

**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
«Оценка опасности нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности» УДК <u>622.692.4.076</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б11	Внуков С.В.		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Белозерцева О.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального 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:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ 19.05.2016 А.В. Рудаченко  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б11	Внукову Сергею Викторовичу

Тема работы:

Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.03.2016 г. №2401/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.05.2016 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>Изучить методы оценки для нефтепроводов проходящих в сложных рельефах местности. В рельефе преобладают горные и сейсмически активные районы. Климат в районе проведения работ континентальный, что проявляется в больших месячных и годовых колебаниях температуры воздуха. При выполнении строительных работ на магистральном нефтепроводе могут иметь место вредные и опасные участки местности. Произведем расчет буровзрывных работ и количество строительной техники при строительстве траншей в горных условиях</i></p>	<p><math>d_{тр}</math> – диаметр трубопровода, мм 1020, Длина участка траншеи, км 2, Скорость строительства трубопровода, км/год 200, Уклон местности, град 15, Плотность грунта, кг/м<sup>3</sup> 1900-2000,</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Проведение обзора современной литературы по указанной тематике.  2. Изучить понятие о сложном рельефе местности.  3. Выявить опасности строительства нефтепровода в горных условиях.  4. Принять технологические решения при строительстве в горных условиях  5. Произвести расчет производства земляных работ, при строительстве траншей в горных условиях.  6. Социальная ответственность.  4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Белозерцева Ольга Викторовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гуляев Милий Всеволодович</p>
<p>Технологический расчет магистрального газопровода</p>	<p>Шадрина Анастасия Викторовна</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>30.10.2015 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Шадрина А.В.</p>	<p>к.т.н, доцент</p>		<p>30.10.2015 г.</p>

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-2Б11</p>	<p>Внуков Сергей Викторович</p>		<p>30.10.2015 г.</p>

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**

**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Б11	Внуков Сергей Викторович

<b>Институт</b>	<b>Природных ресурсов</b>	<b>Кафедра</b>	Транспорта и хранения нефти и газа
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат (бакалавр)	<b>Направление/специальность</b>	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 производства земляных работ в горной местности
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Распределение эксплуатационных расходов направленных на производство земляных работ в горной местности
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Использовать ставку на социальные нужды в размере 30 процентов

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определить стоимость производства земляных работ в горной местности
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение сметы затрат производства земляных работ в горной местности
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка итоговых затрат на производство земляных работ в горной местности

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	04.03.2016г.
---	--------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Белозерцева О.В.	к.э.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2Б11	Внуков С.В.		04.03.2016 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Б11	Внуков Сергей Викторович

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТХНГ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	210301

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования.

*Рабочим местом является участок магистрального нефтепровода. В рельефе преобладают горные и сейсмически активные районы. Климат в районе проведения работ континентальный, что проявляется в больших месячных и годовых колебаниях температуры воздуха. При выполнении строительных работ на магистральном нефтепроводе могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека. Оказывается негативное воздействие на природу (атмосферу, гидросферу, литосферу). Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного, экологического и социального характера.*

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

**1. Производственная безопасность**

1.1. Анализ выявленных вредных факторов.

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства

1.2. Анализ выявленных опасных факторов.

- механические опасности (источники, средства защиты);
  - термические опасности (источники, средства защиты);
  - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)*

**2. Экологическая безопасность:**

- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
  - анализ защита селитебной зоны
  - воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
  - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды*

<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> </ul> <p>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</p>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	М.В. Гуляев	К.Т.Н., доц.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б11	Внуков Сергей Викторович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 27 рис., 31 табл., 50 источников.

Ключевые слова: нефтепровод, горные условия, оценка опасности, сейсмические районы

Объектом исследования является оценка опасности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефным условиям и выявление мероприятий по снижению их негативного эффекта

Цель работы – анализ факторов, представляющих опасность для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности и выявление методов по снижению их негативного эффекта

В результате исследования - Проведен обзор современной литературы по указанной тематике.

2) Изучены факторы опасности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности и выявлены технико-технологические решения для снижения их негативного эффекта.

3) Проведен технологический расчеты строительства траншеи в горных условиях, рассчитано количество необходимого материала и оборудования.

4) Произведен расчет затрат на строительство траншеи в горных условиях.

5) Выявлены мероприятия по охране труда и защите окружающей среды при сооружении траншеи нефтепровода в горных условиях

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: описан технологический расчет параметров траншеи, подобрано оборудование и материалы для его строительства

Область применения: строительство магистральных нефтепроводов в горных условиях Экономическая эффективность/значимость работы: проведен экономический анализ стоимости разработки траншеи в горных условиях

	<b>Отглавление</b>				«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности».....10
Изм.	ВВЕДЕНИЕ	Ф.И.О.....	Подп.....	Дата.....	
Разраб.	Внуков С.В.				РЕФЕРАТ
Руковод.	Белозерцева О.В				
Консульт.					
Зав. каф	А.В.Рудаченко				
					Литера ДР
					Лист 11
					Листов 120
					ТПУ гр. 3-2Б11

I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	12
II. ПОНЯТИЕ О СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ МЕСТНОСТИ .....	14
2.1. Виды уклонов.....	16
2.2. Влияние рельефа на технологию прокладки трубопровода .....	17
2.3 Категория и класс прочности нефтепроводов .....	20
III. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ.....	22
3.1 Селевой поток .....	22
3.2 Сейсмически активные участки .....	23
3.2.1 Факторы, влияющие на определение уровня сейсмичности.....	28
3.2.2. Особенности расчета трубопроводов, прокладываемых в сейсмических районах..	31
3.3 Устойчивость подземных участков трубопроводов на оползневых склонах.....	35
IV. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ.....	38
4.1 Селевые потоки .....	38
4.2 Сейсмически активные участки .....	39
4.2.1 Применяемый метод строительства.....	39
4.2.2. Метод строительства магистральных подземных трубопроводов, с упругопластичными элементами.....	47
4.3 Разработка мероприятий по обеспечению надежности трубопроводов, проложенных на оползневых участках .....	52
V. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ.....	56
5.1 Расчет основных параметров траншеи.....	56
5.2 Расчет основных рабочих параметров бульдозера .....	59
5.3 Расчет буровзрывных работ.....	68
5.4 Расчет основных рабочих параметров экскаватора.....	72
VI. РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
VII. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
7.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
7.1.1 Анализ вредных производственных факторов.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
7.1.2 Анализ выявленных опасных факторов .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

	<b>7.2 Экологическая безопасность</b>	<b>«Оценка опасности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности»</b>								
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата						
Разраб.		Внуков С.В.			Оглавление			Литера		
Руковод.		Шадрина А.В.						ДР	Лист	Листов
Консульт.									13	120
Зав. каф		Рудаченко						ТПУ гр. 3-2Б11		



7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях..... Ошибка! Закладка не определена.

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности . Ошибка! Закладка не определена.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....78

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....79

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....80

					Планируемые результаты обучения по ООП	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

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

Строительство трубопроводов в горах – весьма сложная в инженерно-техническом и организационном отношении задача.

Горная местность представляет для строителей комплекс многообразия рельефа, геологических структур, гидрологических и климатических особенностей. Методы производства работ в этих условиях должны быть достаточно гибкими и разнообразными. Подготовка трассы сводится здесь не просто к планировке полосы отвода, корчевке леса, а часто требует разработки большого объема горных пород для строительства полков, которые представляют собой сочетания полувывемок и нолунасыней. Вынужденная ограниченность в ширине полки требует применения последовательности работ и устройства траншей до вывозки труб на трассу и монтажа трубопроводов.

Значительные объемы работ приходится выполнять по устройству временных дорог, съездов, объездов, устранению завалов, уборке валунов и т. д.

Особого внимания заслуживает оценка и обеспечение прочности и устойчивости трубопроводов, проложенных в сложных инженерно-геологических или природно-климатических условиях. Изменение внутренних и внешних нагрузок на трубопровод и наличие неоднородности

					«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Внуков С.В.			ВВЕДЕНИЕ	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.				ДР	15	120
Консульт.						ТПУ гр. 3-2Б11		
Зав. каф		Рудаченко А.В.						

грунта по длине трассы обуславливает неравномерную осадку, всплывание (выпучивание) трубопровода, ведущих к его отклонению от проектного положения, что приводит к перераспределению нагрузки и возникновению в нем чрезмерных деформаций, которые являются одной из основных причин отказов и аварий трубопроводов.

Из этого следует **актуальность** работы: необходимость анализа оценки опасности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности, и изучение современных технологий для борьбы с ними.

**Цель работы:** изучить методы оценки опасности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности.

Исходя из поставленной цели, необходимо выполнить следующие **задачи:**

1. Провести обзор современной литературы по указанной тематике.
2. Изучить факторы опасности для нефтепровода, проходящих по сложным рельефам местности.
3. Провести технологические расчеты объекта исследования.
4. Произвести расчет основных параметров траншеи
5. Выявить мероприятия по охране труда и защите окружающей среды.

**Объект исследования.** Магистральный нефтепровод, построенный в горных условиях.

**Предмет исследования.** Оценка опасности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности.

**Практическая значимость:** результаты данной работы могут быть использованы для оценки опасности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности.

					ВВЕДЕНИЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

## I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Данной тематике, как и любой в нефтегазовой отрасли, посвящено множество работ.

Помимо этого, данная тема строго регламентируется нормативными документами. Это СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\* [2], СП 86.13330.2014 Магистральные трубопроводы (пересмотр актуализированного СНиП III-42-80\* «Магистральные трубопроводы» [3], СП 34-112-97 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Комплексная технология и организация [4], РД 93.010.00-КТН-114-07 Правила производства и приемки строительно-монтажных работ [5] и многие другие.

Так же данным вопросом занимались многие ученые.

В своей работе «Совершенствование методов проектирования и строительства трубопроводов, прокладываемых в условиях сильно пересеченной местности» Чжан Дунчэнь [6] разрабатывает мероприятия, которые будут обеспечивать надежность нефтепроводов, которые проложены в горных условиях. Так же автор разработал методику, по которой можно рассчитать напряженное состояние нефтепроводов при различных углах на продольных склонах в период монтажа.

В работе «Научно-практические основы обеспечения прочности и устойчивости газопроводов в сложных инженерно-геологических условиях» [7] Чичелов В.А. разработал научно-методические основы для оценки прочности и устойчивости нефтепроводов, которые эксплуатируются в сложных природных условиях. Данные основы позволяют оценить влияние на напряженно-деформированное состояние нефтепровода изменений грунтовых условий, которые обусловлены различными факторами:

					«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Внуков С.В.				ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	Шадрина А.В.						17	120
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б11		
<i>Зав. Каф.</i>	Рудаченко А.В.							

обводнение, развитие карстов и оползней, параметры и режимы эксплуатации нефтепровода, особенности конструкции.

В работе «Особенности строительства трубопроводов в районах с высокой сейсмичностью» [8] Наваррете Дуэньяс Джонни Хавиер установил зависимость воздействия поперечной силы на трубопровод от угла откоса траншеи для различных видов грунта при прокладке трубопроводов в сейсмически опасных зонах.

В работе «Разработка методики оценки несущей способности подземных магистральных трубопроводов в сейсмически опасных зонах» [9] Андреев Е.В. разрабатывает методики оценки несущей способности конструкций подземных магистральных трубопроводов на основе моделирования сейсмических воздействий для обоснования и оптимизации проектов вновь создаваемых и реконструируемых трубопроводных систем в сейсмически опасных зонах.

Так же этими вопросами занимались другие ученые.....

Тема актуальная и представляет интерес для практики ,совершенства технологии ,совершенства нефтепровода.

					ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



устанавливая сначала полки, дорогу, траншею. Только вслед за землеройной колонной может идти изоляционно-укладочная. На очень сложных участках работы ведёт обычно комплексная колонна, выполняя все операции, вплоть до засыпки уложенного трубопровода [1].

Трубопроводы в горных условиях прокладываются строго по проекту. На скальных участках разработка горных пород выполняется только рыхлением их буровзрывными методами. При выполнении земляных работ особое внимание должно быть обращено на соответствие полки траншеи проектным размерам, разность дна (отсутствие выступающих камней или каких-либо твердых включений, коряг и т. д. в дне и откосах траншеи).

Как правило, крутые откосы сложены скальными грунтами, часто сильно трещиноватыми и насыщенными водой. Поэтому к сложностям рельефа добавляются сложности, обусловленные необходимостью устройства полок для прохода строительных колонн и траншей для трубопровода с помощью буровзрывных работ. Возможность внезапного образования оползней огромных масс грунта или возникновения селевых потоков вызывает опасность ведения строительно-монтажных работ [10].

Оползни часто образуются в результате нарушения естественного равновесного состояния склонов при устройстве полок. Селевые потоки возникают в результате выпадения дождей иногда даже не в районе ведения работ, а ближе к вершинам гор. Поток грязи, камней и воды с довольно большой скоростью движется по руслам пересохших ручьев, речек и сметает все на своем пути, образуя так называемые конусы выноса (рисунок 2.2).

					ПОНЯТИЕ О СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ МЕСТНОСТИ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 2.2 – Уборка дороги после селевого потока [1]

В числе основных мер по борьбе с оползнями можно назвать следующие: перехват поверхностных и грунтовых вод, устройство буронабивных железобетонных свай, прорезающих оползень и входящих на 2—3 м в коренной грунт. В некоторых случаях (при малых оползнях) неплохие результаты может дать устройство подпорных стенок.

### 2.1. Виды уклонов

Продольный уклон  $i$  - крутизна подъема или спуска участка трассы газонефтепровода, характеризующаяся отношением разности отметок  $h$  между крайними точками трассы к расстоянию между ними  $d$ .

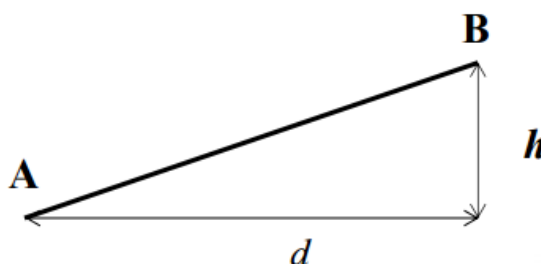


Рисунок 2.3 - Продольный уклон

Поперечный уклон характеризуется поперечными профилями, как правило, перпендикулярно к оси трассы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



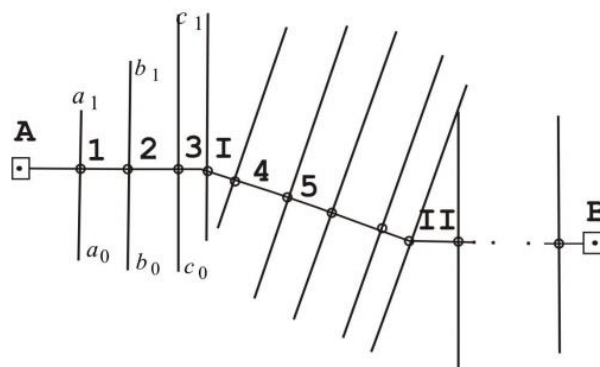


Рисунок 2.4 - Поперечный уклон

## 2.2. Влияние рельефа на технологию прокладки трубопровода

На каждом строительном участке в горных условиях выполняются работы в такой последовательности: расчистка трассы от растительности; устройство полок и подъездов; рытье траншей; развозка труб и секций по трассе; сварка труб и секций в плеть; укладка нижней части футеровки на дно траншеи; изоляция трубопровода и укладка его в траншею; окончательная футеровка трубопровода; засыпка трубопровода; очистка полости и испытание трубопровода.

В горных условиях необходимо строго согласовывать темпы выполнения отдельных видов работ. Наиболее эффективной формой организации работ при этом является создание комплексных бригад в составе строительных, монтажных и транспортных звеньев.

Трубы, поступающие для строительства горных участков, транспортируют либо непосредственно на трассу, либо на сварочно-монтажные базы, где их собирают в секции, а затем доставляют на трассу, либо на перевалочные базы для дальнейшей транспортировки их на трассу тракторами или другим способом [10].

Сварочно-монтажные базы устраивают в наиболее удобных равнинных местах, где можно создать достаточный запас труб, секций и материалов, а

					ПОНЯТИЕ О СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ МЕСТНОСТИ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

также расположить поселок монтажников и строителей. При этом необходимо, чтобы к базе был удобный проезд для автомобильного транспорта, доставляющего трубы с железнодорожных станций.

Места размещения перевалочных пунктов определяют с расчетом обеспечения разворота и обгона машин, а также создания оперативного запаса труб или трубных секций. Пункты перевалки оснащаются необходимыми грузоподъемными механизмами и инвентарем.

На сварочных базах для удобства перевозки длинномерных секций в горной местности рекомендуется сваривать трубы в секции длиной 24 м. Трубы на базах сваривают в секции для участков трассы крутизной до 20°. На участки трассы крутизной более 20°, а также с меньшей крутизной, но с большим числом поворотов, рекомендуется доставлять отдельные трубы.

При проектировании трубопроводов, укладываемых на косогорах, необходимо предусматривать устройство нагорных канав для отвода поверхностных вод от трубопровода.

При невозможности избежать возникновения просадки основания под трубопроводами при расчете трубопровода на прочность и устойчивость следует учитывать дополнительные напряжения от изгиба, вызванные просадкой основания.

При наличии вблизи трассы действующих оврагов и провалов, которые могут повлиять на безопасную эксплуатацию трубопроводов, следует предусматривать мероприятия по их укреплению.

На трассе трубопроводов следует предусматривать установку постоянных реперов на расстоянии не более 5 км друг от друга [1].

В горных условиях и в районах с сильно пересеченным рельефом местности следует предусматривать прокладку трубопровода в долинах рек вне зоны затопления или по водораздельным участкам, избегая неустойчивых и крутых склонов, а также районов селевых потоков.

					ПОНЯТИЕ О СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ МЕСТНОСТИ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В оползневых районах при малой толщине сползающего слоя грунта следует предусматривать подземную прокладку с заглублением трубопровода ниже плоскости скольжения.

Оползневые участки большой протяженности следует обходить выше оползневого склона.

При пересечении селей следует применять, как правило, надземную прокладку.

При подземной прокладке через селевой поток или конус выноса укладку трубопровода следует предусматривать на 0,5 м (считая от верха трубы) ниже возможного размыва русла при 5 % обеспеченности. При пересечении конусов выноса укладка трубопровода предусматривается по кривой, огибающей внешнюю поверхность конуса на глубине ниже возможного размыва в пределах блуждания русел.

Выбор типа прокладки трубопроводов и проектных решений по их защите при пересечении селевых потоков следует осуществлять с учетом обеспечения надежности трубопроводов и технико-экономических расчетов.

Для защиты трубопроводов при прокладке их в указанных районах могут предусматриваться уполаживание склонов, водозащитные устройства, дренирование подземных вод, сооружение подпорных стен, контрфорсов.

При прокладке в горной местности двух параллельных ниток трубопроводов и более следует предусматривать отдельные полки или укладку ниток на одной полке. Расстояние между осями газопроводов, укладываемых по полкам, определяется проектной документацией по согласованию с соответствующими органами Государственного надзора.

При укладке на одной полке двух нефтепроводов и более или нефтепродуктопроводов расстояние между нитками может быть уменьшено при соответствующем обосновании до 3 м. При этом все трубопроводы должны быть отнесены к категории II.

Допускается прокладка двух нефтепроводов (нефтепродуктопроводов) класса IV в одной траншее.

					ПОНЯТИЕ О СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ МЕСТНОСТИ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При проектировании трубопроводов по узким гребням водоразделов следует предусматривать срезку грунта на ширине 8-12 м с обеспечением уклона 2 % в одну или в обе стороны.

При прокладке вдоль трубопроводов кабельной линии связи ширину срезки грунта допускается увеличивать до 15 м.

### 2.3 Категория и класс прочности нефтепроводов

Согласно СП 36.13330.2012 (СНиП 2.05.06-85\*) [2] под категорией трубопровода подразумевается показатель, который подразумевает выполнение конкретных условий по прочности (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Зависимость коэффициента условий работы от категории [2]

Категория трубопровода и его участка	Коэффициент условий работы трубопровода при расчете его на прочность, устойчивость и деформативность
V	0,660
I	0,825
II	0,825
III	0,990
IV	0,990

В зависимости от местности, где прокладывается нефтепровод, выбирают определенные категории нефтепровода (таблица 2.2).

Таблица 2.2

Зависимость категории нефтепровода от назначения [2]

Назначение участка нефтепровода	Категория участка при прокладке		
	надземная	наземная	подземная
В горной местности при укладке:			

а) на полках	–	II	II
б) тоннелях	I	I	–
Переходы через селевые потоки, конуса выносов, солончаковые грунты	II	–	II
Переходы через горные реки	I	–	I

Технические условия на трубы стальные сварные для магистральных нефтепроводов определяется согласно ГОСТ 20295-85.

Прочность труб оценивается временным сопротивлением металла при растяжении и обозначается буквенно-цифровым кодом (символ «К» с нормативным значением - в кгс/мм<sup>2</sup> - от К34 до К65). Необходимая категория выбирается при проектировании исходя из многих факторов, включая давление трубопровода и климатические условия эксплуатации

Таблица 2.3

Характеристика труб в зависимости от класса прочности

Класс прочности	Временное сопротивление разрыву, $s_a$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Предел текучести $s_r$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение $d_y$ , %
	не менее		
К 34	333 (34)	206 (21)	24
К 38	372 (38)	235 (24)	22
К 42	412 (42)	245 (25)	21
К 50	485 (50)	343 (35)	20
К 52	510 (52)	353 (36)	20
К 55	539 (55)	372 (38)	20
К 60	588 (60)	412 (42)	16

## III. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

### 3.1 Селевой поток

Под селевым потоком понимается движение с большой скоростью по руслу горного бассейна селевой массы.



Рисунок 3.1 – Селевой поток [10]

Скорость движения селевого потока часто измеряется несколькими метрами в секунду. Селевая масса состоит из продуктов разрушения горных пород и воды. Продолжительность действия селевого потока — от десятков минут до нескольких часов. За этот срок селевой поток выносит в долины огромное количество продуктов разрушения горных пород, накапливающихся годами и десятилетиями. Селевой поток состоит из трех основных областей: области питания потока, транзитной области перемещения наносов, области отложения наносов. Повторяемость селевых потоков различна и не вполне определена.

Для районов развития селей в технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям следует дополнительно включать:

- генетические типы селей;
- частоту схода селей и условия их формирования;

					«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местност»			
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	<b>. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ</b>	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Бельтиков В.В.				ДР	44	120
Руковод.		Шадрина А.В.				ТПУ гр. 3-2Б11		
Консульт.								
Зав. каф		Рудаченко А.В.						

- максимальные объемы единовременных выносов селевой массы;
- структуру и физико-механические свойства грунтов в месте пересечения трубопроводом селевого потока;
- ширину и высоту прогнозного селевого потока;
- рекомендации по способам инженерной защиты проектируемого трубопровода;
- характеристику селевого русла.

При выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий для целей проектирования должны выполняться следующие специальные изыскания:

- объем и скорость движения снежных лавин, плотность и толщина отложения лавин, сила удара лавин и воздушной волны.

### **3.2 Сейсмически активные участки Анализ параметров сейсмических воздействий**

В настоящее время все больше нефтепроводов прокладываются в зонах с повышенной сейсмической опасностью. Северо-восток Сахалина и прилегающие к нему участки шельфа высокосейсмичны, также как и некоторые районы пролегания нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан» [11].

При проектировании и сооружении в тектонических активных зонах выбираются благоприятные в сейсмическом отношении участки трасс и площадки строительства. Если это не удается, то применяют рациональные конструктивные решения и антисейсмические мероприятия. На участках пересечения трассой трубопровода активных тектонических разломов необходимо применять надземную прокладку.

Землетрясения – есть колебания земной поверхности вследствие внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней мантии.

Движение грунта при землетрясениях носит волновой характер.

					ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Листы
Изм.	Листы	№ докум.	Подпись	Дата		45

Колебания грунта в сейсмических волнах возбуждают колебания трубопроводов, вызывая в них инерционные силы. При недостаточной прочности (сейсмостойкости) конструкций происходят их повреждения различной степени или разрушения.

Сейсмическая опасность при землетрясениях определяется как интенсивными колебаниями грунта, так и вторичными факторами, среди которых назовем: лавины, оползня, обвалы, опускание (просадку) и перекосы земной поверхности, разжижение грунта, наводнения при разрушении и прорыве плотин и защитных дамб, а также пожары.

Наиболее частой причиной землетрясений является появление размерных внутренних напряжений и разрушений пород. Потенциальная энергия, накопленная при упругих деформациях породы, при разрушении (разломе) переходит в кинетическую, возбуждая сейсмические волны в грунте.

Анализ последствий землетрясений показывает, что движения (колебания) отдельных конструкций происходят одновременно по нескольким направлениям, т.е. эти движения являются пространственными. Движение грунта при землетрясениях является сложным многомерным (пространственным) процессом.

Интенсивность сейсмических воздействий на различные объекты зависит от гипоцентрального расстояния. С увеличением расстояния интенсивность уменьшается. Зону поверхности грунта в радиусе примерно считают эпицентральной. В ней преобладают колебания грунта вертикального направления. По мере удаления от эпицентра усиливается влияние горизонтальной компоненты колебаний, представляющей наибольшую опасность для трубопровода[7].

Классификации землетрясений по величине и мощности очага по Рихтеру ведется по шкале магнитуд. Магнитуда землетрясения  $M$  - безразмерная величина, характеризующая общую энергию упругую

					ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



колебаний, вызванных землетрясением, которая находится в пределах от 0.0 до 9,0.

Проявления землетрясений в тех или иных районах называют сейсмичностью. Количественные показатели сейсмичности содержат интенсивность или магнитуду и повторяемость, причем повторяемость (частота) снижается с увеличением магнитуды

Общее действие землетрясений различной балльности на поверхность земли и инженерные сооружения следующее:

**6 баллов.** В немногих случаях оползни, на сырых грунтах возможны видимые трещины шириной до 1 см, в горных районах отдельные отучай оползней.

**7 баллов.** Нарушения стыков трубопроводов. В отдельных случаях оползни на песчаных или гравелистых берегах рек.

**8 баллов.** Трещины в грунтах достигают нескольких сантиметров. Возможно возникновение новых водоемов.

**9 баллов.** Разрывы частей подземных трубопроводов. Трещины в грунтах достигают 10 см, а по склонам и берегам - свыше 10 см. Кроме того, большое количество тонких трещин в грунтах. Частые оползни грунтов, обвалы горных пород.

**10 баллов.** Серьезные повреждения, разрывы и искривления подземных трубопроводов. Трошины в грунте шириной несколько десятков сантиметров и в некоторых случаях до одного метра. Осыпание рыхлых пород с крутых склонов.

**11 баллов.** Разрушение подземных трубопроводов. Значительные деформации почвы в виде широких трещин, разрывов с перемещением в вертикальном и горизонтальном направлениях. Многочисленные горные обвалы.

**12 баллов.** Изменение рельефа местности. Сильное повреждение или разрушение практически всех наземных и подземных сооружений.

~~Радикальное изменение земной поверхности. Наблюдаются значительные~~

					ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Трещины в грунтах с обширными вертикальными и горизонтальными перемещениями. Горные обвалы и обвалы берегов рек на больших площадях.

При землетрясениях интенсивностью 8 и более баллов особенно опасно образование искр от ударов или коротких замыканий в нефтепроводах.

Таким образом, сейсмические волны, распространяющиеся в грунтовом массиве при землетрясении и взаимодействующие с сооружениями, представляют нестационарный случайный процесс, образуемый семейством (ансамблем) реализаций с определенными статистическими свойствами, зависящими от макросейсмических параметров землетрясения. В связи с этим, трубопроводы, прокладываемые в сейсмически опасных зонах, необходимо рассчитывать на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий [7].

Проектирование трубопроводов, предназначенных для прокладки в районах с сейсмичностью свыше 6 баллов для надземных и свыше 8 баллов для подземных трубопроводов, должно производиться с учетом сейсмических воздействий.

Сейсмостойкость трубопроводов должна обеспечиваться:

- выбором благоприятных в сейсмическом отношении участков трасс и площадок строительства;
- применением рациональных конструктивных решений и антисейсмических мероприятий;
- дополнительным запасом прочности, принимаемым при расчете прочности и устойчивости трубопроводов.

При выборе трассы трубопроводов в сейсмических районах необходимо избегать косогорные участки, участки с неустойчивыми и просадочными грунтами, территории горных выработок и активных тектонических разломов, а также участки, сейсмичность которых превышает 9 баллов.

					ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

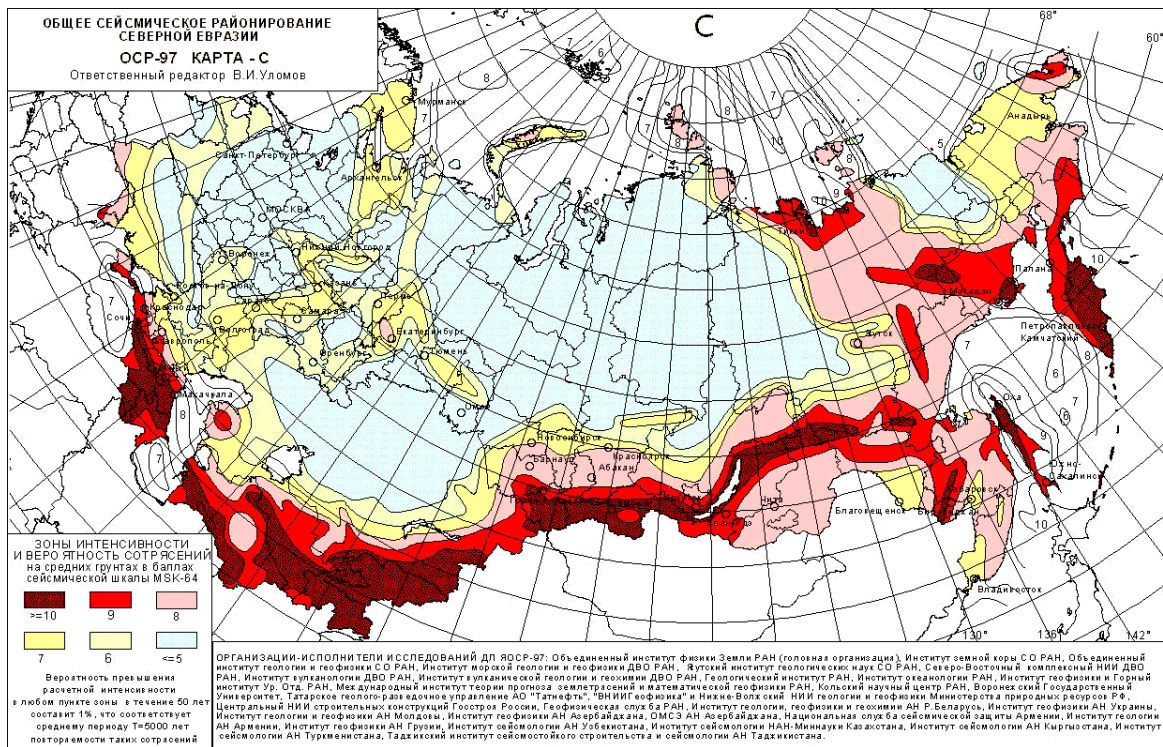


Рисунок 3.2 – Карта районирования Евразии ОСР-97 [12]

СНиП II-7-81\* рекомендует интенсивность сейсмических воздействий в баллах принимать в соответствии с комплектом карт ОСР-97. С выходом этих карт многие регионы Урала и Поволжья из асейсмичных перешли в категорию сейсмических. В связи с этим промышленная опасность в сочетании с сейсмической ставит взрывопожароопасные объекты в категорию более высокого риска.

В отличие от предыдущей карты ОСР-78 в список населенных пунктов, расположенных в сейсмически опасных районах, вошли многие области Урала и Поволжья, которые ранее к таковым не относились. В частности, в жесткие условия поставлены Свердловская, Волгоградская, Саратовская, Челябинская области, а также республики Башкортостан, Татарстан и Пермский край. Например, в Казани, городе, известном своей химической промышленностью, и в Нефтекамске, крупнейшем центре нефтехимии прогнозируются землетрясения интенсивностью 6 баллов с вероятностью 10% и 7 баллов с вероятностью 1% в течение 50 лет. В городе Екатеринбурге, важнейшем промышленном центре прогнозируется землетрясение

интенсивностью 8 баллов с вероятностью 1% в течение 50 лет. Крупнейшие города, такие как Саратов, Тольятти, Волгоград, Волжский и др., где объекты химии, нефтехимии и нефтепереработки имеют доминирующее значение, также попали в зоны прогнозируемого землетрясения интенсивностью 7 баллов.

Прокладка трубопроводов в перечисленных условиях может быть осуществлена в случае особой необходимости при соответствующем технико-экономическом обосновании. При этом в проектной документации должны быть предусмотрены дополнительные мероприятия, обеспечивающие надежность трубопровода.

### 3.2.1 Факторы, влияющие на определение уровня сейсмичности

Согласно требованиям СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах» [12] сейсмичность площадки строительства определяется согласно таблице 1.6.

Таблица 3.1

Ранжирование по уровню сейсмичности [12]

Категория грунта	Грунты	Сейсмичность, баллы		
		7	8	9
I	Скальные грунты всех видов (в том числе вечномёрзлые и вечномёрзлые оттаявшие) неветрелые и слабо ветрелые; крупнообломочные грунты плотные маловлажные из магматических пород, содержащие до 30% песчано-глинистого заполнителя; выветрелые и сильновыветрелые	6	7	8
	скальные и нескальные вечномёрзлые (вечномёрзлые) грунты при температуре минус 2°C и ниже при			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
				Лист 45

	строительстве и эксплуатации с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии			
II	Скальные грунты выветрелые и сильновыветрелые, в том числе вечномёрзлые, кроме отнесенных к I категории; крупнообломочные грунты, за исключением отнесенных к I категории; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; глинистые фунты с показателем консистенции $I_L < 0,5$ при коэффициенте пористости $e < 0,9$ для глин и суглинков и $e < 0,7$ - для супесей; вечномёрзлые нескальные грунты пластичномёрзлые или сыпучемёрзлые, а также твердомерзлые при температуре выше минус $2^\circ\text{C}$ при строительстве и эксплуатации с сохранением фунтов основания в мерзлом состоянии	7	8	9
III	Пески рыхлые независимо от влажности и крупности; пески фавелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности водонасыщенные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности влажные и водонасыщенные; глинистые фунты с показателем консистенции $h > 0,5$ ; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L < 0,5$ при коэффициенте пористости $e > 0,9$ для глин и суглинков и $e > 0,7$ - для супесей; вечномёрзлые нескальные фунты при	8	9	>9

	строительстве и эксплуатации с допуском оттаивания фунтов основания			
--	---	--	--	--

Тем самым, нормативно определено следующее ранжирование по уровню сейсмичности:

– грунты I категории (скальные грунты всех видов) - приращение сейсмической интенсивности -1 балл;

– грунты II категории (скальные фунты выветрелые и сильновыветрелые, крупнообломочные фунты) - приращение сейсмической интенсивности 0 баллов;

– грунты Н-III категории (галечники, гравий, щебень с песчаным, супесчаным и суглинистым заполнителем, составляющим менее 50-40%) - приращение сейсмической интенсивности +0,5 баллов;

– грунты III категории (пески рыхлые независимо от влажности и крупности, глинистые грунты) приращение сейсмической интенсивности +1 балл.

Величины сейсмических нагрузок и все конструктивные требования устанавливаются нормами в зависимости от сейсмичности площадки строительства и назначения здания (сооружения). Для большинства зданий их расчётная сейсмичность принимается равной сейсмичности строительной площадки. Для особо ответственных сооружений их расчётная сейсмичность повышается по сравнению с сейсмичностью строительной площадки (как правило, на один балл, что соответствует увеличению сейсмических нагрузок вдвое), а для временных сооружений, разрушение которых не связано с человеческими жертвами - снижается. Для сейсмических условий строительства на обводненных территориях, в слабых или просадочных

					ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

грунтах и при других особенностях рельефа местности, имеет место практика повышения балльности сейсмических воздействий.

Магистральные трубопроводы относятся к сооружениям высшей категории капитальности, расчетная балльность которых принимается на один балл выше балльности, определенной в результате сейсмического микрорайонирования. Поэтому для каждого участка пересечения тектонических разломов и сейсмически опасных зон должен разрабатываться индивидуальный проект строительства магистральных трубопроводов.

### **3.2.2. Особенности расчета трубопроводов, прокладываемых в сейсмических районах**

Трубопроводы, прокладываемые в сейсмических районах, независимо от вида прокладки (подземной, наземной или надземной) рассчитываются на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий в соответствии с СП 14.13330 [12].

Трубопроводы и их элементы, предназначенные для прокладки в сейсмических районах, следует рассчитывать:

- на условные статические нагрузки, определяемые с учетом сейсмического воздействия. При этом предельные состояния следует принимать как для трубопроводов, прокладываемых вне сейсмических районов;
- на сейсмические воздействия, получаемые на основании анализа записей сейсмометрических станций (в виде акселерограмм, велосиграмм, сейсмограмм), ранее имевших место землетрясений в районе строительства или в аналогичных по сейсмическим условиям местностях. Величины принимаемых максимальных расчетных ускорений по акселерограммам должны быть не менее указанных в таблице 3.2.

При расчетах на наиболее опасные сейсмические воздействия

					допускаются в конструкциях, поддерживающих трубопровод, неупруго	Лист
					ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

деформирование и возникновение остаточных деформаций, локальные повреждения и т. д.

Таблица 3.2

Величины расчетных ускорений [12]

Сила землетрясения, баллы	7	8	9	10
Сейсмическое ускорение, $a_c$ , см/с	100	200	400	800

Расчет надземных трубопроводов на опорах следует производить на действие сейсмических сил, направленных:

– вдоль оси трубопровода, при этом определяются величины напряжений в трубопроводе, а также производится проверка конструкций опор на действие горизонтальных сейсмических нагрузок;

– по нормали к продольной оси трубопровода (в вертикальной и горизонтальной плоскостях), при этом следует определять величины смещений трубопровода и достаточность длины ригелей, при которой не произойдет сброса трубопровода с опоры, дополнительные напряжения в трубопроводе, а также проверять конструкции опор на действие горизонтальных и вертикальных сейсмических нагрузок.

Дополнительно необходимо проводить поверочный расчет трубопровода на нагрузки, возникающие при взаимном смещении опор.

Сейсмические нагрузки на надземные трубопроводы следует определять согласно СП 14.13330[12].

Дополнительные напряжения в подземных трубопроводах и трубопроводах, прокладываемых в насыпи, следует определять как результат воздействия сейсмической волны, направленной вдоль продольной оси трубопровода, вызванной напряженным состоянием грунта.

Расчет подземных трубопроводов и трубопроводов в насыпи на действие сейсмических нагрузок, направленных по нормали к продольной оси трубопровода, не производится.



Напряжения в прямолинейных подземных или наземных (в насыпи) трубопроводах от действия сейсмических сил, направленных вдоль продольной оси трубопровода, следует определять по формуле

$$\sigma_{пр.Н} = \frac{\pm 0,04 \cdot m_0 \cdot k_0 \cdot k_n \cdot a_c \cdot E_0 \cdot T_0}{c_p}, \quad (3.1)$$

где  $m_0$  - коэффициент защемления трубопровода в грунте,;

$k_0$  - коэффициент, учитывающий ответственность трубопровода,;

$k_n$  - коэффициент повторяемости землетрясений;

$a_c$  - сейсмическое ускорение,  $см/с^2$ , определяемое по данным сейсмического районирования и микрорайонирования;

$T_0$  - преобладающий период сейсмических колебаний грунтового массива, определяемый при инженерных изысканиях, с;

$c_p$  - скорость распространения продольной сейсмической волны вдоль продольной оси трубопровода,  $см/с$ , в грунтовом массиве, определяемая при инженерных изысканиях; на стадии разработки проектной документации допускается принимать согласно таблице 3.3.

Таблица 3.3

Грунты	Скорость распространения продольной сейсмической волны $c_p$ , км/с	Коэффициент защемления трубопровода в грунте $t_0$
Насыпные, рыхлые пески, супеси, суглинки и другие, кроме водонасыщенных	0,12	0,50
Песчаные маловлажные	0,15	0,50
Песчаные средней влажности	0,25	0,45
Песчаные водонасыщенные	0,35	0,45
Супеси и суглинки	0,30	0,60

Глинистые влажные, пластичные	0,50	0,35
Глинистые, полутвердые и твердые	2,00	0,70
Лесс и лессовидные	0,40	0,50
Торф	0,10	0,20
Низкотемпературные мерзлые (песчаные, глинистые, насыпные)	2,20	1,00
Высокотемпературные мерзлые (песчаные, глинистые, насыпные)	1,50	1,00
Скальные породы (моноклитные)	2,20	-

Коэффициент заземления трубопровода в грунте то следует определять на основании материалов инженерных изысканий. Для предварительных расчетов его допускается принимать по таблице 3.3.

При выборе значения коэффициента  $m_0$  необходимо учитывать изменения состояния окружающего трубопровод грунта в процессе эксплуатации.

Повторяемость сейсмических воздействий следует принимать по картам сейсмического районирования территории Российской Федерации в соответствии с СП 14.13330 [12].

Значения коэффициента повторяемости землетрясений  $k_{п}$  следует принимать по таблице 3.4.

Таблица 3.4

Значения коэффициента повторяемости землетрясений  $k_{п}$  [12]

Повторяемость землетрясений, 1 раз в	500 лет	1000 лет	5000 лет
Коэффициент повторяемости $k_{п}$	1,10	1,0	0,95

Расчет надземных трубопроводов на сейсмические воздействия следует производить согласно требованиям СП 14.13330.

### 3.3 Устойчивость подземных участков трубопроводов на оползневых склонах

Трубопроводы, проложенные в горных условиях, при эксплуатации зачастую подвергаются силовому воздействию оползней и других силовых факторов, приводящих к изменению их напряженно-деформированного состояния по отношению к проектному, что выражается в снижении их надежности и возникновении аварийных ситуаций.

Оползень – смещение горных пород со склонов, бортов карьеров, строительных выемок под действием их веса.



Рисунок 3.3 – Оползень [10]

Различают два вида силового воздействия оползающих грунтов на трубопровод.

1. Оползание вдоль оси трубопровода на продольных уклонах. При таком воздействии в трубопроводах возникают сжимающие, растягивающие или те и другие напряжения одновременно.

2. Оползание грунтов происходит перпендикулярно или под некоторым углом к продольной оси трубопровода. При этом трубопровод подвергается не только растяжению, но и изгибу в горизонтальной и вертикальной (при посадке основания) плоскостях. Этот вид силового воздействия оползающих грунтов наиболее опасен и при определенных условиях может вызвать изгиб труб, а в дальнейшем и разрушение

трубопровода. При этом ликвидация аварий связана с большими затратами материально-технических ресурсов, а ее последствия могут нанести значительный урон окружающей среде.

Трубопровод, находящийся в оползневом массиве, воспринимает нагрузки от внутреннего давления транспортируемого продукта, а также нагрузки, обусловленные изгибом трубопровода по профилю трассы. Силовое воздействие на него со стороны оползающих грунтов является дополнительной, носящей местный характер, нагрузкой, способной значительно изменить его напряженное состояние. Оползающий грунт обращается в местную, поперечную нагрузку, приводящую к изгибу в трубопроводе. Изгиб трубопровода приводит к увеличению его длины, при этом изогнутый участок имеет большую длину, чем его длина при горизонтальном проложении. Увеличение его длины затруднено возникающими при этом осевыми реактивными силами трения наружной поверхности трубы о грунт, что порождает силы, растягивающие трубопровод. Длина участка, на котором развиваются реактивные силы трения, тем больше, чем больше длина участка, подвергающегося силовому воздействию оползня, и изгиб трубопровода. Длина этих участков определяется интенсивностью сил трения и с ее уменьшением они увеличиваются. Параметры, характеризующие изгиб трубопровода, также определяются осевыми силами трения [1].

Определение изгиба трубопровода под действием оползающих грунтов и его напряженно-деформированного состояния представляет собой сложную задачу, содержащую большое число неизвестных, к которым относятся (при известной ширине оползня и стреле прогиба трубопровода) растягивающая трубопровод осевая сила, форма изогнутой кривой, а также закон распределения поперечных реактивных сил на участках, прилегающих к участку оползания и др. Осложняет решение то, что большинство неизвестных взаимосвязаны, а их зависимости нелинейны. Поэтому практическую ценность имеют натурные геодезические наблюдения за

					ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОВОДОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

действительным состоянием трубопровода. При организации наблюдений за напряженно-деформированным состоянием трубопроводов на оползневых участках возникают некоторые специфические задачи, от решения которых зависит как выбор участков, на которых целесообразно устанавливать наблюдательные станции, так и методика наблюдений на них.

## IV. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

### 4.1 Селевые потоки

Подземную прокладку через селевой поток следует предусматривать на 0,5 (считая от верха трубы) ниже возможного размыва русла 5 %-й обеспеченности.

Основными мероприятиями для обеспечения безопасной эксплуатации нефтепроводов, прокладываемых на селеопасных участках, являются:

- меры, направленные на предотвращение возникновения селей в данном бассейне;
- общее регулирование селевого потока с целью ограждения трубопровода от разрушающего воздействия потока;
- выбор оптимального варианта пересечения селевого потока трубопроводом. Пересечение потенциальных селевых потоков следует осуществлять в транзитной области перемещения наносов.

Способ пересечения селея (подземный, надземный) определяется конструктивным решением прокладки на прилегающих к селею участках газопровода и характеристиками прогнозного селевого потока, указываемыми в материалах инженерных изысканий.

При пересечении селей следует применять, как правило, надземную прокладку. Выбор типа прокладки и проектных решений по защите газопровода следует осуществлять с учетом обеспечения прочности и устойчивости газопровода и технико-экономических расчетов.

Подземная прокладка перехода газопровода применяется при подземной прокладке прилегающих к селевому потоку участков.

		Прокладку газопровода			«Оценка прочности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности»			
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	следует предусматривать на 1,0 м (считая от верха трубы) ниже возможного уровня размыва русла потока при 5 %-й обеспеченности.	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Внуков С.В.			ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ	ДР	72	120
Руковод.		Обеспечение			РЕШЕНИЯ ПРИ	ТПУ гр. 3-2Б11		
Консульт.					СТРОИТЕЛЬСТВЕ В			
Зав. каф		Рудаченко А.В.			ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ			

Надземная прокладка перехода применяется при надземной прокладке прилегающих к селевому потоку участков и если ширина селевого потока не превышает удвоенной величины пролета прилегающих надземных участков. Низ трубопровода должен располагаться на 1,0 м выше максимально возможного уровня волны селевого потока. Опоры под газопровод следует устанавливать за пределами границ селевого потока, при этом, в случае превышения шириной потока установленного пролета газопровода, для обеспечения необходимой прочности газопровод в этом пролете усиливается, например, путем прокладки трубопровода в футляре (кожухе) с использованием его несущей способности [8].

Если ширина прогнозного селевого потока превышает удвоенную величину пролета, прокладку следует осуществлять подземной.

## 4.2 Сейсмически активные участки

### 4.2.1 Применяемый метод строительства

Существующий метод проектирования и строительства магистральных подземных трубопроводов, прокладываемых в условиях высокой сейсмичности, заключается в следующем:

- заглублиение трубопровода должно быть минимально допустимым, в скальных грунтах оно составляет 0,6 м, а в полускальных 1,0 м;
- толщина подсыпки из песка на дне не менее 200 мм;
- уклон откосов траншеи 1:1,5;
- засыпка измельченным, несвязным грунтом выполняется толщиной не менее 200 мм [8].

Все монтажные сварные соединения трубопроводов, прокладываемых в районах с сейсмичностью, должны подвергаться радиографическому контролю вне зависимости от категории трубопровода или его участка.

Не допускается жесткое соединение трубопроводов со стенами зданий,

	сооружениями и оборудованием. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ				Лист
	СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	73

В случае необходимости таких соединений следует предусматривать устройство криволинейных вставок или компенсирующие устройства, размеры и компенсационная способность которых должны устанавливаться расчетом.

Согласно рекомендациям проектирования [7], если надземные трубопроводы пересекают линии тектонических разломов, конфигурация их в горизонтальной и вертикальной плоскостях должна быть такой, чтобы обеспечивалось свободное перемещение (скольжение) трубопровода по опорам. Ригели опор, на которые опирается трубопровод, должны иметь упоры, ограничивающие перемещение свыше некоторого предельного значения, и препятствующее сбросу трубы с опор. Свободное продольное перемещение трубы обеспечивается за счет установки различного рода компенсаторов по длине трубопроводов. К примеру, на нефтепроводе Транс-Аляска на участке с высокой сейсмичностью применена так называемая плоскопараллельная прокладка или прокладка с Z-образным компенсационными участками. В сейсмических районах часто применяется прокладка трубопровода в виде «змейки». При высокой сейсмической опасности необходимо также обеспечивать большую подвижность трубопровода в поперечном направлении. Для этого следует увеличивать длины ригелей продольно-подвижных опор и расширить зону возможных перемещений трубопровода по ригелю. Упоры-ограничители на ригелях продольно-подвижных опор должны быть установлены так, чтобы обеспечивалась нормальная работа трубопровода при обычных эксплуатационных нагрузках. Для активного гашения энергии сейсмических колебаний применяется конструкция опоры под названием «скользящий анкер», разработанного специально для трубопровода Транс-Аляска (рисунок)

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73



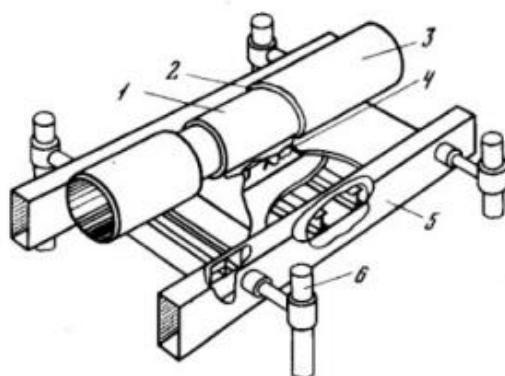


Рисунок 4.1 - Общий вид устройства «скользящий анкер» [7]

1 – хомут; 2 – изоляция; 3 – труба; 4 – устройство для создания повышенного сопротивления перемещению трубопровода; 5 – несущая конструкция; 6 - свая

Совершенно новой является конструкция опор трубопровода, обеспечивающая защиту объекта от вертикальной составляющей волн. Примерный внешний вид подобной конструкции приведен на рис. 2. На данном рисунке предложено разместить упругие стальные пластины на одиночных бетонных основаниях. Все три пластины в точке контакта скреплены между собой. Поверх них кладется трубопровод. Отсутствие жесткого крепления трубы и опоры обеспечит продольную и поперечную свободу перемещений. Отмечаем, что одна подобная опора конструируется на конкретную нагрузку  $P$ . Так, если опоры располагаются через каждые  $L$  метров, то при удельном весе трубопровода вместе с перекачиваемым продуктом  $q$  величина нагрузки  $P$  равняется:  $P=qL$ . Этот вес может меняться за счет ветровых, снеговых нагрузок, изменений плотности перекачиваемого продукта. Также следует ожидать гидравлическое испытание трубопровода, при котором труба заполняется водой, более тяжелой, чем перекачиваемая нефть. Поэтому можно предусмотреть обеспечение уклона за счет добавления упругой элемента, например пружины.

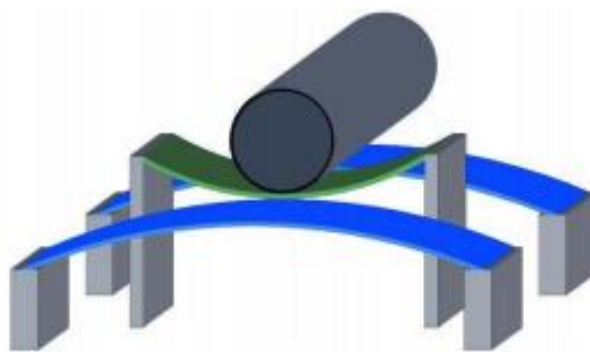


Рисунок 4.2 – Внешний вид конструкции опор [7]

По мере повышения ответственности трубопроводных систем за промышленную безопасность повышаются и требования к их сейсмостойкости. Эта проблема приобретает особую актуальность после перевода асейсмических регионов в сейсмоопасные. По этой причине при оценке риска опасных производственных объектов необходимо учитывать также сейсмостойкость контрольно-измерительной аппаратуры, систем управления и защиты отдельных аппаратов, технологических узлов и агрегатов. Ранее построенные предприятия с применением технологического оборудования, разработанного и исполненного без учета сейсмических воздействий, представляют собой огромную потенциальную опасность.

Ввод трубопровода в здания (в компрессорные, насосные и т.д.) следует осуществлять через проем, размеры которого должны превышать наружный диаметр трубопровода не менее чем на 200 мм.

При прохождении участка трассы с грунтами, резко отличающимися друг от друга сейсмическими свойствами необходимо предусматривать возможность свободного перемещения и деформирования трубопровода.

При подземной прокладке трубопровода на таких участках рекомендуется устройство траншеи с пологими откосами и засыпка трубопровода крупнозернистым песком, торфом и т.д.

При прокладке трубопровода через зоны активных тектонических разломов возможность сохранения способа прокладки, принятого на прилегающих к разлому участках, должна быть обоснована расчетом на

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	<i>Лист</i>
						73
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

сейсмопрочность при воздействии на трубопровод смещающихся берегов разлома. При этом в проектной документации должны быть предусмотрены дополнительные мероприятия, обеспечивающие надежность трубопровода.

При подземной прокладке трубопровода грунтовое основание трубопровода должно быть уплотнено.

Конструкции опор надземных трубопроводов должны обеспечивать возможность перемещений трубопроводов, возникающих во время землетрясения.

Для гашения колебаний надземных трубопроводов следует предусматривать в каждом пролете установку демпферов, которые не препятствовали бы перемещениям трубопровода при изменении температуры трубы и давления транспортируемого продукта.

На наиболее опасных в сейсмическом отношении участках трассы должна предусматриваться автоматическая система контроля и отключения аварийных участков трубопроводов.

Основным элементом систем автоматического контроля, который определяет надежность и работоспособность всей системы, является датчик, непосредственно контактирующий с контролируемой средой.

Датчиком называется элемент автоматики, осуществляющий преобразование контролируемого параметра в сигнал, пригодный для ввода его в систему контроля или управления.

Типовая система автоматического контроля в общем случае включает первичный измерительный преобразователь (датчик), вторичный преобразователь, линию передачи информации (сигнала) и регистрирующий прибор (рисунок 4.3). Зачастую система контроля имеет только чувствительный элемент, преобразователь, линию передачи информации и вторичный (регистрирующий) прибор.



Рисунок 4.3 - Структурная схема системы автоматического контроля[13]

Датчик, как правило, содержит чувствительный элемент, воспринимающий величину измеряемого параметра, а в некоторых случаях и преобразующий ее в сигнал, удобный для дистанционной передачи на регистрирующий прибор, а при необходимости – в систему регулирования.

Для обеспечения системы контроля за сейсмическими воздействиями на нефтепровод по трассе устанавливаются сеймостанции.

Контроль и управление объектами осуществляется из территориального диспетчерского пункта в реальном режиме времени. Управление линейными узлами выполняется средствами телемеханизации линейной части.

#### *Контроль за сейсмическими воздействиями*

Для обеспечения контроля сейсмоопасных мест ВСТО предусмотрена система контроля за сейсмическими воздействиями, которая состоит из центра сбора-обработки информации и сеймостанций (2348 км, 2398,2 км, 2459 км. причём две из них устанавливаются на границах между 8 и 9-балльными зонами) [14].

Расстановка сеймостанций выполняется в зоне максимальной сейсмической активности.

В проекте применяются сетевые сеймостанции, объединённые единой системой сбора-обработки информации. Размещение сеймостанций осуществляется в непосредственной близости от блок-боксов пунктов контроля и управления (ПКУ) для обеспечения электропитания и передачи сигналов на ТДП и АРМ сейсмического мониторинга.

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Каждая сейсмостанция состоит из 6-канального блока регистрации, сейсмодатчика трёхкомпонентного для регистрации землетрясений интенсивностью до 6 баллов (СВЧ), сейсмодатчика трёхкомпонентного для регистрации землетрясений интенсивностью более 6 баллов (СНЧ) и пикового сигнализатора регистрации превышения пороговых уровней в 6 и 8 баллов (СС) [14].

Сейсмодатчики высокой чувствительности размещаются на расстоянии от 150 до 300 метров от ПКУ, а также, принимая во внимание отсутствие в непосредственной близости (до 50 метров) мест установки мачт и крепления их растяжек, крупных деревьев и максимально удалены от нефтепровода. Сейсмодатчики низкой чувствительности и сейсмические сигнализаторы размещаются в непосредственной близости к ПКУ, в месте удобном для размещения, в отдельном герметичном колодце.

Расстановка сейсмостанций позволяет контролировать уровень сейсмических воздействий на участке прохождения трубопровода, включая все пересечения с естественными и искусственными преградами в 9-балльной зоне и зоны активных тектонических разломов.

Алгоритм действия. При достижении уровня сейсмических воздействий в 6 баллов системой в автоматическом режиме формируется сигнал оповещения в ТДП. При уровне сейсмических воздействий равном и более 8 баллов сейсмические сигнализаторы выдают сигнал в ЕАСУ для формирования команды на перевод магистрального нефтепровода в режим с минимальной проектной производительностью.

Система передачи информации от сейсмостанций обеспечивает передачу данных от стационарных сейсмических станций к АРМ оператора. Канал обеспечивает обмен информацией в режиме «точка-точка», скорость передачи данных не менее 128 кбит/с, интерфейс Ethernet 10baseT. Сейсмический мониторинг позволяет контролировать стабильность

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

состояния и свойств геологической среды трубопроводной системы в наиболее сейсмоопасных районах.

Показания сейсмометрических станций позволяют выделить участки по трассе нефтепровода, которые при фактически произошедшем землетрясении подвергаются сейсмическому воздействию выше определённого уровня. В зависимости от уровня дефектности этих участков показания сейсмометрических станций позволяют принять решения о проведении следующих мероприятий – внеплановое снижение давления перекачки, проведение внеплановой внутритрубной инспекции или комплексной диагностики, проведение внепланового ремонта. Имеются отечественные производители сейсмоаппаратуры – НПП «Вулкан», г. Обнинск, Институт физики Земли РАН, зарубежные фирмы GeoSys и GeotechInstruments.

#### *Интеллектуальные вставки*

Для определения напряжённо-деформированного состояния нефтепровода в районе активных тектонических разломов установлены интеллектуальные вставки

На активный тектонический разлом устанавливается одна интеллектуальная вставка, место расположения интеллектуальной вставки совпадает с границей разлома с точностью до 20 м.

Основные параметры и характеристики интеллектуальной вставки:

- максимальное рабочее давление  $P_{\text{раб}}$  до 14 МПа;
- номинальные диаметры  $D_N$  1067 и  $D_N$  1220;
- длина интеллектуальных вставок 1,5 метра;
- напряжение источника питания должно быть  $12 \pm 3$  В;
- сила тока потребляемого от источника питания должна быть не более 1,5 А;
- максимальная измеряемая относительная деформация тензодатчиков 3000 мкм / м (0,3 % единиц деформации)[14] .

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Интеллектуальные вставки представляют собой комплект приборов, устанавливаемых в заводских условиях «на катушку» трубы для последующей врезки в нефтепровод в местах прохождения трубопровода через активные разломы.

От первичных датчиков, смонтированных на катушке, показания передаются на блок вторичных преобразователей, размещённых в блок-боксе ПКУ. Для передачи информации в ТДП на АРМ системы контроля за сейсмическими воздействиями в блок-боксе ПКУ устанавливается абонентская станция системы широкополосного радиодоступа. Кроме этого, абонентская станция обеспечивает передачу информации от ОПС, СОТ, представляет услуги телефонной связи доступа в административно-производственную сеть передачи данных.

В случае неисправности каналов радиорелейной связи информация от интеллектуальной вставки принимается в режиме «посещения». Информация передаётся путём подключения персонального компьютера к клеммнику, поставляемого комплектно с интеллектуальной вставкой. Монтаж интеллектуальной вставки производится непосредственно в траншее нефтепровода. Приварка изделия осуществляется гарантийными стыками [14].

Для трубопроводов номинальным диаметром свыше  $DN1000$ , а также в районах переходов трубопроводов через реки и другие препятствия необходимо предусматривать установку инженерно-сейсмометрических станций для записи колебаний трубопровода и окружающего грунтового массива при землетрясениях.

#### **4.2.2. Метод строительства магистральных подземных трубопроводов, с упругопластичными элементами**

Недостатком существующего способа строительства в сейсмических районах [8], является то, что мелкий песок и торф вымываются из траншеи потоками воды от ливневых дождей и весеннего паводка. Это в конечном

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

итоге приводит к ухудшению компенсационного и демпфирующего свойств данного метода прокладки.

Таким образом, необходим метод прокладки, который позволит противостоять нагрузкам при землетрясениях и будет удовлетворять требованиям по надежности, будучи при этом безопасным и экономически целесообразным.

С целью усовершенствования данного способа был предложен новый способ прокладки, предназначенный для компенсации поперечных и продольных нагрузок на трубопровод и демпфирования колебаний трубопровода при сейсмическом воздействии на него, повышения надежности трубопроводов, прокладываемых в сейсмических районах [].

Предложенный способ включает подземную прокладку трубопровода в широкой траншее с пологими откосами. При прокладке трубопровода используют упругопластичные элементы, которые устанавливают вплотную друг к другу по всей длине или с шагом  $L$  от 1 до 10 метров. Шаг  $L$  зависит от диаметра и толщины стенки трубопровода и выбирается исходя из условия возникновения допустимых прогибов участков трубопровода между двумя соседними опорами в виде упругопластичных элементов. Кроме того, в случае установки упругопластичных элементов с шагом  $L$  на внешнюю поверхность трубопровода дополнительно устанавливают скальный лист для исключения повреждения стенки трубы или изоляции трубы от грунта засыпки [8].

Для исключения контакта трубопровода со стенкой и дном траншеи и грунтом засыпки он также может обкладываться со всех сторон упругопластичными элементами.

Для засыпки траншеи на участках с уклоном до  $5^\circ$  используют песчаный грунт с зернами размером 2,0 - 5,0 мм без пылеватых фракций.

Выбор данного вида грунта засыпки определяется его несвязностью, что обеспечивает возможность перемещения трубопровода при сейсмических

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



подвижках, а также его устойчивостью к размыванию потоками воды от ливневых дождей и весеннего паводка.

Упругопластичные элементы представляют собой мешки или емкости различной геометрической формы с габаритными размерами (0,2 - 1,5 м) x (0,4 - 3,0 м) в зависимости от диаметра трубопровода и района строительства, заполненные стружкой непрессованных стекловолокнистых материалов или пенопропиленовых, поролоновых и других упругопластичных материалов, песком или торфом, а также резинотканевые (полимерные, металлокордовые и другие материалы), в качестве которых могут быть использованы, например, утилизированные автопокрышки.

Итак, предлагаемый способ прокладки трубопроводов в сейсмических районах заключается в следующем: в широкую траншею с пологими откосами (рисунок ) укладывают трубопровод 1, в случае установки упругопластичных элементов с шагом  $L$  для исключения повреждения стенки трубы и изоляции от грунта засыпки, дополнительно предусматривается установка на внешнюю поверхность трубопровода скального листа 2. Далее производят засыпку траншеи грунтом 4.

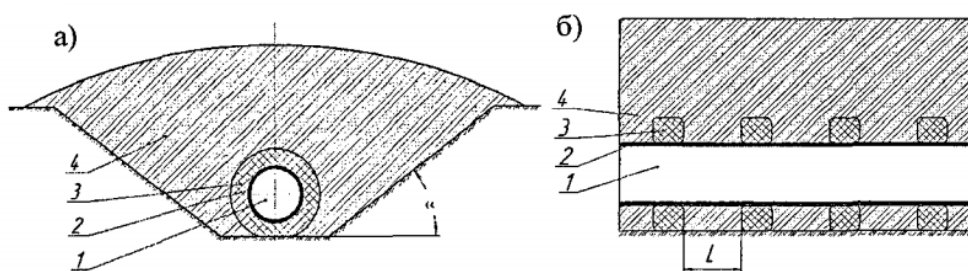


Рисунок 4.4 - Прокладка трубопровода в траншею с упругопластичными элементами [8]

а) поперечный разрез; б) продольный разрез 1 - трубопровод; 2 - скальный лист; 3 - упругоэластичный элемент, 4 - грунт засыпки (щебень)

В случае прокладки трубопровода на склоновых участках (рисунок ) с уклоном более  $5^\circ$  упругопластичные элементы 3 укладывают только под трубопровод 1. При этом для исключения повреждения стенки трубы и

изоляции трубы от грунта засыпки 4 дополнительно предусматривается установка на внешнюю поверхность трубопровода скального листа 2. Далее производят засыпку траншеи щебнем с зернами размером 10-50 мм.

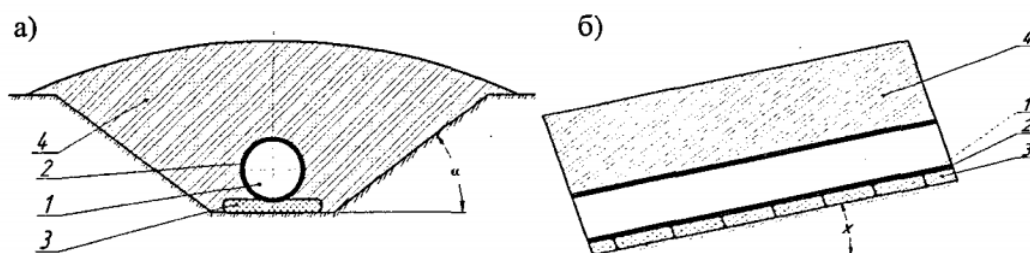


Рисунок 4.5 - Прокладка трубопровода в траншею с упругопластичными элементами на уклоне [8]

а) поперечный разрез; б) продольный разрез 1 - трубопровод; 2 - скальный лист; 3 - упругопластичный элемент; 4 - грунт засыпки (щебень)

Технологическая схема укладки трубопровода на упругопластичные элементы представлена на рисунке 4.6.

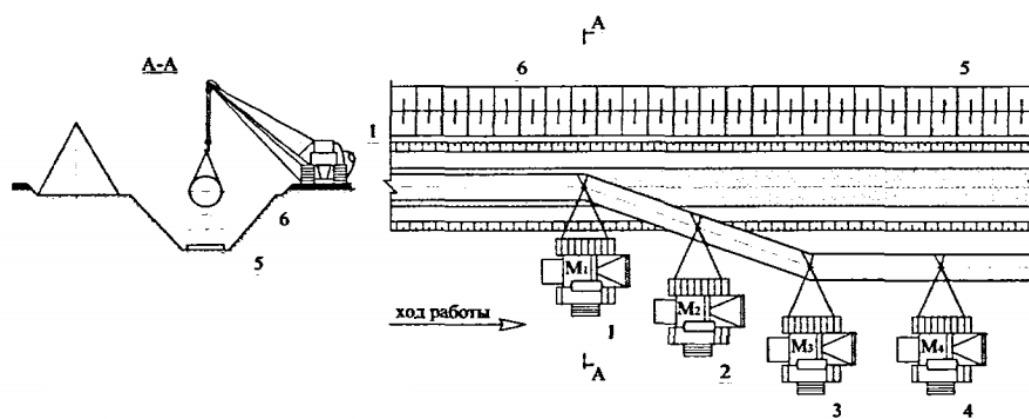


Рисунок 4.6 - Технологическая схема укладки трубопровода на упругопластичные элементы [8]

1,2,3,4 - краны трубоукладчика; 5 - упругопластичный элемент; 6 - трубопрово, защищенный скальным листом;  $M_1, M_2, M_3, M_4$  - машинист трубоукладчика

Для исключения контакта трубопровода со стенкой и дном траншеи и грунтом засыпки 3 трубопровод 1 может обкладываться со всех сторон упругопластичными элементами 2 (рисунок ).

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ		Лист
							73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

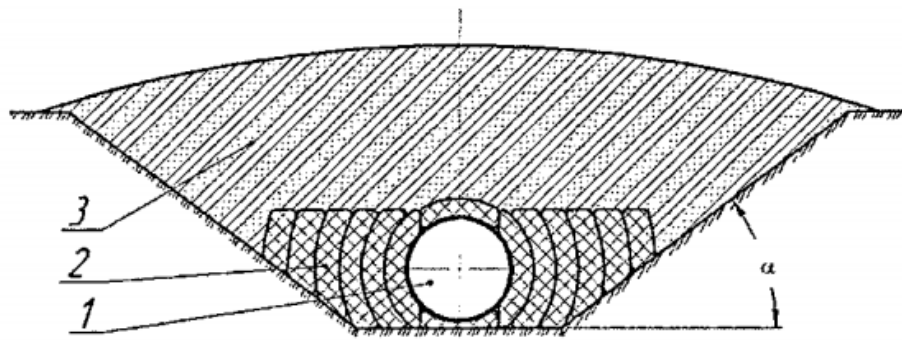


Рисунок 4.7 - Поперечный разрез траншеи с упругопластичными элементами [8]

1 - трубопровод; 2 - упругопластичный элемент; 3 - грунт засыпки (щебень)

Технологическая схема организации работ монтажа упруго пластичных элементов представлена на рисунке 4.8.

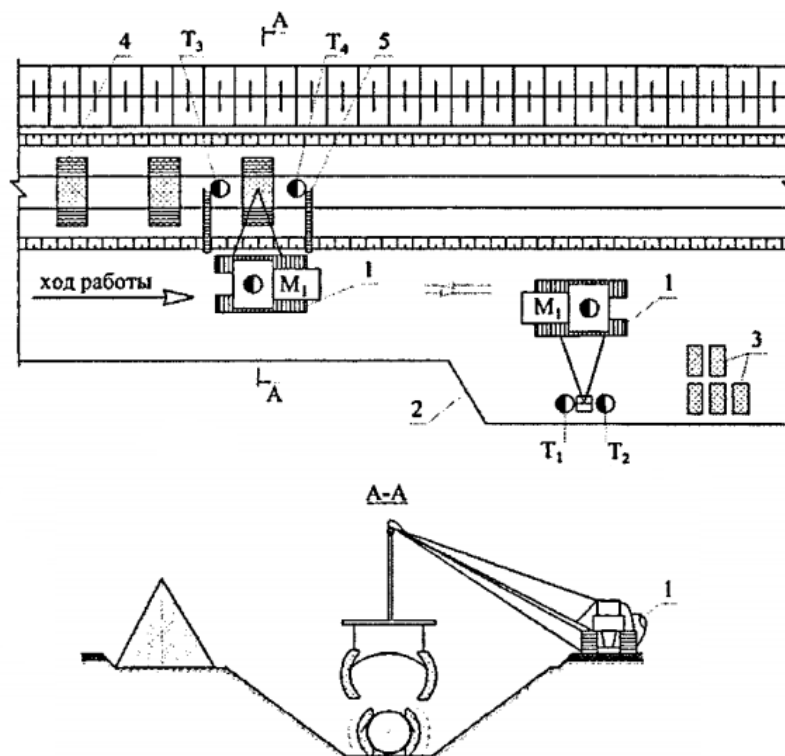



Рисунок 4.8 - Технологическая схема организации работ монтажа упругопластичных элементов [8]

1 - кран-трубоукладчик; 2 - площадка для складирования деталей; 3 - штабель упругопластичных элементов; 4 - упругопластичный элемент,

				ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ		Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

установленный вокруг трубопровода; 5 - трап-мостик;  - рабочее место исполнителя; М<sub>1</sub> - машинист трубоукладчика; Т<sub>1</sub>, Т<sub>2</sub>, Т<sub>3</sub>, Т<sub>4</sub> - монтажники

При сейсмической активности компенсация нагрузок на трубопровод и демпфирование колебаний трубопровода достигается за счет свойств упругопластичных элементов и, как следствие, возможности свободного перемещения и деформирования трубопровода в траншее. Повышение надежности достигается за счет отсутствия в траншее легкоразмываемых водой грунтов (мелкий песок, торф).

Во время землетрясения трубопровод приподнимается, в результате чего сейсмические напряжения частично компенсируются.

Упругопластичные элементы предлагаемой конструкции обладают достаточной прочностью для сопротивления действию грунта засыпки и достаточной пластичностью для свободного перемещения трубопровода во время сейсмической активности.

Благодаря отсутствию заземления трубопровода грунтом и возможности свободного перемещения и деформирования трубопровода при сейсмической активности происходит существенное уменьшение механических напряжений в стенке трубы. Благодаря отсутствию в траншее легкоразмываемых водой грунтов (мелкий песок, торф) обеспечивается стабильность компенсирующих и демпфирующих свойств данного способа прокладки. Как следствие, происходит повышение надежности данного участка трубопровода.

#### **4.3 Разработка мероприятий по обеспечению надежности трубопроводов, проложенных на оползневых участках**

При проектировании противооползневых (противоэрозионных) защитных сооружений необходимо разрабатывать варианты комплексов этих сооружений для выбора оптимального варианта по эффективности,

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

надежности, технологии выполнения и экономичности с целью целесообразности применения следующих защитных сооружений: поддерживающих сооружений (контрбанкетов, контрфорс, свайных и анкерных конструкций, подпорных стенок и др.); улавливающих сооружений и устройств (улавливающих стен, валов, траншей, и др.); противообвальных галерей; берегоукрепительных сооружений; а также мероприятий: регулирования поверхностного стока и защиты от его вредных воздействий путем планировки территорий, устройства системы поверхностного водоотвода, предотвращения инфильтрации в грунт и эрозионных процессов; регулирования подземного стока (перехват или понижение уровня подземных вод); изменения рельефа склона с целью повышения его устойчивости; закрепления грунтов; агролесомелиорации [10].

Проектом должны быть предусмотрены: компоновка комплекса защитных сооружений и мероприятий, его пространственное расположение относительно различных частей оползневого склона и выбор конструктивных решений в зависимости от возможных подвижек склона при его стабилизации, а также определены продолжительность и время выполнения каждого из элементов комплекса.

В наиболее сложных условиях, в том числе при крупных оползнях выдавливания, допускается проводить моделирование склона в бытовом (природном) и проектном состояниях.

Мероприятия (проекты) комплексов противооползневых (противоэрозионных) сооружений должны включать:

1. Материалы инженерно-геодезических изысканий: топографический план оползневой (эрозионной) зоны в пределах от местного водораздела до подножия склона, а для подмываемых склонов — включая прилегающий участок дна водоема или водопритока; геодезические профили (в неискаженном масштабе) оползневых (эрозионных) склонов (откосов) преимущественно в направлении их падения; материалы топографических съемок разных лет, характеризующие изменение рельефа оползневой

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

(эрозионной) зоны за предшествующий период времени, и результаты стационарных наблюдений.

2. Материалы инженерно-геологических изысканий с характеристиками:

– геологического строения, тектонической нарушенности, блочности грунтового массива и имеющихся в нем поверхностей и зон ослабления, неотектоники, сейсмичности;

– инженерно-геологических свойств грунтов, в том числе нормативных и расчетных значений показателей их прочности, деформационных реологических свойств в пределах всех выделенных грунтов массивов инженерно-геологических элементов, особенно элементов, имеющих определяющее значение для устойчивости склона (откоса);

– гидрогеологических условий — наличие в грунтовом массиве водоносных слоев и их количество, источников и областей их питания, дренирования, а также наличие взаимосвязи между отдельными водоносными слоями;

– экзогенных геологических процессов, способствующих возникновению и развитию оползней, абразии, эрозии, выветривания и др.;

– деформации грунтовых массивов с указанием их типов, масштабности и причин возникновения, границ оползневых участков в плане, а также данных: для оползней - о типе, возрасте, стадиях и фазах развития, степени активности, режиме подвижек, их порядке и базисах, скоростях смещения, мощности и внутреннем строении оползневых тел, очертании поверхностей оползневого смещения (с определением степени их приуроченности к имеющимся в грунтовом массиве поверхностям и зонам ослабления); для обвалов (вывалов и осыпей) — об объемах грунтовых массивов и отдельных обломков в грунтах, вовлеченных в смещение, интенсивности осыпания, результатах опытов по сбрасыванию камней (скорости падения, величины отскока и др.) [9].

					ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В материалах инженерно-геологических изысканий должны содержаться также прогноз изменений инженерно-геологической обстановки и оценка влияния этих изменений на устойчивость склона (откоса).

При рассмотрении комплекса возможных мер по защите трубопровода от воздействия оползней все принимаемые мероприятия можно подразделить на две группы: срочные и капитальные.

Цель срочных мер — предотвращение возможного разрушения труб на какой-то период, необходимый для разработки и практической реализации схемы капитального ремонта оползневого участка.

В числе основных мер по борьбе с оползнями можно порекомендовать следующее: перехват поверхностных и грунтовых вод, устройство буронабивных железобетонных свай, прорезающих оползень и входящих на 2—3 м в коренные породы [3]. При малых оползнях неплохих результатов можно достичь за счет устройства подпорных стенок и проведения противозерозионных мероприятий, снижающих активизацию оползневых явлений.

## V. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В этой главе произведем расчет буровзрывных работ и количество строительной техники при строительстве траншей в горных условиях.

Исходные данные принимаем согласно таблиц 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1

Исходные данные

$d_{тр}$ – диаметр трубопровода, мм	Наличие растительности и её размер	Длина участка траншеи, км	Скорость строительства трубопровода, км/год	Квалификация машиниста	Уклон местности, град
1020	(–)	2	200	средняя	15

Таблица 5.2

Характеристика грунтов

Категория грунта	Вид грунта	Плотность грунта, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент разрыхления, $K_p$
IV	Крепкий суглинок со щебнем или галькой, крепкая и очень крепкая влажная глина, сланцы, конгломераты	1900-2200	1,26-1,37

### 5.1 Расчет основных параметров траншей

					«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подпись	Дата	диаметр трубопровода $d = 1020$ мм, длина участка			
Разраб.		Внуков С.В.			РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.				ДР	81	120
Консульт.					ТПУ гр. 3-2Б11			
Зав. каф		Рудаченко А.В.						



**1. Ширина траншеи по дну (рис. 2):**

Согласно [пункт 5.3 СНиП 2.05.06-85\*] для трубопроводов диаметром более 700 должна быть равна:

$$b=1,5 \cdot d_{\text{тр}}, \quad (5.1)$$

где  $d_{\text{тр}}$  – диаметр трубопровода, по таблице 1 принимаем  $d_{\text{тр}} = 1020$  мм.

$$b = 1,5 \cdot 1020 = 1530 \text{ мм} = 1,53 \text{ м.}$$

**2. Глубина траншеи:**

$$H = h + d_{\text{тр}} + C, \quad (5.2)$$

где  $h$  – глубина заглубления трубопровода в скальных грунтах, по таблице принимаем  $h=0,6$  м;

$C$  – глубина подсыпки, равная 0,2 м, так как для скальных грунтов подсыпка составляет не менее 20 см (пункт 5.7 СНиП 2.05.06-85\*).

$$H = 0,6 + 0,2 + 1,530 = 2,33 \text{ м.}$$

Заглубление трубопроводов до верха трубы надлежит принимать по таблице 5.3.

Таблица 5.3

Заглубление трубопроводов до верха трубы

Условие	Величина подсыпки, м
в полускальных грунтах	1,0

**3. Длина основания трапеции:**

$$a = b + 2 \cdot H \cdot \text{ctg} \beta, \quad (5.3)$$

где  $b$  – ширина траншеи по дну равная 1,53 м;

$H$  – глубина траншеи равная 2,33 м;

$\beta$  – угол откоса, для данного грунта:

$$\beta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}, \quad (5.4)$$

где  $\varphi$  - угол трения горных пород,

– для скальных трещиноватых –  $\varphi=38\dots42^\circ$ .

$$\beta = 45^\circ + \frac{38}{2} = 64^\circ.$$

Принимаем  $\beta=60^\circ$ .

$$\text{Ctg}60^\circ=0,5774;$$

$$a=1,53 + 2 \cdot 2,33 \cdot 0,5774 = 4,22 \text{ м.}$$

4. Площадь сечения траншеи:

$$S_{\text{сечен}} = \frac{b+a}{2} \cdot H, \quad (5.5)$$

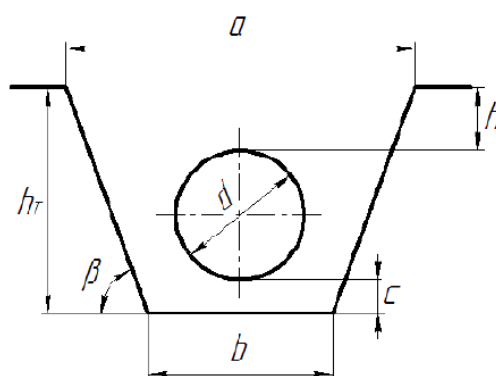


Рисунок 5.1 - Поперечный профиль траншеи трубопровода

$$S_{\text{сечен}} = \frac{1,53 + 4,22}{2} \cdot 2,33 = 6,70 \text{ м}^2.$$

5. Объем грунта в целике:

$$V_{\text{земли}} = S_{\text{сечен}} L, \quad (5.6)$$

где  $S_{\text{сечен}}$  – площадь сечения траншеи, равная  $6,70 \text{ м}^2$ ;

$L$  – длина участка траншеи, по таблице 1,  $L = 2 \text{ км} = 2000 \text{ м}$ .

$$V_{\text{земли}} = S_{\text{сечен}} \cdot L = 6,70 \cdot 2000 = 13400 \text{ м}^3.$$

6. Фактический объем грунта:

$$V_{\text{фактич работ}} = K_p \cdot V_{\text{земли}}, \quad (5.7)$$

где  $K_p$  – коэффициент разрыхления, по таблице 1 принимаем  $1,28$ ;

$V_{\text{земли}}$  – объем грунта в целике, равный  $13400 \text{ м}^3$

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V_{\text{фактич. работ}} = K_p \cdot V_{\text{земли}} = 1,28 \cdot 13400 = 17152 \text{ м}^3$$

7. Объем работ на объекте:

Принимаем скорость строительства трубопровода 200 км/г

Время на сооружение трубопровода протяженностью 2 км:

$$T = L/V_{\text{стр}}, \quad (5.8)$$

где  $T$  – время, затраченное на строительство траншеи;

$L$  – длина участка траншеи, по табл. 1,  $L = 2 \text{ км} = 2000 \text{ м}$ ;

$v_{\text{стр}}$  – скорость строительства,  $v_{\text{стр}} = 200 \text{ км/г}$ ;

$$T = \frac{2}{200} = 0.01 \text{ года} = 3,65 \text{ дн};$$

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

$$T_{\text{подг}} = T/2, \quad (5.9)$$

где  $T$  – основное время на сооружение трубопровода.

$$T_{\text{подг}} = \frac{T}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ дн}.$$

## 5.2 Расчет основных рабочих параметров бульдозера

Для планировочных работ и работ по срезанию и перемещению грунта выбираем бульдозер Caterpillar D6K2 (TIER 3/STAGE IIIA) (рисунок 5.2, таблица 5.4).

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73



Рисунок 5.2 – Бульдозер Caterpillar D6K2 (TIER 3/STAGE IIIA)

Таблица 5.4

Характеристики бульдозера Caterpillar D6K2 (TIER 3/STAGE IIIA)

Параметр	Характеристика
1	2
Эксплуатационная масса бульдозера	13311 кг
Тип отвала	Неповоротный
Угол поворота отвала в плане	90°
Рабочий объем двигателя	7.01 л
Полная мощность	156 кВт
Максимальная скорость вперед/назад	10 км/ч
Ширина отвала	3682 мм
Высота отвала	1650 мм
Длина	3919 мм
Ширина	3650 мм
Высота	3821 мм
Масса базового отвала	3540 кг
Дорожный просвет	1422 мм
Ширина гусеничного башмака	3650 мм
Масса базовой машины	9771 кг

### 1. Тяговый расчет бульдозера.

Максимальное сопротивление перемещению бульдозера в момент окончания набора грунта отвалом:

$$P = P_p + P_{np} + P_c + P_n + P_m, \quad (5.10)$$

где  $P_p$  – сопротивление грунта резанию;

$P_{np}$  – 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;

$P_T$  – сопротивление перемещению тягача.

- Сопротивление грунта резанию:

$$P_p = K_p B h, \quad (5.11)$$

где  $K_p$  – удельное сопротивление грунта резанию, кПа,

принимается  $K_p = 300$  кПа (таблица 5.5);

$B = 3,682$  м – ширина отвала (таблица 5.4);

$h = 0,1 \cdot H = 0,1 \cdot 1,650 = 0,1650$  м – средняя толщина стружки,

$H = 1,650$  м – высота отвала (таблица 5.4).

$$P_p = 300000 \times 3,682 \times 0,165 = 182259 \text{ Н.}$$

Таблица 5.5

Значения удельных сопротивлений грунта резанию и копанию

Категория грунта	Вид грунта	Удельное сопротивление, кПа				
		Резанию, К	Одноковшовыми экскаваторами		Многоковшовыми экскаваторами	
			прямыми и обратными лопатами	драглайнами	роторными	цепными
1	2	3	4	5	6	7

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Лист

73

4	Крепкий суглинок со щебнем или галькой, крепкая и очень крепкая влажная глина, сланцы, конгломераты	180-300	220-400	280-490	300-350	370-650
---	---	---------	---------	---------	---------	---------

$P_m$  – перемещению базовой машины:

$$P_m = G_{б.н} \cdot f, \quad (5.12)$$

$$P_m = 9771 \cdot 0,1 = 977,1 \text{ Н};$$

где  $G_{б.н}$  – масса базовой машины, 9771 кг;

$f$  – коэффициент, сопротивления перекачиванию, примем 0,1.

$P_n$  – движения отвала:

$$P_n = G_{б.0} \mu, \quad (5.13)$$

$$P_n = 3540 \cdot 0,5 = 1770,0 \text{ Н};$$

$\mu = 0,5 \dots 0,7$  – коэффициент трения грунта о сталь;

Объем призмы волочения:

$$V_{пр} = \frac{(H-h)^2 \cdot B}{2 \cdot tg(\beta) \cdot K_p}, \quad (5.14)$$

где  $\beta$  – угол естественного откоса для нашего грунта – крепкий суглинок со щебнем или галькой, крепкая и очень крепкая влажная глина, сланцы, конгломераты,  $\beta = 60^\circ$ ;

$$\tan 40^\circ = 0,8391.$$

$K_p$  – коэффициент разрыхления грунта (таблица 5.2).

$$V_{пр} = \frac{(1,65 - 0,165)^2 \times 3,682}{2 \times 0,8391 \times 1,28} = 3,78 \text{ м}^3.$$

$P_{np}$  – движения призмы волочения:

$$P_{np} = V_{ф} \mu_{т} \gamma_p, \quad (5.15)$$

$$P_{np} = 3,78 \cdot 0,8 \cdot 2200 = 6652,8 \text{ Н};$$

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$\gamma_p$  – объемная масса разрыхленного грунта, 2200 кг/м<sup>3</sup>

$\mu_t = 0,8 \dots 1,0$  – коэффициент трения грунта о грунт

$P_e$  – движения грунта вверх по отвалу

$$P_e = V_{\phi} \mu_t \gamma_p \cos^2 \beta, \quad (5.16)$$

$$P_e = 3,78 \cdot 0,8 \cdot 2200 \cdot 0,9330 = 6207,1 \text{ Н};$$

$$\cos^2 15^\circ = 0,9330;$$

$$P = 182259 + 977,1 + 1770 + 6652,8 + 6207,1 = 197866,0 \text{ Н}.$$

## 2. Мощность бульдозера (двигателя)

Расходуемая двигателем мощность:

$$N = \frac{V_p \cdot P}{3,6 \cdot \eta}, \quad (5.17)$$

где  $V_p$  – скорость резания (2 км/ч);

$\eta = 0,75$  – КПД передачи от двигателя к колесу.

$$N = \frac{197866 \times 2}{0,75 \times 3,6} = 146,6 \text{ кВт}$$

Полученная необходимая мощность не превышает мощности выбранного бульдозера Caterpillar D6K2 (156 кВт), то есть бульдозер с данными техническими характеристиками целесообразно использовать для разработки заданной категории грунта.

## 3. Производительность бульдозера.

Найдем объем призмы волочения по формуле:

$$Q = \frac{3600 K_e \cdot q}{t_y} \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (5.18)$$

где  $K_e$  – коэффициент использования бульдозера во времени ( $K_e = 0,8 \dots 0,9$ );

$q$  – объём грунта перед отвалом плотном теле, м<sup>3</sup>;

$$q = \frac{l^2 K_{II}}{2 K_{np} \operatorname{tg} \varphi_0}, \quad (5.19)$$

$l$  – длина отвала, 3,682 м;

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$b$  – высота отвала, 1,65 м;

$K_{II}$  – коэффициент, учитывающий потери грунта и зависящий от длины перемещения – 0,005...1,0;

$K_{np}$  – коэффициент, зависящий от характера разрабатываемых пород;

- для связных пород –  $K_{np} = 0,8...0,9$ ;

Таблица 5.6

Нормы отвода земель

Диаметр трубопровода, мм	Ширина полосы земель, отводимых для одного подземного трубопровода, м	
	на землях несельскохозяйственного назначения или непригодных для сельского хозяйства и землях государственного лесного фонда	на землях сельскохозяйственного назначения худшего качества (при снятии и восстановлении плодородного слоя)
$\leq 420$	20	28
$> 426-720$	23	33
$> 720-1020$	28	39
$> 1020-1220$	30	42
$> 1220-1420$	32	45

Принимаем  $L_n = 30$  м (таблица 5.6), так как для трубы диаметром 1020 мм норма отвода земли составляет 30 метров.

$$L_p = \frac{0,5H^2}{tg\varphi_0 h}, \quad (5.20)$$

где  $h$  – толщина срезанного слоя, м (0,1...0,5);

$$L_p = \frac{0,5 \cdot 1,65^2}{0,8391 \cdot 0,165} = 9,83 \text{ м};$$

$$L_{пер} = L_n - L_p - L_{отв} = 30 - 9,83 - 3,682 = 16,5 \text{ м};$$

$$K_{пот} = 1 - 0,005 \cdot L_n, \quad (5.21)$$

$$K_{пот} = 1 - 0,005 \cdot 16,5 = 0,918 \text{ м};$$

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73



$$q = \frac{3,682 \cdot 1,65^2 \cdot 0,918}{2 \cdot 0,8 \cdot 0,8391} = 6,85 \text{ м}^3,$$

При движении на начало работ с разворотом бульдозера ( $L_0 = L_p + L_n$ ;  $50 < L_n < 100 \text{ м}$ )

$$t_y = \frac{L_p}{v_p} + \frac{L_n}{v_n} + \frac{L_0}{v_0} + t_0 + 2t_{нов}, \quad (5.22)$$

где  $L_n$  – расстояние, на которое перемещается грунтовая призма, м (зависит от схемы движения бульдозера по строительной полосе при резании и перемещении срезанного слоя грунта).

Схема движения бульдозера на строительной полосе:

– косопоперечное направление;

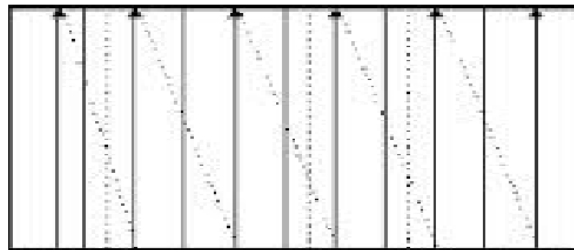


Рисунок 5.3 – Схема движения бульдозера на строительной полосе

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

$$T = t_p + t_n + t_{з.х.} + t_{mn} + t_0, \quad (5.23)$$

где  $t_{mn}$  – время переключения передач ( $t_{mn} = 6 \text{ с}$ );

$t_0$  – время опускания отвала ( $t_0 = 2 \text{ с}$ );

$t_{нов}$  – время поворота бульдозера ( $t_{нов} = 10 \text{ с}$ );

$$t_p = \frac{3,6 \cdot L_p}{v_p}; \quad (5.24)$$

$$t_n = \frac{3,6 \cdot L_n}{v_n}; \quad (5.25)$$

$$t_{з.х.} = \frac{3,6 \cdot (L_p + L_n)}{v_{о.х.}}; \quad (5.26)$$

$$t_p = \frac{3,6 \times 9,83}{2} = 17,7 \text{ с};$$

$$t_n = \frac{3,6 \times 16,5}{4} = 14,9 \text{ с};$$

$$t_{3.x.} = \frac{3,6 \times (9,83 + 16,5)}{5} = 19,0;$$

$$t = 17,7 + 14,9 + 19,0 + 6 + 2 = 59,6 \text{ с, принимаем } 60 \text{ с.}$$

Производительность бульдозера при резании и перемещении грунта определяется по формуле:

$$P_{p.n.} = \frac{3600 \times V \times K_n \times K_y}{t \times k_p}, \quad (5.27)$$

где  $K_n$  - коэффициент использования бульдозера по времени ( $K_n=0,9$ );

$K_y$  - коэффициент, учитывающей влияние уклона местности на производительность бульдозера,  $K_y=2,25$ .

Таблица 5.7

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
		15...20	2,25...2,68

$$V = \frac{B(H-h)^2 K_{nom}}{2K_p}, \quad (5.28)$$

$$V = \frac{3,682 \cdot (1,65 - 0,165)^2 \cdot 0,918}{2 \cdot 1,28} = 2,91 \text{ м}^3,$$

$$P_{p.n.} = \frac{3600 \times 2,91 \times 0,9 \times 2,25}{60 \times 1,28} = 276,2 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

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

$$P_{раз} = \frac{3600 \times L \times (B \times \sin \varphi - b_1) \times K_n}{n \times \left( \frac{L}{v_p} + t_{пов} \right)}, \quad (5.29)$$

где  $L$  - длина планируемого участка (2 км);

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$n$  – число проходов по одному месту, принимаем  $n=1$ ;

$V_p$  – скорость бульдозера при резании ( $V_p = 2$  км/ч);

$t_{нов}$  – время поворота бульдозера ( $t_{нов} = 10$  с);

$$\sin 40^\circ = 0,643;$$

$$P_{раз} = \frac{3600 \times 2000 \times (3,682 \times 0,643 - 0,5) \times 0,9}{1 \times \left(\frac{2000}{2} + 10\right)} = 11982,0 \frac{м^3}{ч}$$

#### 4. Расчет количества бульдозеров

Площадь участка, на котором производятся планировочные работы, была определена равна

$$F_{пл} = L \cdot L_n, \quad (5.30)$$

$L = 2000$  м – длина планируемого участка, м;

$$F_{уч} = 2000 \cdot 16,5 = 33000 \text{ м}^2.$$

Объем грунта, снимаемого при резании:

$$V_{рез} = L \cdot L_n \cdot h \cdot K_p, \quad (5.31)$$

где  $h$  – толщина срезаемого слоя грунта (0,2 м)

$$V_{рез} = 2000 \cdot 16,5 \cdot 0,165 \cdot 1,28 = 6969,6 \text{ м}^3,$$

Принимаем, что планировочные работы выполняются в одну смену по 12 часов. Необходимое время для выполнения работ составит:

$$t_{необх} = 4 \cdot 12 = 48 \text{ ч.}$$

Необходимая производительность при выполнении планировочных работ:

$$P_{пл} = \frac{F_{пл}}{t_{необх}}, \quad (5.32)$$

$$P_{пл} = \frac{33000}{48} = 687,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Работы по резанию и перемещению грунта выполняются в одну смену по 12 часов.

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Необходимое время для выполнения работ составит:

$$t_{\text{общ}} = 4 \cdot 12 = 48 \text{ ч.}$$

Необходимая производительность при резании и перемещении грунта:

$$P_{\text{рез}} = \frac{V_{\text{рез}}}{t_{\text{общ}}}, \quad (5.33)$$

$$P_{\text{рез}} = \frac{6969,6}{48} = 145,2 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Необходимое количество бульдозеров:

– при планировочных работах:

$$n_{\text{пл}} = \frac{P_{\text{пл}}}{P_{\text{раз}}}, \quad (5.34)$$

$$n_{\text{пл}} = \frac{687,5}{11982} = 0,06.$$

Следовательно, принимаем количество бульдозеров, равное 1;

– при резании и перемещении грунта:

$$n_{\text{рез}} = \frac{P_{\text{рез}}}{P_{\text{рн}}}, \quad (5.35)$$

$$n_{\text{рез}} = \frac{145,2}{276,1} = 0,53.$$

Следовательно, принимаем количество бульдозеров, равное 1.

### 5.3 Расчет буровзрывных работ

Находим удельный расход взрывчатого вещества для зарядов рыхления.

Для аммонита №6 ЖВ расчетный удельный расход взрывчатого вещества  $q_p = 0,7 \text{ кг/м}^3$ , тогда удельный расход гранулита АС-8 с учетом коэффициента работоспособности составит:

$$q = e \cdot q_p; \quad (5.36)$$

$$q = 0,82 \cdot 0,7 = 0,574 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Определяем вместимость (Р) одного метра шпура (скважины):

$$P = \pi \cdot d^2 \cdot \Delta / 4, \quad (5.37)$$

где  $\Delta$  - плотность заряжания,  $\text{кг/м}^3$ ;

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

d - диаметр шпура, м.

$$P = 3,14 \cdot 0,004^2 \cdot \frac{900}{4} = 1,1304 \text{ кг.}$$

Принимаем  $P=1,13$  кг.

Определяем предельную глубину взрываемого слоя

$$H_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{q_p \cdot (3 - q_p)}} \quad (5.38)$$

$$H_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,13}{0,58 \cdot (3 - 0,58)}} = 0,96 \text{ м.}$$

Принимаем высоту слоя рыхления  $H_c = 1$  м.

Определяем расстояние между рядами шпуров (рисунок 5.4).

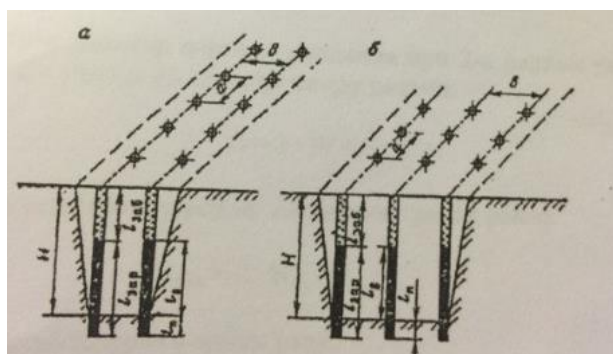


Рисунок 5.4 – Схема расположения зарядов при сооружении траншей  
а - двухрядное; б - трехрядное однослойное расположение шпуров

$$b = (0,6 \dots 1,0) \cdot H_c, \quad (5.39)$$

$$b = 1 \cdot 1 = 1 \text{ м.}$$

Определяем расстояние между шпурами в ряду

$$a = m \cdot b, \quad (5.40)$$

где m – коэффициент сближения зарядов,  $m=(0,7 \dots 1,2)$ ,

$$a = m \cdot b = 1 \cdot 1 = 1 \text{ м.}$$

Уточняем расстояние между рядами в слоях. Так как глубина траншеи 2,33 м, а  $H_c = 1$  м, то принимаем послойную проходку траншеи – три слоя.

Определяем ширину слоев по полотну:

– первого слоя:

$$B_{21} = B_2 + 2(H - H_c)ctg\beta, \quad (5.41)$$

$$B_{21} = 1,53 + 2(2,33 - 1) \cdot 0,5774 = 3,07 \text{ м,}$$

Принимаем  $B_{21} = 3,1 \text{ м;}$

– второго слоя:

$$B_{22} = B_2 + 2(H - 2 \cdot H_c)ctg\beta, \quad (5.42)$$

$$B_{22} = 1,53 + 2 \cdot (2,33 - 2 \cdot 1) \cdot 0,5774 = 1,91$$

Принимаем  $B_{22} = 1,9 \text{ м;}$

– третьего слоя:

$$B_{23} = B_2 = 1,53 \text{ м.}$$

Принимаем  $B_{23} = 1,5 \text{ м.}$

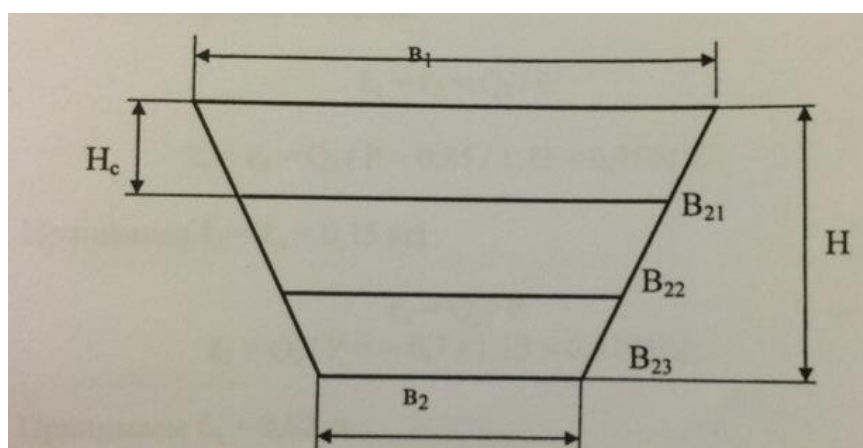


Рисунок 5.5 - Схема расположения слоев рыхления при проходке траншеи зарядами рыхления

Для разрыхления первого и последующих слоев принимаем число рядов:

$$i_1 = B_{21}/b = 3,1/1 = 3;$$

$$i_2 = B_{22}/b = 1,9/1 = 2;$$

$$i_3 = B_{23}/b = 1,5/1 = 1.$$

Тогда расстояние между рядами шпуров:

– в первом слое:

$$b_1 = B_{21}/i_1 = 3,1/3 = 1,03 \text{ м;}$$

– во втором слое:

$$b_2 = B_{22}/i_2 = 1,9/2 = 0,95 \text{ м;}$$

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– в третьем слое – один ряд.

Соответственно принимаем расстояние между шпурами в ряду:

$$a_1 = b_1 = 1,03 \text{ м};$$

$$a_2 = b_2 = 0,95 \text{ м};$$

$$a_3 = b_3 = 1,5 \text{ м}.$$

Определяем массу одного заряда для первого слоя:

$$Q_1 = q_p \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot H_c, \quad (5.43)$$

$$Q_1 = 0,58 \cdot 1,03 \cdot 1,03 \cdot 1 = 0,6 \text{ кг}$$

– для второго слоя:

$$Q_2 = 0,58 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,5 \text{ кг}$$

– для третьего слоя:

$$Q_3 = q_p \cdot a_3 \cdot H_c = 0,58 \cdot 1,5 \cdot 1 = 0,9 \text{ кг}.$$

Вычисляем длину заряда:

$$l = Q/P; \quad (5.44)$$

$$l_1 = Q_1/P = 0,6/1,13 = 0,53 \text{ м};$$

$$l_2 = Q_2/P = 0,5/1,13 = 0,44 \text{ м};$$

$$l_3 = Q_3/P = 0,9/1,13 = 0,80 \text{ м}.$$

Определяем глубину шпуров первого слоя:

$$l_{\text{шп}} = H_c + l_{\text{пер}} = H_c + 0,5 \cdot q_p \cdot l_1, \quad (5.45)$$

где  $l_{\text{пер}}$  - величина перебура шпура, м.

– для первого слоя:

$$l_{\text{шп1}} = 1,0 + 0,5 \cdot 0,58 \cdot 0,53 = 1,15 \text{ м}.$$

– для второго слоя:

$$l_{\text{шп2}} = 1,0 + 0,5 \cdot 0,58 \cdot 0,44 = 1,13 \text{ м}.$$

– для третьего слоя:

$$l_{\text{шп3}} = 0,33 + 0,5 \cdot 0,58 \cdot 0,80 = 0,56 \text{ м}.$$

Глубина забойки составит 1/3 длины шпура.

Уточняем массу заряда на взрывааемый объем:

$$Q_1 = q_p \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot l_{\text{шп1}}, \quad (5.46)$$

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_1 = 0,58 \cdot 1,03 \cdot 1,03 \cdot 1,15 = 0,7 \text{ кг}$$

$$Q_2 = 0,58 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 1,13 = 0,6 \text{ кг}$$

$$Q_3 = 0,58 \cdot 1,5 \cdot 0,56 = 0,5 \text{ кг.}$$

Длина зарядов составит:

$$l_1 = Q_1/P = 0,7/1,13 = 0,62 \text{ м;}$$

$$l_2 = Q_2/P = 0,6/1,13 = 0,53 \text{ м;}$$

$$l_3 = Q_3/P = 0,5/1,13 = 0,44 \text{ м.}$$

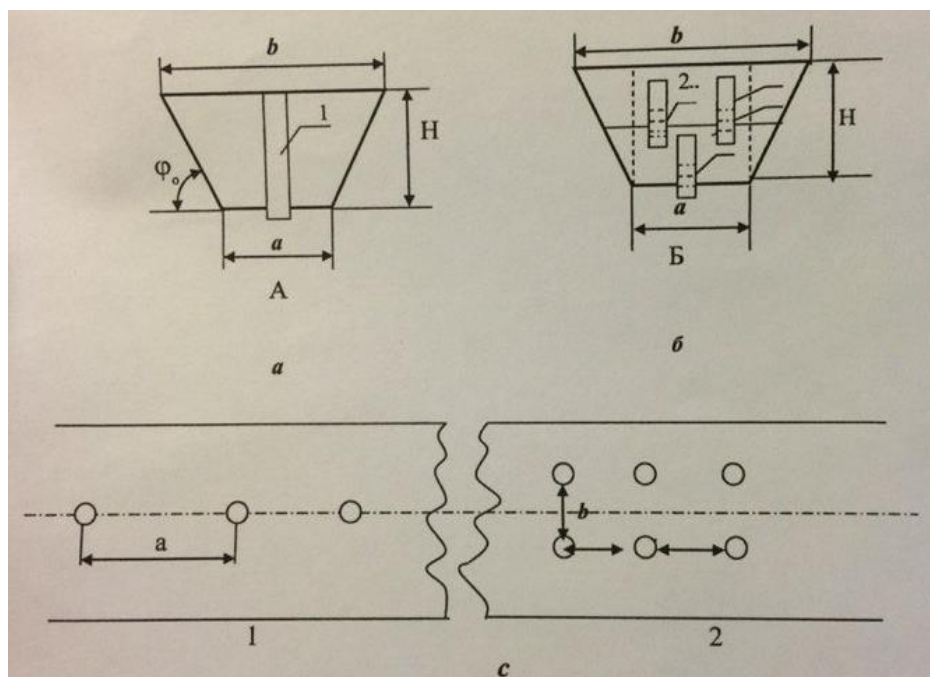


Рисунок 5.6 – Схема расположения шпуров в проекциях а, б – поперечный разрез; с – вид сверху; а – расстояние между шпурами; б – расстояние между рядами шпуров; 1 – шпур; 2 – заряд ВВ

Посчитаем общее количество взрывчатого вещества на длину траншеи 2 км с учетом того, что в верхнем слое три ряда, во втором - два, в нижнем - один.

$$\text{Масса ВВ: } 3 \cdot 0,7 \cdot 2000/1,03 + 2 \cdot 0,6 \cdot 2000/0,95 + 1 \cdot 0,5 \cdot 2000/1,5 = 7270,66 \text{ кг.}$$

#### 5.4 Расчет основных рабочих параметров экскаватора

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73



Для производства работ принимаем одноковшовый экскаватор Hitachi ZAXIS 240H (рисунок 5.7, таблица 5.8).



Рисунок 5.7 – Одноковшовый экскаватор Hitachi ZAXIS 240H [15]

Таблица 5.8

Технические характеристики Hitachi ZAXIS 240H [15]

Параметр	Характеристика
1	2
Эксплуатационная масса	24300 кг
Емкость ковша	1,4 м <sup>3</sup>
Эксплуатационная мощность	225 кВт
Диаметр цилиндра/ход поршня	105x125 мм
Скорость транспортная	5.5 км/ч
Тяговое усилие	200 кН
Преодолеваемый уклон	0.7
Длина гусеницы	4260 мм
Ширина гусеничного башмака	600 мм
Топливный бак	380 л
Радиус копания	10270 мм
Глубина копания	6950 мм
Высота выгрузки	6760 мм
Ширина	2990 мм

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

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Лист

73

Длина	10140 мм
Высота	3100 мм
Продолжительность цикла	15с
Масса ковша	1600 кг
Скорость перемещения ковша с грунтом	1,4 м/с
Скорость рабочая	2 м/с

Таблица 5.9

Максимальные значения  $K_n$

Наименование грунтов	Коэффициент наполнения $K_n$ для одноковшовых экскаваторов	
	прямая и обратная лопата	драглайн
Песок и гравий сухие, щебень взорванная скала	0,95...1,02	0,80...0,90
Песок и гравий влажные	1,15...1,23	1,10...1,20
Суглинок сухой	1,05...1,12	0,80...1,00
Суглинок влажный	1,20...1,32	1,15...1,25
Глина средняя	1,08...1,18	0,98...1,06
Глина влажная	1,30...1,50	1,18...1,28
Глина тяжелая	1,00...1,10	0,95...1,00
Плохо взорванная скала	0,75...0,90	0,55...0,80

**1. Техническая производительность одноковшовых экскаваторов**

$$P_{\text{ТХ}} = \frac{3600 \cdot q \cdot K_n}{t_{\text{ц}} \cdot K_p}, \quad (5.47)$$

где  $q$  – вместимость ковша, (таблица 5.8);

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$K_p$  – коэффициент разрыхления породы по таблице 1 принимаем равным 1,28;

$K_n$  – коэффициент наполнения ковша по таблице 5.10 принимаем равным 1,12 (обратная лопата);

Таблица 5.10

Максимальные значения  $K_n$

Наименование грунтов	Коэффициент наполнения $K_n$ для одноковшовых экскаваторов	
	прямая и обратная лопата	драглайн
Песок и гравий сухие, щебень взорванная скала	0,95...1,02	0,80...0,90
Песок и гравий влажные	1,15...1,23	1,10...1,20
Суглинок сухой	1,05...1,12	0,80...1,00
Суглинок влажный	1,20...1,32	1,15...1,25
Глина средняя	1,08...1,18	0,98...1,06
Глина влажная	1,30...1,50	1,18...1,28
Глина тяжелая	1,00...1,10	0,95...1,00
Плохо взорванная скала	0,75...0,90	0,55...0,80

$t_{ц}$  – продолжительность цикла, (таблица 5.8).

$$P_{ТХ} = \frac{3600 \cdot 1,4 \cdot 1,12}{15 \cdot 1,28} = 294,0$$

Эксплуатационная производительность определяется по формуле:

$$P_{э} = P_{ТХ} \cdot K_y \cdot K_B, \quad (5.48)$$

где  $K_y$  – коэффициент, зависящий от уровня квалификации машиниста экскаватора (в нашем случае – средняя), принимаем  $K_y = 0,94$ ;

$K_B$  – коэффициент использования экскаватора в смену принимаем 0,75 (отсыпка в отвал).

$$P_{\text{э}} = 294,0 \cdot 0,94 \cdot 0,75 = 207,3 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Теоретическая производительность применяется только как часовая:

$$P_T = \frac{3600 \cdot q}{t_{\text{ц}}} = \frac{3600 \cdot 1,4}{15} = 336 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

## 2. Мощность необходимая при наиболее энергоемкой операции копания грунта:

$$N = \frac{A \cdot q}{t_k \cdot K_m \cdot \eta}, \quad (5.49)$$

где  $A$  – удельная энергоемкость копания, равная работе, затрачиваемой на разработку  $1 \text{ м}^3$  грунта,  $A=400 \text{ кПа}$ , так как грунт IV категории;

$$t_k = 0,3 \cdot t_{\text{ц}} = 0,3 \cdot 15 = 4,5 \text{ с},$$

$t_k$  – продолжительность копания;

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность рабочего цикла, с (таблица 5.8);

$K_m$  – коэффициент использования двигателя при копании с учетом привода вспомогательных устройств, принимаем 0,74;

$\eta$  – коэффициент полезного действия привода и рабочего оборудования, принимаемый для экскаваторов с гидравлическим приводом 0,75.

$$N = \frac{400 \cdot 10^3 \cdot 1,4}{4,5 \cdot 0,74 \cdot 0,75} = 224,2 \text{ кВт}$$

Полученная мощность не превышает мощность выбранного экскаватора Hitachi ZAXIS 240H, поэтому дальнейший расчет ведем по данному типу экскаватора.

## 3. Расчет количества смен:

С учетом эксплуатационной производительности экскаватора и количества рабочих дней, выделяемых на разработку траншеи, количество часов работы равно:

$$t = \frac{V_{\text{фактич.работ}}}{P_{\text{э}}}, \quad (5.50)$$

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t = \frac{17152}{207,3} = 82,75 \text{ч.} = 6,89 \approx 7 \text{ смен}$$

#### 4. Расчет количества единиц техники:

Количество экскаваторов находим по формуле:

$$n = \frac{t}{T_{\text{под}}}, \quad (5.51)$$

где  $T_{\text{под}}$  – время на подготовительные работы.

$$n = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ шт.}$$

Принимаю 12-х часовой рабочий день. Для разработки траншеи принимаю 4 одноковшовых экскаватора типа Hitachi ZAXIS 240H.

					РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНШЕЙ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе выполнения данной работы были получены следующие результаты:

- 1) Проведен обзор современной литературы по указанной тематике.
- 2) Изучены факторы опасности для нефтепроводов, проходящих по сложным рельефам местности и выявлены технико-технологические решения для снижения их негативного эффекта.
- 3) Проведен технологический расчеты строительства траншеи в горных условиях, рассчитано количество необходимого материала и оборудования.
- 4) Произведен расчет затрат на строительство траншеи в горных условиях.
- 5) Выявлены мероприятия по охране труда и защите окружающей среды при сооружении траншеи нефтепровода в горных условиях.

Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
Разраб.		Бельтиков В.В.			РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.				ДР	114	120
Консульт.						ТПУ гр. 3-2Б11		
Зав. каф		Рудаченко А.В.						

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Магистральные трубопроводы прокладываются в различных природно-климатических и гидрогеологических условиях, пересекают множество естественных и искусственных препятствий. По многим показателям магистральные трубопроводы являются уникальными сооружениями и для них установлены нормативные требования. Одно из основных требований, предъявляемых к магистральным трубопроводам, - высокая надежность, которая должна быть обеспечена экономически оправданными затратами. Уровень надежности трубопроводов зависит от качества проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта.

Исследования напряженно-деформированного состояния, трубопроводных магистралей, а также опыт их эксплуатации показывают, что в горных условиях нагрузки и воздействия на трубопроводы значительно больше, чем, например, на равнинных участках. Кроме того, техническое обслуживание и ремонт на крутых склонах весьма сложны, требуют специальной технологии, машин и механизмов.

					«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Литера	Лист	Листов
Разраб.	Внуков С.В.					ДР	115	120
Руковод.	Шадрина А.В.					ТПУ гр. 3-2Б11		
Консульт.								
Зав. каф	Рудаченко А.В.							

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Перун И.В. Магистральные трубопроводы в горных условиях. – М.:Недра, 1987. – 175 с.
- 2) СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\*
- 3) СП 86.13330.2014 Магистральные трубопроводы (пересмотр актуализированного СНиП III-42-80\* «Магистральные трубопроводы»)
- 4) СП 34-112-97 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Комплексная технология и организация
- 5) РД 93.010.00-КТН-114-07 Правила производства и приемки строительно-монтажных работ
- 6) Чжан Дунчэнь. Совершенствование методов проектирования и строительства трубопроводов, прокладываемых в условиях сильно пересеченной местности: дис. канд. техн. наук/ Чжан Дунчэнь; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2002, – 128 с.
- 7) Чичелов В.А. Научно-практические основы обеспечения прочности и устойчивости газопроводов в сложных инженерно-геологических условиях: дис. канд. техн. наук/ Чичелов В.А; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2007, – 347 с.
- 8) Наваррете Дуэньяс Джонни Хавиер. Особенности строительства трубопроводов в районах с высокой сейсмичностью: дис. канд. техн. наук/ Наваррете Дуэньяс Джонни Хавиер; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2013, – 156 с.
- 9) Андреев Е.В. Разработка методики оценки несущей способности подземных магистральных трубопроводов в сейсмически опасных зонах: дис. канд. техн. наук/ Андреев Е.В.; Российски Государственный Университет нефти и газа им. И.М. Губкина. – Москва, 2009, – 138 с.

					«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Внуков С.В.			СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.				ДР	116	120
Консульт.								
Зав. каф		Рудаченко А.В.				ТПУ гр. 3-2Б11		



10) Бородавкин П.П., Глоба В.М. Сооружение трубопроводов в горах. М.: «Недра», 1990, 144с.

11) Валеев А.Р. Зотов А.Н. Новые конструктивные методы повышения сейсмостойкости трубопроводов. Нефтегазовое дело. 2010г. –№6 – С. 64-68.

12) СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*

13) Системы автоматического контроля технологических параметров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5678958/page:8/> (дата обращения 11.02.2016г.).

14) ОАО «АК «ТРАНСНЕФТЬ»: Трубопроводная система ВСТО. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ids55.ru/nig/articles/pererabotkauglevodorodov/578--1-lr---.html/> (дата обращения 19.02.2016г.).

15) Экскаватор.РУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://exkavator.ru/excapedia/technic/hitachi\\_zaxis\\_240h/](http://exkavator.ru/excapedia/technic/hitachi_zaxis_240h/) (дата обращения 19.02.2016г.).

16) Наваррете Д.Д.Х., Мустафин Ф.М. Исследования взаимодействия трубопроводов, проложенных упругопластичными элементами, с грунтом в районах с высокой сейсмической активностью // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. - 2012. - №2. - С. 14-17.

17) Наваррете Д.Д.Х. Моделирование трубопровода при прокладке в траншею с упругопластичными элементами // Материалы докладов VIII Международной учебно-научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт - 2012». - Уфа: УГНТУ, 2012. - С. 253 - 255.

18) Наваррете Д.Д.Х. Установка и методика проведения динамических опытов, при прокладке трубопровода в сейсмически опасных зонах // Материалы докладов VIII Международной учебно-научно-практической

Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
Разраб.		Внуков С.В.			СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.				ДР	116	120
Консульт.						ТПУ гр. 3-2Б11		
Зав. каф		Рудаченко А.В.						

конференции «Трубопроводный транспорт - 2012». - Уфа: УГНТУ, 2012. - С. 248 - 250.

19) ГОСТ 12.1.003 -2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

20) ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

21) ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

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

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

24) СНиП II-12-77 «Защита от шума»

25) ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»

26) НРБ 96 «Нормы радиационной безопасности»

27) ГОСТ 12.1.046-85 «ССБТ. Строительство. Нормы освещения строительных площадок»

28) ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

29) ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

30) ГОСТ 12.1.008-78 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.

31) ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

32) СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.

					«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.	Внуков С.в.				СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	Литера	Лист	Листов
Руковод.	Шадрина А.В.					ДР	116	120
Консульт.						ТПУ гр. 3-2Б11		
Зав. каф	Рудаченко А.В.							

Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (СП 52.13330.2011  
Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция  
СНиП 23-05-95\*)

33) СП 2.6.1–758–99. Нормы радиационной безопасности

34) ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие  
требования.

35) СНиП 2.04.05.86. Вентиляторные установки.

					«Оценка опасности для нефтепроводов проходящих по сложным рельефам местности»			
Изм.	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Внуков С.В.			СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Шадрина А.В.				ДР	116	120
Консульт.						ТПУ гр. 3-2Б11		
Зав. каф		Рудаченко А.В.						