховочные и предохранительные пояса. На всех предохранительных поясах должна быть бирка с датой следующего испытания и инвентарным номером [31].

Возможность поражения электрическим током

Инструменты и оборудование должны быть исправными и перед работой проверены на работоспособность при холостом ходе работ. При возможности необходимо использовать заземление (заземляющий провод диаметром 1,6 см²). при работе в полевых условиях. Электрооборудование

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

необходимо защищать от попадания влаги, грязи или пыли. При некорректной работе оборудование необходимо незамедлительно отключить и идентифицировать появление неисправности, по возможности провести ремонт [32].

Сварочные работы

Основными факторами обеспечения безопасной работы являются наличие исправного сварочного аппарата и достаточная квалификация персонала (к проведению электросварочных работ допускаются электросварщики, прошедшие установленную аттестацию и имеющие соответствующие размещающие удостоверения). Сварочные работы производятся по наряду-допуску. Во время проведения работ необходимо пользоваться исправными средствами индивидуальной защиты: спецобувь для предотвращения попадания шлака и брызг расплавленного металла, защитные щитки и маски, диэлектрические перчатки, резиновый коврик или кошма. Обязательно наличие средств пожаротушения (углекислотные огнетушители) и индивидуальные аптечки [33].

Опасные факторы при грузоподъемных работах

Допуск работников к выполнению работ осуществляется по наряду-допуску, определяющему условия безопасного производства работ. В зоне возможного нахождения людей рабочая зона ограждается и обозначается на высоту их перемещения. Погрузка и разгрузка грузов, на которые не разработаны схемы строповки, производятся под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ. Необходимо соблюдать правила безопасности, соблюдать расстояния при совместном перемещении груза.

Производство погрузочно-разгрузочных работ допускается при соблюдении предельно допустимых норм разового подъема тяжестей: мужчинами - не более 50 кг; женщинами - не более 15 кг. Погрузка и разгрузка грузов массой от 80 до 500 кг производится с применением грузоподъемного оборудования (талей, блоков, лебедок), а также с

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

5.4.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Воздействие на атмосферу

Для исключения возникновения или уменьшения негативного воздействия на атмосферу применяют очистные фильтры, которые устанавливаются на оборудование. Выбросы газа при операциях продувки и опорожнении полости газопровода необходимо фиксировать и учитывать при ежемесячных отчетах эксплуатирующей организации. Повсеместно необходимо использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания и газоанализаторы [29].

Воздействие на гидросферу

Основные требования по защитах водных территорий приведены в «ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений» на основании которого запрещены выбросы загрязняющих веществ (смазочные материалы, загрязненный грунт, бытовые отходы и т.д.), а при работах вблизи водных объектов необходимо предусмотреть их защиту от загрязняющих факторов (провести дополнительную обваловку, защитные щиты, водостоки и т.д.).

К подводным переходам магистральных газопроводов предъявляются высокие требования безопасности еще на этапе их проектирования. Увеличивается охранная зона, конструкция дополняется специальными защитными кожухами и утяжелителями, противоразмывочными барьерами [34].

Воздействие на литосферу

Во время проведения работ по укладке газопровода, проезд к его участкам предусматривается по временным подъездным дорогам с устройством переездов. Учитываются требования по недопущению повреждений древесно-кустарниковой растительности и сельскохозяйственных угодий. Все трубоукладочные работы должны проводиться исключительно в пределах отведенной площади для уменьшения ущерба, наносимого окружающей

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

природной среде [17].

По окончании всех работ необходимо полностью вывезти производственные отходы (металлолом, изоляционные материалы и т.д.) и восстановить нарушенный рельеф местности.

Рекультивация земли происходит в несколько основных этапов, которые регламентируются мировой практикой по рекультивации земель, с использованием техники и материалов:

- *Технический этап.* Основан на планировании, формировании общего ландшафта и снятии слоев почвы с загрязнениями. Так же в этап входит перепашка земли, с целью насыщения кислородом плодородного слоя почвы.
- *Биологический этап.* На данном этапе распределяют биологические растворители и микроорганизмы, расщепляющие сложные углеводороды.
- *Заключительный этап.* Включает перепашку земли, посев травы или растений, приспособленных к почвенно-климатическим условиям данного региона, которые будут укреплять слой почвы [16].

Немаловажным является осуществление сбора отходов для предотвращения загрязнения. Основное решение в контексте этого вопроса – создание полигонов жидких и твердых бытовых отходов, в области которой происходит накопление и хранение и дальнейшая утилизация загрязняющих веществ.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.5.1 Анализ вероятных ЧС

При проведении трубоукладочных работ магистрального газопровода могут произойти различные чрезвычайные ситуации. Отметим наиболее характерные, вероятность возникновения которых высока:

- врыв или возгорание природного газа;

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

- разрушение газопровода механическим воздействием;
- падение строительной техники (экскаватор или трубоукладчик);
- вылет герметизаторов или разрушение глиняной пробки.
- природные разрушения вследствие стихийных бедствий (ураганы, наводнения, пожары);
- аварии вследствие несанкционированных врезок и последующей разгерметизацией полости газопровода [38].

В связи с этим, персонал и работники проходят обучение по своей специальности и правилам техники безопасности. Проверку знаний оформляют соответствующими документами согласно действующим отраслевым положениям о порядке проверки знаний норм, инструкций и правил, по охране труда. Вновь поступающие на работу допускаются к выполнению своих обязанностей после прохождения ими вводного инструктажа по технике безопасности и охране труда непосредственно на рабочем месте.

5.5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Вероятный вид ЧС

Одной из наиболее частых аварий при эксплуатации газопровода под избыточным давлением являются взрывы, сопровождающиеся пожаром, разрушением тела трубы, образованием котлованов.

Возможные источники возникновения ЧС

При проведении ремонта на магистральном газопроводе появление взрыва может спровоцировано следующими факторами:

- возникновение гидравлического удара при неправильной эксплуатации запорных устройств;
- выделение газов, паров, легко воспламеняющихся веществ, способные привести к образованию взрывоопасной смеси.
- разгерметизация оборудования вследствие некорректного

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

определения вида дефекта коррозии и его класса опасности.

- вследствие опрокидывания тяжелой техники на тело трубы [39].

Порядок действий и ликвидация ЧС

При произошедшей ЧС необходимо, в первую очередь, при получении информации об аварии, перекрыть участки согласно схеме, остановить по возможности перекачку продукта, оповестить по схеме реагирования эксплуатирующую организацию и следовать плану ликвидации аварии. План ликвидации включает в основном три основных этапа:

- определение аварии из списка возможных сценариев для данного опасного производственного объекта;
- доставка персонала, техники, оборудования на место аварии;
- мероприятие по ликвидации и локализации аварийной ситуации.

Для каждого участка трассы необходима разработка оперативного плана ликвидации аварийных ситуаций, с обязательным указанием сценариев возможной аварии. В плане указываются действия персонала, ответственные за ликвидацию лица.

Проводимые в рамках аварийных мероприятий огневые и газоопасные работы проводятся без наряда-допуска до устранения открытых источников возникновения аварии.

Необходимо учитывать количество необходимого персонала, задействованного в ликвидационных мероприятиях. Все участники должны оснащены средствами индивидуальной защиты, знать положения планов ликвидации и их содержание, применять только исправные механизмы и инструменты, соблюдать технику безопасности [17].

Выводы

Таким образом, при проведении аналитического обзора, к основным вредным и опасным факторам, возникающим при проведении трубоукладочных работ линейной части магистральных газопроводов, относятся:

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

- Метеоусловия;
- Превышение уровня шума;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны;
- Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне;
- Опасность падения с высоты;
- Возможность поражения электрическим током;
- Сварочные работы;
- Травмирование при грузоподъемных работах.

В данном разделе приведены основные решения, обеспечивающие безопасное проведение трубоукладочных работ, минимизацию воздействия негативных факторов проводимых работ на окружающую среду.

Так же необходим контроль компетентности персонала, задействованного в трубоукладочных работах – наличие обучения по специальности, регулярность проверки знаний и правил охраны труда.

На основании вышеизложенного стоит отметить необходимость соблюдения правил промышленной безопасности и охраны труда, актуализацию стандартов и разработки специальных узконаправленных инструкций и документов применительно к каждому виду трубоукладочных работ.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

Заключение

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1) Проведен анализ нормативно-технической документации и литературных источников на тему применения отводов холодного гнущья и горячегнутых отводов в трубопроводном транспорте;

2) Сравнительный прочностной расчет отвода холодного гнущья показывает превосходство по коэффициенту запаса (больше на 0,28) над горячегнутым отводом. Это говорит об успешности замены отводов горячегнутых на отводы холодного гнущья;

3) Экономический расчет подтверждает наличие положительного экономического эффекта от замены отводов – экономия порядка 100 т. р. для одного отвода;

4) Габариты отводов холодного гнущья значительно превышают горячегнутые, что существенно ограничивает их область применения. Однако применяя отводы холодного гнущья в комбинации с горячегнутыми, можно добиться в перспективе существенной экономии денежных средств и повысить общий уровень надежности трубопроводной системы, в сравнении с применением только горячегнутых отводов.

Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Гаврилов И.Е.					
Руковод.		Шадрина А.В.					
Консульт.							
Рук. ООП		Шадрина А.В.					
Заключение					Лит.	Лист	Листов
						77	92
					НИ ТПУ		ИШПР
					ГРУППА		2БМ91

Список литературы

1. Газпром. Газопровод «Сила Сибири» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/projects/power-of-siberia/> (дата обращения 25.05.2021);
2. Нефтегаз. Чиканское газоконденсатное месторождение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/141776-chikanskoe-gazokondensatnoe-mestorozhdenie/> (дата обращения 25.05.2021);
3. Прибайкалье. Жигаловский район [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pribaikal.ru/zhigalovo.html> (дата обращения 25.05.2021);
4. Прибайкалье. Иркутская область: географические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pribaikal.ru/obl-relief.html> (дата обращения 25.05.2021);
5. Система обмена туристской информацией. Водные ресурсы Иркутской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nbcrs.org/regions/irkutskaya-oblast/vodnye-resursy-nalichie-rek-ozer> (дата обращения 25.05.2021);
6. СтройНефтеГаз. Отводы гнутые [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sng2000.ru/info/statyi/5840/> (дата обращения 25.05.2021);
7. СТО Газпром 2-4.1-273-2008. Технические требования к соединительным деталям для объектов ОАО «Газпром»;
8. ГазпромСтройтэк Салават. Наружные изоляционные асвольные покрытия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazpromss.ru/production/insulation/insulation_coatings/279/ (дата обращения 25.05.2021);

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Гаврилов И.Е.			<i>Список литературы</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.					78	92
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук. ООП</i>		Шадрина А.В.						
						НИ ТПУ	ИШПР	
						ГРУППА	2БМ91	

9. Группа компаний ЕАКС. Перевозка труб ж/д транспортом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vagon-eacs.ru/info/articles/pro-perevozki-i-gruzy/perevozka-trub-zhd-transportom-vybiraem-podvizhnoy-sostav/> (дата обращения 25.05.2021);

10. Спец техника. Решение для перевозки трубопроводного оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spec-technika.ru/2019/02/truba-delo-reshenija-dlja-perevozki-i-ukladki-trub-na-obektah-ngk/> (дата обращения 25.05.2021);

11. Алькор. Трубогиб ГТ1425 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.alkor-pipe.ru/11/190/191/> (дата обращения 25.05.2021);

12. НефтеГазСтрой. Отводы холодного гнущья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ngsrb.com/produkcziya-oxg/> (дата обращения 25.05.2021);

13. Евтеев, А. О. Сооружение участка магистрального газопровода с разработкой очистки полости и испытания // А. О. Евтеев. —Отраслевые научные и прикладные исследования: Науки о земле. — 2019. — № 2. — С. 80-96;

14. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные;

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

16. Плылова, И. А. Состав гумуса дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почв при известковании, окультуривании и состоянии залежи: специальность 06.01.01 «Общее земледелие»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук // Плылова Ирина Анатольевна – Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. — Санкт-Петербург, 2011. — 18 с.;

17. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия;

18. ГК Армаунт. Отводы стальные горячегнутые [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

					Список литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

http://www.truboprovod54.ru/goods/76051753otvod_stalnoy_90_du_1420kh18_09g2s_gost_17375_2001 (дата обращения 10.05.2021);

19. Сталь-Эксперт. Труба электросварная Ду 1400 [Электронный ресурс]. – <https://steel-ex.ru/truby/truba-elektrosvarnaya-1420/> (дата обращения 10.05.2021);

20. ПО «Стрела». Калькулятор массы отвода стального гнutoго [Электронный ресурс]. – <http://otvodi-gnutie.ru/расчет-массы-отводов> (дата обращения 10.05.2021);

21. РЖД Логистика. Калькулятор расчета стоимости доставки грузов [Электронный ресурс]. – https://www.rzdlog.ru/rzd_express/ (дата обращения 10.05.2021);

22. ООО «Алькор». Трубогибочный станок ГТ1425[Электронный ресурс]. – <http://www.alkor.energoportal.ru/trubogiby-gt532-gt1022-gt1425-gtg-211-276780.html> (дата обращения 10.05.2021);

23. Электроэнергетика – нефть и газ. Зарплаты в компании ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]. – <https://energybase.ru/integrated/gazprom/salaries> (дата обращения 10.05.2021).

24. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

25. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;

26. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация;

27. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*;

28. ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

29. ГОСТ 17.2.3.02–78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями;

					Список литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

30. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны;

31. ГОСТ Р 12.3.050-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Работы на высоте. Правила безопасности;

32. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление;

33. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;

34. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений;

35. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением N 1);

36. № 426 – ФЗ «О специальной оценке условий труда»;

37. СТО Газпром 2-2.1-249-2008 «Магистральные газопроводы»

38. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;

39. СТО Газпром 2-2.2-382-2009 «Магистральные газопроводы. Правила производства и приемки работ при строительстве сухопутных участков газопроводов, в том числе в условиях Крайнего Севера».

					Список литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Приложение

(справочное)

Elaboration of actions on improvement of effectiveness and safety of linear pipeline portion of "Power of Siberia" pipeline

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ91	И.Е. Гаврилов		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	А.В. Шадрина	д.т.н, доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	О.В. Сумцова	к.ф.н.		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности, эффективности и безопасности линейной части магистрального газопровода «Сила Сибири»</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Приложение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Гаврилов И.Е.						
Руковод.		Шадрина А.В.					82	92
Консульт.		Сумцова О.В.						
Рук. ООП		Шадрина А.В.						
						НИ ТПУ ГРУППА	ИШПР 2БМ91	

1.2 General information about bent branch

Bent branch is concerned to be a bended metal pipe located in the place where pipeline ought to change its direction. Different types of bent branch according to its diameter can be used in portable water supply, heating systems, automobile industry, compressor and pump station, pipelines which transport oil, gas and so on. Bending radius of bent branch is about 20DN and promotes less torsion angle in contrast to sharply curved bent. The amount of bent branches in pipeline can vary according to its pathway and features of the area. It should be kept in mind that bent branches possess quite heavy weight so the area of application is terminated.

Bent branch production is carried out by 2 methods: cold and hot bending. There are cold and hot bent branches according to the methods. Cold bent branches are made on the base of state standards while hot bent branches are prepared in consonance with standard specifications. Pipe sections of appropriate length can be used as a rough forge. Throughout the process only the middle part of pipe undergoes deformation, resulting in necessary radius while the remaining part stays the same. Production of bent branches can be carried out through the use of various types of steel, galvanized coating makes extra treatment possible as well. All these facts gives an opportunity to use bent branches in different areas. Such characteristics as diameter, which ought to be appropriate, and operating environment should also be kept in mind.

					<i>Приложение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83



Pic. 2 – Bent branches used in above-ground routing

1.2.1 Characteristics of bent branches

Basic dimensions and construction of bent branches must comply with picture 3, values given in table 1, and engineering drawings. Bending angle of bent branches ought to be from 3° to 90° grading in 3° . Grading in 1° is allowed.

Permitted deviation of bending angle must not be higher than $\pm 20'$.

Permitted deviation of curve radius must not be higher than:

- ± 50 mm for 1,5–2,0 DN;
- ± 100 mm for 2,5–5,0 DN;
- ± 200 mm for 10 DN and more.

Takeout A and B of bent branch consist of takeout a and a respective plot L1 and L2 with the length about 650 mm. Obtained values of takeout ought to be rounded off to the nearest multiple of 50 mm.

Takeout a, mm, can be calculated by

$$a = R \cdot \operatorname{tg} \alpha/2$$

Longitudinal weld of a pipe must be located in the neutral zone during the process of bending. Permitted deviation of longitudinal weld of the pipe from the neutral zone must not be higher than 1/15 of a bent branch diameter. Tilt caused by stability loss is not allowed in bent branches.

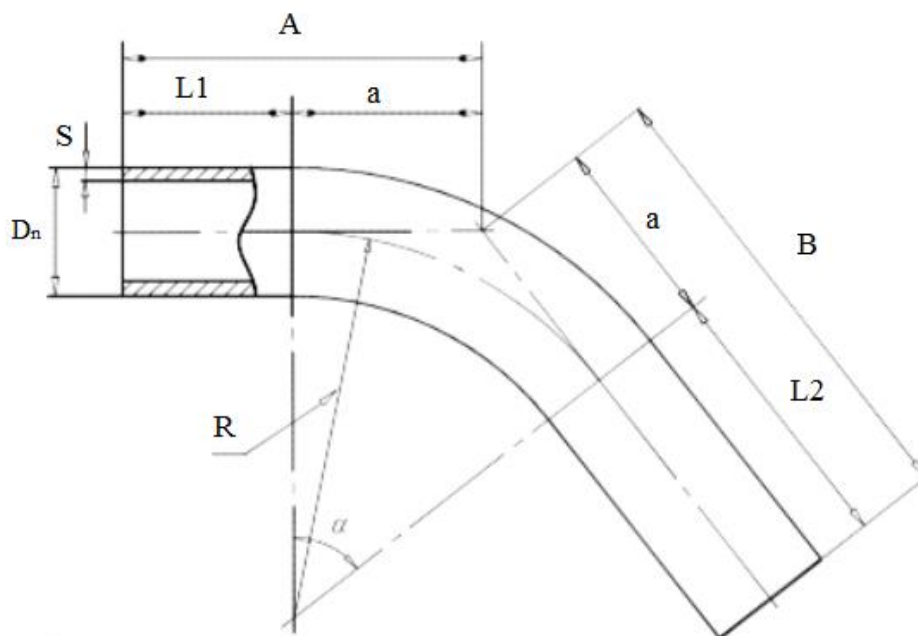


Fig. 3 – Hot bent branch

Notes: D_n – nominal diameter, mm, S – wall thickness on the ends, mm, R – curve radius (a bend radius of the central line), mm, α – curve angle (a turn angle of the central line), degree, A , B – takeout (from flat surface to intersection points of central lines), mm, $L1$ и $L2$ – straight-line sections, mm, a – takeout, mm

Table 11 – Measure of bent branches made with the help of induction heating

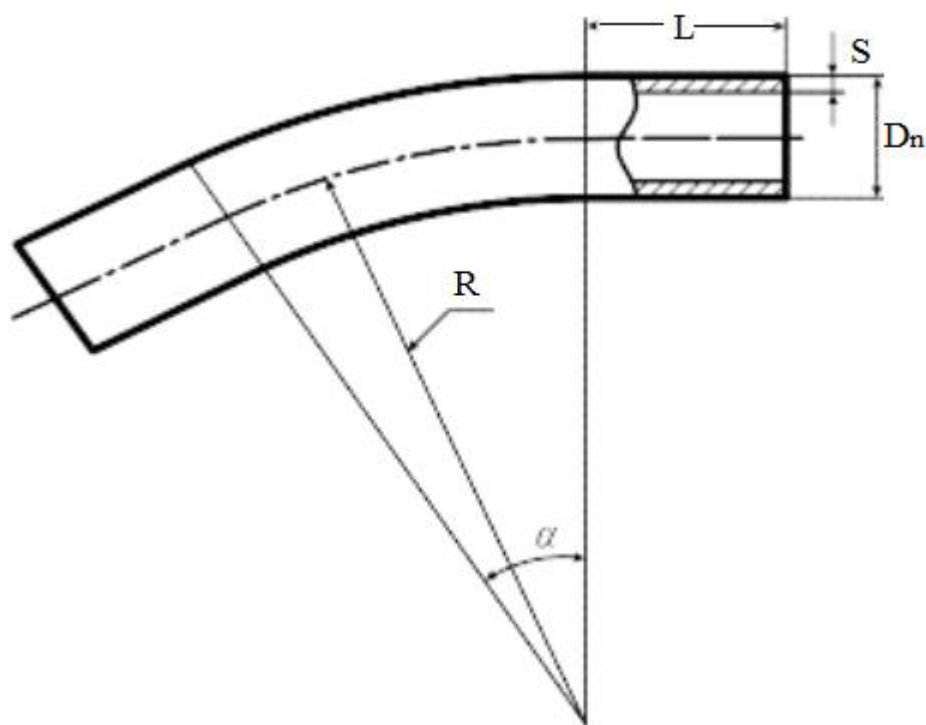
External diameter D, mm	Nominal diameter DN, mm	Curve radius, mm										
		1,5 DN	2,0 DN	2,5 DN	3,5 DN	5 DN	6 DN	7 DN	8,5 DN	10 DN	16 DN	20 DN
89	80	120	160	200	280	400	480	550	680	800	1250	1600
108, 114	100	150	200	250	350	500	600	700	850	1000	1600	2000
133	125	190	250	300	450	600	750	900	1000	1250	2000	2500
159, 168	150	225	300	400	500	750	900	1000	1250	1500	2400	3000
219	200	300	400	500	700	1000	1200	1400	1700	2000	3200	4000
273	250	375	500	600	900	1250	1500	1800	2100	2500	4000	5000
325	300	450	600	750	1000	1500	1800	2100	2500	3000	4800	6000
377	350	525	700	900	1250	1800	2100	2500	3000	3500	5600	7000
426	400	600	800	1000	1400	2000	2400	2800	3400	4000	6400	8000
530	500	750	1000	1250	1800	2500	3000	3500	4200	5000	8000	10000
630	600	900	1200	1500	2100	3000	3600	4200	5100	6000	9600	12000
720	700	1000	1400	1800	2500	3500	4200	5000	6000	7000	-	-
820	800	1200	1600	2000	2800	4000	4800	5600	6800	8000	-	-
1020, 1067	1000	1500	2000	2500	3500	5000	6000	7000	8500	10000	-	-
1220	1200	1800	2400	3000	4200	6000	7200	8400	10200	12000	-	-
1420	1400	2100	2800	3500	4900	7000	8400	10000	-	-	-	-

Smooth concaved and convex irregularities with the height no more than one half of the nominal wall thickness, about 5 mm are allowed in the intersection of branch bent. All necessary information is placed in standard specification Gazprom 2-4.1-273-2008.

1.2.2 Characteristics of cold bent branches

All rules written in standard specification Gazprom 2-4.1-273-2008 must be kept during the production of cold bent branches and curved insertion pieces made by cold forming:

1. Cold bent branches ought to be made from a single pipe or a double-jointed pipe;
2. Basic dimensions and construction of cold bent branches must comply with picture 4, values given in table 2, engineering drawings and standard specifications 24950;
3. Bending angle of bent branches ought to be divisible by 3. Bent branches grading in 1° are allowed.



Pic. 4 – Cold bent branch

Notes: D_n – nominal diameter, mm, S – wall thickness on the ends (without covering), mm, R – curve radius (a bend radius of the central line), mm, α – curve

					Приложение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

angle (a turn angle of the central line), degree, A, B – takeout (from a flat surface to intersection points of the central lines), mm, L1 и L2 – straight-line sections, mm, a – takeout, mm

α L – length of straight-line section (depends on a pipe-bending machine, is not a normative value), mm.

Table 2 – Cold bent branch dimensions

Nominal diameter DN	External diameter D, mm	Wall thickness S, мм		Normalized curve radius R, м	Curve angle α , degree		
		min	Max		max	recommended	
50	57	4	8	15	180	3–90	
65	76		10				
80	89						
100	102						
	114						
125	133		12		90	3–45	
150	168		15				
200	219		6		18	50	3–27
250	273						
300	325						
350	377						
400	426	7	20	25	3–18		
500	530						
600	630	8	21	35	27		
700	720						
800	820	11	25	40	7		
1000	1020						
1200	1220	13	27	60	7	3–9	
1400	1420	15,7	40		6	3–6	

There are some technological and manufacturing limitations for cold bent branches:

- Permitted deviation of the bending angle must not be higher than $\pm 20'$.

- Permitted deviation of the curve radius from a nominal value must not be higher than $\pm 0,05 R$ and ± 200 mm;
- Pipe bending is provided at a temperature above $- 20$ °C;
- Pipe bending with polymer covering is provided at a temperature above $- 5$ °C;
- Configuration of bending shoes, lodgements, clamping mechanism and drift pin must be suitable for curved tube diameter that is why appropriate backings must be set on the pipe bending machine;
 - While bending pipes with anticorrosion coating contact surfaces of pipe bending machines ought to have elastic pads;
 - While bending pipes it is required to ensure steady position of the pipe relating to the pipe bending machine and eliminate rotational movement about its axis. The usage of internal bracing on the ends in order to reduce oval shape is acceptable;
 - Permitted deviation of longitudinal weld of the pipe from a neutral zone must not be higher than $1/15$ of a diameter of bent branches. Weld should be located in relation to lodgement of the pipe bending machine;
 - Tilt caused by stability loss is not acceptable in bent branches;
 - External surfaces of bent branches made of anticorrosion covered pipes must not have any defects that disturb the coating. Detected coating defects must be repaired;
 - Thickness and coating dielectric continuity must be suitable for specified parameters of the pipe.

					<i>Приложение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

2 Feasibility of bent branch usage at the designing and constructing

stage

A subsurface method represents a preferential laying method throughout the pipeline «Sila Sibiri». The subsurface method applicable to the subject of the present dissertation allows not to use a recovery basket. However, a cross-country locality, various topography and thick forest force the engineering and technical staff to change location of the route, tipping and azimuth movement. Route movement can be obtained by different methods – with the help of elastic bending of pipeline or bent branch.

In this investigation, elastic bending is not observed because gas pipeline is built underground. There is no compensational block in subsurface pipelining, because the temperature difference underground is less than above ground. However, the soil has a property of seasonal heaving and melting that leads to changes in pipeline location in relation to its design position. Pipeline obtains elastic bending in these cases, what is standardized by special documentation. Although a design of extra bent branches is quite risky. That is why one should use special bent branches in the process of pipelining, the analysis of which presents one of the subjects of this dissertation.

					<i>Приложение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90

3.3 Pipe-bending machine

Pipe-bending machine GT1425 (Russia).

The reviewed pipe-bending machine is of immediate interest. A construction of the machine-tool allows to work only at the production center which is explained by a large diameter of pipeline and heavy weight of the total construction. All these factors make pipeline bending in a pipeline installation area inappropriate. The diameter of being designed pipeline is 1420 mm being a specialized diameter for the considered pipeline-bending machine.

Such machine tools are used for cold bending of steel longitudinal and weldless pipes with the length of 10 to 24 m and an external diameter of 219-1420 mm in plant conditions. Machine tools can be used in pipelining at a pipe-welding station. Pipe welding is made by pipe reeling across the molding with the help of welding lodgment and the system of cylinders. Machine tools are completed with regular angle finder.

The main difference of comprehensive models from their precursors is the capability of bending thicker and higher steel grade pipes. In addition, new models have higher efficiency, small bending lodgment that allows obtaining bent branches with a smaller curve radius especially in use of drift pins. Backings are produced according to the necessary diameter.



Fig. 6 – Pipe-bending machine GT1425

					<i>Приложение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		91

Pipe-bending machines GT1425 can be manufactured with a driving unit from the oil engine «Caterpillar 3126 DI-TA», a flange mounted reductor RPP (???) ZF 280-1 and a speed ratio 1,514:1.

Parameter	GT1425
External max D of bending pipes, mm - others	1420 914, 1020, 1067,8(42"), 1220
Direct manufacture time of one bend, s	75
Max angle of pipe bending with the length 12 m	Up to 6°
Maximal wall thickness of D class endurance K65 (X80), mm	D 1020 - 85 D 1420 – 44
Obtainable radius of a curved pipe, m	60
Total capacity, kW	96,2
Overall size, mm: - length - width - height	9900 2940 3130
Mass (without cabin, motion and backing), kg	51000