

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности »

УДК 622.692.4.053.07(252.6)(571)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-БЗ1Т	Вебер А.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Саруев А.Л.	к.т.н.,доц.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Вазим А.А.	к.э.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М.В.	доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о. Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Бурков П.В.	д.т.н,профессор		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
P1	Приобретение профессиональной эрудиции и широкого кругозора в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7, ОК-8) (ЕАС-4.2а) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать экологические последствия профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение безопасных условий труда	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3е)
в области производственно-технологической деятельности		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15)
P6	внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)
в области организационно-управленческой деятельности		
P7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16, ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)
P8	Осуществлять маркетинговые исследования и участвовать в создании проектов, повышающих эффективность использования ресурсов	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)
в области экспериментально-исследовательской деятельности		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26)
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)
в области проектной деятельности		
P11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)

Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Вебер А.А.			
Руковод.	Саруев А.Л.			
Консульт.				
И.о. Зав. Каф	Бурков П.В.			
Планируемые результаты обучения по ОПП			Лит.	Лист
			2	123
			ТПУ гр.3-2Б31Т	



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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль
«Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов
переработки»
Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Бурков П.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б31Т	Вебер Александру Александровичу

Тема работы:

«Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

09.02.2017 №774/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

2017г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

Материалы отчетов и научно-исследовательских работ, фондовая и периодическая литература

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Строительства трубопровода в условиях болот; описание методов укладки трубопровода; разработка траншей; расчёт земляных работ и основных параметров траншеи; ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность; заключение по работе
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Вазим Андрей Александрович
«Социальная ответственность»	Гуляев Милий Всеволодович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Abstract	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Саруев А.Л.	к.т.н., доц.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б31Т	Вебер Александр Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б31Т	Вебер Александр Александрович

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Транспорта и хранения нефти и газа
Уровень образования	Бакалавриат (бакалавр)	Направление/специальность	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов, переработки

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Распределение сметной стоимости объема капитальных вложений
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчет затрат на проведение организационно-технического мероприятия (строительства трубопроводов на болоте)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Затраты на оборудования 2. Расходы на оплату труда
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Расчет стоимости материалов 2. Расчет оплаты труда 3. Расчет отчисления на социальные нужды 4. Расчет суммы амортизационных отчислений
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Затраты на проведения организационно-технического мероприятия

Перечень графического материала:

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Вазим А.А.	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б31Т	Вебер Александр Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б31Т	Вебер Александр Александрович

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Транспорта и хранения нефти и газа
Уровень образования	Специалист (инженер)	Направление/специальность	21.03.01 Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Проектирования и эксплуатации трубопровода в условиях болот и обводненной местности на заболоченной территории Западной и Восточной Сибири. В процессе работ были рассмотрены традиционные методы при сооружении трубопровода на различных типах болот и обводненных участков. В работе рассмотрены вопросы использования специализированной техники, изоляционно-укладочные работы в условиях болот, балластировку, закрепление трубопроводов и засыпка траншеи в болотистой местности.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды при строительстве магистрального трубопровода	Вредные факторы: 1.Превышение уровня вибрации 2.Превышения уровня шума 3. Отклонение параметров климата
1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды при строительстве магистрального трубопровода	Опасные факторы: 1.Электротравматизм 2.Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением 3.Пожарная безопасность при проведении огневых работ на трубопроводе

2. Экологическая безопасность	<p>При выполнении строительства магистрального трубопровода на территории Западной и Восточной Сибири воздействие на окружающую среду оказывают производственные процессы.</p> <p>Ремонт трубопровода сопровождается:</p> <ul style="list-style-type: none"> - загрязнение земляных ресурсов; - загрязнение водных ресурсов; - загрязнение атмосферного воздуха; - повреждением почвенно-растительного покрова изъятием земель.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<p>Чрезвычайные ситуации при выполнении проектирование магистрального трубопровода на территории Западной и Восточной Сибири могут возникать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - природного характера: <ol style="list-style-type: none"> 1. Метеорологические (буря, сильный ветер); 2. Геологические (обвал грунта при выполнении земляных работ); 3. Гидрометеорологические (сильный дождь (ливень), сильный снегопад, сильный мороз, сильная метель, сильный туман). - техногенного характера: <ol style="list-style-type: none"> 1. Обрыв строп при укладке трубопровода в траншею 2. Пожар на трубопроводе при выполнении огневых работ 3. Разгерметизация трубопровода в процессе его испытания на прочность и герметичность <p>- из-за террористического акта.</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>Сотрудники обязаны проходить первичный и вторичный инструктаж (ГОСТ 12.4.026-76).</p> <p>Сотрудникам должны быть предоставлена спецодежда, СИЗ (ГОСТ 12.4.011-89).</p> <p>Обязателен нормированный рабочий день (ст.94 ФЗ от 30.06.2006 N 90-ФЗ).</p> <p>Производственные машины должны быть в исправном техническом состоянии (ГОСТ 12.2.003-91).</p> <p>Места проведения работ должны быть оборудованы в соответствии с требованиями пожарной и электробезопасности (ГОСТ 12.1.004-91, СНиП 21-01-97).</p>

Задание выдал консультант:

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику				
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гуляев Милий Всеволодович	доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б31Т	Вебер Александр Александрович		

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе используются ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность.

ГОСТ 12.1.005.88. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений.

ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету.

СП 34-101-98 Выбор труб для магистральных нефтепроводов при строительстве и капитальном ремонте.

СНиП 3.01.01-85* Организация строительного производства.

СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы.

ГОСТ 6996-66* Сварные соединения. Методы определения механических свойств.

ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Трубопровод: искусственное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Вебер А.А.</i>			Определения, обозначения, нормативны ссылки			
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					8	123
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф.</i>		<i>Бурков П.В.</i>						

Нефть: природная маслянистая горючая жидкость со специфическим запахом, состоящая в основном из сложной смеси углеводородов различной молекулярной массы и некоторых других химических соединений.

Трубоукладчик : это передвижной подъемный кран для укладки труб в трубопроводе.

Траншея: открытая выемка в грунте, как правило, трапециевидного сечения, и необходимой длиной (от десятков метров до тысяч километров, при прокладке газо-нефтепроводов).

Балластировка: это закрепление трубопроводов утяжеляющими грузами или с помощью бетонирования при строительстве их на заболоченных грунтах.

Болота: участок ландшафта, характеризующийся избыточным увлажнением, влаголюбивым живым напочвенным покровом.

Понтон: это плавсредство для поддержания тяжестей на воде.

					Определение, обозначение, нормативные ссылки	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 123 с., 24 рисунка, 34 таблиц, 22 источника.

Ключевые слова: болота, траншея, трубопровод, балластировка, нефть, трубоукладчик, понтон.

Объектом исследования является (ютя) строительства трубопровода на болоте и обводненной местности, а также были рассчитаны основные параметры проектируемого трубопровода, диаметром 720 мм, предназначенного для транспортировки нефти.

Цель работы – изучение наиболее оптимального способа строительства и расчет основных параметров.

В процессе исследования проводились расчет земляных работ; расчет объектов грунта, который необходима привезти, оставить, вывезти; расчет трубопровода на прочность и устойчивость; расчет толщины стенки подземного трубопровода.

Результатом выявленной работы является выявление наиболее оптимальных и выгодных методов строительства нефтепровода

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: разработка траншей, методы укладки трубопровода в траншею, закрепления трубопровода, расчет трубопровода на прочность и устойчивость.

Степень внедрения: описанные технологии успешно применяются при строительстве трубопровода.

					Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вебер А.А.			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					10	123
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б31Т		
И.о.Зав. Каф		Бурков П.В.						

Abstract

Final qualifying work 123 p., 24 figures, 34 tables, 22 source.

Keywords: swamp, trench, pipeline, ballasting, oil, pipe, pontoon.

The object of study is (are) the construction of the pipeline in the swamp and flooded areas, and were calculated the main parameters of the designed pipeline, with a diameter of 720 mm, intended for transportation of oil.

The aim of this work is the study of the optimal method of construction and calculation of the main parameters.

In the process of investigation the calculation of earthworks; calculation of the objects of the soil, which is necessary to bring, to leave, to take out; calculation of pipeline strength and stability calculation of the wall thickness of underground piping.

The result revealed work is to identify the most appropriate and beneficial methods of construction of the pipeline

The basic constructive, technological and technical-operational characteristics: - trenching, methods of laying pipe in the trench, fixing of pipeline calculation of pipeline strength and stability.

Level of implementation: the described technology have been successfully used in the construction of the pipeline.

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

Оглавление

	Стр.
Введение	14
Обзор литературы	16
1.Строительство трубопроводов на болотах и обводненной местности.....	17
2.Классификация болот.....	19
3.Разработка траншеи на болотах и обводнённых участков.....	23
4.Методы укладки трубопроводов в траншею и их закрепление.....	31
5.Стабилизация глубины заложения трубопровода	39
6. Закрепление трубопровода от всплытия	41
7. Закрепление труб винтовыми анкерами	45
8.Укладка трубопроводов в насыпях и с усилением несущей способности..... грунта.....	48
9.Усиление несущей способности слабого грунта	54
10.Расчетная часть.....	58
10.1. Расчет земляных работ.....	59
10.1.1. Расчет основных параметров траншеи.....	59
10.1.2. Расчет объектов грунта, который необходимо привезти, оставить, вывезти.....	62
10.1.3. Машины для подготовительных работ.....	63
10.1.4 Кусторезы	64
10.1.4.1. Производительность кустореза КБ-4А.....	67
10.1.5. Основные методики расчета производительности корчевателей.....	69
10.1.6. Бульдозеры.....	73

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Вебер А.А.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>			12	123	
<i>Консульт.</i>					ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф</i>		<i>Бурков П.В.</i>					
					Оглавление		

10.1.7. Расчет одноковшовых экскаваторов	81
10.2. Расчет трубопровода на прочность и устойчивость	85
10.2.1. Расчет толщины стенки подземного трубопровода	85
10.2.2. Проверка прочности и устойчивости труб	92
10.3. Проверка на предотвращение недопустимых пластических деформаций подземного трубопровода	93
10.4. Проверка общей устойчивости трубопровода	95
11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	103
11.1. Расчет затрат на проведение организационно – технического мероприятия (строительство трубопроводов на болоте)	103
11.2. Затраты на оборудование	104
11.3. Расчет стоимости материалов	104
11.4. Расходы на оплату труда	105
11.5. Расчет отчисления на социальные нужды	106
11.6. Расчет суммы амортизационных отчислений	106
12. Социальная ответственность	108
12.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	109
12.2. Анализ основных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	114
12.2.1. Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением)	114
12.3. Экологическая безопасность	117
12.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	119
Заключение	121
Список использованных источников	122

Введение

В Российской Федерации большой объем нефти и газа добывают в северных районах Западной Сибири, Ямало-Ненецкого автономного округа, Республики Коми, территории этих субъектов где происходит добыча в основном заболочены . Транспортируя нефть в центральные районы страны и на экспорт, нефтепровод проходит через обширные болота и обводненные участки .Повышенную сложность при строительстве, проектировании и капитальном ремонте МН в условиях болот в северной климатической зоне, представляет специфика особенностей органических грунтов.

Магистральные трубопроводы на болотах чаще всего прокладывают подземно, согласно нормативным документам. Методология расчета подземных магистральных трубопроводов на болотах на прочность, деформативность и общую устойчивость в продольном направлении с учетом неравномерной осадки трубы в торфе пока не получила широкого применения в проектных институтах.

В России разрешают прокладку трубопровода на болотах наземно в насыпе, как исключение если есть соответствующие технико-экономические обоснования. Прокладка наземного и подземного нефтепровода, его надёжность и безопасность, на болотах в безлюдной местности, является одинаковой, а экономические показатели наземного значительно выше. Развития и совершенствования требует способ строительства и расчеты наземных в насыпи трубопроводов на болоте .

Предметом рассмотрения является проектирование магистрального нефтепровода на болотах и обводнённой местности.

Вышеизложенное обуславливает актуальность темы дипломной работы, целью которой является разработка рациональных способов прокладки магистральных нефтепроводов на болотах и обводнённых

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Вебер А.А.			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Саруев А.Л.					14	123
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.						

участках.

Для достижения поставленной цели необходимо было выбрать и обосновать расчетные схемы траншеи и трубопровода, рассмотреть методы расчета осадки нефтепроводов на болотах, прокладываемых в насыпи или в слое торфа.

Практическая ценность работы заключается в том, что она выполнялась исходя из конкретных потребностей отрасли, и направлена на повышение качества проектных и строительных работ.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

Обзор литературы

Строительство и прокладка нефтепроводов на болотах очень сложный высокотехнологичный процесс, который требует тщательной подготовительной работы. От качества и своевременности выполнения всех подготовительных работ, зависит скорость и качество производства работ на всех этапах строительства нефтепровода, а также конечный результат всего строительства.

П.П. Бородавкин и В.Л. Березин в своих трудах «Сооружение магистральных трубопроводов» подробно рассматривают методы разработки траншеи на болотах всех типов, методы укладки трубопровода в траншею и их закрепление [1].

В книге Л.А. Димова и Е.М. Богушевский «Магистральные трубопроводы в условиях болот и обводненной местности» приведены основные принципы проектирования и расчета подземных трубопроводов на болотах и обводненной местности [2].

В книге Н.А. Цытовича «Механика грунтов» автор описывает природу грунтов, деформации грунтов, а так же расчет осадок фундаментов [3].

					Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вебер А.А.			Обзор литературы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					16	123
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б31Т		
И.о.Зав. Каф.		Бурков П.В.						

1.Строительство трубопроводов на болотах и обводнённой местности.

При сооружении (укладки) трубопровода на болотах используют конструктивные схемы.

-Подземная схема (трубопровод опускают в грунт на глубину, больше диаметра трубы)

-Полуподземная и наземная схемы (трубопровод укладывают в грунт на глубину менее диаметра, а выступающую часть труб засыпают грунтом.)При наземной – трубопровод укладывают на поверхности спланированного грунта.

-Надземная схема (трубопровод находится на опорах выше грунта).
Трубопровод на переходах через болота, практически всегда укладывают одну нитку трубопровода. Хотя на болотах второго и третьего типа, если ширина болота более 500 м. возможна прокладка резервной нитки. Выбор применения одной из схем зависит от типа болот, его естественным состояние и физико-механическим изменением свойства грунта под влиянием трубопровода. Необходимо иметь в виду, что и технология строительства может оказать существенное положительное или отрицательное влияние на взаимодействие труб и окружающего их грунта. В отличие от трубопроводов, уложенных в плотных грунтах, трубопроводы, уложенные на болотах по подземной или наземной схемам, с течением времени изменяют свое первоначальное положение. Это объясняется чрезвычайно сильной сжимаемостью болотистых (торфяных) грунтов под воздействием даже незначительных уплотняющих нагрузок.

Поскольку в период эксплуатации в трубопроводе возникают продольные

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Вебер А.А.</i>			Строительство трубопроводов на болотах и обводнённой местности	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					17	123
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф.</i>		<i>Бурков П.В.</i>						

усилия, то они обуславливают более значительные поперечные перемещения

труб.

.При сооружении трубопроводов на обводненных участках и болотах с высоким уровнем грунтовых вод в целях предохранения полосы строительства от размывов и разрушений и обеспечения условий для бесперебойного выполнения работ на трассе проводятся различные осушительные мероприятия. Вид и конструкция осушительных сооружений, зависящие от конкретных гидрогеологических условий участка, должны быть указаны в проекте и согласованы с землепользователями.

Осушительные мероприятия на трассе сводятся к устройству боковых, отводных, нагорных и дренажных канав, строительству водопропускных и водоотводных сооружений для отвода поверхностных вод и понижения грунтовых вод. Устройство осушительных канав на заболоченных участках и болотах выполняют, как правило, одноковшовыми экскаваторами или плужными канавокопателями, одноковшовыми экскаваторами болотной модификации, либо обычными экскаваторами, передвигающимися на перекладных сланях, либо канавокопателями. На сильно обводненных болотах устройство осушительной сети наиболее целесообразно выполнять взрывным способом. Предварительное осушение (водоотвод) болот и заболоченных участков, заменяющее строительство временных дорог на строительной полосе, может быть рекомендовано лишь после выполнения соответствующих экономических расчетов. Размеры и количество водопропускных сооружений определяют гидравлическим расчетом и назначают в соответствии с требованиями руководящих документов.

					Строительство трубопроводов на болотах и обводнённой местности	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2. Классификация болот

По строению и условиям образования болота классифицируют следующим образом:

- верховые болота. Находятся в зонах избыточного увлажнения, имеют выпуклую форму поверхности. Болота обычно имеют незначительный лесной покров;
- низинные болота. Их характерные признаки: вогнутая поверхность; богатое грунтовое водно-минеральное питание; растительный осоковый или осоково-гипсовый микроландшафт;
- переходные болота, не имеющие четко выраженного рельефа поверхности.

Верховые болота имеют глубину торфяного слоя (h) от 0,5 до 7 м. для них характерны следующие микроландшафты: лесной ($h = 2-5$ м); сосново-кустарниковый; мохово-лесной ($h = 1,5-5,5$ м); травяно-моховой ($h = 0,5$ до 2 м); моховой ($h = 1,5-7$ м); комплексный ($h = 3-7$ м); грядово-мочажинный ($h = 0,5-2$ м). Болота с верховым микроландшафтом занимают до 70% всех площадей верховых болот.

Для низинных болот характерны микроландшафты: черноольховый ($h = 1-3$ м); березово-тростниковый ($h = 1-2$ м); березово-кустарниковый ($h = 1-1,5$ м); травяно-лесной ($h = 1-2$ м); кустарниковый ($h = 1-2$ м); травяной ($h = 1-3$ м); хвощовый ($h = 0,5-1$ м); тростниковый и тростниково-осоковый ($h = 2-4$ м); травяно-моховой ($h = 1-3$ м);

По микроландшафту болота можно судить о предполагаемой его глубине, что очень важно для разработки технологии строительства трубопровода.

					Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вебер А.А.			Классификация болот	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					19	123
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б31Т		
И.о.Зав. Каф.		Бурков П.В.						

Классификация болот применительно к трубопроводному строительству основывается на следующих предпосылках: для трубопроводов, которые оказывают давление на грунт порядка 0,02–0,04 кгс/см², важна несущая способность как торфяного слоя, так и покрова болота. Первая необходима для прогнозирования поведения трубопровода после укладки его в слое торфа, а вторая – для определения проходимости машин и механизмов в строительный период;

Все болота непроходимы для обычных колесных машин. Проходимость болот для гусеничных машин определяется несущей способностью торфяного слоя и сплавины. Институтом Гипроспецгаз была проведена большая работа по выявлению типов болот, изучению их свойств и составлена классификация болот применительно к трубопроводному строительству. В ее основу положена проходимость болот для строительных машин. Все болота подразделяются на три типа: 1 тип – болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и неоднократный проход машин и механизмов с удельным давлением 0,2 – 0,3 кгс/см²; 2 тип – болота, целиком наполненные торфом, допускающие работу машин с удельным давлением до 0,1кгс/см²; 3 тип – болота, допускающие работу только плавучих машин и механизмов. Тип болота можно легко определить по его микроландшафту. При проектировании трубопровода тип болота устанавливают на основании дешифровки материалов аэрофотосъемки, произведенной в период изысканий, и во время строительства – на основании изучения микроландшафта на месте. Классификация болот приведена в таблице 2.1. Анализируя опыт строительства трубопроводов на болотах, можно сделать вывод, что болота нужно классифицировать также с точки зрения сложности производства строительных работ при сооружении трубопроводов, а не только по проходимости по ним строительных машин.

					<i>Классификация болот</i>	<i>Лист</i>
						20
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

I тип

1) болота, целиком заполненные торфом устойчивой консистенции, и участки болотистых грунтов, допускающие работу и неоднократный проход строительных машин с удельным давлением на грунт $q \geq 0,25 \text{ кгс/см}^2$;

2) болота, заполненные торфом неустойчивой консистенции при глубине торфа до 0,7 м, подстилаемые плотным минеральным грунтом, допускающим работу обычных строительных машин и механизмов. Ширина болота по створу перехода до 500 м. Несущая способность поверхности болота $0,05 < q < 0,25 \text{ кгс/см}^2$;

3) болота глубиной до 1,5 м на минеральном основании, целиком заполненные торфом, допускающие работу и проезд машин с удельным давлением на грунт $q \geq 0,1 \text{ кгс/см}^2$. Ширина болота в створе перехода до 250 м.

Таблица 2.1 – Классификация болот

Вид болотного микроландшафта	Тип болот		Вид болотного микроландшафта	Тип болот	
	Слабо увлажненные	Сильно увлажненные		Слабо увлажненные	Сильно увлажненные
Лесные верховые всех типов	1	1	Лесные: сосново-березово-гипновые; Сосново-осоково-сфагновые	2	2
Травяные: осоковые	1	1	Травяно-лесные низинные всех типов	2	2
Травяно-моховые	1	2	Травяные: тростниково-осоковые	2	3
Моховые	1	2	Лесные черноольховые	2	3
Лесные: еловые, березовые	1	2	Травяные: хвощовые; вахшовые; тростниковые	3	3
Кустарниковые	1	3	Моховые гипновые	3	3

II тип

1) болота, заполненные торфом неустойчивой консистенции, при глубине торфа до 0,7 м, подстилаемые минеральным грунтом. Ширина торфа

					Классификация болот	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

до 0,7 м, подстилаемые минеральным грунтом. Ширина болота более 500 м. Несущая способность болота $0,05 < q < 0,25 \text{ кгс/см}^2$;

2) болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и проезд машин с удельным давлением до $0,1 \text{ кгс/см}^2$. Ширина болота до 1 км.

3 тип:

1) болота, допускающие работу только специальных плавучих машин и механизмов или обычных машин на понтонах (кроме указанных в п.2 –1 типа и п.1 –2 типа);

2) болота, целиком заполненные растекающимся торфом и водой, допускающие работу и проезд машин с удельным давлением до $0,1 \text{ кгс/см}^2$ при ширине болота более 1 км. В зависимости от типа болот участки трубопровода относят в соответствии с требованиями главы СНиП II-45-5 к следующим категориям (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Категории участков

Т ип болота	Газопровод			Нефтепровод и продуктопровод		
	подзе мный	назем ный	надзе мный	подзе мный	назе мный	надзе мный
1	III	III	III	III	III	III
2	II	III	III	II	II	III
3	I	II	II	I	I	I

Таким образом, тип болота определяет не только технологическую схему выполнения работ, но и те требования, которые должны предъявляться к прочности и устойчивости трубопроводов.

К заболоченным относятся участки, грунты которых имеют значительное водонасыщение и торфяной покров менее 0,5-0,6м, а к обводненным — участки, покрытые водой и не имеющие торфяного покрова. Глубокие болота большой протяженности с низкой несущей способностью торфяного покрова проходят как правило в зимний период, а мелкие небольшие — летом.

3.Разработка траншеи на болотах и обводнённых участках

Разработка траншей производится только в случае прокладки трубопровода по подземной или полуподземной схемам. В практике трубопроводного строительства применяется много различных технологических схем разработки траншей. Проведенный мною анализ отечественного и зарубежного опыта позволил классифицировать, все существующие методы и представить их в виде пяти технологических схем.

Схема 1

Траншея разрабатывается зимой. При толщине торфа до 1 м болото обычно полностью промерзает, и все работы, связанные с устройством траншей, укладкой засыпкой трубопровода, выполняются без устройства лежневых дорог и без применения щитов для прохождения экскаваторов. При большой толщине торфяного слоя, даже в очень сильные морозы, болота промерзают на незначительную глубину. Это объясняется тем, что положительная температура в них поддерживается за счет тепла, выделяющегося при разложении органических остатков. В таких случаях можно применить метод замораживания экскаваторной колеи. За несколько дней до начала земляных работ, снег на поверхности болота по трассе перехода на полосе шириной 5–6 м уплотняют тракторами. Толщина промерзшего уплотненного слоя должна быть не менее 20–30 см. Разработку траншеи с замороженной таким образом колеи выполняет экскаватор с обратной лопатой, отступая назад. В зимний период возможна разработка траншеи и роторными экскаваторами. При строительстве трубопроводов в зимний период, если глубина промерзания болот незначительна, скорость разработки траншей должна быть согласована со скоростью движения изоляционно-укладочной колонны. Задержка с укладкой в отрытую траншею труб ведет к обрушению

					Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вебер А.А.			Разработка траншеи на болотах и обводнённых участках	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					23	123
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б31Т		
И.о.Зав. Каф.		Бурков П.В.						

замерзшего верхнего пласта болотистого грунта и «заплыванию» траншей. Расстояние между экскаватором и изоляционной колонной, идущей впереди, не должно быть более 200–250 м. На некоторых болотах, где процесс разложения органических остатков весьма интенсивен и протекает с выделением большого количества тепла, намороженную корку получить трудно, для этого необходимо в течение довольно длительного времени послойно намораживать уплотняемый снег.

Схема 2

Разработка траншей в болотах всех типов, особенно на обводненных болотах, может быть осуществлена взрывным способом. Траншеи разрабатывают с помощью шнурового заряда из отходов пироксилинового пороха. Непрерывный заряд пироксилинового пороха, помещенный в воду, хорошо детонирует от взрыва промежуточного заряда бризантного ВВ, например тротила, гексагена. Поэтому пироксилиновый порох используют при разработке траншей в болотах, а также подводных траншей и различных водоемах. Технология разработки траншей заключается в следующем. По оси будущей траншеи отрывают с помощью плужного канавокопателя или иным способом канаву глубиной 0,6 м, которая быстро заполняется водой. Если предполагаемая траншея проходит по заболоченному лесу, рытье канавы даже небольшой глубины сильно затруднено. В этом случае ее разрабатывают взрывом небольших поверхностных зарядов из расчета 1 кг взрывчатки на 1 м канавы. Изготавливают шнуровой заряд из отдельных зарядов длиной 0,5–1,6 м и диаметром 7–20 см в упаковке из хлопчатобумажной ткани. Заряды укладывают и заполненную водой канавку и соединяют между собой, создавая сплошной шнуровой заряд. Отдельные заряды могут быть соединены еще до укладки и опущены в канаву уже в виде шнура. Следует иметь в виду, что диаметр шнурового заряда не должен быть меньше так называемого критического.

В табл. 3.1 приведены критические диаметры зарядов; при меньших диаметрах зарядов детонация становится неустойчивой.

					Разработка траншеи на болотах и обводнённых участках	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Таблица 3.1 – Критические диаметры шнуровых зарядов

Марка пороха	Критический диаметр, см
ВТ, ВЛ, 4/1, 5/7, 7/7–9/7, 12/7	6, 12–15, 15–20

В качестве детонаторов используют заряд водоустойчивого ВВ массой 0,4–0,6 кг. Иницирующий заряд ВВ помещают у одного из концов шнурового заряда. Уложенный в заполненную водой канаву шнуровой заряд взрывается от детонации при взрыве иницирующего ВВ. Взрывами траншеей разрабатывают участки длиной 100–200 м. В результате взрыва образуется траншея, глубина которой примерно в 3 раза больше глубины заложения шнурового заряда. Ширина траншеи получается 5–7 м, что создаст условия для выполнения работ по укладке трубопровода с поверхности воды или сплавом.

Схема 3

Трубопровод укладывают в слой торфа, несущая способность болота допускает работу специальных, а в некоторых случаях даже обычных экскаваторов без использования щитов.

Траншеей разрабатывают экскаватором, оборудованным обратной механической лопатой или драглайном. Работа не отличается от выполняемой в нормальных условиях; необходимо только по возможности уменьшать число ходов экскаватора и других машин по одной и той же колее. Дело в том, что поверхность болот покрыта так, называемой сплavinой, которая распределяет нагрузку от работающей машины на большую площадь и глубину; после нескольких проходов экскаватора по одной и той же колее сплошность сплavinы нарушается и несущая способность болота резко снижается. Разрабатывают траншеей от одного берега к другому. Для строповки работающего экскаватора необходимо иметь на берегу дежурный трактор или бульдозер, который мог бы в любое

время с помощью троса, заранее закрепленного за экскаватор или бульдозер, отбуксировать его на твердый грунт

Схема 4

Несущая способность болота такова, что на нем невозможна работа даже специальных экскаваторов без устройства лежневых дорог или без применения щитов. В этом случае можно применить один из следующих вариантов.

Вариант 1

Разработка траншей ведется экскаваторами со специальных щитов. Экскаватор передвигается по створу траншеи на инвентарных щитах, изготовляемых на месте работ из бревен или металлических труб. Чаще используют щиты из двух – трех бревен диаметром 18–24 см и длиной 6 м. Для обеспечения работы экскаватора требуется 6–8 щитов из трех бревен и 10–12 щитов из двух бревен. Работа со щитов очень сложна и на 60–80% снижает производительность экскаватора, так как более половины всего рабочего времени уходит на перекладку щитов.

Вариант 2

Траншею разрабатывают экскаватором, установленным на салазки из труб. Салазки с экскаватором передвигаются по створу траншеи одним – двумя тракторами при помощи тягового троса (рис. 3.2).

Экскаватор 1, оборудованный обратной лопатой или драглайном, устанавливают и закрепляют на салазках 2, изготовляемых из четырех – пяти труб диаметром 500–800 мм, длиной 7–8 м. Число труб и их длина должны соответствовать необходимой опорной площади, определяемой так, чтобы давление от салазок и экскаватора было меньше допустимого давления на болото. Салазки тросом 3, проложенным через болото перед началом работы, соединяют с трактором 4. По мере разработки траншеи по указанию экскаваторщика трактор постепенно протаскивает салазки. Между машинистом экскаватора и машинистом лебедки или трактористов должна

					Разработка траншеи на болотах и обводнённых участках	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

быть налажена четкая связь. Рассматриваемый вариант схемы может применяться при ведении работ на болотах всех типов.

Вариант 3.

Траншею разрабатывают экскаватором, установленным на понтоне, свободно плавающем в заполненной водой траншее. У края болота разрабатывают котлован таких размеров, чтобы в него можно было спустить на воду понтон 2 (рис. 3.3), на который затем устанавливают и надежно закрепляют экскаватор 3, оборудованный драглайном. Экскаватор вынимает грунт впереди понтона, перемещающегося по траншее 1 с помощью якорей 4. Особое внимание перед началом работ должно быть уделено расчетам устойчивости экскаватора, работающего на понтоне. Применение понтона целесообразно лишь при выполнении земляных работ на болотах 2-го и 3-го типов.

Вариант 4.

Когда длина болот, через которые прокладывают трубопровод, составляет несколько километров, для устройства траншей может быть использован землесос. В этой случае работы по устройству перехода через болото не отличаются от подводных.

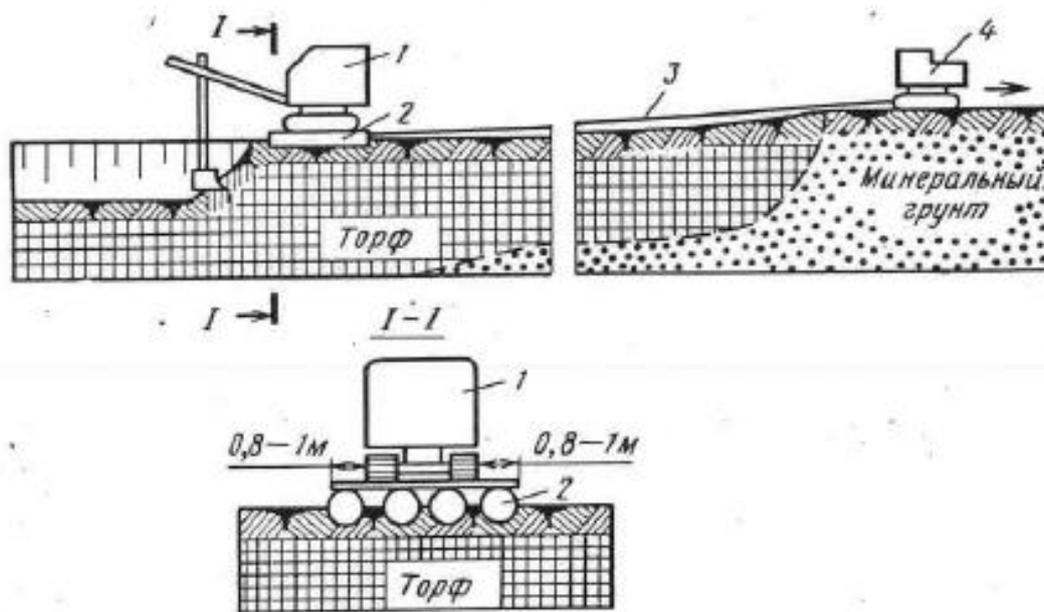


Рис. 3.2 – Схема разработки траншеи экскаватором на салазках

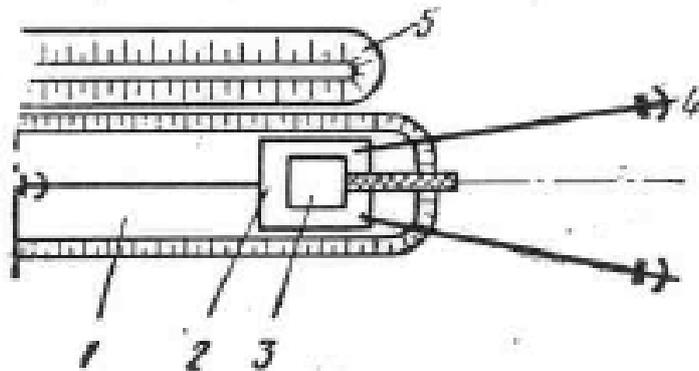


Рис. 3.3 – Схема разработки траншеи экскаватором на понтоне:
1 – траншея; 2 – понтон; 3 – экскаватор; 4 – якоря; 5 – отвал грунта

Схема 5

Вариант 1.

Торфяной слой толщиной 0,5–0,8 м расположен на минеральном грунте, несущая способность которого допускает работу обычных экскаваторов. Разработку траншей в таких условиях можно выполнить без устройства лежневых дорог и даже без применения щитов. Схема разработки траншеи показана на рис. 3.4. Бульдозер 5 удаляет впереди экскаватора слой торфа, обнажая коренной грунт. Ширина разрабатываемой в торфе траншеи 4 должна обеспечить передвижение по ней экскаватора 3. Для разработки траншеи в торфе лучше всего применять универсальные бульдозеры. Экскаватор с обратной лопатой разрабатывает траншею 1 в минеральном (коренном) грунте, углубляя ее на 15–20 см ниже проектных отметок. Бульдозер 5 должен подстраховывать экскаватор и в случае незначительного погружения последнего в грунт протаскивать его вперед с помощью буксирного троса.

Вариант 2.

Траншею разрабатывают в болоте, толщина слоя торфа в котором до 1,5 м, т. е. трубопровод укладывают на минеральный грунт. Траншею разрабатывают экскаватором, оборудованным прямой лопатой. Экскаватор начинает выемку грунта с берега, постепенно спускаясь на проектную глубину и перемещаясь вдоль траншеи. Максимальная глубина ее не должна

превышать 2 м (чтобы экскаватор мог укладывать вынимаемый грунт на бровке траншеи).

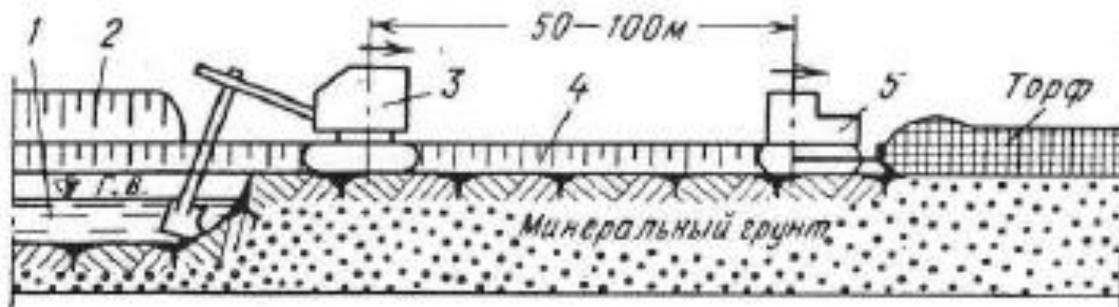


Рис. 3.4 – Схема разработки траншеи экскаватором и бульдозером:
1 – траншея в минеральном грунте; 2 – отвал грунта; 3 – экскаватор;
4 – траншея в торфе; 5 – бульдозер

Откосы траншеи оставляют такими, какими они получаются при разработке. В дальнейшем они могут оползти, но поскольку траншея по условиям производства работ имеет большую ширину, глубина ее не уменьшается; уменьшается лишь ширина по дну до 1–1,5 м.

При разработке траншея описываемым способом необходимо принять меры по откачке воды из нее. Для этой цели можно использовать любой насос, подача которого обеспечивает откачку поступающей воды и перекачку ее на расстояние.

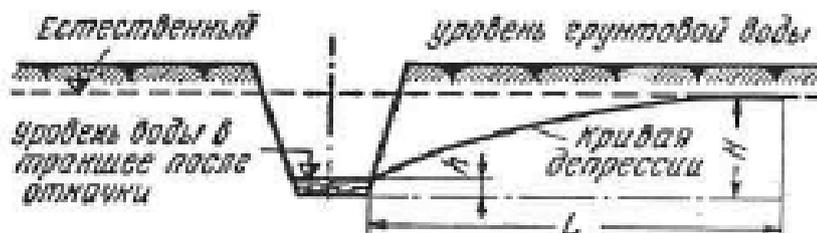


Рис. 3.5 – Схема к расчету поступления воды в траншею

При назначении водоотливных средств для откачки воды из траншеи общий приток воды определяют по формуле:

$$Q = q \cdot l, \quad (3.1)$$

где q – удельный приток воды на 1 м длины траншеи; l – длина траншеи.

Удельный приток воды определяется из выражения

$$q = \frac{k_{\phi}(H-h)}{L}, \quad (3.2)$$

где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации.

Величина L определяется по формуле:

$$L = 3000 \cdot (H - h) \sqrt{k_{\phi}}, \quad (3.3)$$

					Разработка траншеи на болотах и обводнённых участках	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Методы укладки трубопроводов в траншею и их закрепление

В настоящее время применяют два основных способа укладки трубопроводов в траншею: отдельный и совмещенный. При отдельном способе предварительно готовят траншею, а затем укладывают в нее трубопровод; при совмещенном способе одновременно с разработкой траншеи осуществляют изоляцию трубопровода и его укладку в траншею. Этот способ в основном содержит все элементы технологии строительства трубопроводов в нормальных условиях.

Применение совмещенного способа обуславливается возможностью продвижения по поверхности болота вдоль траншеи изоляционно-укладочной колонны. При отдельном способе трубопровод нужно укладывать в открытую траншею как можно скорее после ее устройства во избежание оползания откосов и «заплывания» траншеи.

Отдельный способ

Наиболее распространены три технологические схемы:

- 1) протаскивание балластированного трубопровода с берега по дну траншеи;
- 2) сплав трубопровода по поверхности воды в траншею с последующим опусканием его на дно.
- 3) протаскивание трубопровода по поверхности воды (при наличии ее в траншее) с применением разгружающих понтонов.

Схема 1

Балластированный трубопровод протаскивают с берега по дну траншеи. При решении вопроса о целесообразности применения схемы 1 следует иметь в виду, как положительные ее стороны, так и отрицательные.

Главными являются следующие факторы;

- а) на болотах 2-го и 3-го типов очень сложно навешивать утяжеляющие

					Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Вебер А.А.				Методы укладки трубопроводов в траншею и их закрепление	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Саруев А.Л.						31	123
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б31Т		
И.о.Зав. Каф.	Бурков П.В.							

грузы с поверхности болота с использованием трубоукладчиков, специально оборудованных для этой цели экскаваторов или других грузоподъемных машин. В таких условиях балластировку трубопровода на берегу и протаскивание его по дну траншеи осуществить значительно проще, чем с поверхности болота;

б) при большой длине трубопровода, особенно при диаметрах труб 500 мм и выше, тяговое усилие оказывается весьма значительным, что требует применения для протаскивания мощных тяговых средств, не всегда имеющихся в распоряжении производителя работ;

в) при выполнении укладки по схеме 1 требуется применение кольцевых грузов или устройство сплошного бетонного покрытия;

г) необходимо устройство в ряде случаев специального спускового пути. Основное достоинство схемы в том, что она позволяет укладывать трубопровод сразу в проектное положение.

Схема 2

Трубопровод прокладывают сплавом до поверхности воды в траншее с последующей пригрузкой его – заполнением водой (нефте- и нефтепродуктопроводы) или балластировкой утяжеляющими грузами (газопроводы).

Эта схема считается лучшей для укладки нефте- и нефтепродуктопроводов, не требующих балластировки утяжеляющими грузами. Трубопровод на плаву протаскивают через все болото и после обследования заполняют водой, затопляя его. Таким образом, наиболее сложным является не процесс погружения трубопровода на дно траншеи, а спуск его с берега в траншею.

Вариант 1.

Траншея разработана одним из описанных выше способов. В нее укладывают трубопровод 1 (рис. 4.1) длиной 400–600 м.

На одном из берегов с грунтом достаточно большой несущей способности (1 кгс/см^2 и выше) разрабатывают береговую траншею 2, длина

					<i>Методы укладки трубопровода в траншею</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

которой $l_{\text{бер}}$ составляет половину длины трубопровода $l_{\text{тр}}$

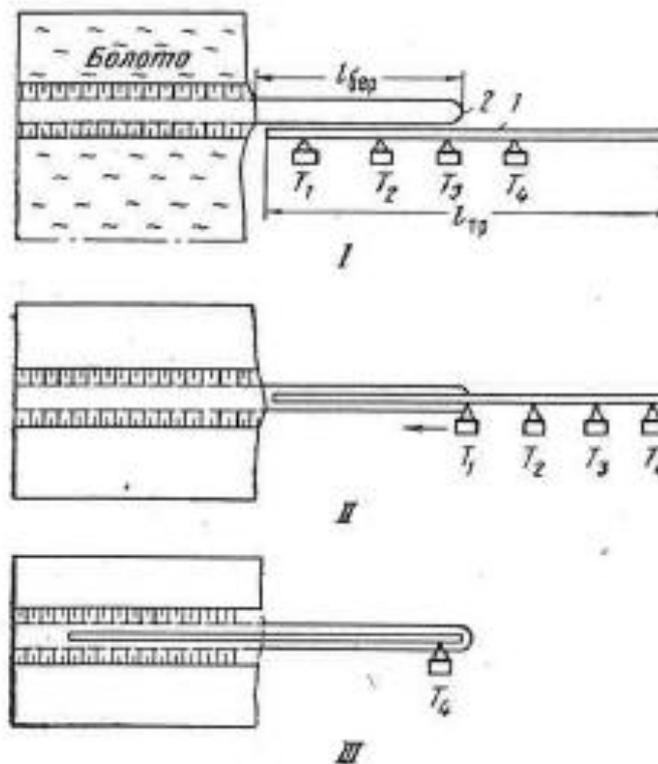


Рис. 4.1 – Схема укладки трубопровода сплавом (вариант 1)

Трубопровод 1 сваривают, изолируют и укладывают в положение I вдоль береговой траншеи. Затем трубоукладчиками T_1 , T_2 , T_3 и T_4 , часть трубопровода опускают в траншею 2, а оставшуюся часть перекладывают в створ – положение II. После этого трубоукладчики поднимают оставшуюся на суше часть трубопровода и, продвигаясь к болоту, постепенно спускают весь трубопровод в траншею – положение III. По мере продвижения вперед часть трубоукладчиков отсоединяется. Если длина болотной траншеи превышает 600 м, целесообразно укладку вести последовательно, наращивая участок за участком. Для этого в непосредственной близости от береговой траншеи организуют базу сварки и изоляция плетей. Общая длина трубопровода, который можно уложить таким образом, практически не ограничена.

Достоинство этого варианта – высокая степень механизации работ, недостатки – необходимость выполнять ручную изоляцию стыков между

плетями, возможность повреждения изоляции при подъеме и перекладке плетей. Сохранность изоляционного покрытия при спуске трубопровода в траншею обеспечивает технология укладки, рассматриваемая в варианте 2.

Вариант 2.

Трубопровод укладывают в траншею, заполненную грунтовой водой, с одновременным нанесением на трубы изоляционного покрытия. На практике этот способ получил название способа непрерывного сплава и часто применяется при проведении работ на болотах. Технологическая схема сплавного способа включает следующие основные операции:

- на берегу сваривают плети труб длиной по 120–150 м. Общая длина их должна превышать ширину пересекаемого болота;
- при помощи очистной и изоляционной машин выполняют изоляцию первой – головной плети (80–90 м) и спускают ее с берега в траншею болота; к головной плети приваривают следующую плеть, изолируют ее и спускают в траншею, одновременно протаскивая первую дальше по траншее. Таким образом может быть спущен в траншею трубопровод любой длины. Изоляция при этом не имеет разрыва. В зависимости от способов ее нанесения технология производства работ несколько видоизменится.

На рис. 4.2, *a* показана схема укладки способом сплава при помощи трубоукладчиков T_1 , T_2 и трактора-тягача 6. Плетки труб сваривают на сварочно-монтажной площадке вблизи болота. Головная плеть или две-три плети, сваренные в нитку, укладывают у края болота. На конец трубы надевают очистную 4 и изоляционную 3 машины, которые изолируют трубу на участке 20–30 м и останавливаются. После этого трубоукладчики T_1 и T_2 и трактор-тягач 6 протаскивают плеть в траншею 1 на длину изолированного участка 2. Затем изолируют следующий участок также длиной 20–30 м и так до тех пор, пока останется неизолированным только конец плети. К нему пристыковывают следующую плеть 5, после чего изоляцию и укладку трубопровода продолжают.

					<i>Методы укладки трубопровода в траншею</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

На рис. 4.2, б показан несколько видоизмененный вариант сплавного способа укладки. Опускают трубопровод 2 в траншею 1 с роликовых опор 7, 8, 9, 10, которые можно изготовить с использованием обычных троллеев. Роликовую опору 10 устанавливают на расстоянии 10–15 м от границы болота.

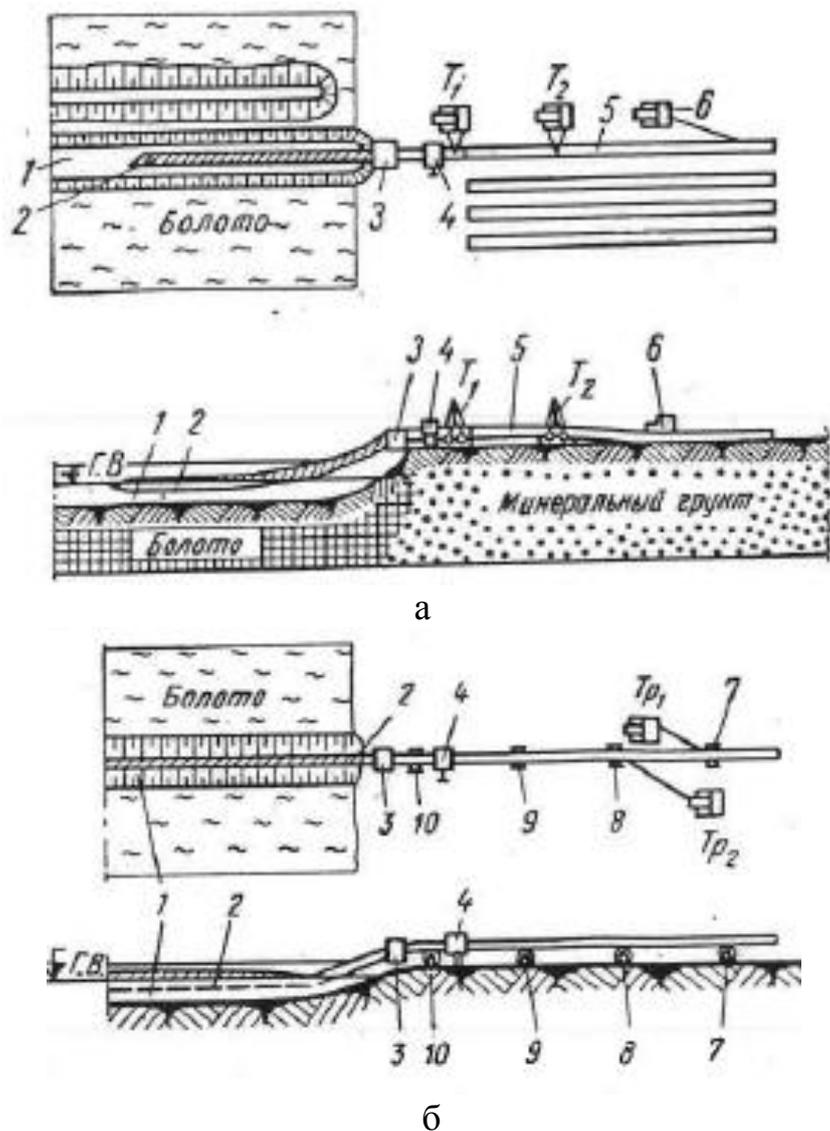


Рис. 4.2 – Схема укладки трубопровода: а – схема укладки трубопровода сплавом (вариант 2); б – видоизмененная схема укладки трубопровода сплавом (вариант 2)

Первую плетть укладывают на опоры, на нее надевают очистную машину 4 так, чтобы она оказалась за опорой 10, а изоляционная машина 3 – перед ней. Трактор Tr_1 используют для протаскивания трубопровода, а трактор Tr_2 – в качестве якоря на случай возможного самопроизвольного спуска трубопровода. Изоляционная машина изолирует трубопровод на

участке между болотом и опорой 10, после чего плеть протаскивают в траншею на длину изолированного участка 2, а очистная и изоляционная машины подготавливают к укладке следующий участок и т. д. Когда остается неизолированным участок длиной 8–10 м, к его концу пристыковывают следующую плеть.

Схема 3

Трубопровод сплавляют в траншею балластированным с использованием понтонов.

Расстояние между ними должно быть таким, чтобы при спуске на воду трубопровод имел запас положительной плавучести. Спуск балластированного и оснащенного понтонами трубопровода осуществляется одним из описанных выше способов. Трубопровод опускают на дно траншеи при отстроповке понтонов. За рубежом известны примеры укладки по этой схеме трубопроводов длиной до 20 км.

Схема 4

В районах Западной Сибири строительство первых трубопроводов осуществлялось на болотах и обводненной местности в основном зимой, так как летом они были непроходимы. Для укладки трубопроводов в летний период через болота протяженностью до нескольких десятков километров наиболее подходит устройство по трассе промежуточных опорных точек. Впервые элементы такой технологии была применены при строительстве газопровода Дашава – Минск через Мокранское болото шириной 3,6 км. Одна база сварки, изоляции и сплава труб размещалась на берегу, а другая, промежуточная, – на островке. Это позволило уменьшить общую длину одновременно сплавляемого трубопровода. При строительстве в условиях Западной Сибири целесообразно на наиболее сложных участках трассы применять технологию укладки сплавом по заранее подготовленным траншеям-каналам (рис. 4.3) с устройством монтажных и изоляционных баз на искусственных опорных точках (на плавсредствах или на свайных опорах).

					<i>Методы укладки трубопровода в траншею</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

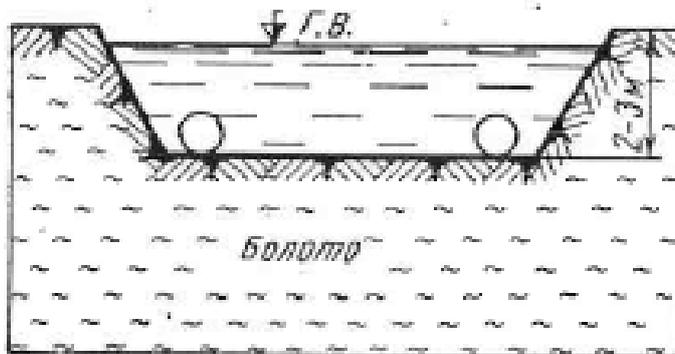


Рис. 4.3 – Схема укладки трубопровода в траншею – канал

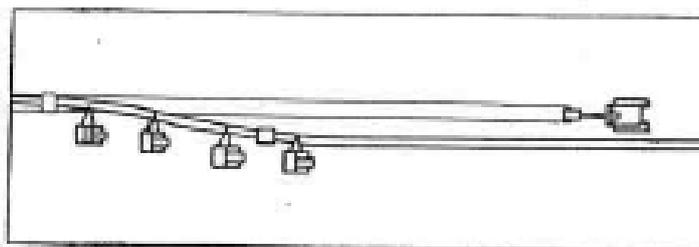


Рис. 4.4 – Схема совмещенной укладки трубопровода

С каждой такой базы может обслуживаться участок длиной до 10 км. Трубы и материалы к таким базам можно доставлять заблаговременно в зимнее время по снежно-ледовым дорогам. В летнее время секции труб можно доставлять сплавом по траншее-каналу.

Совмещенный способ

Суть совмещенного способа заключается в одновременном выполнении работ по устройству траншеи, изоляции и опусканию трубопровода. При этом необходима возможность прохода экскаватора и изоляционно-укладочной колонны по поверхности болота. В условиях болот, находящихся в районах с длительной зимой, можно вести работы совмещенным способом после промерзания болота на глубину 40–50 см. Для увеличения толщины промерзшего слоя снег по трассе в полосе шириной

7–8 м периодически убирают. На непромерзающих болотах обязательно нужна лежневая дорога. Технология совмещенного способа укладки показана на рис. 4.4. Как видно из рисунка, эта схема по существу та же, что и при изоляционно-укладочных работах в нормальных условиях, но расстояние

между экскаватором и изоляционно-укладочной колонной не должно превышать 250 м во избежание запыления траншеи грунтом.

					<i>Методы укладки трубопровода в траншею</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

5. Стабилизация глубины заложения трубопровода

При укладке нефтепроводов в слабом слое торфа, толщина которого превышает необходимую глубину заложения труб, через некоторое время после укладки нефтепровод может опуститься. При этом на участках более плотных грунтов он задержится, а на участках слабых – опустится (рис. 5.1). В результате продольная ось нефтепровода окажется исправленной настолько, что напряжения в трубах приведут к их разрушению. На рисунке пунктиром показано первоначальное, а сплошной линией – последующее положение нефтепровода. Как видно из рисунка, на участках 1 нефтепровод находится в первоначально уложенном положении, а на участках грунтов текучей консистенции 2 – опустился, и наибольший прогиб его характеризуется величиной f . Если прочность труб при этом не обеспечивается, то необходимо принять меры по стабилизации глубины заложения труб. С этой целью на участках 2 имеет смысл установить поплавки, к которым прикрепляют трубопровод. Число поплавков легко определить расчетом.



5.1 – Изменение положения трубопровода

$$l_{оп} = \frac{0,75 * P_n}{k_y * (q_{тр} - q_{гр})} \quad (5.1)$$

где P_n – подъемная сила одного поплавка, полностью погруженного в грунт; $q_{тр}$ – вес единицы длины трубы, заполненной продуктом;

$q_{гр}$ – выталкивающая сила, приходящаяся на единицу длины трубы, погруженной в грунт. Тогда расстояние между понтонами при коэффициенте

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Вебер А.А.			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Саруев А.Л.				39	123
<i>Консульт.</i>					ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.					

Стабилизация глубины заложения трубопровода

запаса устойчивости k_y (больше единицы).

Здесь 0,75 – коэффициент, учитывающий, что плавучесть понтона используется на 75%.

Например, $D_n = 1020$ мм, $\sigma = 12$ мм, $k_y = 1,2$, $q_{тр} = 12$ кгс/см, $q_{гр} = 11,6$ кгс/см (при объемном весе разжиженного торфа 1200 кгс/м³), $P_{п} = 2000$ кгс.

По (5.1) $l_{оп} = 3100$ см, т. е. 31 м. Конечно, такая стабилизация необходима на участках действительно слабых грунтов, что может быть установлено только в результате полевых исследований.

					Стабилизация глубины заложения трубопровода	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6. Закрепление трубопровода от всплытия

Трубопровод, прокладываемый в болотистом и обводненном грунте, должен быть закреплен не только против погружения, но и против всплытия, если он имеет положительную плавучесть. Трубопровод закрепляют утяжеляющими грузами (чугунными или железобетонными), сплошным бетонированием или винтовыми анкерными устройствами. Опыт строительства трубопроводов в условиях Крайнего Севера, Западной Сибири и других районов показывает, что при небольшой длине переходов через болота, а также при изредка встречающихся вдоль трассы болотах целесообразно закреплять трубы отдельными чугунными или железобетонными грузами. При большом числе болотистых участков значительно выгоднее применять анкерные устройства, особенно в условиях Крайнего Севера, куда доставка балласта оказывается весьма дорогостоящей, а сама навеска грузов достаточно сложной.

Закрепление труб утяжеляющими грузами

Пригрузка (балластировка), необходимая на 1 м длины прямолинейного трубопровода, определяется по формуле:

$$B = k_y \cdot \gamma_{ж} \cdot V_{ж} - q_{тр}, \quad (6.1)$$

где k_y – коэффициент устойчивости, принимаемый равным 1,07;

$\gamma_{ж}$ – объемный вес воды с учетом взвешенных в ней частиц грунта.

Для болот $\gamma_{ж} = 1100 - 1150$ кгс/м³; $V_{ж}$ – объем воды, вытесненной 1 м трубы (с учетом изоляции и футеровки) в м³;

$q_{тр}$ – вес 1 м трубы в воздухе (с учетом изоляции и футеровки) в кгс.

Расстояние между отдельными грузами балластировки трубопровода определяется по формуле:

$$l_r = \frac{Q_{г.ср.} - \gamma_{ж} \cdot V_{г.ср.}}{B}, \quad (6.2)$$

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Вебер А.А.			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Саруев А.Л.			41	123	
<i>Консульт.</i>					ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.					

где $Q_{г. ср}$ – средний вес одного груза в воздухе в кгс;

$V_{г. ср}$ – средний фактический объем груза в м³.

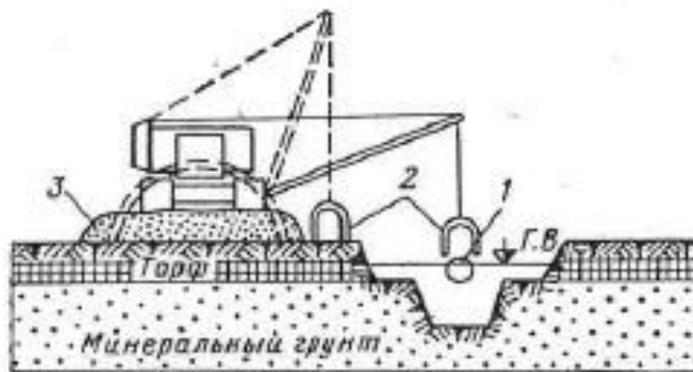


Рис. 6.1 – Схема навески грузов трубоукладчиком

Схема 1

Траншея разработана в болоте (рис. 6.1), толщина слоя торфа не превышает 80–100 см. Отвал, состоящий из торфа и минерального грунта, разравнивают бульдозером. Спланированный отвал 3 используют в качестве дороги для развязки грузов автосамосвалами или тракторами на салазках. Сначала грузы 2 раскладывают на бровке траншеи на проектном расстоянии друг от друга, а затем навешивают трубоукладчиком или экскаватором, специально оборудованным для этой цели, на трубопровод 1.

Если вблизи перехода имеются запасы минерального грунта, то может оказаться целесообразной отсыпка дороги. Грунт отсыпают самосвалами или скреперами, а затем его разравнивают бульдозером. В процессе отсыпки при многократном проезде машин дорога хорошо уплотняется, и сразу же по окончании работ она может быть использована для навески грузов. В дальнейшем дорога улучшается и используется при эксплуатации трубопровода.

Схема 2

Трубопровод прокладывают в слое торфа; несущая способность поверхности болота не обеспечивает возможности проезда обычных машин.

Вариант 1. Грузы развозят по лежневой дороге шириной 3,5–6 м и с нее же их навешивают на трубопровод. При балластировке с лежневой дороги

					Закрепление трубопровода от всплывания	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

можно использовать обычные трубоукладчики, экскаватор, оборудованный краном. Устройство лежневой дороги только для навески грузов в любом случае нецелесообразно. Дорога должна устраиваться до разработки траншей с таким расчетом, чтобы ее можно было использовать от начала и до конца строительства перехода.

Вариант 2

При навеске грузов на трубопроводы, укладываемые в болотах 2-го и 3-го типов, хорошие результаты дает способ, аналогичный способу разработки грунта экскаватором (рис. 3.2). На салазках устраивают площадку и устанавливают на нее автокран, грузоподъемность которого обеспечивает подъем одного утяжеляющего груза при наибольшем вылете стрелы. Вдоль траншеи салазки протаскивают тракторами или лебедками с помощью троса. После навески грузов, находившихся на грузовой площадке, салазки возвращаются обратно к месту погрузки. Таким образом, работа осуществляется челночным способом (рис. 6.2).

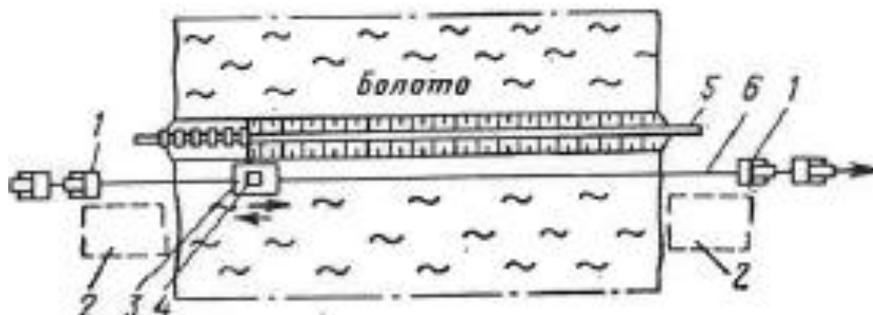


Рис. 6.2 – Схема навески грузов с салазок:

- 1 – лебедка или трактор; 2 – склад грузов; 3 – салазки; 4 – кран на салазках;
5 – трубопровод; 6 – трос

За один рейс можно отвести и навесить до 10 полутонных грузов, что обеспечит пригрузку 25–30 м трубопровода диаметром 700 мм. Челночный способ развозки и навески грузов целесообразен при ширине болот до 500 м, когда наибольшая длина хода (при работе с двух берегов) не превышает 250–300 м. По этой схеме за одну рабочую смену (7 ч) можно пригрузить 250–300 м трубопровода диаметром 700 мм.

					Закрепление трубопровода от всплывтия	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Вариант 3

В сильно увлажненных болотах и обводненной местности при навеске грузов может быть использован понтон с установленным в нем грузоподъемным оборудованием для перемещения грузов. Размеры понтона и его грузоподъемность должны обеспечивать одновременно подъем нескольких утяжеляющих грузов. Понтон обычно изготавливают из труб диаметром 1020 или 1200 мм.

Навеску грузов на плавающий трубопровод выполняют по схеме, показанной на рис. 6.3. У левого берега со склада 1 на понтон 4 устанавливают грузы 5. После погрузки понтон перемещают по траншее 3 к месту навески грузов. При навешивании грузов понтон все время находится над плавающим (непригруженным) участком трубопровода 2, так как после навески каждого последующего груза он отступает назад.

Как показывает практика, за одну смену с понтона можно навесить 60 и более грузов в зависимости от их веса и размера. Удобство и простота балластировки трубопроводов на болотах с понтона обуславливают широкое его применение.

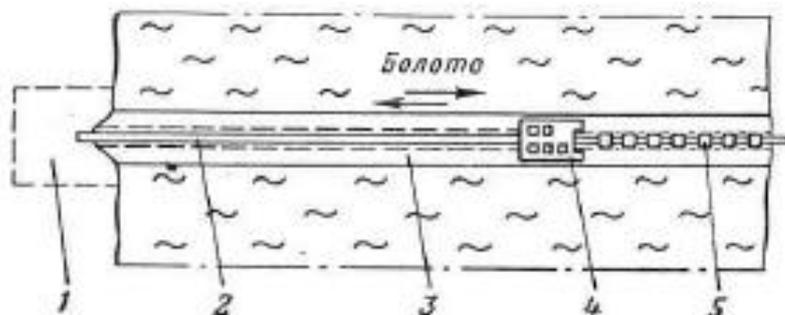


Рис. 6.3 – Схема навески грузов с понтона

7. Закрепление труб винтовыми анкерами

Анкерное крепление труб позволяет фиксировать их на две траншеи, не применяя тяжелые грузы, что крайне важно в условиях бездорожья. Доставка десятков тысяч тона грузов является сама по себе сложной операцией.

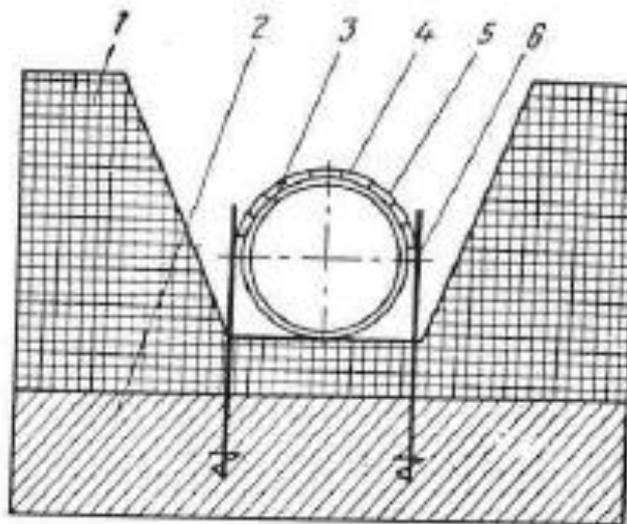


Рис. 7.1 – Схема крепления труб винтовыми анкерами:
1 – торф; 2 – минеральный грунт; 3 – изоляционное покрытие;
4 – футеровочный мат; 5 – силовой пояс; 6 – анкер

Схема крепления труб показана на рис. 7.1, а общий вид закрепленного трубопровода – на рис. 7.2. Наибольшее расстояние между анкерами из условия прочности должно быть:

$$L_{\text{пр}} \leq \sqrt{\frac{12[\sigma_{\text{н}}]*W}{P_{\text{пл}}}}, \quad (7.1)$$

где $[\sigma_{\text{н}}]$ – расчетное сопротивление металла труб на изгиб;

W – момент сопротивления;

$P_{\text{пл}}$ – положительная плавучесть.

Выражение (7.1) определяет предельное расстояние между анкерами. Расстояние между анкерами по устойчивости зависит от несущей способности анкеров: $L_{\text{у}} = \frac{2k_2*Q_a}{k_1*P_{\text{пл}}}$, (7.2)

Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Вебер А.А.		
Руковод.		Саруев А.Л.		
Консульт.				
И.о.Зав. Каф.		Бурков П.В.		
Закрепление труб винтовыми анкерами			Лит.	Лист
				45
			ТПУ гр.3-2Б31Т	
			Листов	123

где Q_a – удерживающая способность одиночного анкера;

$k_1 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий возможность увеличения плавучести труб;

$k_2 = 0,85$ – коэффициент однородности грунта, в который завинчивается винтовой анкер.

Несущая способность одиночного анкера может быть вычислена расчетом. Однако лучше всего определять несущую способность анкеров принятой конструкции непосредственным испытанием их в период изысканий или перед началом строительства, внося затем соответствующие коррективы. Но в любом случае расстояние между анкерами не может быть больше, чем определяемое равенством (7.1). Технологический процесс закрепления труб анкерами включает следующие операции: подготовительные (подготовка футеровочных ковров, хомутов, испытание несущей способности анкеров и на основании их уточнение расстояний между анкерами); завинчивание анкеров с погружением трубы до проектных отметок; закрепление трубопровода. Эта операция включает укладку на трубу 2–3 слоев бризола, футеровочного (из деревянных реек) ковра и соединение хомутов со стержнями анкеров. Технологическая схема закрепления трубопровода анкерами показана на рис. 7.3.

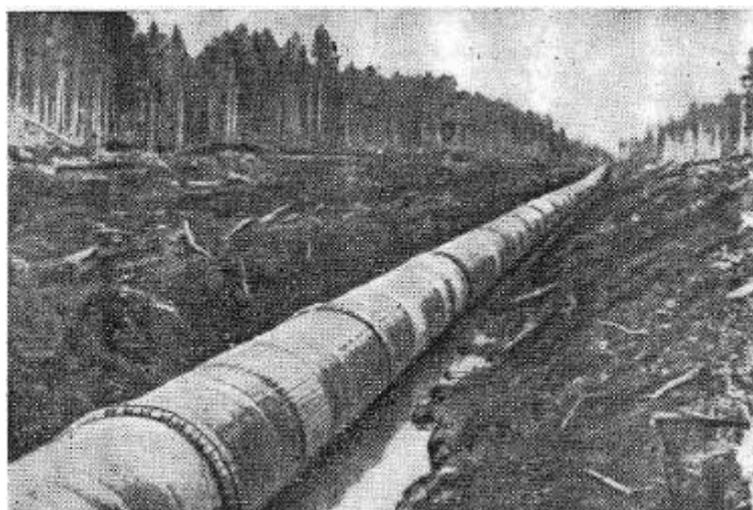


Рис. 7.2 – Трубопровод, закрепленный анкерами

Трубопровод 1 на участке 1₁, уже закреплен анкерами и находится в

					<i>Закрепление труб винтовыми анкерами</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

проектном положении. На участке l_2 ведутся работы по завинчиванию анкеров с помощью установки 3. На участке $l_{п}$, ведутся подготовительные работы (раскладка анкеров 5, доставляемых на волокуше или санях 6, установка трубопровода в створ трубоукладчиком).

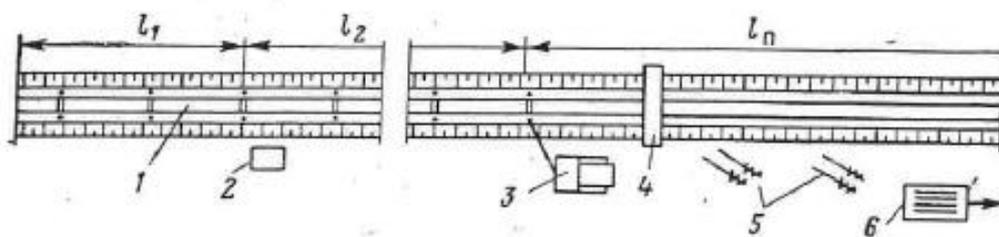


Рис. 7.3 – Технологическая схема закрепления трубопровода анкерами

Окончательное закрепление труб (установка хомутов и регулирование положения трубы) производится бригадой, имеющей в распоряжение сварочный агрегат 2 и необходимые приспособления. Для перехода через траншею устанавливают переходный инвентарный мостик 4.

8. Укладка трубопроводов в насыпях и с усилением несущей способности грунта

Укладка трубопроводов в насыпях и с усилением несущей способности грунта применяется при строительстве трубопроводов как на болотах, так и на вечномерзлых грунтах. Укладка в насыпи дает возможность не разрабатывать слабый болотистый или мерзлый грунт, а усиление несущей способности позволяет обеспечить сохранение стабилизированного состояния трубопровода, уложенного подземно или в насыпи.

Трубопровод в насыпи

В качестве материала для насыпи можно использовать минеральный грунт, хорошо разложившийся торф. Длительная сохранность насыпи может быть обеспечена на болотах, а также на мерзлоте при достаточной высоте теплоизолирующего слоя или при устройстве специального теплоизолирующего экрана. Однако в любом случае необходимо определить осадку как трубопровода, так и насыпи. Отмечу, что чем больше толщина торфяного слоя или слоя оттаивающего грунта, тем больше осадка (при прочих равных условиях). Так, при толщине торфа 3–3,5 м осадка трубопровода от 0,8 до 1 м. Если поверхность болота выпуклая, то при осадках в трубопроводе возникают сжимающие усилия. Они не опасны для прочности труб, но могут вызвать потерю устойчивости трубопровода и разрушение насыпи. Если поверхность болота вогнутая, то при значительных осадках в трубопроводе появляются растягивающие усилия, которые могут вызвать его разрушение. Насыпи из торфа, как более легкие, устраивают на болотах при мощных торфяных залежах.

Продольную устойчивость прямолинейного трубопровода в насыпи определяют так же, как и при подземной прокладке, но с учетом размеров и геометрической формы насыпи.

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Вебер А.А.			Укладка трубопроводов в насыпях и с усилением несущей способности грунта	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Саруев А.Л.					48	123
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.						

При явлениях первоначальной потери продольной устойчивости трубопровод получает незначительные поперечные смещения, вследствие чего со стороны грунта насыпи появляется упругий отпор. По мере увеличения поперечных перемещений трубопровода в насыпи образуется зона уплотненного грунта, и сопротивление со стороны грунта поперечному перемещению труб возрастает. Пока граница зоны не достигнет боковой поверхности насыпи, устойчивость ее будет обеспечена, хотя трубопровод к этому времени и получит некоторое поперечное смещение. Проведенные эксперименты показали, что разрушение насыпи происходит с образованием зоны уплотняемого грунта, причем след поверхности этой зоны наклонен к горизонтальной линии основания насыпи под углом $45^\circ - \varphi/2$ (φ – угол внутреннего трения грунта насыпи). Расчетная схема разрушения насыпи представлена на рис. 8.1. Учитывая изложенное о работе трубопровода в насыпи, получим для различных грунтовых условий критерии критической (вызывающей разрушение насыпи) силы. Поскольку разрушение насыпи характеризуется переходом грунта в предельное состояние, то сопротивление насыпи сдвигу трубопровода должно определяться в предположении пластичной работы грунта. При этом сопротивление грунта принимается

$$Q = E_1 + E_2, \quad (8.1)$$

Величины E_1 и E_2 – предельные сопротивления поперечному перемещению трубопровода.

$$E_2 = q \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где q – вес 1 см длины трубы с продуктом, а величина

$$E_1 = \frac{\gamma_{\text{ем}}(h_1^2 - h_2^2)}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) + p_0 h_1 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) + 2c(h_1 - h_2) \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right). \quad (8.2)$$

					Укладка трубопроводов в насыпях	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При увеличении осадки в трубопроводе возникают растягивающие усилия, которые как бы компенсируют часть его веса и соответственно уменьшают осадки. Кроме того, если возможная осадка (при условии, что вес трубопровода и насыпи полностью передается на грунт) окажется больше максимально возможной стрелки прогиба трубопровода (в предположении, что он работает как жесткая, свободно провисающая нить), то осадка, рассчитанная по грунту, окажется завышенной. Если трубопровод уложен в насыпи, то сжатие торфа, в основном определяемое весом насыпи, приводит к разрушению насыпи.

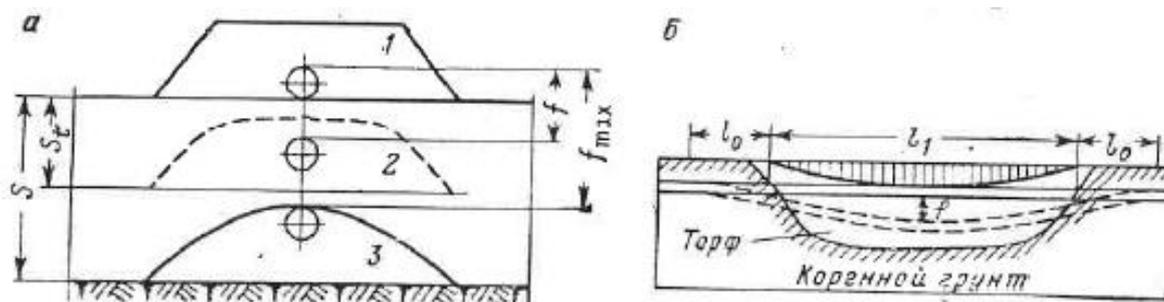


Рис. 8.2 – Схема изменения положения трубопровода в насыпи

На рис. 8.2, а показано начальное 1, промежуточное (нестабилизованное) 2 и стабилизированное 3 положения трубопровода, уложенного в насыпи. Под воздействием веса насыпи торф уплотнился, а трубопровод опустился на s . Разница в осадке, равная $s - f_{\max}$ приводит к тому, что трубопровод как бы всплывает к верху насыпи. Такие явления довольно часто встречаются на практике. Рассмотрим характер работы трубопровода в процессе формирования осадок торфяной залежи, предположив, что специальных устройств, компенсирующих продольные деформации трубопровода, не имеется.

В рассматриваемой задаче могут встретиться три случая:

1) осадка грунта s меньше максимальной стрелки прогиба трубопровода (см. рис. 8.2, б)

$$s < f_{\max}, \quad (8.7)$$

2) осадка равна прогибу

$$s = f_{\max}, \quad (8.8)$$

3) осадка больше прогиба

$$s > f_{\max}, \quad (8.9)$$

Для анализа зависимости осадка и напряженного состояния трубопровода воспользуемся решением, полученным нами для участков трубопроводов, подверженных воздействию оползней (пункт 3). Будем считать, что при осадке трубопровод смещается в поперечном направлении за счет удлинения труб при растяжении вследствие возникновения в них продольных усилий. Удлиняется как участок l_1 , (см. рис. 8.2, б), так и примыкающие к нему участки l_0 , находящиеся в плотном грунте. Таким образом, на участке l_1 трубопровод работает как жесткая нить, концы которой упруго заделаны в грунт на участках защемления l_0 , рассматриваемых как балки в упругой среде, характеризуемой коэффициентами постели на сдвиг k_u и на сжатие k_0 . Величина q в данном случае будет не давлением оползающего грунта, а весом единицы труб и пригрузки, приходящейся на нее. Рассмотрим далее процесс совместного оседания насыпи и трубопровода. При $s = f_{\max}$ середина участка l будет опускаться вместе с насыпью с одинаковой скоростью, сохраняя свое первоначальное (относительно подошвы насыпи) положение. Краевые сечения ($x = 0$ и $x = l$) опустятся только на w_0 , т. е. величину, определяемую упругими свойствами коренного грунта. Насыпь же опустится на величину s_0 , определяемую характеристиками сжимаемости торфа. Сечения участка трубопровода l_1 , расположенные между краевыми и серединными сечениями, будут оседать со скоростью, меньшей, чем скорость оседания насыпи, и в пределах перемещения их стабилизируют на значениях. Рассчитав упругую линию трубопровода и сравнив прогибы нескольких сечений с осадками насыпи в этих же сечениях, можно установить положение трубопровода в насыпи в процессе нарастания осадки. Очевидно, как только прогибы каких-либо сечений достигнут расчетных значений, так начнется обтекание трубо-

					Укладка трубопроводов в насыпях	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

провода грунтом насыпи, вследствие чего может частично и даже полностью разрушиться насыпь. Момент времени t , при котором начинается относительное движение трубопровода и насыпи, легко определить по кривой нарастания осадки насыпи. Работы по сооружению наземных трубопроводов в насыпи включают следующие технологические операции:

1) устройство хворостяной подготовки (настил из хвороста) по всей длине перехода. При выполнении этих работ следует обращать особое внимание на сохранность верхнего слоя болота. Этим достигается хорошая перевязка хвороста. При диаметрах труб до 1 м на болотах 2-го типа достаточно устроить хворостяную подготовку шириной 2,5–3 м. На хворостяную подготовку отсыпают слой торфа толщиной до 10 см;

2) строительство дороги (лежневого типа или песчано-гравийной). Работы по строительству дороги ведут одновременно с подготовкой основания под трубопровод;

3) сварку секций трубопровода, изоляцию и укладку в проектное положение. Эти работы практически не отличаются от обычных линейных. Особое внимание уделяют замыканию концевых стыков перехода. Оно должно быть выполнено при температуре, указанной в проекте. Температуру замыкания стыков рассчитывают таким образом, чтобы при снижении или повышении ее в трубопроводе не возникли продольные усилия, которые могли бы вызвать разрыв труб или потерю их устойчивости с разрушением насыпи.

4) обволакивание трубопровода после укладки грунтом – обычно торфом из канав-резервов, устраиваемых с одной или обеих сторон насыпи. Насыпи отсыпают экскаватором с драглайном, перемещающимся по лежневой дороге.

					Укладка трубопроводов в насыпях и с усилением	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

9. Усиление несущей способности слабого грунта

Замена слабого грунта песчаным

Основная цель замены – улучшить статические условия работы трубопровода за счет значительного уменьшения его осадок путем усиления несущей способности грунта в пределах уплотняемой полосы по трассе трубопровода. Кроме того, при строительстве трубопроводов их можно уложить с меньшим числом утяжеляющих грузов или вовсе без них.

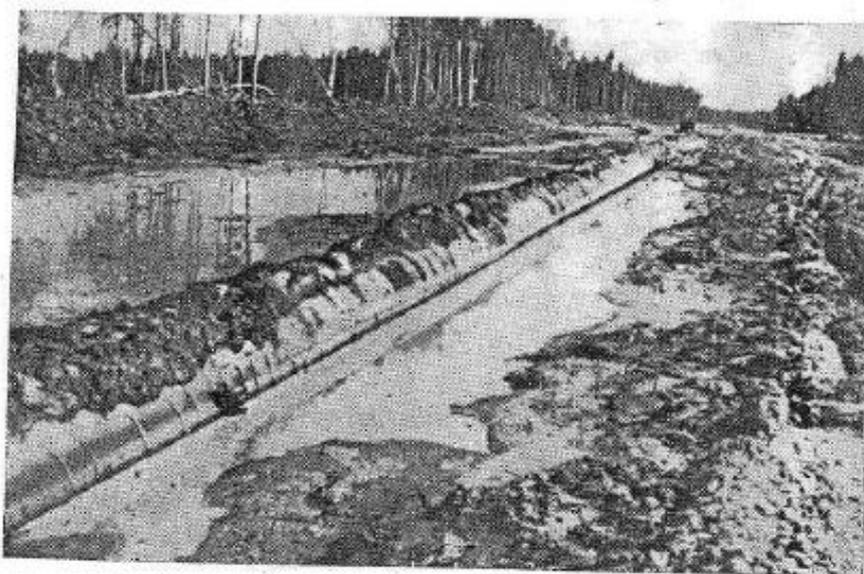


Рис. 9.1 – Всплывший трубопровод

Однако при этом должна быть полная уверенность в том, что песчаный грунт не растечется в слабом грунте и трубопровод, имеющий положительную плавучесть, не всплывет. На рис. 9.1 показан трубопровод, всплывший из-за недостаточной балластировки песчаным грунтом. Технология строительства трубопровода с заменой слабого грунта включает три укрупненные операции: разработку прорези или траншеи в слое торфа до обнажения минерального грунта; укладку трубопровода методом протаскивания или сплава на дно траншеи или установление на плаву с последующим затоплением; засыпку траншеи минеральным грунтом.

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Вебер А.А.			Усиление несущей способности слабого грунта	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Руковод.		Саруев А.Л.					54	123
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б31Т		
И.о.Зав. Каф.		Бурков П.В.						

При прокладке трубопроводов без утяжеляющих грузов размеры и форма песчаной засыпки должны быть определены из условий обеспечения устойчивости трубопровода. На рис. 9.2 показана расчетная схема изменения формы засыпки. Пусть начальная форма засыпки определена контуром 1. Для обеспечения устойчивости трубопровода необходимо, чтобы вес грунта над ним в пределах призмы $aba'b'$ был больше его положительной плавучести, т.е. необходимо выполнить условие:

$$(\gamma_{\text{сух}} - 1) (H - D_{\text{тр}}) \geq P_{\text{пл}}, \quad (9.1)$$

где $\gamma_{\text{сух}}$ – объемный вес сухого песка; $P_{\text{пл}}$ – положительная плавучесть.

Если бы начальная форма засыпки не изменялась со временем, то ширина ее по верху могла бы быть в пределах одного-двух диаметров труб. Вследствие же проявления текучести слабого грунта песок из верхней заштрихованной зоны опускается вглубь, и засыпка приобретает форму контура 2.

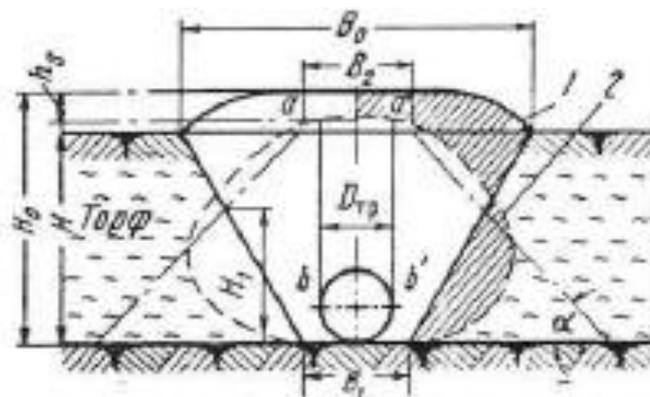


Рис. 9.2 – Расчетная схема засыпки трубопровода

При этом высота засыпки уменьшается на h_s , что может привести к невыполнению условия (9.1) и всплытию трубопровода (см. рис. 9.2). Величину h_s , можно определить, приравнивая объем верхней и нижней заштрихованных зон:

для болот 2-го типа

$$h_s = \frac{0,088H^2(1+ctga)}{0,35H(1+ctga)+B_0}; \quad (9.2)$$

для болот 3-го типа

$$h_s = \frac{0,193H^2(1+ctga)}{0,35H(1+ctga)+B_0}; \quad (9.3)$$

Засыпку траншеи выполняют с одного или сразу с двух берегов. Отсыпают песок самосвалами и разравнивают бульдозером. После этого уплотняют насыпь обкаткой ее тяжелым трактором (6–10 раз). При большой длине переходов через каждые 150–200 м устраивают островки для разъезда и разворота автомашин. Если карьер песчаного грунта расположен вблизи от болота, то для засыпки траншеи можно применять метод гидромеханизации, т.е. транспорт грунта в виде пульпы по трубам. Для засыпки лучше всего использовать хорошо дренирующие крупнозернистые песчаные или гравийные грунты.

Уплотнение слабого грунта песчаными сваями

Уплотнение с помощью песчаных свай позволяет увеличить несущую способность грунта до 1–2 кгс/см² на болотах 2-го типа и в несколько раз уменьшить осадку трубопровода. Трубопровод укладывают в траншее (рис. 9.3, а), разрабатываемой после устройства свай, или в насыпи (рис. 9.3, б) из минерального грунта 4, отсыпанной после укладки трубопровода 1 по песчаным сваям. В плане сваи 3 размещают в шахматном порядке или по углам квадратов. Расстояния между осями свай назначают в зависимости от вида грунта и степени необходимого его уплотнения. При шахматном порядке размещения свай расстояние между ними определяют по формуле

$$L_{св} = 0,95d_{св} \sqrt{\frac{\gamma_{упл}}{\gamma_{упл} - \gamma_{ест}}}, \quad (9.4)$$

где $d_{св}$ – диаметр свай; $\gamma_{упл}$ – объемный вес уплотненного грунта;

$\gamma_{ест}$ – объемный вес грунта (торфа) до уплотнения.

Так, при уплотнении торфа от объемного веса 1 тс/м³ до 1,3 тс/м³ песчаные сваи диаметром 0,5 м необходимо располагать на расстоянии 1,5 м (между осями).

					Усиление несущей способности слабого грунта	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Песчаные сваи погружают с помощью инвентарной сваи-оболочки, изготовляемой из обычной стальной трубы. Сваю-оболочку забирают в торф вибратором. После погружения оболочка на заданную глубину в нее засыпают песок.

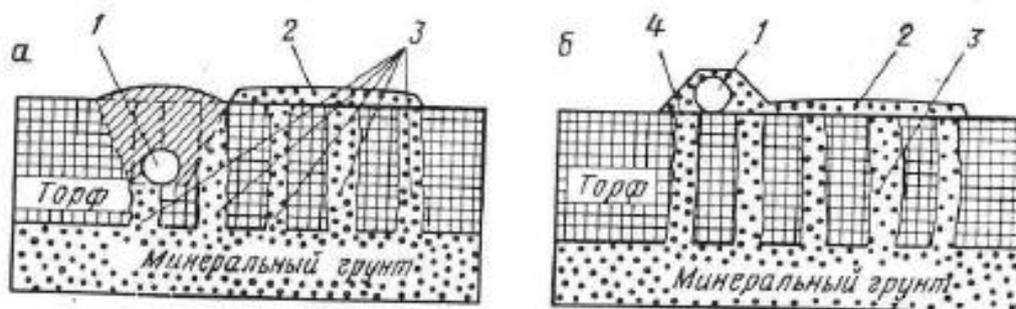


Рис. 9.3 – Схема устройства песчаных свай:
 а – в траншее; б – в насыпи

В нижней части сваи-оболочки имеются раскрывающиеся створки, которые закрывают при погружении пустой оболочки. Погрузив оболочку и заполнив песком, ее поднимают на 0,5–0,7 м. При этом вибратор не выключают, задерживают подъем на 10–15 с для того, чтобы раскрылись створки. После этого оболочку вытаскивают без остановок при работающем вибраторе. Сваи-оболочки изготавливают из стальных труб диаметром от 500 до 700 мм. Работы по погружению свай начинают от края болота и ведут сразу по всей ширине уплотняемой полосы. При этом участок с погруженными песчаными сваями используют для передвижения крана. Одновременно с забивкой свай отсыпают песчаную насыпь 2 под дорогу. Чем скорее будет она отсыпана, тем быстрее будет происходить уплотнение торфа под действием веса песчаной насыпи.

Применение песчаных свай позволяет выполнять работы непосредственно по строительству трубопровода через 5–10 дней после устройства свай, тогда как при отсыпке насыпи на поверхность болота требуется значительно больше времени для затухания осадок.

10.Расчетная часть

При современном уровне развития трубопроводного транспорта этап строительства является одним из наиболее важных, так как на этапе сооружения закладывается основа для надежной и безаварийной эксплуатации трубопровода на протяжении всего срока службы.

При строительстве магистральных трубопроводов выполняется весьма обширный объем самых разнообразных работ, таких как:

- расчистка и планировка трасс;
- разработка траншеи;
- развозка и сварка труб в нитку;
- очистка и изоляция труб;
- укладка труб в траншею;
- испытание трубопровода на прочность и герметичность;
- устройство электрозащиты трубопровода от коррозии;
- засыпка траншеи;
- устройство линий связи и т.д.

На строительстве магистральных трубопроводов эксплуатируется большое количество общестроительной техники (экскаваторов, бульдозеров, кранов и т.п.), а также несколько десятков типов специальных машин и механизмов (трубоукладчиков, траншейных экскаваторов, трубовозов и т.п.). Разрабатывается и поступает на трассы строительства магистральных трубопроводов а также большое число новых машин и механизмов. К этим машинам предъявляются повышенные технико-эксплуатационные требования, так как трубопроводы прокладываются во всех климатических зонах страны, причем строительство ведется в течение всего года при температурах окружающего воздуха от +50 до -50°С, а трассы трубопроводов пересекают труднопроходимые участки местности, такие как болота.

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Вебер А.А.</i>			Расчетная часть	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					58	123
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф.</i>		<i>Бурков П.В.</i>						

В данном разделе рассматриваются машины, предназначенные для отрывания траншеи.

10.1. Расчет земляных работ

В таблице 10.1.1 представлены исходные данные, необходимые для расчета земляных работ.

Таблица 10.1.1 – Исходные данные

$D_{тр}$ – диаметр трубопровода, мм	720
Планируемая скорость сооружения трубопровода, V , в м/день	450
Длина участка траншеи, км	5
Наличие растительности и ее размер	+(да)
Угол уклона местности, град	8(подъем)
Квалификация машиниста	низкая
Коэффициент разрыхления на болотах 2 типа	1,14

10.1.1. Расчет основных параметров траншеи

По заданным условиям диаметр трубопровода $d = 720$ мм, заглубление трубопровода на болотах или торфяных грунтах, подлежащих осушению $h=1,1$ м, длина участка траншеи 5 км. Для определения объемов работ по выемке грунта необходимо определить форму и площадь сечения траншеи, а следовательно и ее параметры.

1. Ширина траншеи по дну (рис. 10.1)

$$b = 1,5 * d_{тр}, \quad (10.1)$$

где $d_{тр}$ – диаметр трубопровода, по таблице 10.1.1 принимаем $d_{тр} = 720$ мм.

$$b = 1,5 * 720 = 1080 \text{ мм}$$

2. Глубина траншеи:

$$h_{т} = d_{тр} + h + c, \quad (10.2)$$

где h – глубина заглубления трубопровода, $h=1,1$ м;

c – глубина подсыпки, равная 0,2 м

$$h_{т} = 0,72 + 1,1 + 0,2 = 2,02 \text{ м}$$

3. Длина основания трапеции:

$$a = b + 2 * h_T * \text{ctg} \beta, \quad (10.3)$$

где b – ширина траншеи по дну равная 1080мм;

h_T – глубина траншеи равная 2020мм;

β – угол откоса, равный 45° , $\text{ctg} 45^\circ = 1$;

$$a = 1080 + 2 * 2020 * 1 = 5120 \text{ мм}$$

4. Площадь сечения траншеи:

$$S = \frac{b+a}{2} * h(T) = \frac{1080+5120}{2} * 2020 = 6231700 \text{ мм}^2 = 6,23 \text{ м}^2,$$

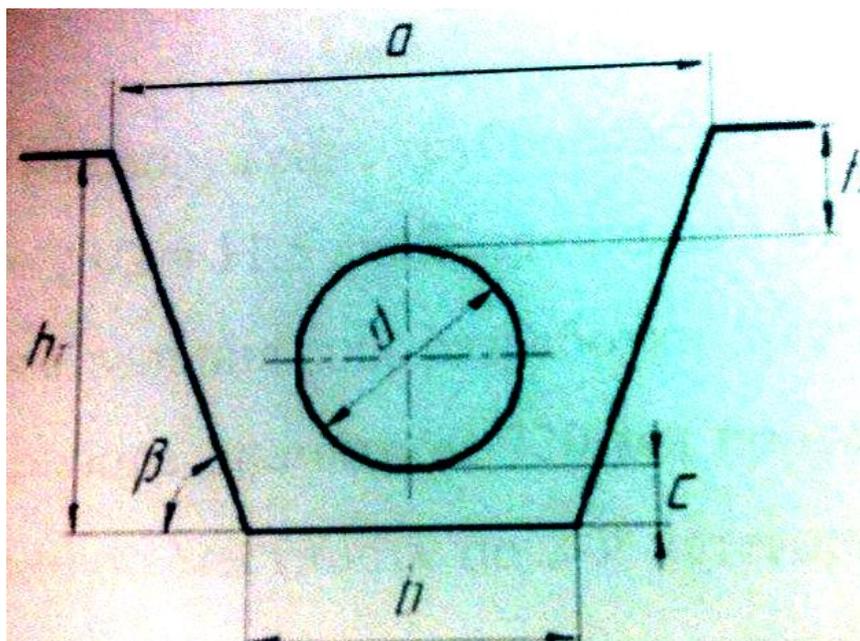


Рис.10.1 – Поперечный профиль траншеи трубопровода

5. Объем грунта в целике:

$$V_{\text{земли}} = S_{\text{сеч}} * L, \quad (10.4)$$

где $S_{\text{сеч}}$ – площадь сечения траншеи, равная $6,23 \text{ м}^2$;

L – длина участка траншеи, $L = 5000 \text{ м}$ (табл. 10.1.1).

$$V_{\text{земли}} = 6,23 * 5000 = 31150 \text{ м}^3$$

6. Фактический объем грунта:

$$V_{\text{фактич. работ}} = K_p * V_{\text{земли}}, \quad (10.5)$$

где K_p – коэффициент разрыхления, по табл. 10.1.1 принимаем 1,14;

$V_{\text{земли}}$ – объем грунта в целике, равный 31150 м^3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$V_{\text{фактич. работ}} = 1,14 * 31150 = 35511 \text{ м}^3$$

7. Объем работ на объекте:

Принимаем скорость строительства трубопровода 450 м/день (табл. 10.1.1).

Время на сооружение трубопровода протяженностью 5000м:

$$T=L/v_{\text{стр}}, \quad (10.6)$$

где T – время, затраченное на строительство траншеи;

L – длина участка траншеи, L = 5000м(табл. 10.1.1);

$v_{\text{стр}}$ – скорость строительства, $v_{\text{стр}} = 450$ м/день,

$$T = 5000/450=11,11 \text{ дней}$$

Принимаем T=12 дней

Время на подготовительные работы при строительстве трубопровода составляет 50% основного времени на строительство трубопровода:

$$T_{\text{подг}} = T/2, \quad (10.7)$$

где T – основное время на сооружение трубопровода.

$$T_{\text{подг}} = 12/2=6 \text{ дней.}$$

Для разработки траншеи при строительстве МН диаметром 720 мм протяженность 5км потребуются: машины для подготовительных работ и машины для разработки траншеи.

Для производства подготовительных работ потребуются кусторезы, корчеватели и бульдозеры. Для сооружения траншеи, исходя из категории грунта и объемов работ, выбираем одноковшовый экскаватор с обратной лопатой.

					<i>Расчет земляных работ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

10.1.2. Расчет объемов грунта, который необходимо привезти, оставить, вывезти

1. Объем трубопровода:

$$V_{\text{труб}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l}{4}, \quad (10.8)$$

где d – диаметр трубопровода, принимаем $d = 720$ мм (табл. 10.1.1).

$$V_{\text{труб}} = 3,14 \cdot 0,72^2 \cdot 5000 / 4 = 2034,72 \text{ м}^3$$

2. Объем грунта, необходимого на подсыпку:

- Определяем верхнюю образующую подсыпку:

$$d_1 = b + 2 \cdot C \cdot \text{ctg} \beta, \quad (10.9)$$

где b – ширина траншеи по дну равная 1080 мм;

c – глубина подсыпки, равная 0,2 м;

β – угол откоса, равный 45° , $\text{ctg} 45^\circ = 1$.

$$d_1 = 1,08 + 2 \cdot 0,2 \cdot 1 = 1,48 \text{ м}$$

- определяем площадь

$$S_1 = \frac{d_1 + b}{2} \cdot C = \frac{1,48 + 1,080}{2} \cdot 0,2 = 0,256 \text{ м}^2 \quad (10.10)$$

- объем грунта в целике:

$$V_{\text{ц}} = S_1 \cdot L = 0,256 \cdot 5000 = 1280 \text{ м}^3 \quad (10.11)$$

- фактический объем грунта:

$$V_1 = V_{\text{ц}} \cdot K_p, \quad (10.12)$$

где K_p – коэффициент разрыхления для грунта, по табл. 10.1.1 принимаем $K_p = 1,14$.

$$V_1 = V_{\text{ц}} \cdot K_p = 1280 \cdot 1,14 = 1459,2 \text{ м}^3$$

3. Объем грунта, который необходимо привезти для подсыпки трубопровода:

$$V = V_1 \cdot K_{\text{песка}} = 1459,2 \cdot 1,17 = 1707,3 \text{ м}^3 \quad (10.13)$$

4. Объем грунта, который необходимо вывезти:

$$V_{\text{выв}} = V_{\text{труб}} \cdot K_p + V_1 = 2034,72 \cdot 1,14 + 1459,2 = 3778,8 \text{ м}^3 \quad (10.14)$$

					<i>Расчет земляных работ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

10.1.3. Машины для подготовительных работ

В состав работ по подготовке строительной полосы вдоль трассы будущего магистрального трубопровода входят валка леса, корчевка пней и кустарника, удаление крупных камней, срезка бугров и засыпка впадин земель, сооружение полок на склонах, возведение насыпей на болотах и т.д. Это делается для того, чтобы обеспечить последующую работу специальных строительных машин. Сейчас наиболее трудоемкие из этих видов строительных работ механизированы и выполняются при помощи высокопроизводительных машин. Представляющих собой навесное оборудование на тракторы: бульдозеров, кусторезов, корчевателей-собирателей и рыхлителей. Эти строительные машины общего назначения применяются также при строительстве дорог, прокладке просек, мелиоративных работах и т.д.

10.1.3.1. Расчистка полосы строительства от леса и кустарника

Расчистка полосы строительства трубопроводов от леса и кустарника выполняется в определенной последовательности:

- разметка полосы и трелевочного волока в натуре и ограничение визирами (вешками и засечками на деревьях);
- удаление гнилых сухостойных и зависших деревьев, обрубка сучьев на валежниках;
- устройство площадок для разделывания леса;
- устройство и прокладка трелевочного волока;
- валка деревьев и срезка кустарника;
- обрубка сучьев и раскряжевка хлыстов;
- погрузка, транспортировка и разгрузка лесоматериалов с расчищаемой полосы; корчевка и уборка пней;
- разработка котлована или траншеи для захоронения пней;
- захоронение пней и засыпка траншеи и котлована;
- предварительная планировка неровностей с засыпкой ям.

					Машины для подготовительных работ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

При расчистке строительной полосы от леса и кустарника применяют технологические схемы, зависящие от крупности леса, средств механизации и грунтовых условий. Схема расчистки полосы строительства трубопровода от леса представлена на рисунке 10.2.

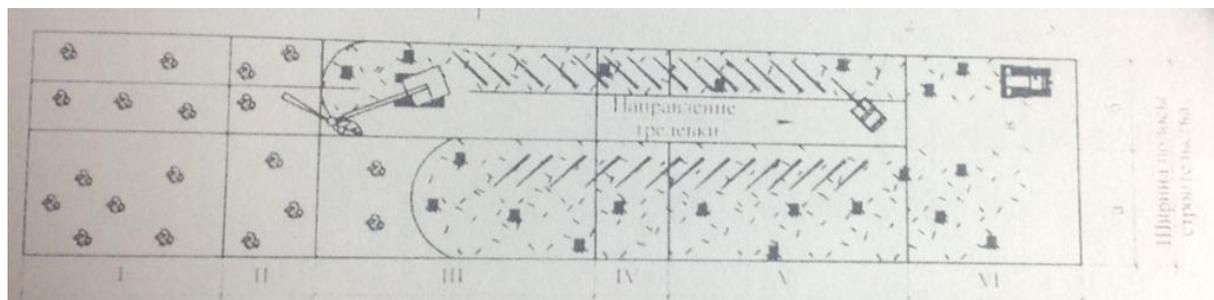


Рисунок 10.2 – Схема расчистки отвода от леса машиной для валки леса
 I – зона разметки ширины строительной полосы; II – зона безопасности 50м; III – зона валки леса; IV – зона безопасности; V-IV – зона трелевки и корчевки пней; 1 – машина для валки леса; 2 – трелевочный трактор; 3 – бульдозер

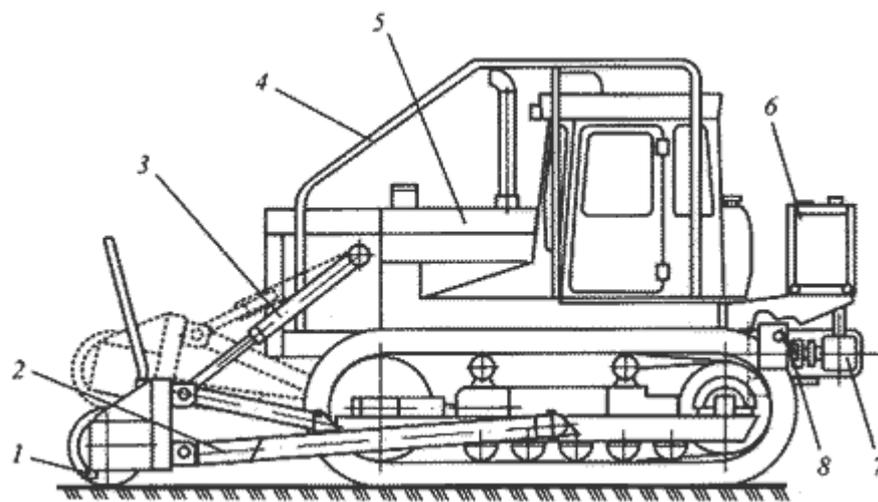
Валку деревьев осуществляют лесоповалочными машинами.

10.1.4. Кусторезы

Кусторезы предназначены для срезки кустарника и мелколесья при подготовке строительной полосы.

Таблица 10.1.2 – Зависимость числа проходов по одному следу от породы деревьев (для кустореза с отвальным рабочим органом)

Порода деревьев	Число проходов по одному месту		
	1	2	3
	Диаметр ствола, мм		
Сосна	200...	250... 300	350... 400
Береза	250	95... 250	125... 350
Дуб	20... 200 До 80	До 95	До 125



10.2– Кусторез с фрезерным рабочим органом:
 1 – ротор-измельчитель в кожухе; 2 – толкающие брусья;
 3 – гидроцилиндры подъема / опускания ротора; 4 –защитная конструкция FOPS; 5 – базовая машина; 6– гидросистема;
 7– насос; 8 –ходовоуменьшитель

Таблица 10.1.3 – Технические характеристики
 мульчераУМН/НР

Мощность дизеля, кВт (л.с.)	162 (230)
Полная масса агрегата, кг	16500
Габаритные размеры: длина*ширина*высота, мм	6000*2550*3000
Привод режущих органов	гидравлический
Частота вращения роторного диска, об/мин	1900
Ширина захвата, м	2,2
Высота оставленных пеньков, см	не более 40
Масса срезающее-измельчающего устройства, кг	2790
Рабочая скорость, км/час	до 3
Производительность заявленная, м ² /час	7000

10.1.4 – Технические характеристики мульчера МСЛ-250

Мощность дизеля, кВт (л.с.)	176 (240)
Полная масса агрегата, кг	13500
Габаритные размеры: длина*ширина*высота, мм	6000*2550*3000
Привод режущих органов	гидравлический
Частота вращения роторного диска, об/мин	1900
Ширина захвата, м	2,2
Высота оставленных пеньков, см	-
Рабочая скорость, км/час	до 5
Производительность заявленная, м ² /час	7000

Таблица 10.1.5 – Технические характеристики кустореза КБ-4А

Мощность дизеля, кВт (л.с.)	176 (240)
Полная масса агрегата, кг	16400
Габаритные размеры: длина*ширина*высота, мм	8300*4000*2800
Привод режущих органов	гидравлический
Частота вращения роторного диска, об/мин	2380
Ширина захвата, м	4,0
Высота оставленных пеньков, см	-
Рабочая скорость, км/час	1,8
Производительность заявленная, м ² /час	9000

10.1.4.1. Производительность кустореза КБ-4А

Определим площадь за один проход кустореза:

$$S = L \cdot B, \quad (10.15)$$

где L – длина за один проход кустореза, при продольной схеме разработки, примем 500м (зона III рисунка 10.2);

B – ширина рабочего органа.

$$S = 500 \cdot 4 = 2000 \text{ м}^2,$$

Определим время необходимое за один проход:

$$t = \frac{3,6 \cdot L}{v} + t_{n.n} + t_{пов}, \quad (10.16)$$

где v – рабочая скорость, примем среднюю рабочую скорость кустореза 2км/ч, что равно 0,5 м/с;

$t_{п.п}$ – время переключения передачи, принимаем 6 с;

$t_{пов}$ – время поворота, принимаем 10 с.

$$t = \frac{3,6 \cdot 500}{0,5} + 6 + 10 = 3616 \text{ с.}$$

Производительность кустореза:

$$П_k = \frac{3600 \cdot L \cdot B \cdot K_u}{t}, \quad (10.17)$$

где K_u – коэффициент использования, 0,85.

$$П_k = \frac{3600 \cdot 500 \cdot 4 \cdot 0,85}{3616} = 1692,48 \frac{\text{м}^2}{\text{ч}}. \quad (10.18)$$

10.1.4.2. Расчет количества кусторезов

Количество дней на проведение подготовительных работ $T_{подг} = 6$, тогда общее время работы равно $T_{общ} = 6 \cdot 12 = 72$ ч (при условии работы в одну смену по 12 часов).

Необходимая производительность кустореза:

$$П_{необх} = \frac{F_{уч}}{T_{общ}} = \frac{L \cdot S}{T_{общ}}, \quad (10.19)$$

где S – ширина строительной полосы, принимаем 23 м

$$П_{необх} = 5000 \cdot 23 / 72 = 1597 \text{ м}^2/\text{ч}$$

Необходимое количество кусторезов:

					Кусторезы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$N = \frac{P_{\text{необх}}}{P_k} = 1597/1692,48 = 0,943. \quad (10.20)$$

Принимаем 1 кусторез.

Проведя аналогичный расчет производительности мульчеров МСЛ-250 и УМН/НР, составим сводную таблицу.

Таблица 10.1.6 – сводная таблица мульчеров

Название	Расчетная производительность, м ² /час	Паспортная производительность, м ² /час	Количество о необходимых единиц
КБ-4А	1692,48	9000	0,943
МСЛ-250	1415,97	9000	1,125
УМН/НР	1386,46	7000	1,151

Проведя расчет производительности техники, делаем вывод, что использование кустореза КБ-4А является более выгодным.

10.1.5. Основные методики расчета производительности корчевателей

Корчеватели предназначены для очистки участков, отведенных под земляные работы, от оставшихся после кусторезов корней и пней.

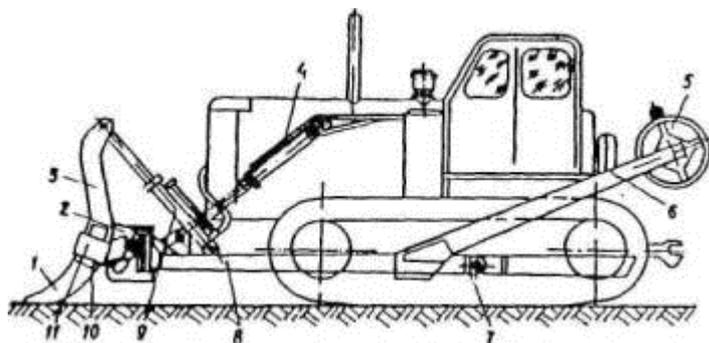


Рис. 10.3 – Корчеватель-собиратель:

- 1 – клыки; 2 – шарнирная навеска; 3 – отвал корчевателя; 4 – гидроцилиндры подъема и опускания рамы; 5 – противовес; 6 – рама противовеса; 7 – кронштейн; 8 – универсальная рама; 9 – выносные гидроцилиндры для поворота отвала; 10 – клинья; 11 – балка

Таблица 10.1.7 – Технические характеристики корчевателя МП-12

Ширина захвата корчевателя	1,7 м
Заглубление	до 0,7 м
Высота подъема	до 3 м
Корчующее усилие	170000 Н
Ширина захвата бороны	3 м
Рабочая скорость	2,36 км/ч
Производительность	до 0,35 га/ч
Масса трактора	15200 кг
Масса отвала	1200кг

Таблица 10.1.8 – Технические характеристики корчевателя ДП-25

Ширина захвата корчевателя	4 м
Заглубление	до 0,5 м
Корчующее усилие	250000 Н
Рабочая скорость	2,36 км/ч
Производительность	до 0,48 га/ч
Масса трактора с отвалом	16100 кг

Полное сопротивление P , возникающее при рыхлении корчевателем грунта, складывается из следующих сопротивлений:

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (10.21)$$

где P_1 – сопротивление рыхлению грунта и разрушению корневой системы растительного слоя;

P_2 – сопротивление перемещению по грунту трактора с навесным оборудованием;

P_3 – сопротивление перемещению кустарника, камней и пней по грунту.

Так как далее потребуется выбор определенных параметров, которые нам не известны, будем выбирать параметры для условий средней тяжести работы корчевателя.

Сопротивление грунта представлено выражением:

$$P_1 = k * b * h * r_{и.р} * 100, \quad (10.22)$$

где k – коэффициент грунта рыхлению, принимаем 1,5 МПа;

b – ширина отвала, 1,7 м;

h – глубина рыхления, принимаем 0,6 м;

$r_{и.р}$ – коэффициент неполноты рыхления, принимаем 0,6

$$P_1 = 1,5 * 1,7 * 0,6 * 0,6 * 100 = 91,8 \text{ кН.}$$

Сопротивление перемещению по грунту трактора с оборудованием:

$$P_2 = g * (M_{тр} + M_0) * (f_{тр} + i), \quad (10.23)$$

где g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

$M_{тр}$ – масса трактора 15200кг;

M_0 – масса отвала 1200кг;

$f_{тр}$ – сопротивление, учитывающее сопротивление перекачиванию трактора, принимаем 0,12;

i – уклон пути, равный тангенсу угла уклона. $\text{tg } 8^\circ = 0,1405$.

$$P_2 = 9,81 * (15200 + 1200) * (0,12 + 0,1405) = 41,91 \text{ кН}$$

Сопротивление волочению по грунту пней корней:

$$P_3 = g * M_{п} * f_{п}, \quad (10.24)$$

где $M_{п}$ – масса кустарника в отвале, принимаем 2200кг;

$f_{п}$ – коэффициент перемещения кустарника, деревьев, камней принимаем 0,6

					<i>Расчет корчевателей</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

$$P_3 = 9,81 * 2200 * 0,6 = 12,95 \text{ кН}$$

$$P = 91,8 + 41,91 + 12,95 = 146,66 \text{ кН}$$

Так как рассчитанное корчующее усилие (146,6 кН) меньше представленного производителем (170 кН), то делаем вывод, что данный тип корчевателя подходит для данного вида работ.

Производительность корчевателя определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{1000 * b * v * (k_B - n_1 * t)}{n}, \quad (10.25)$$

где b – ширина отвала, 1,7 м;

v – скорость рабочего хода, 2,36 км/ч (0,656 м/с);

k_B – коэффициент использования рабочего времени, принимаем 0,85;

n – число проходов по одному месту, принимаем 1,5;

n_1 – число поворотов на участке за 1 час работы, 20;

t – время поворота, 10с (0,00278 час).

$$\Pi = \frac{1000 * 1,7 * 2,36 * (0,85 - 20 * 0,00278)}{1,5} = 2124,7 \text{ м}^2/\text{ч}$$

Производительность за одну двенадцатичасовую смену:

$$\Pi_{\text{см}} = \Pi * 12 \quad (10.26)$$

$$\Pi_{\text{см}} = 2124,7 * 12 = 25497 \text{ м}^2/\text{ч.}$$

Площадь строительной полосы:

$$F_{\text{пл}} = L * L_{\text{п}} \quad (10.27)$$

где L – длина проектируемого участка;

$L_{\text{п}}$ – ширина полосы земель, отводимых для трубопровода, 23м

$$F_{\text{пл}} = 5000 * 23 = 115000 \text{ м}^2$$

Количество дней на расчистку полосы площадью $S = 115000 \text{ м}^2$:

$$N = \frac{S}{\Pi_{\text{см}}} \quad (10.28)$$

$$N = \frac{115000}{25497} = 4,51 \text{ дней}$$

Количество единиц техники, при времени подготовки 6 дней:

$$n = \frac{N}{T_{\text{подг}}}, \quad (10.29)$$

где $T_{\text{подг}}$ – время на подготовительные работы, 6 дней.

					Расчет корчевателей	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n = 4,51/6=0,75$$

Принимаем 1 корчеватель МП-12.

					<i>Расчет корчевателей</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

10.1.6.Бульдозеры

Бульдозер – основная машина для подготовительных работ. Он применяется для планировки местности, срезки бугров, засыпки ям и траншей, перемещения грунта на небольшие расстояния (до 100 м) и т.д. Бульдозер может быть использован для валки деревьев с корнями, корчевания пней и кустарников. В зимнее время его применяют для расчистки дорог и площадок снега.

10.1.6.1. Расчет основных рабочих параметров бульдозера

Рассмотрим три бульдозера среднего класса с поворотным отвалом CATD7R, KomatsuD85EX-15 и Б-13. Технические характеристики бульдозеров приведены ниже.

Таблица 10.1.9 – Параметры бульдозера CATD7R

Показатели	CATD7R
Отвал:	
Длина, мм	1693
Высота, мм	1355
Угол, град:	
резчик	55
перекоса	7
в плане	63
Управление	гидравлическое
Масса, кг:	
бульдозерного оборудования	4670
общая с трактором	20298
Мощность, л.с.	240

Таблица 10.1.10 – Параметры бульдозера KomatsuD85EX-15

Показатели	KomatsuD85EX-15
Отвал:	
Длина, мм	3715
Высота, мм	1436
Угол, град:	
Резчик	55
перекоса	7
в плане	63
Управление	гидравлическое
Масса, кг:	
бульдозерного оборудования	3305
общая с трактором	21040
Мощность, л.с.	240

Таблица 10.1.11 – Параметры бульдозера Б-13

Показатели	Б-13
Отвал:	
Длина, мм	3730
Высота, мм	1400
Угол, град:	
резчик	55
перекоса	7
в плане	63
Управление	гидравлическое
Масса, кг:	
бульдозерного оборудования	3100
общая с трактором	21400
Мощность, л.с.	215

Тяговый расчет бульдозера CATD7R

При разработке грунта бульдозером внеповоротным отвалом (угол поворота отвала к оси трактора в плане равен 90°) максимальное сопротивление перемещению бульдозера P в момент окончания набора грунта отвалом складывается из следующих величин:

$$P = P_p + P_{пр} + P_c + P_n + P_m, \quad (10.30)$$

где P_p – сопротивление грунта резанию; $P_{пр}$ – сопротивление перемещению призмы грунта (призмы волочения) перед отвалом;

P_c – сопротивление от скольжения грунта вверх по отвалу;

P_n – сопротивление трению ножа отвала бульдозера по грунту;

P_m – сопротивление перемещению тягача.

Рассчитаем каждую составляющую сопротивления перемещению бульдозера:

$$P_p = K_p * V * h * \sin\varphi, \quad (10.31)$$

где K_p – коэффициент удельного сопротивления резанию, принимаем 10000 Па (для болот 2-го типа);

$V = 3,693$ м – длина отвала;

φ – угол поворота в плане, $\varphi = 63^\circ$, $\sin 63^\circ = 0,891$;

$h = 0,1 * H$ – средняя толщина стружки, примем 0,2 м;

H – высота отвала (1,355 м).

$$P_p = 10000 * 3,693 * 0,2 * 0,891 = 6580,9 \text{ Н}$$

$$P_m = G_{\text{бн}} * g * (f+i), \quad (10.32)$$

где $G_{\text{бн}}$ – масса базовой машины, 15628 кг;

f – коэффициент сопротивления перекачиванию, примем 0,1;

i – уклон местности, $i = \text{tg}\beta = \text{tg}8^\circ = 0,1405$.

$$P_m = 15628 * 9,81 * (0,1 + 0,1405) = 36871,2 \text{ Н}$$

$$P_H = (G_{\text{бo}} * g + K_1 * x * V) * \mu, \quad (10.33)$$

где $G_{\text{бo}}$ – масса базового отвала, 4670 кг;

μ – коэффициент трения грунта о сталь, принимаем 0,5;

K_1 – коэффициент несущей способности грунта, примем 20 кН/м²;

x – ширина нижней площадки ножа, $x = 0,02$ м.

$$P_H = (4670 * 9,81 + 20000 * 0,02 * 3,693) * 0,5 = 23645 \text{ Н}$$

$$P_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} * g * \rho * (f+i) * \sin\varphi / K_p, \quad (10.34)$$

где g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²);

f – коэффициент трения грунта о грунт ($f=0,2$);

$V_{\text{пр}}$ – объем призмы волочения;

ρ – плотность грунта, принимаем 500 кг/м³.

$$V_{\text{пр}} = \frac{(H-h)^2 * V}{2 * \text{tg}\varphi_0 * K_p}, \quad (10.35)$$

где K_p – коэффициент разрыхления, 1,14;

					<i>Расчет бульдозеров</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

$\text{tg}\varphi_0$ – угол естественного откоса грунта, $\text{tg } 15^\circ=0,2679$.

$$V_{\text{пр}} = (1,355-0,2)^2 * 3,693 / (2 * 0,2679 * 1,14) = 8,06 \text{ м}^3$$

$$P_{\text{пр}} = 8,06 * 9,81 * 500 * (0,2 + 0,1405) * 0,2588 / 1,14 = 3056 \text{ Н}$$

$$P_c = \frac{v_{\text{пр}} * \rho * \mu * (\cos \alpha)^2}{K_p}, \quad (10.36)$$

где α – угол резчика, $\alpha=55^\circ$, $\cos 55^\circ=0,57$.

$$P_c = 8,06 * 500 * 0,5 * 0,57^2 / 1,14 = 574,3 \text{ Н}$$

Подставляя все значения величин сопротивления в формулу:

$$P = P_p + P_{\text{пр}} + P_c + P_n + P_m, \text{ получаем:} \quad (10.37)$$

$$P = 6580,9 + 3056 + 574,3 + 23645 + 36871,2 = 70727,4 \text{ Н}$$

Необходимая мощность базовой машины:

$$N = \frac{P * v}{\eta * 3,6}, \quad (10.38)$$

где v – скорость движения бульдозера, принимаем 2 км/ч;

η – механический КПД базовой машины, равный 0,75.

$$N = 70727,4 * 2 / (0,75 * 3,6) = 52,4 \text{ кВт}$$

Запас мощности для данного бульдозера 70%. Данный результат удовлетворяет условиям работы бульдозера. Следовательно, данный бульдозер подходит для проведения планировочных работ и работ, связанных с резанием и перемещением грунта.

Производительность бульдозера

Планировочные работы производится бульдозером CATD7R, с гидравлическим приводом поворотного отвала. Набор грунта осуществляется прямоугольным способом, на глубину резания 0,2 м.

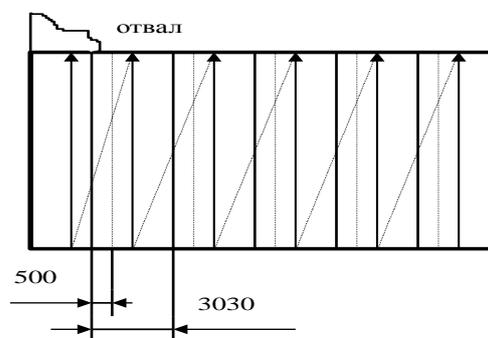


Рис. 10.4 – Схема движения бульдозера

Найдем длину пути резания грунта:

$$L_p = \frac{0,5 \cdot H^2}{\operatorname{tg} \varphi_0 \cdot h} = \frac{0,5 \cdot 1,355^2}{0,2679 \cdot 0,2} = 17,13 \text{ м} \quad (10.39)$$

Принимаем $L_p = 17 \text{ м}$.

Определяем коэффициент потерь грунта при перпендикулярном перемещении:

$$K_{\text{пот}} = 1 - 0,005 \cdot L_{\text{п}} \cdot \cos 8^\circ, \quad (10.40)$$

где $L_{\text{п}}$ – расстояние, на которое перемещается грунт.

Находим $L_{\text{п}}$ по формуле:

$$L_{\text{п}} = B - L_p - L_{\text{отв}}, \quad (10.41)$$

где B – ширина строительной полосы, 23 м;

$L_{\text{отв}}$ – длина основания кавальера, 3 м.

$$L_{\text{п}} = 23 - 17 - 3 = 3 \text{ м}$$

$$K_{\text{пот}} = 1 - 0,005 \cdot 3 \cdot 0,99 = 0,985$$

Найдем объем призмы волочения с учетом коэффициента потерь по формуле:

$$V = \frac{(H-h)^2 \cdot B_0 \cdot K_{\text{ном}}}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 \cdot K_p}, \quad (10.42)$$

где K_p – коэффициент разрыхления, 1,14;

$\operatorname{tg} \varphi_0$ – угол естественного откоса грунта, $\operatorname{tg} 15^\circ = 0,2679$

$B = 3,693 \text{ м}$ – длина отвала;

$h = 0,1 \cdot H$ – средняя толщина стружки, примем 0,2 м;

H – высота отвала (1,355 м).

$$V = \frac{(1,355 - 0,2)^2 \cdot 3,693 \cdot 0,985}{2 \cdot 0,2679 \cdot 1,14} = 7,4 \text{ м}^3,$$

Продолжительность работы машины t за один цикл складывается из следующих отрезков времени:

$$t = t_p + t_{\text{п}} + t_{\text{пп}} + t_0 + t_{3.х}, \quad (10.43)$$

где $t_{\text{пп}}$ – время переключения передач, 4 с;

t_0 – время опускания отвала, 4 с;

$t_{3.х}$ – время заднего хода бульдозера;

					Расчет бульдозеров	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

t_{Π} – время поворота бульдозера.

$$t_p = 3,6 * \frac{L_p}{V_p} = 3,6 * \frac{17}{2} = 30,6 \text{ с}$$

$$t_{\Pi} = 3,6 * \frac{L_{\Pi}}{V_{\Pi}} = 3,6 * \frac{3}{5} = 2,16 \text{ с}$$

$$t_{3.x} = 3,6 * \frac{L_p + L_{\Pi}}{V_{3.x}} = 3,6 * \frac{17+3}{5} = 14,4 \text{ с}$$

где V_{Π} принимаем 5 км/ч, $V_{3.x} = 5$ км/ч;

L_p, L_{Π} – длины путей резания и перемещения, м;

$$t = 30,6 + 2,16 + 4 + 4 + 14,4 = 55,16 \text{ с, принимаем } 55 \text{ с.}$$

Производительность бульдозера при резании и перемещении грунта определяется по формуле:

$$P_{p.\Pi} = \frac{3600 * V * K_H * K_Y}{t * k_p}, \quad (10.44)$$

где K_H – коэффициент использования бульдозера по времени, примем 0,85;

K_Y – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность бульдозера, по условиям равный 8° .

Таблица 10.1.12 – Значение коэффициента K_Y

Угол подъема в град.	K_Y	Угол уклона в град.	K_Y
0...5	1,00...0,67	0...5	1,00...1,33
5...10	0,67...0,50	5...10	1,33...1,94
10...15	0,50...0,40	10...15	1,94...2,25

$$P_{p.\Pi} = \frac{3600 * 7,3 * 0,85 * 0,57}{55 * 1,14} = 187,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Производительность бульдозера при планировочных работах (разравнивании грунта) определяется по формуле:

$$P_{\text{раз.}} = \frac{3600 * L * (B * \sin \varphi - b_1) * K_H}{n * (\frac{L}{V_p} + t_{\text{нов}})}, \quad (10.45)$$

где L – длина планируемого участка, 5000 м;

v_p – скорость рабочего хода 2 км/ч, 0,556 м/с;

b_1 – величина перекрытия прохода ($b_1 = 0,5$ м);

n – число проходов по одному месту, принимаем $n = 2$;

φ – угол поворота отвала, $\varphi = 63^\circ$, $\sin 63^\circ = 0,891$.

$$\Pi_{\text{раз.}} = \frac{3600 \cdot 5000 \cdot (3,693 \cdot 0,891 - 0,5) \cdot 0,85}{2 \cdot \left(\frac{5000}{0,5555} + 2,16 \right)} = 2371,1 \text{ м}^2/\text{ч}$$

Расчет количества бульдозеров

Объем грунта, снимаемого при резании:

$$V_{\text{рез}} = L * L_{\text{п}} * h * K_{\text{р}}, \quad (10.46)$$

где h – толщина срезаемого слоя. Принимаем $h = 0,2$ м.

$$V_{\text{рез}} = 5000 * 23 * 1,24 * 0,2 = 28520 \text{ м}^3;$$

Планировочные работы выполняются в одну смену по 12 часов. Тогда общее время равно:

$$t_{\text{общ}} = T_{\text{подг}} * 12 = 6 * 12 = 72 \text{ ч.} \quad (10.47)$$

Тогда необходимая производительность будет равна:

$$\Pi_{\text{пл}} = \frac{F_{\text{пл}}}{t_{\text{общ}}} = \frac{115000}{72} = 1597 \text{ м}^2/\text{ч} \quad (10.48)$$

Работы по резанию и перемещению грунта выполняются в одну двенадцатичасовую смену, общее время работы равно 72 ч (формула 10.47).

Тогда необходимая производительность будет равна:

$$\Pi_{\text{рез}} = \frac{V_{\text{рез}}}{t_{\text{общ}}} = \frac{28520}{72} = 396 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (10.49)$$

Необходимое количество бульдозеров:

– при планировочных работах:

$$n_{\text{пл}} = \frac{\Pi_{\text{пл}}}{\Pi_{\text{раз}}} = \frac{1597}{2371} = 0,67 \quad (10.50)$$

Принимаем 1 бульдозер.

– при резании и перемещении грунта:

$$n_{\text{рез}} = \frac{\Pi_{\text{рез}}}{\Pi_{\text{р.н.}}} = \frac{396}{187,8} = 2,1 \quad (10.51)$$

Принимаем 3 бульдозера.

По той же методике рассчитываем основные параметры работы двух других бульдозеров и составим сводную таблицу результатов.

					<i>Расчет бульдозеров</i>	<i>Лист</i>
						79
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 10.1.13 – Сводная таблица расчетов

Параметры	CATD	KomatsuD85E	Б-13
	7R	X-15	
Расчетная мощность/паспортная мощность бульдозера, кВт	52,4/176,5	56,1/176,5	55,7/158,1
Производительность бульдозера при резании и перемещении, м ³ /ч	187,8	255,5	245,6
Производительность при разравнивании грунта, м ² /ч	2371,1	2388,5	2399,9
Количество бульдозеров			
при планировочных работах, шт.	0,67	0,62	0,64
при резании и перемещении грунта, шт.	2,1	1,8	1,9

По результатам проведенного расчета можно сделать вывод, что использование бульдозера KomatsuD85EX-15 является более выгодным (по запасу мощности и количеству используемых единиц).

10.1.7. Расчет однокоровых экскаваторов

Однокоровые экскаваторы представляют собой машины, предназначенные для разработки траншей и котлованов.

Для разработки траншеи рассмотрим три экскаватора однокоровых среднего класса.

Таблица 10.1.14 – Основные технические параметры экскаватора Volvo EC240

Показатели	Volvo Ec240
Вместимость ковша, м ³	1,3
Тип ходового устройства	Гусеничный
Скорость передвижения, км/ч	1,3:3
Ширина гусеничной ленты, м	0,6
Преодолеваемый уклон, градусы	22
Мощность двигателя, л.с.	155
Управление механизмами	Пневматическое
Наибольшая глубина копания траншеи	6,67
Масса экскаватора, т	21,2
Продолжительность цикла, с	19

Таблица 10.1.15 – Основные технические параметры экскаватора HitachiZX 330

Показатели	HitachiZX 330
Вместимость ковша, м ³	1,1
Тип ходового устройства	Гусеничный
Скорость передвижения, км/ч	3,3
Габаритные размеры (без рабочего оборудования), м:	
длина	4,6
ширина	3,15
высота	3,01
Преодолеваемый уклон, градусы	23
Мощность двигателя, л.с.	125
Управление механизмами	Гидравлическое
Наибольшая грузоподъемность кранового оборудования, т	12
Масса экскаватора, т	16
Продолжительность цикла, с	19

Таблица 10.1.16 – Основные технические параметры экскаватора HyundaiR180NLC-9S

Показатели	HyundaiR180NLC-9S
Вместимость ковша, м ³	1,05
Тип ходового устройства	Гусеничный
Скорость передвижения, км/ч	3
Преодолеваемый уклон, градусы	22
Мощность двигателя, л.с.	115
Управление механизмами	Гидравлическое
Наибольшая грузоподъемность кранового оборудования, т	10
Масса экскаватора, т	18,8
Продолжительность цикла, с	18
Давление на грунт, кгс/см ²	0,19

Расчет ведем для экскаватора HitachiZX 330.

Мощность необходимая при наиболее энергоемкой операции копания грунта можно определить по формуле:

$$N = \frac{A*q}{t_k*k_m*\eta}, \quad (10.52)$$

где A – удельная энергоемкость копания, равная работе, затрачиваемой на разработку 1 м³ грунта; примем 10000Па, для нашего грунта.

t_k – продолжительность копания $t_k=0,3* t_{\text{ц}}=0,3*19=5,7\text{с}$;

$t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, 19 с;

q – вместимость ковша, 1,1 м³;

k_m – коэффициент использования двигателя при копании с учетом привода вспомогательных устройств, $k_m = 0,72\dots 0,75$, принимаем 0,75;

η – коэффициент полезного действия привода и рабочего оборудования, принимаемый для экскаваторов с гидравлическим приводом 0,52...0,64, с механическим приводом – 0,65, принимаем 0,6.

$$N = \frac{10000*1,1}{5,7*0,75*0,6} = 4,3 \text{ кВт} = 5,44 \text{ л.с.}$$

Техническая производительность одноковшовых экскаваторов определяется по формуле:

$$П_{\text{ТХ}} = \frac{3600*q*K_H}{t_{\text{ц}}*K_p}, \quad (10.53)$$

					Расчет одноковшовых экскаваторов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

где q – вместимость ковша;

K_p – коэффициент разрыхления породы, 1,14;

K_n – коэффициент наполнения ковша, принимаем 1,1;

$t_{ц}$ – продолжительность цикла.

$$\Pi_{тх} = (3600 * 1,1 * 1,1) / (19 * 1,14) = 201,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Эксплуатационная производительность:

$$\Pi_3 = \Pi_{тх} * K_y * K_b, \quad (10.54)$$

где K_y – коэффициент зависящий от уровня квалификации машиниста экскаватора, $K_y = 0,89-0,98$, по условию квалификация низкая (низкая – 0,89; средняя – 0,94; высокая – 0,98); принимаем равным 0,89;

K_b – использования экскаватора в смену, при отсыпке в отвал, $K_b = 0,75$.

$$\Pi_3 = 201,1 * 0,89 * 0,75 = 123,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Теоретическая производительность одноковшовых экскаваторов применяется только как часовая и определяется по формуле:

$$\Pi_{т} = \frac{3600 * q}{t_{ц}} = \frac{3600 * 1,1}{19} = 208,4 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (10.55)$$

Рассчитаем количество смен:

$$N = \frac{V_{\text{фактич. работ}}}{\Pi_{3(12)}}, \quad (10.56)$$

где $V_{\text{фактич. работ}}$ – фактический объем грунта, 35511 м³;

$\Pi_{3(12)}$ – производительность одноковшового экскаватора задвенадцатичасовую смену.

$$\Pi_{3, 12} = \Pi_3 * 12 = 123,4 * 12 = 1480,8 \text{ м}^3/\text{смену} \quad (10.57)$$

Количество смен при использовании одного экскаватора:

$$N = \frac{35511}{1480,8} = 24 \text{ смены.}$$

Определяем количество единиц техники при двенадцати часовой рабочей смене:

$$n = N / T_{\text{под}} = 24 / 6 = 8 \text{ единиц.} \quad (10.58)$$

По то же методике рассчитываем основные параметры работы экскаваторов HyundaiR180NLC-9S, VolvoEC240 и составим сводную таблицу.

					Расчет одноковшовых экскаваторов	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

Таблица 10.1.17 – Сводная таблица расчетов

Параметры	Hitachi ZX 330	Hyundai R180NLC-9S	Volvo EC240
Техническая производительность м ³ /ч	201,1	191,9	237,67
Эксплуатационн ая производительность м ³ /ч	123,4	128,1	158,6
Продолжительн ость копания, с	19	18	19
Мощность экскаватора, л.с.	125	115	155
Количество смен	24	23	19
Количество экскаваторов, шт.	8	3,85	3,16

По результатам расчетов, выбираем экскаватор VolvoEC240, т.к. его использование является более выгодным (по количеству необходимых единиц техники).

10.1. Расчет трубопровода на прочность и устойчивость

10.2.1 Расчет толщины стенки подземного трубопровода

Расчет толщины стенки трубопровода ведется по методике, отраженной в разделе 8.22 СНиП 2.05.06-85*.

Расчетные сопротивления растяжению (сжатию) R_1 и R_2 следует определять по формулам, МПа:

$$R_1 = \frac{R_1^H m}{k_1 k_H}, \quad (10.59)$$

$$R_2 = \frac{R_2^H m}{k_2 k_H}, \quad (10.60)$$

где $R_1^H = \sigma_{вр}$ – нормативное сопротивление растяжению металла трубы, МПа;

$R_2^H = \sigma_{пр}$ – нормативное сопротивление сжатию металла трубы, МПа;

m – коэффициент условий работы трубопровода при расчете его на прочность, устойчивость и деформативность, принимаемый по табл. 10.2.2;

k_1, k_2 – коэффициенты надежности по материалу, принимаемые соответственно по табл. 10.2.3 и 10.2.4;

k_H – коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимаемый по табл. 10.2.5.

Таблица 10.2.1 – Категории магистральных трубопроводов

Назначение трубопровода	Категория трубопровода при прокладке	
	подземной	наземной и надземной
1	2	3
Для транспортирования природного газа: а) диаметром менее 1200 мм б) диаметром 1200 мм и более в) в северной строительно-климатической зоне	IV III III	III III III
Для транспортирования нефти и нефтепродуктов: а) диаметром менее 700 мм б) диаметром 700 мм и более в) в северной строительно-климатической зоне	IV III III	III III III

Согласно табл. 10.2.1, рассматриваемый трубопровод относится к трубопроводу III категории.

Магистральные трубопроводы и их участки подразделяются на категории, требования к которым в зависимости от условий работы, объема неразрушающего контроля сварных соединений и величины испытательного давления приведены в табл. 10.2.2.

Таблица 10.2.2 – Категории трубопроводов

Категория трубопровода и его участка	Коэффициент условий работы трубопровода при расчете его на прочность, устойчивость и деформативность m	Количество монтажных сварных соединений, подлежащих контролю физическими методами, % от общего количества	Величина давления при испытании и продолжительность испытания трубопровода
1	2	3	4
В	0,60	Принимается по СНиПП-42-80	
I	0,75		
II	0,75		
III	0,90		
IV	0,90		

Примечание. При испытании трубопровода для линейной его части допускается повышение давления до величины, вызывающей напряжение в металле трубы до предела текучести с учетом минусового допуска на толщину стенки.

Принимаем значение коэффициента $m = 0,90$.

Значения остальных коэффициентов k_1 , k_2 и k_n принимаем по табл. 10.2.3, 10.2.4 и 10.2.5 соответственно.

Таблица 10.2.3 – Характеристика труб

Характеристика труб	Значение коэффициента надежности по материалу k_1
1	2
1. Сварные из малоперлитной и бейнитной стали контролируемой прокатки и термически упрочненные трубы, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой под флюсом по сплошному технологическому шву, с минусовым допуском по толщине стенки не более 5% и прошедшие 100%-ный контроль на сплошность основного металла и сварных соединений неразрушающими методами	1,34
2. Сварные из нормализованной, термически упрочненной стали и стали контролируемой прокатки, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой под флюсом по сплошному технологическому шву и прошедшие 100%-ный контроль сварных соединений неразрушающими методами. Бесшовные из катаной или ковальной заготовки, прошедшие 100%-ный контроль неразрушающими методами	1,40
3. Сварные из нормализованной и горячекатаной низколегированной стали, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой и прошедшие 100%-ный контроль сварных соединений неразрушающими методами	1,47
4. Сварные из горячекатаной низколегированной или углеродистой стали, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой или токами высокой частоты. Остальные бесшовные трубы	1,55

Примечание: Допускается применять коэффициенты 1,34 вместо 1,40; 1,4 вместо 1,47 и 1,47 вместо 1,55 для труб, изготовленных двухслойной сваркой под флюсом или электросваркой токами высокой частоты со стенками толщиной не более 12 мм при использовании специальной технологии производства, позволяющей получить качество труб, соответствующее данному коэффициенту k_1 .

Таблица 10.2.4 – Значение коэффициента надежности по материалу

Характеристика труб	Значение коэффициента надежности по материалу k_2
1	2
Бесшовные из малоуглеродистых сталей	1,10
Прямошовные и спиральношовные сварные из малоуглеродистой стали и низколегированной стали с отношением $R_2^H/R_1^H \leq 0,8$	1,15
Сварные из высокопрочной стали с отношением $R_2^H/R_1^H > 0,8$	1,20

Таблица 10.2.5 – Значение коэффициента надежности по назначению трубопровода

Условный диаметр труб-да, мм	Значение коэффициента надежности по назначению трубопровода k_n				для нефтепроводов и нефтепродуктопроводов
	для газопроводов в зависимости от				
	$p \leq 5,4$ МПа $p \leq 55$ кгс/см ²	$5,4 < p \leq 7,4$ МПа $55 < p \leq 75$ кгс/см ²	$7,4 < p \leq 9,8$ МПа $75 < p \leq 100$ кгс/см ²		
1	2	3	4	5	
500 и	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
600-1000	1,00	1,00	1,00	1,05	1,00
1200	1,05	1,05	1,05	1,10	1,05
1400	1,05	1,05	1,10	1,15	-

Принимаем $k_1 = 1,40$, $k_2 = 1,15$ и $k_n = 1,00$.

Нормативные сопротивления растяжению (сжатию) металла труб и сварных соединений R_1^H и R_2^H следует принимать равными соответственно минимальным значениям временного сопротивления и предела текучести, принимаемым по государственным стандартам и техническим условиям на трубы.

$$R_1^H = \sigma_{ep} = 510 \text{ МПа};$$

$$R_2^H = \sigma_m = 362,6 \text{ МПа};$$

$$R_1 = \frac{510 \cdot 0,90}{1,40 \cdot 1,00} = 312,245 \text{ МПа};$$

$$R_2 = \frac{362,6 \cdot 0,90}{1,15 \cdot 1,00} = 270,261 \text{ МПа}.$$

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

$$\delta = \frac{npD_n}{2(R_1 + np)}, \quad (10.61)$$

Определим минимально необходимую толщину стенки трубопровода по формуле (10.61):

$$\delta = \frac{1,10 \cdot 5,430 \cdot 0,72}{2(312,245 + 1,10 \cdot 5,430)} = 0,00675 \text{ м} = 6,75 \text{ мм}.$$

Принимаем предварительное значение толщины стенки проектируемого трубопровода по сортаменту $\delta_{ном} = 7 \text{ мм}$.

Внутренний диаметр трубопровода

$$D_{вн} = D_n - 2\delta, \quad (10.62)$$

$$D_{вн} = D_n - 2\delta = 720 - 2 \cdot 7 = 706 \text{ мм}.$$

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

$$\delta = \frac{npD_n}{2(R_1\psi_1 + np)}, \quad (10.63)$$

где n – коэффициент надежности по нагрузке – внутреннему рабочему давлению в трубопроводе, принимаемый по табл. 13* СНиП 2.05.06-85*,

$$n = 1,10;$$

p – рабочее (нормативное) давление, МПа;

D_n – наружный диаметр трубы, м;

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

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{|\sigma_{np.N}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \frac{|\sigma_{np.N}|}{R_1}, \quad (10.64)$$

где $\sigma_{np.N}$ – продольное осевое сжимающее напряжение, МПа.

Продольные осевые напряжения $\sigma_{np.N}$ определяются от расчетных нагрузок и воздействий с учетом упругопластической работы металла.

В частности, для прямолинейных и упруго-изогнутых участков

					Расчет толщины стенки подземного трубопровода	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

подземных трубопроводов при отсутствии продольных и поперечных перемещений, просадок и пучения грунта продольные осевые напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_{np.N} = -\alpha E \Delta t + \mu \frac{npD_{вн}}{2\delta_n}, \quad (10.65)$$

где α – коэффициент линейного расширения металла трубы, $\alpha = 0,000012 \text{ град}^{-1} = 1,212 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$;

E – переменный параметр упругости (модуль Юнга), $E = 206\ 000 \text{ МПа} (2100\ 000 \text{ кгс/см}^2)$;

Δt – расчетный температурный перепад, принимаемый положительным при нагревании, °С;

n – коэффициент надежности по нагрузке – внутреннему рабочему давлению в трубопроводе, принимаемый по табл. 13* СНиП 2.05.06-85*,

$$n = 1,10;$$

μ – переменный коэффициент поперечной деформации стали (коэффициент Пуассона), $\mu = 0,3$.

Согласно исходным данным, температура фиксации расчетной схемы $t_m = -30^\circ\text{C}$, а температура эксплуатации трубопровода $t_s = +10^\circ\text{C}$. Таким образом, принимаем, что $\Delta t_1 = t_s - t_m = 10 - (-30) = 40^\circ\text{C}$.

Рассчитаем продольное осевое сжимающее напряжение:

$$\sigma_{np.N} = -1,212 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 30 + 0,3 \frac{1,1 \cdot 5,430 \cdot 706}{2 \cdot 7} = -10,572 \text{ МПа.}$$

Коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние труб

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{|-10,572|}{312,245} \right)^2} - 0,5 \frac{|-10,572|}{312,245} = 0,983.$$

Тогда толщина стенки

$$\delta = \frac{1,10 \cdot 5,430 \cdot 0,72}{2(312,245 \cdot 0,983 + 1,10 \cdot 5,430)} = 0,0586 \text{ м} = 5,86 \text{ мм.}$$

					Расчет толщины стенки подземного трубопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

Толщину стенки труб, определенную по формулам (10.61) и (10.63), следует принимать не менее $\frac{1}{140}D_n$, и не менее 4мм– для труб условным диаметром свыше 200мм.

$$\delta \geq \frac{D_n}{140}; \quad (10.66)$$

$$7.мм > \frac{720}{140} = 5,14мм.$$

Следовательно, оба условия выполняются.

При этом толщина стенки должна удовлетворять условию, чтобы величина давления p_u , была бы не менее величины рабочего (нормативного) давления.

Каждая труба должна проходить на заводах-изготовителях испытания гидростатическим давлением p_u (МПа), в течение не менее 20с, величина которого должна быть не ниже давления, вызывающего в стенках труб кольцевое напряжение, равное 95 % нормативного предела текучести.

При величине испытательного давления, на заводе-изготовителе менее требуемой должна быть гарантирована возможность доведения гидравлического испытания при строительстве до давления, вызывающего напряжение, равное 95 % нормативного предела текучести.

Величина p_u на заводе для всех типов труб должна определяться по величине нормативного предела текучести по формуле:

$$p_u = \frac{2 \delta_{\min} R}{D_{\text{вн}}}, \quad (10.67)$$

где δ_{\min} – минимальная толщина стенки, мм;

R – расчетное значение напряжения, принимаемое равным 95 % R_2^H , МПа;

$D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы, мм.

Минимальную толщину стенки труб с наружным диаметром 720 мм принимаем равной 6мм.

$$p_u = \frac{2 \cdot 0,006 \cdot 0,95 \cdot 362,6}{0,706} = 5,85МПа.$$

					Расчет толщины стенки подземного трубопровода	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таким образом, $p_u = 5,85 \text{ МПа} > p = 5,430 \text{ МПа}$ – условие выполняется.

10.2.2. Проверка прочности и устойчивости трубопровода

Проверка прочности подземных трубопроводов ведется согласно п.8.23 СНиП 2.05.06-85*.

Проверку на прочность подземных трубопроводов в продольном направлении производим из условия:

$$|\sigma_{np.N}| \leq \psi_2 R_1, \quad (10.68)$$

где $\sigma_{np.N}$ – продольное осевое напряжение от расчетных нагрузок и воздействий, МПа;

ψ_2 – коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, при растягивающих осевых продольных напряжениях ($\sigma_{np.N} \geq 0$) принимаемый равным единице, при сжимающих ($\sigma_{np.N} < 0$) определяемый по формуле:

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{\sigma_{кц}}{R_1} \right)^2} - 0,5 \frac{\sigma_{кц}}{R_1}, \quad (10.69)$$

где R_1 – расчетное сопротивление растяжению, МПа;

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

$$\sigma_{кц} = \frac{n p D_{вн}}{2 \delta_n}, \quad (10.70)$$

где n – коэффициент надежности по нагрузке – внутреннему рабочему давлению в трубопроводе, принимаемый по табл. 13* СНиП 2.05.06-85*,

$$n = 1,10;$$

δ_n – номинальная толщина стенки трубы, м.

Продольные осевые напряжения определяются по формуле (10.65):

$$\sigma_{np.N} = -10,572 \text{ МПа}.$$

					Проверка прочности и устойчивости	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Так как продольные осевые напряжения сжимающие ($\sigma_{пр.N} < 0$), то коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, определим, используя формулу (10.70).

$$\sigma_{кц} = \frac{1,10 \cdot 5,430 \cdot 706}{2 \cdot 7} = 297,65 \text{ МПа};$$

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{297,65}{312,245} \right)^2} - 0,5 \frac{297,65}{312,245} = 0,088.$$

Получили $|-10,572| \text{ МПа} < 0,088 \cdot 312,245 = 27,38 \text{ МПа}$.

Таким образом, условие прочности выполняется.

10.3 Проверка на предотвращение недопустимых пластических деформаций подземного трубопровода

Расчет трубопровода на пластические деформации ведется по методике отраженной в п. 8.26 СНиП 2.05.06-85*.

Для предотвращения недопустимых пластических деформаций подземных и наземных (в насыпи) трубопроводов проверку необходимо производить по двум условиям:

$$|\sigma_{пр}^H| \leq \psi_3 \frac{m}{0,9k_n} R_n^2, \quad (10.71)$$

$$\sigma_{кц}^H \leq \frac{m}{0,9k_n} R_n^2, \quad (10.72)$$

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

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

$$\psi_3 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{\sigma_{кц}^H}{\frac{m}{0,9k_n} R_n^2} \right)^2} - 0,5 \frac{\sigma_{кц}^H}{\frac{m}{0,9k_n} R_n^2}, \quad (10.73)$$

					Проверка пластических деформаций	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

где $\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}}$ – кольцевые напряжения от нормативного (рабочего) давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} = \frac{pD_{\text{вн}}}{2\delta_{\text{н}}}, \quad (10.74)$$

Значение продольного напряжения от нормативных нагрузок и воздействий:

$$\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}} = \mu\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} - \alpha E\Delta t \pm \frac{ED_{\text{н}}}{2\rho}, \quad (10.75)$$

где ρ – минимальный радиус упругого изгиба оси трубопровода, м.

Определим кольцевые напряжения от нормативного (рабочего) давления:

$$\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} = \frac{5,430 \cdot 706}{2 \cdot 7} = 273,82 \text{ МПа.}$$

Положительное значение продольного напряжения от нормативных нагрузок и воздействий:

$$\sigma_{\text{пр}(+)}^{\text{н}} = 0,3 \cdot 273,82 - 1,212 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 40 + \frac{2,06 \cdot 10^5 \cdot 720}{2 \cdot 700} = 86,026 \text{ МПа.}$$

Отрицательное значение продольного напряжения от нормативных нагрузок и воздействий (при замыкании трубопровода в холодное время):

$$\sigma_{\text{пр}(-)}^{\text{н}} = 0,3 \cdot 273,82 - 1,212 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 40 - \frac{2,06 \cdot 10^5 \cdot 720}{2 \cdot 700} = -123,41 \text{ МПа.}$$

Принимаем в дальнейшем расчете большее по модулю значение

$$\sigma_{\text{пр}(-)}^{\text{н}} = -123,41 \text{ МПа.}$$

Так как принятое значение $\sigma < 0$, то рассчитаем значение коэффициента ψ_3 по формуле (10.73).

Коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб:

$$\psi_3 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{273,82}{0,9 \cdot 1,00} \cdot 362,6 \right)^2} - 0,5 \frac{273,82}{0,9 \cdot 1,00} \cdot 362,6 = 0,343.$$

					Проверка пластических деформаций	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

Для предотвращения недопустимых пластических деформаций (в насыпи) трубопроводов производим проверку по условиям:

$$|-123,41| < 125,354 \text{ МПа};$$

$$\frac{m}{0,9k_{\mu}} R_2'' = \frac{0,9}{0,9 \cdot 1,00} 362,6 = 345,33 \text{ МПа}.$$

$$270,60 < 345,33 \text{ МПа}$$

Условия проверки на недопустимые пластические деформации выполняются.

10.4 Проверка общей устойчивости трубопровода

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

$$S \leq mN_{кр}, \quad (10.76)$$

где S – эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода, МН;

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

Эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода S следует определять от расчетных нагрузок и воздействий с учетом продольных и поперечных перемещений трубопровода в соответствии с правилами строительной механики.

В частности, для прямолинейных участков трубопроводов и участков, выполненных упругим изгибом, при отсутствии компенсации продольных перемещений, просадок и пучения грунта эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода S определяется по формуле:

$$S = 100[(0,5 - \mu)\sigma_{кц} + \alpha E \Delta t] F, \quad (10.77)$$

где $\sigma_{кц}$ – кольцевые напряжения от расчетного внутреннего давления, МПа;

F – площадь поперечного сечения трубы, см².

					<i>Проверка общей устойчивости</i>	<i>Лист</i>
						95
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Площадь поперечного сечения металла трубы

$$F = \frac{\pi}{4} (D_n^2 - D_{вн}^2), \quad (10.78)$$

$$F = \frac{\pi}{4} (72,0^2 - 70,6^2) = 156,7 \text{ см}^2.$$

Значение кольцевого напряжений от расчетного внутреннего давления принимаем $\sigma_{кц} = 273,82 \text{ МПа}$.

$$S = 100 [(0,5 - 0,3) \cdot 273,82 + 1,212 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 40] \cdot 156,7 = 3714304 \text{ Н} = 3,714 \text{ МН}.$$

$N_{кр}$ следует определять согласно правилам строительной механики с учетом принятого конструктивного решения и начального искривления трубопровода в зависимости от глубины его заложения, физико-механических характеристик грунта, наличия балласта, закрепляющих устройств с учетом их податливости. На обводненных участках следует учитывать гидростатическое воздействие воды.

Для прямолинейных участков подземных трубопроводов в случае пластической связи трубы с грунтом продольное критическое усилие находится по следующей формуле:

$$N_{кр} = 4,09 \sqrt[3]{p_0^2 q_{верт}^4 F^2 E^6 I^3}, \quad (10.79)$$

где p_0 – сопротивление грунта продольным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, Н/м;

$q_{верт}$ – сопротивление поперечным вертикальным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, обусловленное весом грунтовой засыпки и собственным весом трубопровода, отнесенное к единице длины, Н/м;

I – момент инерции сечения трубопровода на рассматриваемом участке, м^4 .

Продольное критическое усилие для прямолинейных участков подземных трубопроводов в случае упругой связи трубы с грунтом

$$N_{кр} = 2 \sqrt{k_0 D_n E I}, \quad (10.80)$$

где k_0 – коэффициент сопротивления грунта (коэффициент постели грунта при сжатии), МН/м^3 .

					<i>Проверка общей устойчивости</i>	<i>Лист</i>
						96
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Рассчитаем продольное критическое усилие $N_{кр}$.

1. Сопротивление грунта продольным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, Н/м

$$p_0 = \pi D_n \tau_{np}, \quad (10.81)$$

где τ_{np} – предельные касательные напряжения по контакту трубопровода с грунтом, МПа.

Предельные касательные напряжения по контакту трубопровода с грунтом определим, используя следующую формулу:

$$\tau_{np} = p_{ep} \operatorname{tg} \varphi_{ep} + C_{ep}, \quad (10.82)$$

где $p_{гр}$ – среднее удельное давление на единицу поверхности контакта трубопровода с грунтом, Н/м²;

φ_{ep} – угол внутреннего трения грунта, град.;

$c_{гр}$ – сцепление грунта, Па.

Величину $p_{гр}$ определим по формуле:

$$p_{ep} = \frac{2n_{ep} \gamma_{ep} D_n \left[\left(h_0 + \frac{D_n}{2} \right) + \left(h_0 + \frac{D_n}{2} \right) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ep}}{2} \right) \right] + q_{mp}}{\pi D_n}, \quad (10.83)$$

где $p_{гр}$ – коэффициент надежности по нагрузке от давления (веса) грунта, принимаемый по табл. 13* СНиП 2.05.06-85, $p_{гр} = 0,80$;

h_0 – высота слоя засыпки от верхней образующей трубопровода до дневной поверхности, м;

$\gamma_{гр}$ – удельный вес грунта, Н/м³;

$q_{гр}$ – нагрузка от собственного веса заизолированного трубопровода с перекачиваемым продуктом, Н/м, определяемая по формуле:

$$q_{mp} = q_m + q_{из} + q_{np}, \quad (10.84)$$

где q_m – расчетная нагрузка от массы трубы, Н/м;

$q_{из}$ – расчетная нагрузка от изоляции трубопровода, Н/м;

q_{np} – расчетная нагрузка от веса продукта, Н/м, которая учитывается при расчете газопроводов и при расчете нефтепроводов и

					<i>Проверка общей устойчивости</i>	<i>Лист</i>
						97
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

нефтепродуктопроводов, если в процессе их эксплуатации невозможно их опорожнение и замещение продукта воздухом.

1). Нагрузка от веса трубы, Н/м

$$q_m = n_{c.в.} q_m^H = n_{c.в.} \rho_{ст} g F = n_{c.в.} \rho_{ст} g \frac{\pi}{4} (D_n^2 - D_{вн}^2), \quad (10.85)$$

где $n_{c.в.}$ – коэффициент надежности по нагрузке от действия массы (собственного веса) трубопровода и устройств, принимаемый по табл. 13* СНиП 2.05.06-85;

q_m^H – нормативное значение нагрузки от собственного веса трубы, Н/м;

$\rho_{ст}$ – плотность стали, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,80665 \text{ м}^2/\text{с}$.

Принимаем значение $n_{c.в.} = 0,95$, так как при расчете трубопроводов на продольную устойчивость и устойчивость положения, а также в других случаях, когда уменьшение нагрузки ухудшает условия работы конструкции, должны приниматься те значения коэффициентов надежности по нагрузке, которые указаны в скобках.

$$q_m = 0,95 \cdot 7850 \cdot 9,80665 \cdot 0,04554 = 3330,52 \text{ Н/м}.$$

2). Нагрузка от веса изоляции трубопровода, Н/м

Лента «Полилен» – четырехслойная лента на основе термосветостабилизированного полиэтилена и бутилкаучука, изготовленная методом со-экструзии – предназначена для изоляции при строительстве и ремонте подземных газонефтепродуктопроводов с целью защиты их от коррозии при температурах эксплуатации от -60°C до +50°C.

Размеры ленты должны соответствовать нормам, указанным в табл. 10.5.1.

Таблица 10.5.1 – Размеры ленты

Наименование показателей	Норма
1	2
Толщина, мм	0,63±0,05
Ширина полотна в рулоне, мм	450±5
Длина полотна в рулоне, м, не менее	170

Свойства ленты должны соответствовать нормам, указанным в табл. 10.5.2.

Таблица 10.5.2 – Свойства ленты

Наименование показателей	Норма
1	2
Цвет	Черный
Прочность при разрыве, Н/см	81
Относительное удлинение при разрыве, %	440
Водопоглощение за 24ч, %	0,06
Температура хрупкости, °С, не ниже	-60
Удельное объемное электросопротивление, Ом·м, не менее	$1 \cdot 10^{13}$
Адгезия к праймированной стальной поверхности, Н/см, не менее	26
Адгезия к праймированной стали, после старения в воде в течение 1000 ч при 100°С, Н/см, не менее	15
Адгезия к праймированной стали, после старения на воздухе в течение 1000 ч при 100°С, Н/см, не менее	15

Обертка липкая полиэтиленовая Полилен-ОБ предназначена для защиты от механических повреждений изоляционных покрытий наружной поверхности подземных трубопроводов при температурах эксплуатации от -60°С до +50°С.

Размеры обертки должны соответствовать нормам, приведенным в таблице 10.5.3. Свойства обертки должны соответствовать нормам, указанным в таблице 10.5.4.

Таблица 10.5.3 – Размеры обертки

Наименование показателей	Норма
1	2
Толщина, мм	$0,63 \pm 0,05$
Ширина полотна в рулоне, мм	450 ± 5
Длина полотна в рулоне, м, не менее	170

Таблица 10.5.4 – Свойства обертки

Наименование показателей	Норма
1	2
Прочность при разрыве, Н/см	103
Относительное удлинение при разрыве, %	536
Водопоглощение за 24ч, %	0,05
Температура хрупкости, °С, не выше	-60
Адгезия обертки к полиэтиленовой стороне ленты, обертки, Н/см	4,0

Для изоляции трубопровода применяются импортные изоляционные липкие ленты. На нефтепроводах наиболее часто используют ленты типа «Полилен» (2 слоя ленты и 1 слой обертки).

$$q_{уз} = q_{у.л.} + q_{об} = n_{с.в.} q_{уз}^H = n_{с.в.} (q_{у.л.}^H + q_{об}^H), \quad (10.86)$$

где $q_{у.л.}^H$ – нормативное значение нагрузки от веса ленты, Н/м;

$q_{об.}^H$ – нормативное значение нагрузки от веса обертки, Н/м.

$$q_{у.л.}^H = k_{уз} \pi D_n \delta_{у.л.} \rho_{у.л.} g; \quad (10.87)$$

$$q_{об}^H = k_{уз} \pi D_n \delta_{об} \rho_{об} g, \quad (10.88)$$

где $\delta_{у.л.}$, $\delta_{об}$ – толщина двух слоев ленты и одного слоя обертки соответственно, м;

$\rho_{у.л.}$, $\rho_{об}$ – плотность ленты и обертки соответственно, кг/м³.

$$q_{у.л.}^H = 2,3 \cdot \pi \cdot 0,72 \cdot 2 \cdot 0,635 \cdot 10^{-3} \cdot 1046 \cdot 9,80665 = 67,7 \text{ Н / м};$$

$$q_{об}^H = 1,09 \cdot \pi \cdot 0,72 \cdot 0,635 \cdot 10^{-3} \cdot 1028 \cdot 9,80665 = 15,77 \text{ Н / м};$$

$$q_{уз} = 0,95 \cdot (67,7 + 15,77) = 79,30 \text{ Н / м}.$$

3). Нагрузка от веса продукта, Н/м

Нормативный вес транспортируемого газа в 1 м трубопровода $q_{пр}$, Н/м, следует определять по формуле:

$$q_{пр} = 0,215 \rho_{пр} g \frac{p_a D_{вн}^2}{zT}, \quad (10.89)$$

где $\rho_{пр}$ – плотность нефти при нормальных условиях (273,15 К и 0,1013 МПа), кг/м³;

z – коэффициент сжимаемости нефти;

T – абсолютная температура нефти, К.

В случае нефти допускается принимать:

$$q_{пр} = 10^{-2} n_{пр} P D_{вн}, \quad (10.90)$$

где $n_{пр}$ – коэффициент надежности по нагрузке от массы продукта;

P – рабочее (нормативное) давление, МПа;

$D_{вн}$ – внутренний диаметр трубопровода, см.

$$q_{пр} = 10^{-2} \cdot 0,95 \cdot 5,430 \cdot 70,6 = 3,64 \text{ Н / м};$$

					Проверка общей устойчивости	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q_{mp} = 3330,52 + 79,3 + 3,64 = 3413,46 \text{ Н / м .}$$

Таким образом, определим среднее удельное давление на единицу поверхности контакта трубопровода с грунтом.

Значение угла внутреннего трения и сцепление грунта принимаем по табл.4.5 $\varphi_{гр} = 16$ град, $c_{гр} = 3$ кПа.

Таблица 10.5.5 – Расчетные характеристики уплотненных влажных грунтов средней полосы России

Грунт	$\varphi_{гр}$, градус	$f_{гр} = \text{tg } \varphi_{гр}$	$c_{гр}$, кПа
1	2	3	4
Гравелистый песок	36÷40	0,7÷0,8	0÷2
Песок средней крупности	33÷38	0,65÷0,75	1÷3
Мелкий песок	30÷36	0,6÷0,7	2÷5
Пылеватый песок	28÷34	0,55÷0,65	2÷7
Супеси	21÷25	0,35÷0,45	4÷12
Суглинки	17÷22	0,3÷0,4	6÷20
Глины	15÷18	0,25÷0,35	12÷40
Торф	16÷30	0,3÷0,5	0,5÷4

$$P_{cp} = \frac{2 \cdot 0,80 \cdot 16800 \cdot 0,72 \cdot \left[\left(1,0 + \frac{0,72}{2} \right) + \left(1,0 + \frac{0,72}{2} \right) \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{16}{2} \right) \right] + 3413,46}{\pi \cdot 0,72} = 19788,7 \text{ Па.}$$

Предельные касательные напряжения по контакту трубопровода с грунтом

$$\tau_{np} = 22503,4 \cdot \text{tg} 16^\circ + 3000 = 9452,74 \text{ Па} = 0,009452 \text{ МПа.}$$

Соппротивление грунта продольным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины.

$$p_0 = \pi \cdot 0,72 \cdot 0,009452 = 0,02136 \text{ МН / м.}$$

2. Соппротивление поперечным вертикальным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, Н/м

$$q_{верт} = n_{гр} \gamma_{гр} D_n \left(h_0 + \frac{D_n}{2} - \frac{\pi D_n}{8} \right) + q_{mp}, \quad (10.91)$$

$$q_{верт} = 0,80 \cdot 16800 \cdot 0,72 \cdot \left(1,0 + \frac{0,72}{2} - \frac{\pi \cdot 0,72}{8} \right) + 3413,46 = 13839,24 \text{ Н / м} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ МН / м.}$$

Момент инерции сечения трубопровода на рассматриваемом участке, м⁴

					Проверка общей устойчивости	<i>Лист</i>
						101
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$I = \frac{\pi}{64} (D_n^4 - D_{вн}^4), \quad (10.92)$$

$$N_{кр} = 4,09 \sqrt[4]{(0,02136)^2 \cdot (1,4 \cdot 10^{-2})^4 \cdot (0,04554)^2 \cdot (2,06 \cdot 10^5)^6 \cdot (0,000995)^3} = 50,5 \text{ МН};$$

$$mN_{кр} = 0,90 \cdot 50,5 = 45,46 \text{ МН}.$$

Получили $3,714 < 45,46$ МН – условие общей устойчивости выполняется со значительным запасом.

					<i>Проверка общей устойчивости</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		102

11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения

11.1. Расчет затрат на проведение организационно-технического мероприятия (строительство трубопроводов на болоте)

Состав затрат в соответствии с их экономическим содержанием формируется по следующим элементам:

1. Материальные затраты.
2. Затраты на оплату труда.
3. Отчисления на социальные нужды.
4. Амортизационные отчисления.
5. Прочие расходы.

1. К *материальным расходам* относятся затраты на приобретение:

а) сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых в производственном процессе;

б) запасных частей, комплектующих изделий, тары и др.;

в) топлива, воды и энергии всех видов, используемых на производственные нужды и отопление;

г) работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними организациями или индивидуальными предпринимателями, а также собственными структурными подразделениями предприятия (организации) (транспортные услуги, контроль за соблюдением технологического процесса, техобслуживание основных фондов, средств связи, компьютерной техники и др.);

д) на содержание и эксплуатацию природоохранных сооружений.

Сумма материальных расходов уменьшается на стоимость возвратных отходов. Возвратные отходы оцениваются по пониженной цене, если они

					Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вебер А.А.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Сареув А.Л.					103	123
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б31Т		
И.о.Зав. Каф.		Бурков П.В.						

могут быть использованы в основном или вспомогательном производстве или по цене реализации, если они реализуются на сторону.

К материальным расходам приравниваются:

- расходы на рекультивацию земель и другие природоохранные мероприятия;
- потери при транспортировке товароматериальных ценностей в пределах норм естественной убыли;
- технологические потери при производстве и (или) транспортировке.

11.2. Затраты на оборудование

Для данного расчета будет применяться комплект сварочного оборудования ССПТ-800 Э. В состав комплекта входят такие приспособления как: центратор, гидравлическая станция, торцеватель, нагревательный элемент, и кран манипулятор. Цена комплекта – 1 100 000р.

11.3. Расчет стоимости материалов

Таблица 11.1 – Расчет стоимости материалов на проведение мероприятия

Наименование материала, единица измерения	Норма расхода материала, нат. ед.	Цена за единицу, руб./ нат. ед.	Стоимость материалов, руб.
Стальные электросварные трубы с наружным диаметром 720 мм.(длина трубы 11,5 м)	435шт	40 000	17 400 000
Дизельное топливо:	Норма расхода, л/маш.-час		
CAT - 330 D экскаватор/2006	50	29,68	1484
CAT - D7R бульдозер/2006	45	29,68	1335,6
CAT – 962 трубоукладчик 2006	25	29,68	742
LG – 885 трубоукладчик 2007	20	29,68	593,6
ZL50G трубоукладчик 2008	27	29,68	801,36
ИТОГО			17404957

11.4. Расходы на оплату труда

К расходам на оплату труда относятся: Суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда.

Премии за производственные результаты, надбавки к тарифным ставкам и окладам за профессиональное мастерство и др.

Начисления стимулирующего или компенсирующего характера – надбавки за работу в ночное время, в многосменном режиме, совмещение профессий, работу в выходные и праздничные дни и др.

Надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах крайнего Севера и др.

Суммы платежей (взносов) работодателей по договорам обязательного и добровольного страхования.

Расчет заработной платы можно свести в таблицу 11.2.

Таблица 11.2 – Расчет заработной платы

Должность	Кол - во	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Норма времени на проведение мероприятия, ч.	Заработная плата с учетом надбавок*, руб.
Механизаторы:					
Машинист – экскаваторщик	1	5	100	330	89100
Машинист – бульдозера	1	4	90	330	80190
Машинист – трубоукладчика	3	5	100	330	267300
Сварщик	2	5	70,2	330	125096,4
Монтажник	1	5	70	330	62370
Стропальщик	1	5	65	330	57915
ИТОГО					681971,4

* районный коэффициент – 1,5, северная надбавка – 1,5, дополнительная заработная плата – 1,2.

11.5. Расчет отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды определяются суммой единого социального налога по установленным законодательством нормам в процентах от расходов на оплату труда (30%), рассчитываются по формуле:

$$O_{\text{пф}} = \frac{3 * P_{\text{нс}}}{100}, \quad (11.1)$$

где, $O_{\text{пф}}$ – размер отчислений в пенсионный фонд, руб;

Z – начисленная заработная плата, руб;

$P_{\text{нс}}$ – процент отчислений в пенсионный фонд, %.

Отчисления в фонд социального страхования РФ производятся за счет издержек производства и обращения, рассчитываются по формуле:

$$O_{\text{пф}} = 681971,4 * 30\% / 100 = 204591,42 \text{ рублей}$$

11.6. Расчет суммы амортизационных отчислений

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части.

Расчет амортизационных отчислений можно свести в таблицу 11.3.

Таблица 11.3 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Количество	Балансовая стоимость, руб.		Годовая норма амортизации, %	Годовая сумма амортизационных отчислений
		одного объекта	всего		
Сварочный агрегат	2	168000	336000	10	33600
Дизельный генератора	2	326750	653500	10	65350
ИТОГО					98950

На основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на проведение организационно-технического мероприятия по форме таблицы 11.4.

Таблица 11.4 – Затраты на проведение организационно- технического мероприятия

Состав затрат	Сумма затрат, руб.
1. Материальные затраты	17 404 957 +1 100 000 = = 18504957
2. Затраты на оплату труда	681971,4
3. Отчисления на страховые взносы	204591,42
4. Амортизационные отчисления (сварочный аппарат, дизельный генератор)	98950
Всего затраты на мероприятие	19 490 470

12. Социальная ответственность

Для эффективного и безопасного проведения работ, связанных со строительством нефтепроводов организации, проводящей работы, необходимо реализовывать на практике принципы социальной ответственности.

Ответственность (добросовестность, дисциплинированность) – субъективная обязанность руководителя организаций (компаний, корпораций, бизнеса) отвечать за поступки и действия, а также их последствия. По субъекту ответственность делят на индивидуальную и коллективную, по виду на юридическую, моральную, материальную, уголовную, финансовую, родительскую, перед самим собой, общественную ответственность и т.д. Социальная или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров.

Строительство трубопровода проводится на открытом воздухе в летний и зимний период с периодичностью, принятой в данной организации, с выездом к месту расположения строящегося трубопровода, который может находиться как в близости к жилым районам, так и в отдалении от них.

Сущность: безопасность жизнедеятельности это такая характеристика жизни и деятельности человека, отражает сбалансированность факторов, которые угрожают жизни человека, и факторов, предотвращающих последствия действия таких угроз.

При строительстве трубопровода, работник, осуществляющий данный вид работы, сталкивается с вредными и опасными производственными факторами, описанными в табл. 12.1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности			
Разраб.		Вебер А.А.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					108	123
Консульт.						ТПУ гр.3-2Б31Т		
И.о.Зав. Каф		Бурков П.В.						

Таблица 12.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ по строительству трубопровода

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	вредные	опасные	
1	2	3	4
1. Разработка траншеи. 2. Сварка	1. Превышение уровня вибрации. 2. Превышение уровня шума. 3. Отклонение параметров климата (зимний, летний периоды)	1. Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением) 2. Электрический ток. 3. Пожароопасность.	НРБ-99 [4] ГОСТ 12.1.003-83 [5] ГОСТ 12.1.019-79 [6] ПБ 03-576-03 [5]

В данном разделе дипломной работы произведено описание мер по обеспечению благоприятных условий для работы машиниста при строительстве трубопровода.

Деятельность машиниста складывается из двух компонентов: управление захватом, укладкой труб, переносом грунта и управление ходом машины (при перемещении ее по стройплощадке и при перегонах машины на другие строительные объекты). Машинист непосредственно не взаимодействует с предметом труда. Каждый рабочий цикл по переносу грунта достаточно короткий, но непрерывно повторяющийся.

12.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1) превышение уровня вибрации

Вибрации – это механические колебания упругих тел или колебательные движения механических систем, передаваемые телу человека или отдельным его участкам.

Вибрация действует практически на весь организм, но больше всего страдает от воздействия вибрации нервная система, также вестибулярный

аппарат, анализаторы (тактильный зрительный). При заболевании начинается: неправильная координация движений, головокружения, тошнота, ухудшения зрения до 40 %. В особенности очень опасна толчкообразная вибрация тем что, могут быть микротравмы различных тканей, в некоторых случаях до их разрыва. Тело человека само по себе является сложной колебательной системой. Частота колебаний человеческого тела допускает 4-6Гц в положении сидя; для головы при вертикальных вибрациях 20-30 Гц; для горизонтальных вибраций 1,5-2 Гц. Если брать внутренние органы то для кишечника 16Гц, сердце 8 Гц.

Например, человек работает на трубоукладчике КТ Komatsu D355C ,на его тело действует вибрация, это уже является вредным производственным фактором.

Вибрация опасный производственный фактор, у которой большая биологическая активность. Физиологические расстройства систем организма определяются уровнями спектральным составом вибрации, а также физиологическими свойствами тела. Важную роль в возникновении этих реакций играют анализаторы: вестибулярный и двигательный аппарат, кожный, зрительный и другие.

Так же стоит отметить биохимические свойства тела человека к восприятию вибрации. Воздействия вибрации на организм, можно опосредовать такими явлениями как: физическим применением контакта на поверхность; прохождения по тканям колебания; раздражение механорецепторов что вызывает субъективные и нейрорецепторные реакции; так же еще реакцией на воздействия в органах и тканях.

В наше время с накопленным опытом, экспериментальным и клиническим материалом, можно сделать выводы, что расстройства двигательных функций, наступает при вибрации, обусловлены непосредственно нарушением регуляторных воздействий центральной нервной системы (так же поражением мышц).

					Социальная ответственность	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		110

Особенно чувствительными к действию локальной вибрации являются отделы симпатической нервной системы, регулирующие тонус периферических сосудов, а также отделы периферической нервной системы, связанные с вибрационной и тактильной чувствительностью.

Доказано, что направленность сосудистых нарушений определяется, в первую очередь, параметрами воздействующей вибрации. Спастические явления в капиллярах происходят при вибрации выше 35 Гц, а ниже наблюдается преимущественно картина атонии капилляров или спастико-атоническое их состояние. Область частот 35–250 Гц наиболее опасна в отношении развития спазма сосудов.

Вибрационная болезнь продолжает занимать одно из ведущих мест среди всех профессиональных заболеваний

Машиниста защищает от вибрации: снижение виброактивности машины; отстройка от резонансных частот; вибродемпфирование; виброгашение; повышение жесткости системы; виброизоляция; виброзащитные подставки; виброзащитные сидения; виброзащитные рукояти; средства индивидуальной защиты: виброзащитные рукавицы, виброзащитная обувь.

Дополнительные средства защиты от вибрации на технике Komatsu D355C является тележки направленных колес, которые крепятся на раме гусеничной тележки, через резиновые амортизаторы, что снижает уровень вибрации и толчки; на крестообразной каретке установлен резиновый амортизатор, уменьшающий вибрацию и смягчающий удары. Особенностью конструктивного исполнения кабины оператора является подвеска качающегося типа с балансирными балками, которая эффективно поглощает вибрацию и удары, чем обеспечивает высокую мобильность машины и комфортные условия передвижения даже в условиях пересеченной местности.

Помимо вибрации на машиниста действует такие вредные производственные факторы, как шум, инфра- и ультразвук.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		111

2) превышение уровня шума

Превышение уровней шума возникает при работе различных механизмов и агрегатов, различного технологического оборудования.

Воздействия шума на человека влияет в первую очередь на слуховой аппарат, нервную систему и на многие другие органы и системы организма.

Ниже 80 дБ громкости не влияет на слуховой аппарат.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83, если действия шума больше 85дБ то может привести к повышению порога слуха, а также к повышению кровяного давления, что очень пагубно скажется на здоровье.

Методы борьбы с шумом:

- уменьшения звука в источнике ;
- уменьшение звука путем распространения звука;
- использование СИЗ (наушники);
- соблюдать рабочий режим;
- управлять технологическими процессами с помощью средств автоматизации.

Для того что бы защитить машиниста от шума, ультразвука и инфразвука, нужно понизить от источника звука его звуковую мощность; для этого нужно сделать акустическую обработку; звукоизоляцию; поставить глушители; выдать средства индивидуальной защиты (шлем, наушники, вкладыши).

В усовершенствованном КТ Komatsu D355C используют супербесшумную кабин. Уменьшения уровня шума происходит от дополнительной изоляцией между полом и кабиной.

3) отклонение параметров климата

От воздействия низких температур может быть переохлаждения организма, из-за увеличения теплоотдачи. Сильно увеличивается потеря тепла когда температура окружающей среды низка.

					Социальная ответственность	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		112

Особенно опасно сочетание низкой температуры с высокой влажностью и высокой скоростью движения воздуха, так как при этом значительно возрастают потери тепла конвекцией и испарением.

Зима в Томской области холодная и умеренно снежная. Средняя температура в январе минус 20 °С, нередко она опускается ниже отметки в минус 30 °С.

При воздействии холода возникают изменения как в области воздействия, так и на отдаленных участках тела. Это обусловлено рефлекторными реакциями на охлаждение. Например, охлаждение организма вызывает спазм сосудов почек. При длительном охлаждении происходит общее переохлаждение организма.

В летний период средняя температура воздуха достигает 20 °С. При этом есть возможность резкого похолодания до 12 °С, а также значительного потепления до 30 °С и выше. Большая часть осадков выпадает в летний период.

При воздействии высоких температур существует возможность получить тепловой удар или термический ожог. Тепловой удар наступает при общем действии высокой температуры, которая вызывает перегревание организма. Он наблюдается в условиях, способствующих перегреванию организма: при высокой температуре, повышенной влажности воздуха, усиленной мышечной работе. Эти условия затрудняют теплоотдачу, повышают выработку тепла в организме. Термический ожог – болезненные изменения тканей, органов, возникающие от воздействия высокой температуры.

Запрещение ведение различных работ, от температуры окружающей среды, устанавливают локальным правовым актом, именно там где проводятся производственные работы.

На открытом воздухе работы при погодных условиях останавливают исходя из указанных в постановлении от 11.02.2011 г. №29а (табл.12.2).

					Социальная ответственность	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		113

Таблица 12.2 – Погодные условия, при которых приостанавливаются работы

Скорость ветра (м/с)	Отрицательная температура воздуха °С
Безветренная погода	36
Не более 5 м/с	35
5,1-10 м/с	34
10 – 15 м/с	32

Если температура 10 °С и ниже, работникам, находящимся на открытом воздухе и в необогреваемых помещениях, обязаны предоставить перерывы в отапливаемых, тёплых помещениях, в соответствии с правилами оборудования.

Внутренние правила трудового распорядка устанавливают продолжительность и количество перерывов, всё это включают в рабочее время.

Работникам на строительстве трубопровода должна быть выдана спецодежда, спецобувь, другие средства защиты . Использование и порядок выдачи СИЗ устанавливается правилами из СИЗ ГОСТ 29335-92.

Все средства индивидуальной защиты обязаны иметь сертификаты соответствия.

Не допускать работника к производственным работам без средств индивидуальной защиты положенной по нормативам и применять их правильно.

12.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

12.2.1. Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением)

Трубопровод, работающий под давлением от 5,5 до 9,8 мПа относится к аппаратам, работающим под давлением. Различные сосуды находящиеся под давлением имеют потенциальную опасность, которая при определенном действии может трансформироваться и в следствии повлечь за собой

последствия. Потеря герметичности, то есть разгерметизация сосуда, который находится под давлением, имеет две группы опасности.

Первая опасность связана с взрывом сосуда (установки) работающего под давлением. При взрыве появляется ударная волна, которая может принести большой ущерб жизни человека.

Таким образом, для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда в зависимости от назначения должны быть оснащены:

- запорной или запорно-регулирующей арматурой;
- приборами для измерения давления;
- приборами для измерения температуры;
- предохранительными устройствами;
- указателями уровня жидкости;

12.2.2. Электрический ток

При строительстве трубопровода, работники имеют дело с электрическим оборудованием, что требует соблюдение правил по электробезопасности.

Электротравмой называют воздействие электрического тока (электрической дуги) на организм человека.

Главной опасностью электротравматизм заключается в том что, защитная реакция организма наступает только после взаимодействия с током. Электрический ток действует не только где идет соприкосновения с телом, но и вызывает нарушения нормальной деятельности нервной системы, дыхания, сердечнососудистой системы и так далее.

При работе с электроустановками должна быть безопасность, обеспечиваемая различными техническими и организационными мерами.

По ГОСТ 12.1.019-79 от поражения электрическим током, технические средства защиты делятся на коллективные и индивидуальные.

Средства электрозащиты и основные коллективные способы:

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		115

- изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль;
- сооружение оградительных устройств;
- защитное заземление.

Индивидуальные средства которые могут выдержать длительное напряжение электроустановок (например, диэлектрические перчатки).

Опасность поражения электрическим током существует при сварочных работах.

Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТ 12.1.038-82 . В таблицах 12.3 и 12.4 рассмотрены значения токов в различных условиях.

Таблица 12.3 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	U, В	I, mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 В	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Таблица 12.4 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц

Продолжительность воздействия t, с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия t, с	Нормируемая величина	
	U, В	I, mA		U, В	I, mA
От 0,01 до 0,08	220	220	0,6	40	40
0,1	200	200	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1,0	25	25
0,5	50	50	Св. 1,0	12	2

12.3. Экологическая безопасность

Строительство трубопроводов является важным аспектом при его эксплуатации. Трубопроводы относятся к категории энергонапряженных объектов, отказы которых сопряжены со значительным материальным и экологическим ущербом. Особую остроту приобретает проблема надёжности и экологической безопасности в системах магистрального трубопроводного транспорта. Обеспечение надёжной и безопасной эксплуатации трубопроводов, транспортирующих ценное углеводородное сырье потребителю, является важнейшим стратегическим направлением стабильного развития регионов. Это во многом зависит от результатов анализа отказов и разрушений в системе магистрального транспорта. Отказ магистрального трубопровода, проявляющийся в местной потере герметичности стенки трубы, трубных деталей или в общей потере прочности в результате разрушения, приводит к значительному экологическому ущербу с возможными непоправимыми последствиями для окружающей природной среды (ОПС). Только комплексный подход к данному вопросу, учитывающий специфику района прохождения трубопроводной трассы, сможет дать реальную картину причин, приводящих к нарушению устойчивого режима эксплуатации.

Трубопроводный транспорт отличается от остальных видов транспорта тем, что он не соответствует полностью понятию «транспорт», т. к. его подвижной состав и специально приспособленные под него пути сообщения в этом виде транспорта совмещены в трубопровод. Технология работы трубопроводного транспорта характеризуется непрерывностью перекачки грузов.

К важнейшим проблемам трубопроводного транспорта относятся такие, как увеличение пропускной способности трубопроводов, уменьшение энергозатрат на транспорт,

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		117

металловложений на единицу транспортируемого продукта, обеспечение безотказности линейной части трубопроводов и перекачивающего оборудования, уменьшение затрат на выполнение строительно-монтажных работ и сокращение сроков строительства, а также «жесткость» трассы перевозок, т. е. невозможность изменения направления перевозок нефти, нефтепродуктов или газа после постройки трубопровода.

Воздействие трубопроводного транспорта на экологические системы происходит при строительстве его объектов, в процессе эксплуатации и при возникновении аварийных ситуаций.

Аварии на магистральных нефтепроводах наносят колоссальный ущерб, приводя к загрязнению территорий и водных объектов. Основные причины возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций: длительные сроки эксплуатации трубопроводного транспорта, физический, моральный износ и, как следствие, устойчивая тенденция роста числа аварий с всё более тяжёлыми социальными, экологическими и экономическими последствиями.

Для выбора адекватных мер предупреждения катастроф и аварий необходима научно-методическая база количественной оценки риска их появления. При решении этой проблемы важно, чтобы интересы защиты окружающей среды интегрировались в область принятия инженерных решений, позволяющих экономически обосновано минимизировать последствия негативных воздействий наиболее рациональными (наименее затратными) путями.

Универсальным инструментом оценки последствий аварий на магистральных трубопроводах является экологический риск. В качестве экологического риска рассматривается взвешенный по вероятности наступления негативных событий комплексный показатель прогнозируемого полного

					Социальная ответственность	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		118

ущерба, нанесённого экосистемам от всего спектра сценариев возможных аварий.

Данный инструмент позволяет нам применить набор определённых экологических методов управления и охраны окружающей средой в процессе эксплуатации трубопроводного транспорта нефти.

12.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При производстве работ в огнеопасных местах надо привлечь органы противопожарной охраны; до начала работы выполнить меры противопожарной защиты. Сварочные работы разрешается вести только в присутствии представителей противопожарной охраны. До начала работ по сварке и газовой резке требуется получить допуск от органов противопожарной охраны.

Запрещается при огневых работах :

- работать с неисправной аппаратурой;
- применять огневые работы на конструкциях и изделиях в свежеекрашенном состоянии (лаками, красками);
- применять спецодежду со следами масла, бензина, жиров и других воспламеняющихся жидкостей;
- разрешать работникам (ученикам) без талона по пожарной техники безопасности и квалификационного удостоверения, к самостоятельной работе;
- взаимодействие проводов под электричеством с растворенным, сжиженным и сжатым газом.
- размещать и ограждать ацетиленовый генератор нужно не ближе чем 10м. от огневых работ, так же должны быть поставлены плакаты(аншлаги): «Не курить» ; «Не проходить с огнем» ; «Вход посторонним воспрещен - огнеопасно».

					Социальная ответственность	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		119

– некоторые материалы, такие как кальций и карбид, нужно хранить в проветриваемых помещениях.

– эксплуатирующиеся и транспортирующиеся баллоны с газом, необходима защита от различных источников тепла и солнечных лучей .

– не допускается хранение кислородных и ГГ баллонов в одном помещении(также касается карбида кальция, различных масел, красок и жиров).

– допускаются только заводские электроды при сварке.

– на время работы сварочная установка должна быть заземлена.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) из СП 11-107-98 –это состояние, при котором нарушается нормальное условие жизни и деятельность человека на объекте, определённой территории, когда возникает угроза здоровья и жизни человека, нанося ущерб имуществу населения, а также ущерб природной среды .

Более частые возникновения ЧС, происходят из-за ошибок при неправильном технологическом процессе, нарушение техники безопасности, при проектирование.

Для борьбы с пожарами при строительстве трубопровода должны быть оснащены первичными средствами пожаротушения в соответствии с СНиП 2.11.03-93:

1. Огнетушащие вещества (вода, песок, земля);
2. Огнетушащие материалы (грубошерстные куски материи — кошмы, асбестовые полотна, металлические сетки с малыми ячейками и т. п.);
3. Немеханизированный ручной пожарный инструмент (багры, крюки, ломы, лопаты и т. п.);
4. Пожарный инвентарь (бочки и чаны с водой, пожарные ведра, ящики и песочницы с песком);
5. Огнетушители

					Социальная ответственность	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		120

Заключение

Строительство и прокладка нефтепроводов на болотах и обводненной местности очень сложный высокотехнологичный процесс, который требует тщательной подготовительной работы. От качества и своевременности выполнения всех подготовительных работ, зависит скорость и качество производства работ на всех этапах строительства нефтепровода, а также конечный результат всего строительства.

В работе были подробно рассмотрены схемы разработки траншеи, различные методы укладки и закрепления трубопровода в зависимости от времени года и типа болот. Так же в ходе данной работы были произведены расчеты земляных работ, расчеты трубопровода на прочность и устойчивость.

Результатом выполненной работы является выявление наиболее оптимальных и выгодных методов строительства нефтепровода (разработка траншеи, сварка, укладка трубопровода).

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Вебер А.А.			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Саруев А.Л.					121	123
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф</i>		Бурков П.В.						

Список использованных источников

1. Сооружение магистральных трубопроводов: П.П. Бородавкин, В.Л. Березин, 1977 – 206с.
2. Магистральные трубопроводы в условиях болот и обводненной местности: Л.А. Димов, Е.М. Богушевская, 2010 – 368с.
3. Механика грунтов: Н.А. Цытович, 1983 – 282с.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
5. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновений и токов.
7. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с изм. 1999г.).
9. ГОСТ 12.2.007.0-75(2001). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
10. ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
11. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования.
12. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования.
13. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

					<i>Проектирование магистрального трубопровода в условиях болот и обводнённой местности</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Вебер А.А.</i>			Список использованной литературы	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					122	123
<i>Консульт.</i>						ТНУ гр.3-2Б31Т		
<i>И.о.Зав. Каф</i>		<i>Бурков П.В.</i>						

14. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих под воздействием механических факторов. Классификация.
15. ГОСТ 12.1.009-76(1996). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов одежды.
16. ГОСТ 12.1.011-78. Номенклатура показателей пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов.
17. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету.
18. СП 34-101-98 Выбор труб для магистральных нефтепроводов при строительстве и капитальном ремонте.
19. СНиП 3.01.01-85* Организация строительного производства.
20. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы.
21. ГОСТ 6996-66* Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
22. ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация.

					<i>Список использованных источников</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		123