

**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) 21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль  
 «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов  
 переработки»  
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

**МАГИСТРАЛЬНАЯ РАБОТА**

Тема работы	
«Исследование состояния участка магистрального газопровода [REDACTED] методом конечных элементов»	методом

УДК

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Ван Яньнань		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Бурков П. В.	д.т.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф Ирина Валерьевна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крепша Нина Владимировна	к.г.-м.н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

**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) 21.04.01 «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

\_\_\_\_\_ Рудаченко А.В.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

Магистральной работы
----------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ4Б	Ван Яньнань

Тема работы:

«Исследование состояния участка магистрального газопровода ██████████ методом конечных элементов»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.04.01 28.05.2016 № 3283кс

Срок сдачи студентом выполненной работы:

27.05.2016
------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<i>Тексты и графические материалы отчетов и научно-исследовательских работ, исследование состояния участка магистрального газопровода ██████████ ██████████ методом конечных элементов, , нормативные документы, фондовая и периодическая литература, монографии, учебники.</i>
---------------------------------	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<p>1 Введение  2 Сведения о системе «газопровод – массив грунта»  3 Современные методы реконструкции газопроводов  4 Исследование состояния участка магистрального газопровода « ██████████ » с использованием среды Autodesk Inventor  5 Результаты  6 Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»  7 Раздел «Социальная ответственность»  Заключение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p><b>Рисунок 25</b>  - Образование типичной осадки  - Образование упруго-искривленной формы линейной части МГ  - Изображение поперечных горизонтальных перемещений  - Зависимость сопротивления песчаного грунта от продольных перемещений трубопровода диаметром 529 мм с высотой засыпки 1,2 м.  - Стержневая модель участка газопровода со тремя взаимно-перпендикулярными связями конечной жесткости  - Анализ напряжений на модели трубы  - трубопровод узел 112 для фиксированного положения  - трубопровод компенсатора 90 ° n-образной структура модели компенсации  - трубопровод 45 ° n-образной структура модели компенсации.  - Скорость движения дефектоскопа на участке газопровода « ██████████ »  - Создание геометрии участка трубопровода  - Запуск среды анализ напряжений  - Создание моделирования  - Задание материала трубы  - Задание зависимостей фиксации  - Задание направления силы тяжести  - Рабочая плоскость для построения аналитических графиков  - Создание сетки  - Применение функции моделирования нагрузок  - Напряжение по Мизесу  - 1-ое основное напряжение  - 3-е основное напряжение  - Эквивалентная деформация  - 1-ая основная деформация  - Деформация XX  <b>Таблица 14</b>  - Основные характеристики, определяющие нестабилизированное состояние трубопровода  - Трубопроводы и оборудование, связанные с параметрами  - Трубопровод расположение параметров почвы  - Результаты продолжал служить условия перемещения цилиндра  - узел трубопровода 112 в силу обстоятельств  - газопровод величина смещения узла 10</p>

	- Расчет локоть стресс три вида результатов программы с ASME B31.3-2006 отличие допустимого напряжения
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Шарф Ирина Валерьевна
«Социальная ответственность»	Крепша Нина Владимировна

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


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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Бурков Петр Владимирович	д.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Ван Яньнань		

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



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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ4Б	Ван Яньнань

<b>Институт</b>	Природных ресурсов	<b>Кафедра</b>	Транспорта и хранения нефти и газа
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	Нефтегазовое дело

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материально-технических, финансовых и человеческих ресурсов НИТ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	СНиП 3.01.01-85, СНиП 1.04.03-85, СНиП 03.01-87, ОР 13.01-28.21.00-КТН-008-2-01
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс Российской Федерации.

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка перспективности НИТ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Расчет основных и вспомогательных затрат
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя эффективности научного исследования

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

1. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
2. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

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

--	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Шарф Ирина Валерьевна	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2БМ4Б	Ван Яньнань		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ4Б	Ван Яньнань

<b>Институт</b>	Природных ресурсов	<b>Кафедра</b>	Транспорта и хранения нефти и газа
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	Нефтегазовое дело

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)	<i>Место работы на поле и в компьютерном зале. Работа на поле всегда сопряжена с определенным риском. Его рабочее место состоит из компьютера. Виды работы: а) исследование состояния сырой газ. б) определение методов конечных элементов в компьютерном зале необходимо неукоснительно соблюдать правила по технике безопасности, рк. нарушение этих правил может привести к поражению электрическим током, вызвать возгорание и навредить здоровью. Виды работы: а) выбор информации и писание содержания. На компьютер.</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:  1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	<i>1. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу 2. Отклонение показателей микроклимата на работе 3. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе 4. Недостаточная освещённость рабочей зоны. Опасные факторы: 1.Пожароопасность 2.Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением)</i>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	<i>1. Загрязнением атмосферы. 2. Загрязнением гидросферы</i>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>1.Аварии на магистральных трубопроводах. 2.Пожары (взрывы) на транспорте</i>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<i>РД 09-364-00 «Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных взрывопожароопасных объектах»; ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (пожары, взрывы, аварии).</i>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крепша Нина Владимировна	К.Г.-М.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Ван Яньнань		

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение

## **1 Обзор литературы**

1.1 Нестабилизированное состояние трубопровода

1.2 Нагрузки и воздействия на газопроводы

1.2.1 Классификация нагрузок и воздействий

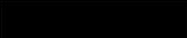
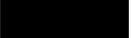
1.2.2 Сочетания нагрузок

1.3 Продольные и поперечные перемещения газопровода

1.4 Сопротивление массива грунта продольным и поперечным перемещениям газопровода

1.5 Обзор моделирование системы «газопровод – массив грунта»

## **2 Объект и методы исследования**

2.1 Результаты внутритрубной инспекции на участке МГ «»  


2.1.1 Создание модели

2.1.2 Анализ надежности

2.2. Способ решения

2.2.1 Выбор способа решения

2.2.2 Результат анализа

2.3 Примеры применения

2.4 Выводы

**3 Исследование состояния участка магистрального газопровода  
«» с использованием среды Autodesk Inventor**

3.1 Краткое описание объекта исследования

3.2 Моделирование напряжено-деформированного состояния участка магистрального газопровода

3.2.1 Компьютерное моделирование участка исследования

3.2.2 Расчеты нагрузок и напряжений в участке исследования

3.2.3 Результаты моделирования участка исследования

## **4 Результаты**

### **5 Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

5.1 Структура работ в рамках научного исследования

5.2. Календарный план-график проекта

5.3. Бюджет научного исследования

5.3.1. Оборудование для научных (экспериментальных) работ

5.3.2 Расчет основной заработной платы

5.3.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

5.3.4. Отчисления на социальные нужды

5.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

5.3.6. Оценка сравнительной эффективности исследования

### **6 Раздел «Социальная ответственность»**

6.1 Профессиональная социальная безопасность

6.1.1 Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению полевой этап

6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

6.2 Экологическая безопасность

6.3 Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

6.4. Законодательное регулирование проектных решений

## **Заключение**

## **Список использованных источников**

## ВВЕДЕНИЕ

Газотранспортная система играет важнейшую роль в деятельности множества отраслей, что любая проблема, связанная с ней оказывает сильное влияние на развитие экономики страны. С каждым днем число аварий на объектах газопроводов растет с развитием технологии, что подчеркивает проблему оценки работоспособности и повышения надежности и ресурса газотранспортных систем.

Большой протяженностью магистральных газопроводов России (на 2013г. составляет 168,9 тыс. километров) и высоким уровнем устаревших объектов газотранспортной системы (около 30% газопроводов находится в эксплуатации свыше 45 лет - по состоянию на 2000г.) объясняются большая вероятность и большое количество аварий. Хотя маленькая непредсказуемая авария не только приносит большие материальные ущербы, тяжелые экологические последствия, но и сильно вредит здоровью людей выделившими газами, поставит под угрозой жизни множества людей, находящихся вблизи прорыва. Исходя из этого, в настоящее время первоочередной стала актуальность задачи безаварийной эксплуатации и повышения надежности газотранспортных систем.

С целью обеспечения эффективной и надежной работы магистральных газопроводов проводят их капитальный ремонт и/или реконструкции. Проведение *капитального ремонта* считается лишь альтернативной стратегией продления ресурса оборудования с поддержанием их проектного технического состояния. *Реконструкция* позволяет улучшение технико-экономических показателей магистрального газопровода, и решаются проблемы улучшения условий труда и охрана окружающей среды.

Учитывая возраст и состояние трубопровода, наилучшим решением считается реконструкция, которая основывается на обновлении газопроводной системы современными методами бестраншейной технологии. Однако выбор какого метода реконструкции объекта газопроводов будет принят только после проведения комплексных работ по исследованию надежности газопроводных конструкций с учетом экономического и экологических факторов.

К сегодняшнему времени существуют различные подходы к решению проблемы снижения числа аварий или повышения надежности конструкций, но нет ни одного совершенного решения. Анализ опыта эксплуатации показывает, что наиболее эффективное решение получается путем периодически диагностирования трубопроводных систем МГ и затем с помощью результатов диагностики проведения моделирования, анализа их напряженно-деформируемого состояния и полученных расчетов на прочность и устойчивость трубопроводов. При этом необходимым условием является диагностика, а достаточным – моделирование.

В настоящей работе рассматриваются магистральный газопровод «[REDACTED]», особенностью которого является около сорокалетний срок эксплуатации (с 1977 г). Не различается от других трубопроводов, данный газопровод вдоль своей трассы находится в различных грунтах со сложными климатическими условиями, оказывает сильнейшее силовое воздействие на окружающую его среду (грунт), вследствие чего происходит изменение физико-механические свойства грунта, что сопровождается движениями газопровода как в продольном, так и в поперечном направлениях.

**Целью данной работы** является на основе обзора моделей выбрать соответствующую и построить модель компенсатора.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор моделей и методов расчёта напряженно-деформированного состояния трубопроводов;
2. Выбрать вариант из трёх моделей трубопровода, чтобы повысить эффективность транспорта газа и срок эксплуатации трубопровода;
3. Постройка 3D модели компенсатора при помощи компьютерного моделирования в среде Autodesk Inventor;
4. Провести расчет нагрузок и напряжений в газопроводе, а также сравнение полученных результатов с СНиП 2.05.06-85\*. Магистральные трубопроводы.

## **1 Обзор литературы**

### **1.1 Нестабилизированное состояние трубопровода**

На большей части своей длины трубопровод находится в природном грунте, обладающем разнообразными физико-механическими свойствами. На одном участке грунт может быть рыхлым, песчаным, на другом – скальным, прочным, на третьем – болотистым, вечномерзлыми и т.д. Размещая трубопровод во всех грунтах, находящихся вдоль его трассы, проектировщик должен найти такое конструктивное решение, при котором будет обеспечена определенная стабильность расчетного положения труб во всех грунтах. Как показывает опыт эксплуатации трубопроводов, обеспечить это не всегда удается.

Трубопровод – высокоэнергонасыщенное сооружение линейной формы оказывает сильнейшее силовое воздействие на окружающую среду (грунт в естественном состоянии или искусственная засыпка). В результате этого воздействия происходит изменение физико-механических свойств грунта. Он может разрыхляться или уплотняться, перемещаться в направлении действующих сил, образовывать оползни. Все это сопровождается изменениями в положении самого трубопровода как в продольном (осевом), так и в поперечном (перпендикулярно продольной оси) направлениях. Много авторов в течение долгого времени обследовали тысячи километров трубопроводов в самых различных условиях (вечная мерзлота, пустыни, горя, болота и т.д. ) и могут утверждать, что обеспечить полную «закрепленность» трубопровода в принципе невозможно, если используется в качестве «окружающей среды» - естественный грунт. Однако это не означает, что положение трубопровода со стабилизацией (т.е. закреплением трубопровода) совершенно нерегулируемое.

Инженеры при проектировании рассчитывают все возможные изменения начального положения, т.е. всевозможные перемещения трубопровода, чтобы заставить трубопроводы работать на улучшение состояния, на уменьшение конструктивной энергии трубопровода, его напряженного состояния.

В практике трубопроводного строительства хорошо известно, что состояние трубопровода не остается раз и навсегда таким, каким оно зафиксировано при строительстве. Весь период эксплуатации трубопровод находится в нестабилизированном состоянии, под влиянием различных факторов оно непрерывно изменяется. Все его характеристики взаимосвязаны, их связь настолько существенна, что изменение даже одной из них способно изменить и другие. Для определения действительного положения трубопровода и действующих в нем усилий в какой-то момент времени необходимо иметь основные характеристики, полностью определяющих поведение трубопровода в течение всего времени его работы (табл. 1.1).

Основные характеристики, определяющие нестабилизированное состояние трубопровода

Состояние трубопровода	Характеристики, определяемые непосредственным измерением фактических величин
Начальное	Положение главной оси трубопровода ( $y, z$ ) в фиксированных сечениях $x_0$ (через каждые 50 м или непрерывная запись на ленте)
	Температура стенки труб $t_0$ через 50-100 м.
	Физико-механические характеристики грунтов через каждые 100 м вдоль главной оси для труб $D \geq 100$ см, $\omega_0$ - влажность, $\varepsilon_0$ - коэффициент пористости, $\gamma_0$ - объемный вес грунта в естественном состоянии, $B_0$ и $D_0$ – показатели консистенции и плотности.
Испытание	Внутреннее давление $p_{исп.}$ .
	Температура стенки труб $t_{исп.}$ .
	Изменение положение главной оси $x, y, z$ .
Эксплуатация	Внутреннее давление рабочее $p$ .
	Наибольшая температура стенки труб $t_{макс.}$ .
	Изменение положение главной оси $y, z$ – один раз в год.
	Изменение характеристики грунтов (через год эксплуатации и затем раз в 5 лет).
	Изменение рельефа местности.
	Образование ополней.

В общем случае следует уделить внимание на все возможные источники действующих сил на трубопровод – систему нагрузок и воздействий на газопроводы.

## ○ **Нагрузки и воздействия на газопроводы**

### **1.2.1 Классификация нагрузок и воздействий**

Напряженно-деформированное состояние любого несущего элемента линейной части магистрального газопровода однозначно определяется характеристиками воздействующих на него нагрузок. Эти нагрузки изменяются в зависимости от характеристик окружающей среды, параметров перекачиваемого продукта и т. д. Для линейной части трубопроводов основными являются из *нагрузок* внутреннее давление, давление грунта, собственный вес труб и газа, а из *воздействий* – температуры, просадка и пучение грунта, давление оползающих грунтов [2].

В соответствии с принятой методикой расчета прочности по предельным состояниям различают расчетные и нормативные нагрузки. Под нормативными понимают нагрузки  $N^{(0)}$ , устанавливаемые нормативными документами и определяемые на основании статистического анализа при нормальной эксплуатации сооружения. Расчетной называют нагрузку, учитывающую возможное отклонение от нормативной и определяют путем умножения на коэффициент надёжности по нагрузке  $n$ . Коэффициенты надёжности  $n$  для различных видов нагрузки и воздействий регламентируются согласно СНиП 2.05.06—85\* [4].

Строительные нормы и правила [1-3,5] устанавливают два типа нагрузок, действующих на конструкции во время эксплуатации: ***постоянные*** и ***временные***. Временные нагрузки, которые подразделяются на длительные, кратковременные и особые, отличаются от постоянных тем, что они в отдельные периоды эксплуатации могут отсутствовать.

Далее описана более подробная классификация нагрузок и воздействий, действующих на любых участках газопроводов.

## Постоянные нагрузки

К *постоянным* нагрузкам и воздействиям относят те, которые действуют в течение всего срока строительства и эксплуатации трубопровода:

1. Собственный вес трубопровода, учитываемый в расчетах как вес единицы длины трубопровода:

$$q_{\text{тр}} = n \cdot \pi \cdot D_{\text{ср}} \cdot \delta \cdot \gamma_{\text{ст}},$$

где  $n$  – коэффициент надёжности по нагрузке ( $n = 1,1$ );

$D_{\text{ср}}$  – средний диаметр трубопровода, м;

$\delta$  – толщина стенки труб, м;

$\gamma_{\text{ст}}$  – удельный вес стали, Н/м<sup>3</sup>.

2. Вес изоляционного покрытия и различных устройств, которые могут быть на трубопроводе. Для надземных трубопроводов ориентировочно можно принимать равным, примерно, 10% от собственного веса трубы. Точнее вес изоляционного покрытия определяют по формуле:

$$q_{\text{из}} = n \cdot \gamma_{\text{из}} \cdot \frac{\pi}{4} (D_{\text{из}}^2 - D_{\text{н}}^2),$$

где  $n$  – коэффициент надёжности по нагрузке ( $n = 1,1$ );

$\gamma_{\text{из}}$  – удельный вес материала изоляции, Н/м<sup>3</sup>;

$D_{\text{из}}$  и  $D_{\text{н}}$  – соответственно диаметр изолированного трубопровода и его наружный диаметр, м.

3. Давление грунта на единицу длины трубопровода. Для практических расчётов можно определять по формуле:

$$q_{\text{гр}} = n \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot h_{\text{ср}} \cdot D_{\text{из}},$$

где  $n$  – коэффициент надёжности по нагрузке ( $n = 1,2$ );

$\gamma_{\text{гр}}$  – удельный вес грунта, Н/м<sup>3</sup>;

$h_{\text{ср}}$  – средняя глубина заложения оси трубопровода, м;

$D_{\text{из}}$  – диаметр изолированного трубопровода, м.

4. Гидростатическое давление воды на единицу длины трубопровода, определяемое весом столба жидкости над подводным трубопроводом:

$$q_{гс} = n \cdot \gamma_{в} \cdot h \cdot D_{\phi},$$

где  $n$  – коэффициент надёжности по нагрузке ( $n = 1,0$ );

$\gamma_{в}$  – удельный вес воды с учётом засоленности и наличия взвешенных частиц, Н/м<sup>3</sup>;

$h$  – высота столба воды над рассматриваемой точкой, м;

$D_{\phi}$  – диаметр изолированного и футерованного трубопровода, м.

5. Воздействие предварительного напряжения, создаваемое за счёт упругого изгиба при поворотах оси трубопровода

$$\sigma_{пр}^{из} = \pm \frac{E \cdot D_n}{2 \cdot \rho},$$

где  $\sigma_{пр}^{из}$  – максимальное продольное напряжение в стенках трубы, обусловленное изгибом трубопровода, МПа;

$E$  – модуль упругости ( $E = 206000$  МПа);

$D_n$  – наружный диаметр трубопровода, м;

$\rho$  – радиус изгиба оси трубопровода, м.

### Длительные временные нагрузки

К длительным временным нагрузкам относят следующие виды:

1. *Внутреннее давление*, которое устанавливается проектом. Внутреннее давление создаёт в стенках трубопровода кольцевые и продольные напряжения.

Кольцевые напряжения определяют по формуле

$$\sigma_{кц} = \frac{n \cdot P \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta},$$

где  $n$  – коэффициент перегрузки по внутреннему давлению ( $n = 1,1; 1,15$ );

$P$  – нормативное значение внутреннего давления, МПа;

$D_{вн}$  – внутренний диаметр трубы, м;

$\delta$  – толщина стенки трубы, м.

Продольные напряжения в стенке трубы от внутреннего давления определяются по формуле

$$\sigma_{пр} = \mu \cdot \sigma_{кц} = \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta},$$

где  $\mu$  – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона).

Для сталей  $\mu = 0,26-0,33$ , т.е. среднее значение  $\mu = 0,3$ .

2. *Температурные воздействия*, которые при невозможности деформаций вызывают в стенках трубопровода продольные напряжения

$$\sigma_{прт} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t,$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения ( $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  1/град);

$E$  – модуль упругости, МПа;

$\Delta t = t_0 - t_{\phi}$ , здесь  $t_0$  – максимально или минимально возможная температура стенок трубы при эксплуатации;  $t_{\phi}$  – наименьшая или наибольшая температура, при которой фиксируется расчётная схема трубопровода (укладка трубы в траншею или на опоры).

### **Кратковременные нагрузки**

Нагрузки, возникающие при изготовлении, хранении и перевозке конструкций, а также при возведении сооружений, следует учитывать в расчетах как кратковременные нагрузки. К кратковременным нагрузкам в период эксплуатации следует относить:

а) нагрузки от оборудования, возникающие в пускоостановочном, переходном и испытательном режимах, а также при его перестановке или замене;

б) вес людей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования;

в) *снеговая нагрузка*, приходящаяся на единицу длины трубопровода:

$$q_{сн} = n \cdot \mu \cdot S_0 \cdot D_{из}, \quad 11)$$

где  $n$  – коэффициент надёжности по нагрузке ( $n = 1,4$ );

$\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на трубопровод ( $\mu = 0,4$ );

$S_0$  – нормативное значение веса снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли;

$D_{из}$  – диаметр изолированного трубопровода, м.

### **Особые нагрузки и воздействия**

Особыми нагрузками и воздействиями на магистральные трубопроводы принято называть те, которые возникают в результате селевых потоков, деформаций земной поверхности в карстовых районах и районах выработок, а также деформаций грунта, сопровождающихся изменением его структуры. Эти нагрузки должны определяться на основании данных анализа грунтовых условий и их возможного изменения в процессе строительства и эксплуатации трубопровода.

## ▪ Сочетания нагрузок

В зависимости от учитываемого состава нагрузок следует различать [5]:

а) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных,

б) особые сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок.

При учете сочетаний, включающих постоянные и не менее двух временных нагрузок, расчетные значения временных нагрузок или соответствующих им усилий следует умножать на коэффициенты сочетаний, равные:

– в основных сочетаниях для длительных нагрузок  $\psi_1 = 0,95$ ; для кратковременных  $\psi_2 = 0,9$ :

– в особых сочетаниях для длительных нагрузок  $\psi_1 = 0,95$ ; для кратковременных  $\psi_2 = 0,8$ , кроме случаев, оговоренных в нормах проектирования сооружений для сейсмических районов и в других нормах проектирования конструкций и оснований. При этом особую нагрузку следует принимать без снижения.

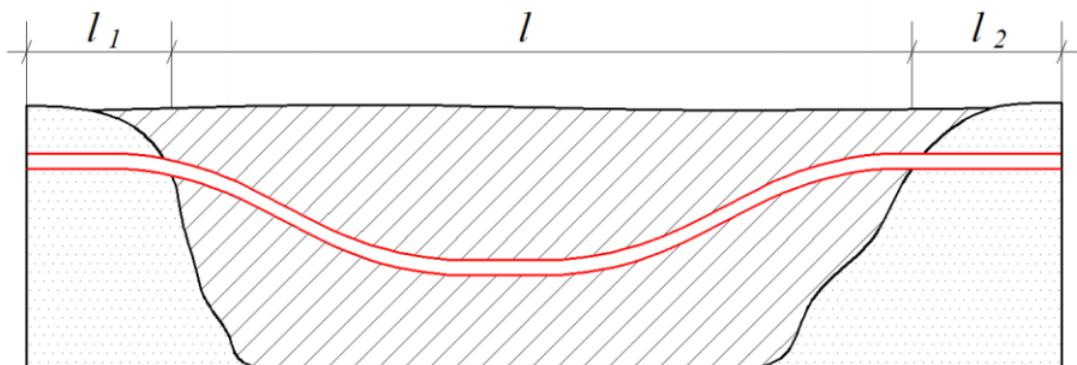
При учете основных сочетаний, включающих постоянные нагрузки и одну временную нагрузку (длительную или кратковременную), коэффициенты  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  вводить не следует. А при учете трех и более кратковременных нагрузок их расчетные значения допускается умножать на коэффициент сочетания  $\psi_2$ , принимаемый для первой (по степени влияния) кратковременной нагрузки — 1,0, для второй — 0,8, для остальных — 0,6.

### 1.3 Продольные и поперечные перемещения газопроводов

Если бы трубопровод действительно был заземлен в грунте, то никаких проблем с возможным изменением его начального состояния (геометрическое положение и напряженное состояние) не было бы. Однако на самом деле, трубопровод непрерывно «дышит», перемещаясь как в продольном, так и в поперечном направлениях. Если бы эти перемещения были незначительными и одноразовым, то направленное состояние труб тоже изменилось бы незначительно. Но есть еще один важный фактор, возникающий даже при незначительных перемещениях трубопровода: постепенное изменение физико-механических свойств грунта, приводящее, как правильно, к *образованию оползней*, как на продольных, так и на поперечных уклонах, *оголению трубопровода* и *образованию различного рода вынужденных искривлений труб* (выпучивание, гофры, изломы и т.д.). Поэтому для оценки напряженного состояния и прогноза его изменения при перемещениях трубопровода необходимо знать основные закономерности поведения трубопровода при взаимодействии с грунтом.

Под действием нагрузок и воздействий газопроводы испытывают поперечные горизонтальные, вертикальные и продольные перемещения.

Под действием собственного веса трубопровода, вспомогательного оборудования, развитием инженерно-геодинамических процессов (просадки лессовых грунтов, образования карстов и т.д.) газопровод перемещается поперечно по направлению вниз. Этот процесс называют осадкой (рис. 1.1). Осадка развивается в результате уплотнения и формоизменения части массива грунта под трубой. Вдоль своей трассы магистральный газопровод пересекается с различными естественными и искусственными препятствиями, его участки лежат в различных инженерно-геологических условиях, что вызывает неравномерные осадки и изгиб трубопровода.



**Рис. 1.1** Образование типичной осадки

Под действием сжимающей продольной силы (выпучивание) и силы Архимеда на обводненных участках (всплытие) газопровод испытывается поперечными перемещениями по направлению вверх. Вертикальное выпучивание трубы обусловлено сжимающей продольной силой, вызванной продольным удлинением участков трубопровода с большей продольной жесткостью (рис. 1.2). Продольная жесткость трубопровода – состояние трубопровода, при котором продольные деформации любого сечения трубопровода отсутствуют, при этом:  $\partial u / \partial x = 0$ .

Как только продольная сила преодолевает критического значения, образуется упруго-искривленная форма на участке  $\lambda$  со стрелкой прогиба  $f_0$ . Величина прогиба зависит от последующего изменения продольной силы, т.е. зависит от давления и температуры транспортируемой продукции. Другими словами, при увеличении сжимающей силы  $P$  наблюдается поперечное вертикальное перемещение трубопровода в сторону увеличения начальной стрелки прогиба  $f_0$  на величину  $\Delta f > 0$  (рис. 1.2).

В случае трубопроводы лежат в водонасыщенных грунтах или при оттаивании мерзлых грунтов они имеют положительной плавучесть, они также испытываются поперечными вертикальными перемещениями – происходит всплытие трубопровода под действием силы Архимеда.

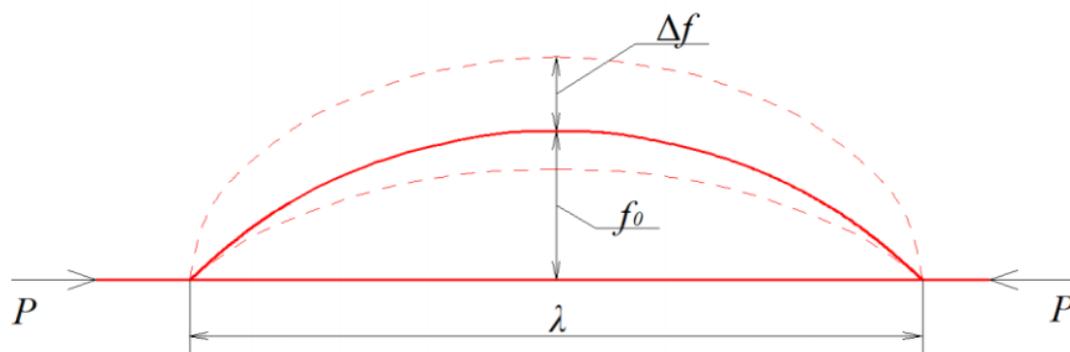


Рис. 1.2 Образование упруго-искривленной формы линейной части МГ

*Поперечные горизонтальные перемещения* вызываются продольным усилием в стенке трубопровода, т.е. искривлением трубопровода в плане – горизонтальное выпучивание в результате развития оползневых процессов (рис. 1.3).

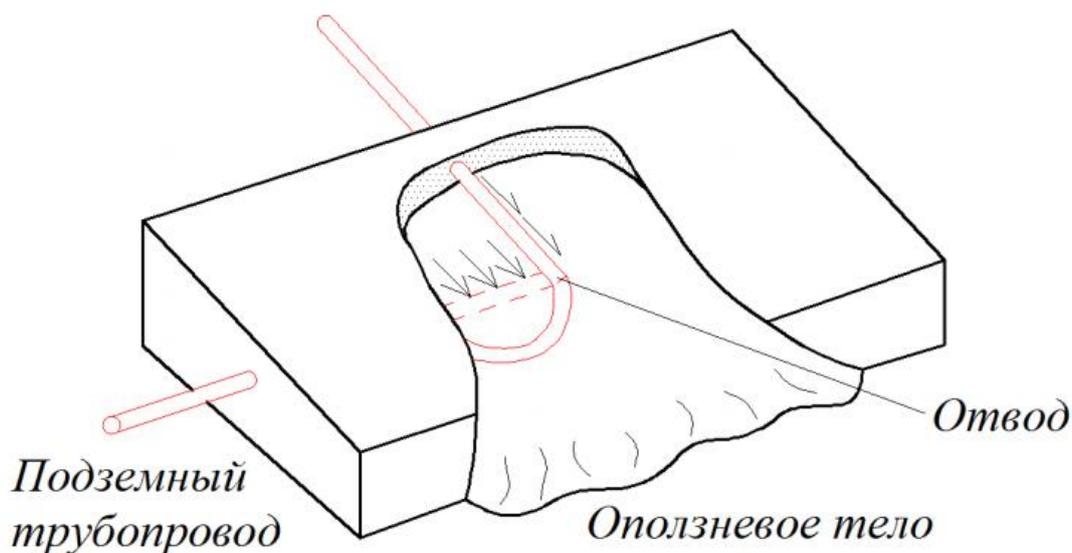


Рис. 1.3 Изображение поперечных горизонтальных перемещений

*Продольные перемещения* трубопровода наблюдаются в случае изменения температурного перепада и внутреннего давления продукта – газа.

Именно наличие по длине трубопровода участков различной продольной жесткости и неполное защемление трубопровода грунтом приводят к продольным удлинениям труб на участках меньшей жесткости по сравнению с

прямолинейным трубопроводом – упругих искривлениях, поворотах труб в плане, по вертикали (например, переходах, выполненных в виде арок), тройниковых соединениях и т.д. Таким образом, при анализе возможных изменений состояния трубопровода, в том числе и проводящих к аварии, прежде всего следует обращать внимание на участки меньшей продольной жесткости. При этом проверять их прочность необходимо с учетом перемещений прилегающих к ним участков, поскольку эти перемещения собираются именно на слабых участках.

На прямолинейных участках газопровода до потери устойчивости наблюдается преимущественно только развитие осадок сооружения. Наиболее опасным для трубопровода являются поперечные перемещения по направлению вверх. При выходе трубопровода из массива грунта на поверхность, участок линейного сооружения подвергается воздействиям осадков, изменению температурного режима, а также механическим повреждениям, вызванным разрушением или опрокидыванием железобетонных пригрузов в процессе эксплуатации и т.д. В качестве примера значительных перемещений трубопроводов по направлению вверх можно привести перемещения магистрального газопровода, приложенных по болотам и озерам Западной Сибири. Данные сооружения испытывают значительные температурные воздействия и в результате образовались «арки» длиной до 500 м и более, а стрелкой изгибы до 15 м (Квофие Р., 2006).

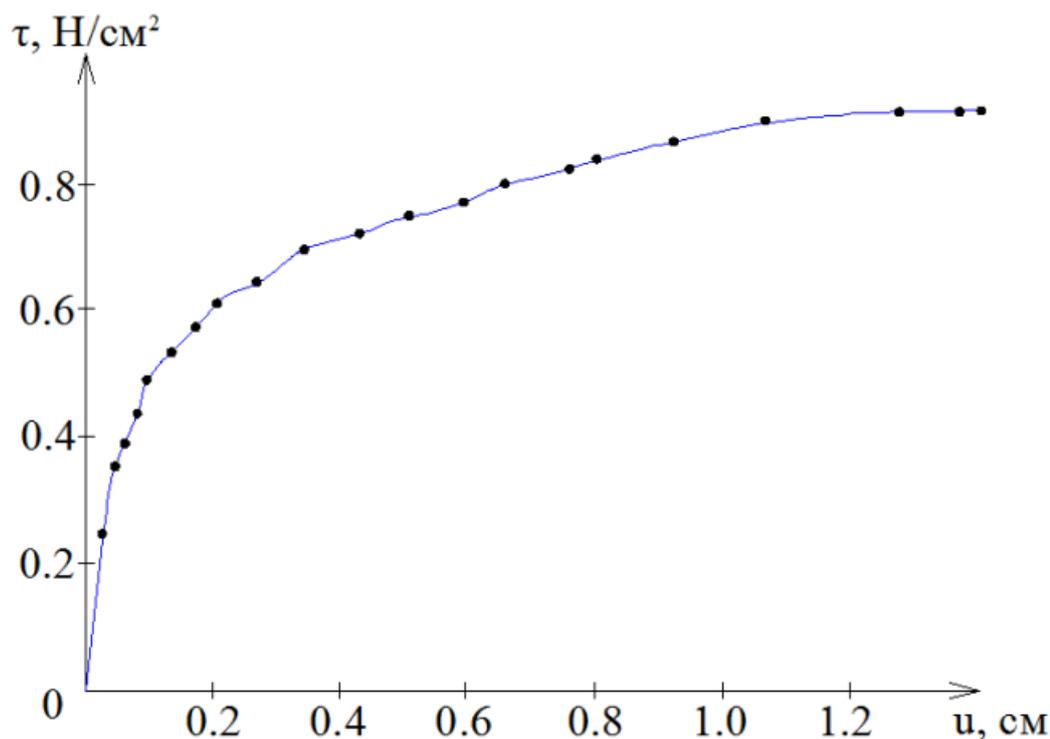
Сами по себе начальные формы искривления, имеющие упругий характер, не опасны для прочности трубопровода. Однако они оказывают опасность для устойчивости, когда произойдет изменения либо давления продукта, либо температуры, либо физико-химических характеристик грунта и т.п.

#### 1.4 Сопротивление массива грунта продольным и поперечным перемещениям трубопровода

Магистральные газопроводы – высокоэнергонасыщенное сооружение линейной формы, особенностью которых является то, что массив грунта для них представляет собой не только нагрузку, но и среду, в которой развиваются деформации сооружения. Массив грунта непрерывно оказывает сопротивление перемещениям трубопровода. Однако жесткость стали (при модуле упругости  $E = 206000$  МПа) на много выше жесткости массива грунта (при модуле  $E = 0,5-50$  МПа), свидетельствует о ограниченной способности массива грунта к сопротивлению перемещениям трубопровода.

До сегодняшнего времени накапливается значительное количество экспериментальных исследований сопротивления массива грунта перемещениям трубопровода. Работы проводились не только в лабораторных условиях, но и на практике. Экспериментальные материалы по исследованию сопротивления массива грунта перемещениям трубопровода приведены в работах А.Б. Айнбиндера (1991), П.П. Бородавкин (2003), Э.М. Ясина, В.И. Черникина (1967) и других работах.

В общем случае зависимость сопротивления массива грунта от перемещений трубопровода по различным направлениям может быть задана с помощью квадратичных функций. В качестве примера можно привести диаграммы сопротивления песчаного грунта продольным перемещениям из работы А.Б. Айнбиндера 1991 (рис.1.4): ось абсцисс - продольные перемещения, а ось ординат – средние значения сопротивления грунта сдвигу по периметру трубы на ее единицу длину.



**Рис. 1.4.** Зависимость сопротивления песчаного грунта от продольных перемещений трубопровода диаметром 529 мм с высотой засыпки 1,2 м.

Для общего случая также следует указать: *продольные перемещения* трубы вызывают, прежде всего, формоизменением окружающего грунта (деформации сдвига), в то время как *поперечные перемещения* — и формоизменением, и уплотнением (объемными деформациями).

При этом взаимодействие «трубопровод-массив грунт» зависит от следующих факторов:

- характеристик грунта (коэффициента пористости, удельного веса, влажности, коэффициента крепости по шкале Протодяконова, сцепления, ползучести и др.);
- трения на поверхность «трубопровод-массив грунт» (угла внутреннего трения);
- наличия вспомогательных устройств (балластировки, изоляции и т.д.);
- дренированных условий грунтов;

- характеристик трубопровода (диаметра, глубины заложения, металла трубы, наличия изоляционного покрытия и др.);
- температурного режима;
- условия эксплуатации сооружения (продольного уклона и др.).

### **1.5 Обзор моделирование системы «газопровод – массив грунта»**

С целью обеспечения безопасности эксплуатации проводят исследование надежности газопроводных конструкций, анализ напряженно-деформированного состояния (НДС), а также расчет на прочность и устойчивость трубопроводов.

Расчет НДС магистральных трубопроводов, основанный на закономерности сопротивления материалов не позволяет провести адекватный анализ прочности трубопроводов с требуемой точностью, а иногда может получить неверную качественную картину НДС. В последние годы во всём мире единственным средством анализа трехмерного нелинейного НДС трубопроводных систем является использование приближенных численных методов. Среди этих методов наибольшее распространение получил метод конечных элементов (МКЭ). Основным достоинством его является возможность решения задач для области любой формы с использованием разбиения расчетной области на конечные элементы треугольной формы, в то время как аналитические решения могут быть получены только для задач с достаточно простой геометрией. Кроме того, преимущество МКЭ проявляется в его универсальности техники вычислений при использовании различных конечных элементов в модели конструкции. Конечно-элементные модели различных конструкций могут быть сведены к стержневым, пластинчатым, оболочечным или объёмным системам, находящимся под действием произвольных нагрузок.

### ***Моделирование газопровода***

В расчетных моделях системы «газопровод-массив грунта» магистральный газопровод задается одним из следующих моделей: стержнем, нитью, оболочкой или сплошной средой.

*Модель нити* используется для расчета конструкций с большими прогибами. При этом нить может быть гибкая и жесткая. В случае напряжения изгиба  $\sigma_{изг}$  меньше 5 % от напряжения растяжения  $\sigma_n$  используется модель гибкой нити, при этом жесткость на изгиб не учитывается. В противоположении используется модель жесткой нити, то есть напряжения учитываются при растяжении и при изгибе. Однако при больших значениях отношения напряжения изгиба к напряжению растяжения используется стержневая модель.

*Стержневые элементы* - участки, у которых длина значительно превосходит толщину и ширину. Для моделирования протяженного трубопровода применяют тонкие стержни, то есть отсутствуют деформации сдвига. В общем случае стержень - криволинейный.

*Оболочки-объекты*, у которых длина и ширина значительно превосходят толщину. Трубопровод-тонкая цилиндрическая оболочка.

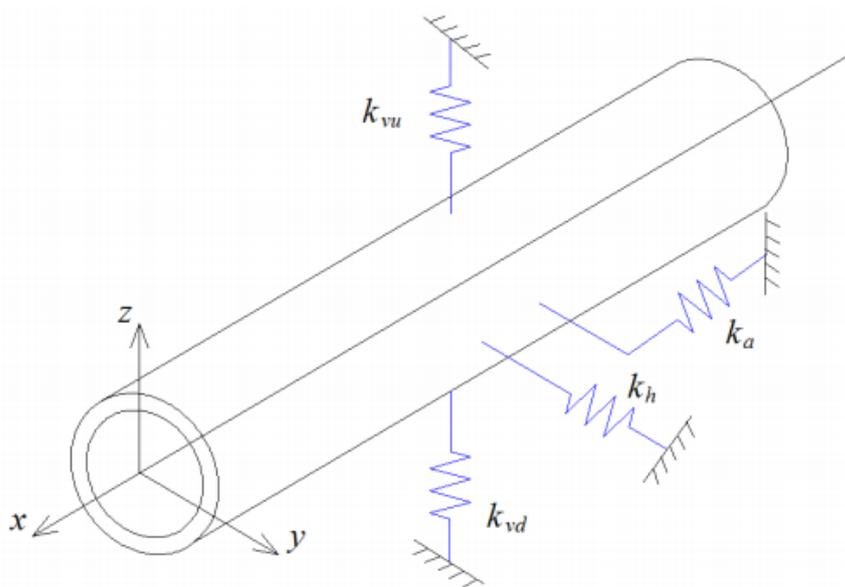
Более совершенной с точки зрения физического смысла задачи это представление трубопровода как *сплошной среды*, заполняющей геометрический объем тела. Недостатка данной модели: отсутствие учета структуры материала.

### ***Моделирование массива грунта***

При задании *трубопровода* в расчетной модели нитью или стержнем массив грунта задается нелинейными связями конечной жесткости (по трем взаимно перпендикулярным направлениям), при построении оболочечных и объемных моделей массив строится объемными конечными элементами. В

случае решения плоской задачи модель сплошной среды применяется как для трубопровода, так и массива грунта.

Трех взаимно-перпендикулярные связи показаны на рисунке 1.5. Каждая связь имитирует сопротивление грунта перемещению трубы по соответствующему направлению.



**Рис. 1.5** Стержневая модель участка газопровода со тремя взаимно-перпендикулярными связями конечной жесткости

*Модели сплошной среды* массива грунта являются в настоящее время повсеместными распространенными. В связи с очевидностью нелинейных свойств массива грунта используются нелинейные соотношения между напряжениями и деформациями. Альтернативой модели сплошной среды в задачах совместного расчета может стать дискретная среда и метод дискретных элементов (МДЭ).

При наличии в глинистых грунтах твердой, жидкой, газообразной и биогенной фаз и размером глинистых частиц, составляющих менее 0.002 мм осложнено применить МДЭ для анализа НДС массива грунта.

## 2.Современные методы реконструкции газопроводов

Линейная часть трубопроводов и газоотводных труб имеют компенсаторы с местами поддержки в виде скользящей опоры. После осмотра компенсатор не обнаруживается в связи с перемещением со своего места.

### 2.1 Результаты внутритрубной инспекции на участке МГ « ██████████

██████████ »

Специалистами филиала «Саратоворгдиагностика» были проведены работы по внутритрубной дефектоскопии МГ « ██████████ » I нитка диаметром 1020 мм.

Обследование проводилось в соответствии с технологией, определяемой «Руководством по эксплуатации и обслуживанию диагностического комплекса «Крот-1000», «Инструкцией по внутритрубной инспекции трубопроводных систем» и «Инструкцией по пропуску ОУ», разработанной ООО "Газпром трансгаз Томск".

С целью очистки внутренней полости трубы от загрязнений был произведен пропуск очистного скребка. Время в пути 5 час 57 мин, средняя Скорость движения 13.9 км/час. С целью очистки внутренней полости трубы загрязнений были произведены два дополнительных пропуска очистного Скребка

Коррозионное обследование: запись информации произведена по всей длине обследуемого участка.

Результаты коррозионного обследования сведены в таблицу магнитных аномалий в которой представлены:

- Идентификация аномалий;
- Дистанция в метрах от камеры запуска до аномалии по одометрической системе снаряда-дефектоскопа;
- Номер трубы на которой находится аномалия;
- Привязка к естественным и искусственным маркерам;

- Расположение аномалии на трубе, т.е. расстояние от п-образного компенсатора нижи угол;
- Геометрические параметры аномалии;
- Ориентация аномалии на трубе;
- Изменение толщины стенки трубы.

Ниже приведен график скорости движения дефектоскопа, из которого видно, что движение дефектоскопа было в основном равномерно, зафиксировано только несколько мест скачкообразных изменений скорости. При этом выхода за пределы допустимых значений не было.

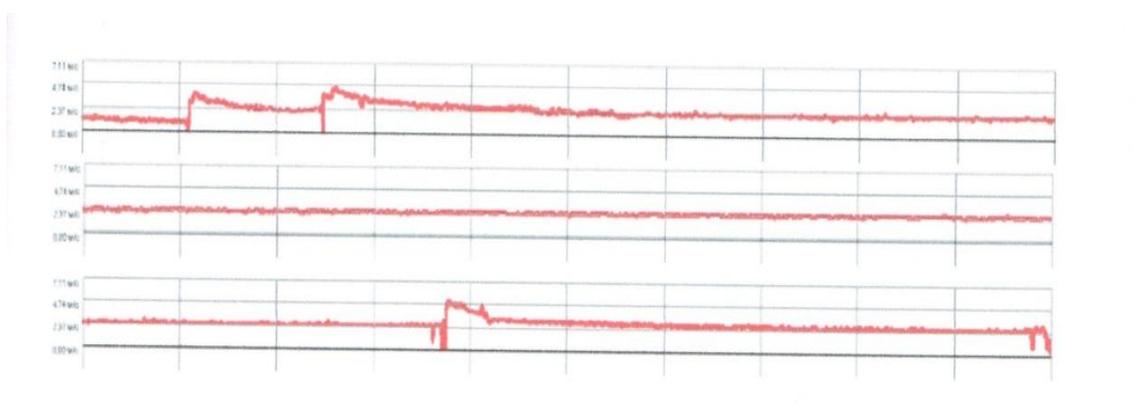


Рисунок 3.1 Скорость движения дефектоскопа на участке газопровода

< [REDACTED] >

CAESAR II является одной из международно-признанных программ для анализа напряжений с наиболее широко используемым программным обеспечением. Она первой вышла на китайский рынок как наиболее широко используемая для анализа НДС труб [6]. Использование ПО CAESAR II позволяет установить трехмерную модель МКЭ трубы и представить трубопровод как цилиндров. Модели с фактическими полученными данными, сравнивали для определения надежности модели.

### 2.1.1 создание модель

Основные возможности CAESAR II для процесса моделирования это использование программного обеспечения для моделирования в том числе

трубопроводов, оборудования и местоположения трубопровода в почве (Таблица 1, Таблица 2) [7]. Анализ напряженно-деформированного состояния модели вошёл в программу, получен компенсатор трубы и его модель (Рисунок 1).

Таблица 1 Параметры трубопровода и компенсатора

диаметр /мм	толщина стенки /мм	материал	модуль упругости /кПа	температура/°С		расчетное давление /кПа	коэффициент трения
				продукта	окружение		
457	20,6	API-5L X52	$20,036 \times 10^8$	65	15	13 000	0,3

Таблица 2 Параметры почвы

классификация почв	коэффициент трения	плотность (kgcm-3)	глубина заложения /мм	коэффициент упругости
Песчаная почва	0,3	$1,8 \times 10^{-3}$	1 900	4

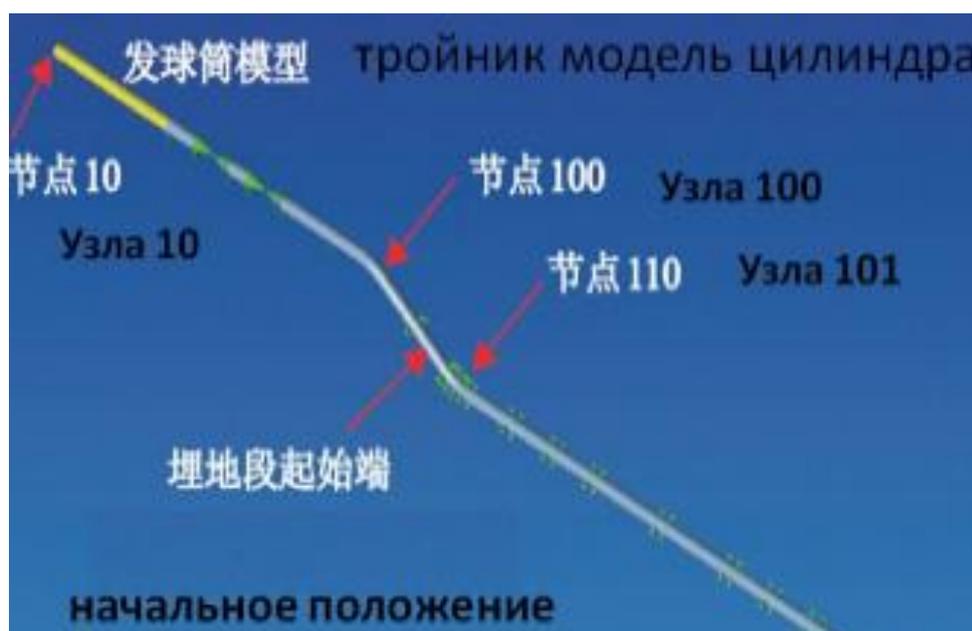


Рисунок 1 Анализ напряжений на модели трубы

## 2.1.2 Анализ надежности

В соответствии с Рисунком 1 по расчету, условиями моделирования продолжают служить максимальное смещение компенсатора (Таблица3). Видимое максимальное смещение узла 10, максимальная сумма смещения вдоль направления оси x -35.0101 мм. В реальной ситуации 33.2691 мм. Модель согласуется с реальной ситуацией, вы можете использовать эту модель для решения конструкции.

Таблица 3 Результаты перемещения компенсатора

Рабочие условия	Номер условия	Величина смещения в разных направлениях /мм			Максимальная сумма смещение
		Вдоль оси X	Вдоль оси Y	Вдоль оси Z	
Рабочие условия	10	-35,010 1	0,032 1	-0,013 5	-35,010 1
	20	-34,898 0	0,000 0	-0,012 8	-34,898 0
	30	-32,883 0	0,106 7	-0,001 2	-32,883 0
	40	-32,603 2	0,047 7	0,000 4	-32,603 2
	50	-32,603 2	0,702 7	0,004 4	-31,931 5

## 2.2. Способ решения

Тепловое расширение компенсатора трубопроводов в результате условий эксплуатации, может в основном служить рабочим объемом для расчета. Для того, чтобы обеспечить безопасные условия работы в компенсаторе предложены три вида решений.

### 2.2.1 способ выбора

1) Вариант 1. Для того, чтобы предотвратить тепловое расширение трубы перемещают оборудование и т.д. вызывая повреждения или чрезмерную деформацию трубопроводов или клапанов камер, где, как и некоторые на обеих сторонах поворота труб, часто приходится устанавливать исправления (Контрфорс) быть защищены[8]. Чтобы сделать это, нужно установить фиксированный Контрфорс в сбор газопроводов сегмента узла 112. ( Рисунок 2)

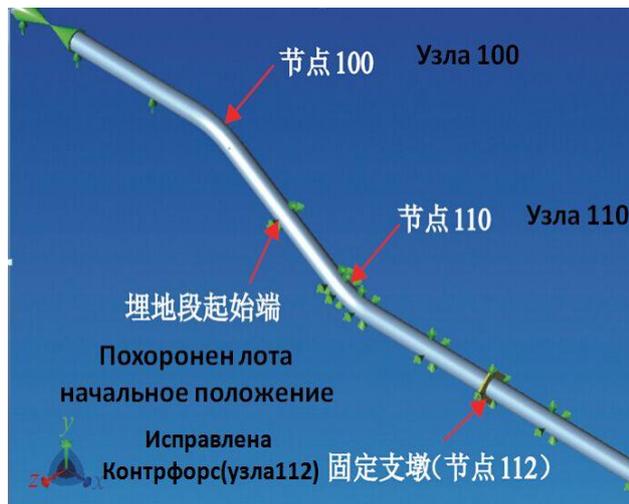


Рисунок 2 трубопровод узел 112 для фиксированного положения

2) Вариант 2. Смещение трубы в сборе газостанции, обслуживающей в основном изменяется вторичное напряжение, вызванное участком трубопровода. (Рисунок3) После остановки трубопровода, на расстоянии 6 м в конце трубы магистрального установите длину каждого сегмента 6 м  $90^\circ$  структура в форме компенсации. Эти изменения в осевом направлении изгиба труб, увеличивают гибкость трубы, так что труба легко деформируется, имеет тенденцию к снижению НДС температуры трубопровода[7].



Рисунок3 трубопровод компенсатора  $90^\circ$  структура модели компенсации

3) Вариант 3. Устанавливается после того, как закрыли трубопровод, на расстоянии 3 м в конце трубы. Для каждой длины сегмента составляет 6 м  $45^\circ$  п-образной компенсационной структуры (рис. 4), тем самым увеличивая

гибкость трубопровода. Программное обеспечение CAESAR II с использованием вышеуказанных трех видов проектных решений обеспечило анализа НДС. Дало программе фиксированный Контрфорс на (узел 112) силы (Таблица 4) и 3 вида программ для обслуживания (узел 10). Результаты смещения (таблица 5) показывают, что три вида программ для компенсации НДС не превысил допускаемых значений(таблица 6).

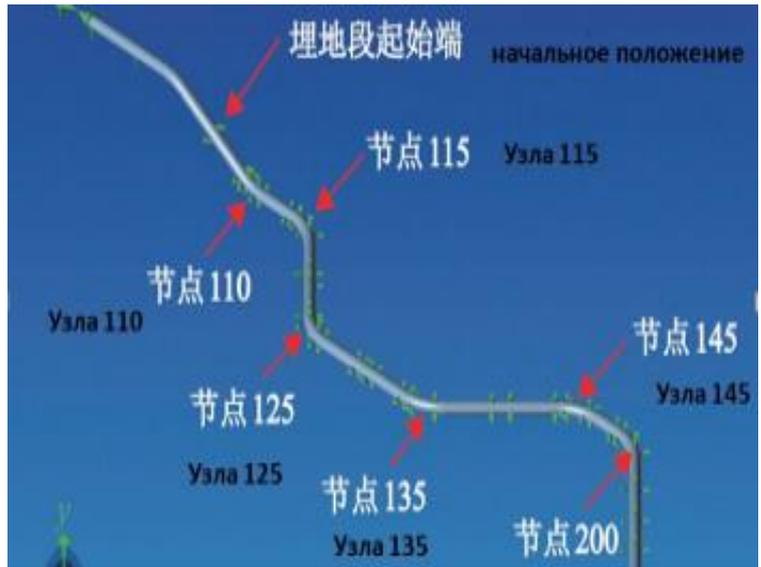


рис. 4 трубопровод 45 °п-образной структурой модели компенсации.

Таблица 4 узел трубопровода 112

Номер узла	Силы в разных направлениях/Н		
	Вдоль оси X	Вдоль оси Y	Вдоль оси Z
112	-711 868,1	-359,91	11 012,02

Таблица 5 газопровод величина смещения узла10

вариант	Номер узла	Величина смещения в разных направлениях /мм		
		Вдоль оси X	Вдоль оси Y	Вдоль оси Z
Номер 1	10	-13,907 7	0,012 0	0,000 0
Номер 2		-12,894 9	0,013 6	0,854 9
Номер 3		-13,652 9	0,014 8	0,884 9

Таблица 6 Расчет НДС трех видов результатов программы с допустимым напряжением по ASME B31.3-2006

	Трубопроводы блок	Номер узла	Напряжение		Расчет напряжений и коэффициента допустимого напряжения
			вычисления	Допустимое	
Вариант1	110~111	110	3 463,66	372 316,9	0,93
	200~201	200	61 492,91	372 316,9	16,52
Вариант2	110~111	110	20 440,96	372 316,9	5,49
	112~115	115	15 227,46	372 316,9	4,09
	125~126	125	20 209,49	372 316,9	5,43
	127~135	135	78 033,22	372 316,9	20,96
	145~146	145	51 239,23	372 316,9	13,76
	200~201	200	53 711,07	372 316,9	14,43
Вариант3	110~111	110	25 453,59	372 316,9	6,84
	112~115	115	53 580,86	372 316,9	14,39
	125~126	125	34 822,40	372 316,9	9,35
	135~136	135	55 872,54	372 316,9	15,01
	145~146	145	27 416,90	372 316,9	7,36
	200~201	200	58 016,85	372 316,9	15,58

### 2.2.2 результат анализа

Сравнивая три варианта: необходимо установить программы, чтобы компенсировать в направлении оси x неподвижного Контрфорс 711 868,1 N, так как в этой области более песка и фиксированной Контрфорс, больше площадь, земля легко переворачивается; вариант II может служить для контроля перемещения трубопровода менее чем 13 мм, но 90 °п-образной структуры компенсация неудобна для работы внутри трубопровода; вариант 3 будет служить рабочим объемом цилиндров, может регулироваться в пределах 14 мм, структура компенсации облегчает работу трубопровода через шаровой кран. Взятые вместе, варианты для трех пар труб и тройника, чтобы преобразовать и отремонтировать наземное оборудование, изменит свою поддержку в виде скользящей опоры.

## 2.4 Вывод

Создали 3D модели участка газопровода и соединения, сопоставляли результат анализа напряжений-деформированного состояния и реальных данных. Результаты моделирования показали, что смещения соответствуют конкретной величине смещения. Анализ НДС путем создания 3D модели возможно признать удовлетворительным. Использовали программу CAESAR для того чтобы выбрать и сравнить вариант. Результаты применения показывают, что: в непосредственной близости от трубопроводов зона с 90° п-образной структурой компенсации не только может эффективно уменьшить количество перемещений, а также обеспечить надежную работу трубопровода. Таким образом, 90 ° п-образной структуры компенсации самый лучший вариант.

## **5. Предпроектный анализ**

Цель данного исследования состояла в том, чтобы использовать программное обеспечение для анализа, а также коррозии трубопроводов трахеи найти поврежденный участок для ремонта к худшему, и улучшить жизнь трубопровода. Для этого необходимо оценить экономическую эффективность проекта.

### **5.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Для выполнения данной работы необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. В таблице 5.1 приведен перечень этапов, работ и исполнителей [14].

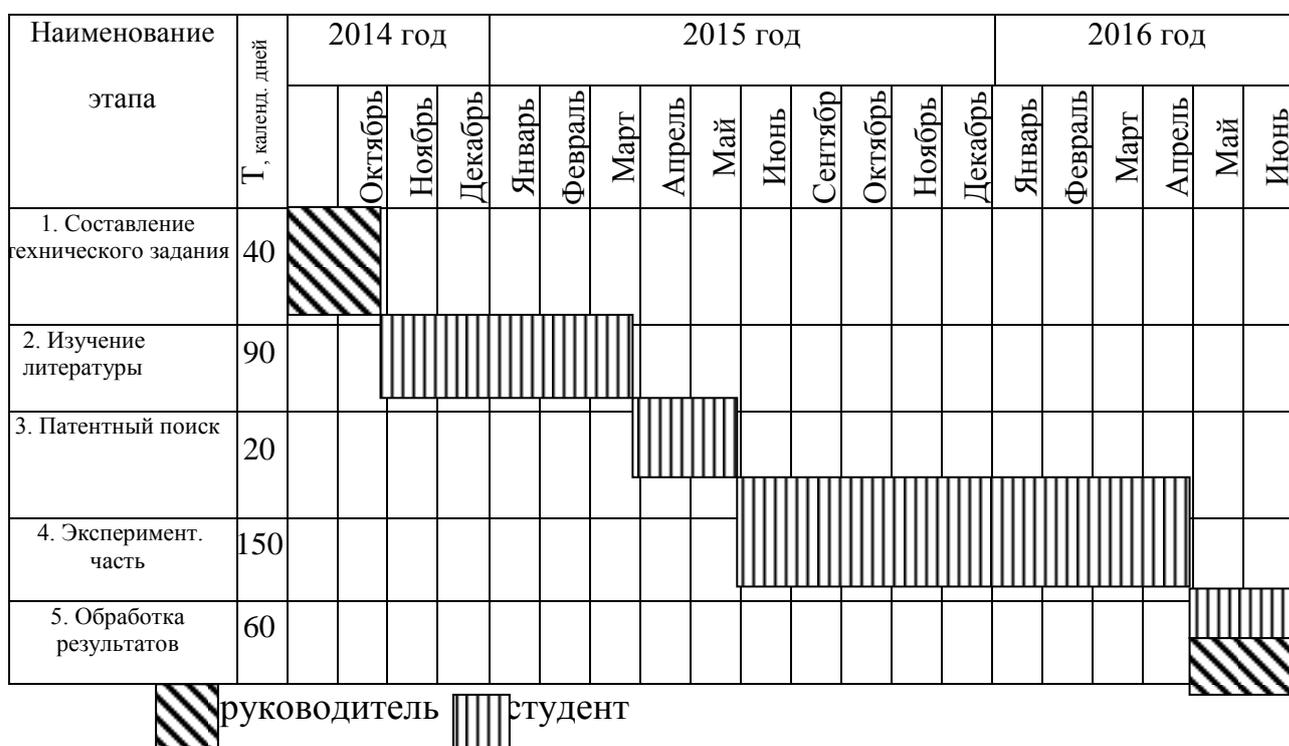
Таблица 5.1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение моделей и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Руководитель, инженер

## 5.2. Календарный план-график проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный план проекта. Согласно плану проекта длится 3 года. План-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) представлен в таблице 5.2. Виды работ на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 5.2. Календарный план-график проведения НИР по теме.



Как видно из представленного графика наибольшую часть времени занимает экспериментальная часть.

### 5.3. Бюджет научного исследования

#### 5.3.1. Оборудование для научных (экспериментальных) работ

Для проведения работ по конкретной теме необходимо специальное оборудование (приборы, контрольно-измерительная аппаратура, стенды, различные устройства). Расходы представлены в таблице 5.3

Таблица 5.3

Расчет затрат по аппаратуру «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	ПЭВМ	1	67000	67000
2.	ANSYS	-	-	
3.	autodesk inventor	-	-	
4. .	Итого	1	-	67000

Цена единицы оборудования персональная электронно-вычислительная машина составляет 67000 руб., срок службы – 5 лет. Следовательно, амортизационные отчисления, рассчитанные остаточный способом, будут составлять 3350 руб./год. [15]

Также необходимо учесть затраты на доставку и монтаж спецоборудования, которые составляют 15% от его стоимости. Всего затраты на «Специальное оборудование» составляют 67000 рублей [14].

### 5.3.2 Расчет основной заработной платы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

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

$T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней. (Таблица 5.4)

Таблица 5.4

Таблица 5.4 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	96	96
- праздничные дни	12	12
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент;

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

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.5.

Таблица 5.5 Расчет основной заработной платы

Исполнители	Кол. исполнители	Зб, руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>раб</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	1	23264,86	1	0,14	1,3	34478,5	1607,9	446	717123,4
Лаборант	1	8371,46	1	0	1,3	10882,9	507,5	446	226345

### 5.3.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

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

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты (0,1);

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

Далее в таблице 5.7 приведены результаты расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.6 Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Лаборант
Основная зарплата	717123,4	226345
Дополнительная зарплата	71712,34	22634,5
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	1037815,24	

#### 5.3.4. Отчисления на социальные нужды

**Научные и производственные командировки** составляют 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы: 103781,524 р.

#### Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Результаты расчета представлены в таблице 5.7

Таблица 5.7 Социальные отчисления, установленные законом обязательные платежи, уплачиваемые работодателем в Государственные внебюджетные фонды

№ пп	Зарплата всех сотрудников за период научно-исследовательских работ, руб.	ПФ (22%)	ФСС (2,9%)	ФФОМС (5,1%)	ОСС от несчастных случаев (0,2%)	Итого сумма отчислений
1.	1037815,24	228319,4	30096,6	52928,6	2075,6	313420,2

### 5.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в (таблице 5.8).

Таблица 5.8 Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сметная стоимость (руб.)
1. Материальные затраты НИИ	13113,45
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	348000
3. Амортизационные отчисления	50600
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	943468,4
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	94346,84
6. Отчисления во внебюджетные фонды	313420,2
7. Затраты на научные и производственные командировки	103781,524
8. Накладные расходы (16% от суммы пункты 1-7)	298676,87
9. Бюджет затрат НИИ	2165407,28

### 5.3.6. Оценка сравнительной эффективности исследования

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}$$

где  $I_{\phi}^p$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;  $b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 5.9

Таблица 5.9 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критери	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
Способствует росту производительности труда	0,10	5	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	4	3
Помехоустойчивость	0,15	5	3
Энергосбережение	0,20	5	3
Надежность	0,20	4	4
Материалоемкость	0,15	5	4
ИТОГО	1		1

$$I_m = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6$$

$$\text{Аналог} = 3,45$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финр}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где  $\mathcal{E}_{cp}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{\phi}^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{\phi}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 5.10 Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки, $I_{\phi}^p$ (по надежности)	1,00	0,8
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки, $I_m$	3,45	4,60
Интегральный показатель эффективности, $I_{финр}^p, I_{финр}^a$	3,45	5,54
Сравнительная эффективность вариантов исполнения, $\mathcal{E}_{cp}$	0,6	1,6

### Вывод

В данном разделе была проанализирована структура работ в рамках научного исследования; бюджет научного исследования; оборудование для научных (экспериментальных) работ; расчет основной заработной платы;

оценка сравнительной эффективности исследования. Также были рассчитаны сметы затрат на реализацию проекта, которые составят 67,000рублей, включая материалы, заработную плату и т.д.. Кроме этого, была рассчитана технико-экономическая эффективность разработки. Полученный показатель свидетельствует о положительной оценке целесообразности внедрения системы.

## **6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ УЧАСТКА МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА**

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров (ГОСТ Р ИСО 26000-2012) [16].

Данный термин тесно связан с понятием безопасности – состоянием деятельности, при котором с определённой долей вероятности исключаются потенциальные опасности, влияющие на здоровье человека.

Организация добровольно принимает дополнительные меры (вклад бизнеса) для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в социальной, экономической и экологической сферах. В центр ставится проблема достижения и совмещения интересов всех участников «жизнедеятельности» организации (улучшение благосостояния и качества жизни).

Сущность данной работы – применение программы нового современного метода адаптивной интерпретации результатов с целью повышения точности результатов и сокращения время простоя газовых скважин, следовательно, увеличивает экономическую эффективность при транспорте газопровода.

Разработка данной программы велась на персональном компьютере в помещении, находящемся в офисном здании. Помещение представляет собой комнату прямоугольной формы размером 6х8 м реальная площадь и площадь на одно рабочее место оператора персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ) в данном помещении составляют 8 кв.м. Высота потолков составляет 3 м. В процессе проведения внутритрубной диагностики

магистрального газопровода ключевую роль играют камеры запуска и приема очистных устройств, где существует вероятность проявления вредных и опасных факторов, негативного воздействия на окружающую природную среду, а также возникновения ЧС.

Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СН245-71 устанавливают на одного работающего объем производственного помещения не менее 15м<sup>3</sup>, площадь помещения не менее 4,5м<sup>2</sup>. Участок магистрального газопровода ██████████ находится на юге западной Сибири. Работы проводятся круглогодично. Виды работы представлены в табл 6.1

### 6.1 Профессиональная социальная безопасность

Данный параграф рекомендуется начать с составления обобщающей таблицы «Основные элементы рабочего процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на рабочем месте». (Таблица 6.1)

Таблица 6.1

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на рабочем месте

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1)очистка внутренней полости трубопровода от инородных предметов; 2) калибровка трубопровода; 3) обследование трубопровода профилометром; 4) обследование трубопровода внутритрубными магнитными и/или ультразвуковыми дефектоскопами	Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 2. Превышение уровней шума и 3. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды;	1. Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением); 2.Пожаро-взрывоопасность;	ГОСТ12.1.019-79 [17] ГОСТ 12.4.026-75 [18] ГОСТ12.1.019-91 [19] ГОСТ12.1.005-94 [20] СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2012[16]
Работа с ПЭВМ для моделирования и расчета результатов через среды Autodesk Inventor.	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 3. Степень нервно-эмоционального напряжения	1.Электрический ток. 2. Пожаро-опасность .	-СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [21] -СанПиН 2.2.4.548-96 [22] -СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [23] -ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [24]

## **6.1.1 Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению полевой этап**

### **1 Отклонение показатель климат на открытом воздухе**

К метеорологическим условиям производственной среды относятся: относительная влажность, барометрическое давление, скорость движения и температура воздуха, интенсивность теплового излучения от нагретых поверхностей. Все эти условия оказывают влияние на здоровье и самочувствие человека, на его функциональную деятельность. Различные их сочетания позволяют добиться благоприятных условий для работы человека. Например, при повышенной температуре в помещении следует увеличить скорость движения воздуха. Однако неправильное сочетание может принести вред. Например, если повысить влажность воздуха, то это только усугубит действие как пониженной, так и повышенной температуры в помещении.

К средствам защиты лица, глаз и органов слуха работников, выполняющих ремонтные работы на нефтепроводах, относятся щитки защитные лицевые, очки защитные, противοшумные наушники, вкладыши. При работах в траншеях и котлованах должны применяться коллективные средства защиты, к которым, в соответствии с ГОСТ 12.4.011, относятся:

- средства нормализации воздушной среды
- вентиляционные установки – при повышении загазованности в месте проведения работ сверх допустимой санитарной нормы (300 мг/м куб.);
- средства нормализации освещения рабочих мест – искусственное освещение – при работах в ночное время;

средства защиты от поражения током – защитное заземление (зануление) электроустановок, изолирующие устройства и покрытия – от поражения током при пробое изоляции на корпус и отказе защиты, знаки безопасности, устройства защитного отключения. Летом температура повышается. Снег тает. Воздух становится влажным, и клещи просыпаются. Самая большая активность

проявляется в начале марта, и до лета клещи находятся в активном поиске. Избежать укуса нужно:

Против энцефалита сделать прививку; отправляясь на прогулку за город, следует одеться так, чтобы перетянутые на ногах брюки и на руках рукава предотвращали попадания насекомого под одежду; не забывайте о головном уборе; не присаживайтесь на траву; не ходите по густым зарослям; используйте мазь, отпугивающую клещей; вернувшись домой после прогулки, осмотрите внимательно одежду и тело. (Передвигаются клещи медленно. Они могут несколько часов находиться на одежде или в волосах. Попав на открытый участок тела, присасываются безболезненно.)

Ещё несколько способов:

1. Используйте пинцет. Зацепите и вытягивайте насекомое, раскачивая его, как маятник.
2. Используйте нитку. Сделав петлю, набросьте на клеща. Раскачивая, удалите его. Этот процесс может занять несколько минут.
3. Можно использовать какой-нибудь жир (вазелин, крем, подсолнечное масло), которым предварительно смазывают клеща и закрывают любой крышечкой или колпачком. Через несколько минут он вылезет сам.

После удаления клеща обработайте место укуса перекисью водорода, йодом. Ни в коем случае не давите его, сожгите или залейте кипятком. Если хотите убедиться, что он не был переносчиком опасного заболевания, отправьте в лабораторию. Руки и инструмент, которым извлекали клеща, нужно хорошо вымыть. Не стоит: резко дёргать; извлекать грязными инструментами или руками; ковырять иголкой; прижигать клеща зажигалкой или сигаретой.

## **2 Превышение уровней шума**

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Источниками шума при работе по переизоляции магистрального трубопровода

может быть работающая техника, шлифмашинка. Длительное воздействие шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха.

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия и при длительном действии может быть причиной невротических состояний. Воздействие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха - профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБ) и смерть.

Для предотвращения негативного воздействия шума на рабочих используются средства коллективной и индивидуальной защиты.

Коллективные средства защиты:

- борьба с шумом в самом источнике;
- борьба с шумом на пути распространения (экранирование рабочей зоны, постановкой перегородок, диафрагм, звукоизоляция). Измерение шума производят прибором шумомером.

Средства индивидуальной защиты: наушники (ГОСТ Р 12.4.208-99), противозумные наушники, смонтированные с защитной каской (ГОСТ Р 12.4.210-99), ушные вкладыши (ГОСТ Р 12.4.209-99).

### **3. повышенная загазованность воздуха рабочей среды камеральный этап**

Выполнение различных производственных работ сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ, которые могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья человека. Для воздуха рабочей зоны производственных помещений в соответствии с установленными предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ. Некоторые из них даны в приложении 3.

Состояние воздушной среды определяется запыленностью или загазованностью воздуха рабочей зоны и повышенной или пониженной температурой воздуха рабочей зоны. Запыленность и загазованность возникает во время пайки, основные вредные вещества являются свинцом и оловом, А причины изменения температуры воздуха рабочей зоны – солнце, электрические оборудования, люди и пр. изменение температуры воздуха может вызывать неприятность человека, даже принести болезнь (например, простуду).

### 1. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Наиболее значительным фактором, который чаще всего реально влияет на производительность и безопасность труда, является микроклимат рабочего места, который характеризуется уровнем температуры и влажности воздуха, скоростью его движения. Эти параметры должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 5.2. СанПиН 2.2.4.548-96 [22]

Таблица 6.2 Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений [22]

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, ф%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин t° <sub>опт</sub>	Диапазон выше оптимальных величин t° <sub>опт</sub>			Если t° < t° <sub>опт</sub>	Если t° > t° <sub>опт</sub> "***"
Холодный	Ia	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0 - 26,0	15 - 75	0,1	0,1
	Iб	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	Ia	21,0 – 22,9	25,1 - 28,0	20,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,2
	Iб	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,3

Категории Ia соответствует данной работе с интенсивностью энергозатрат 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата.

Высокая температура воздуха, особенно в сочетании с высокой влажностью, резко снижает работоспособность оператора. При этом человек быстро утомляется, у него понижается внимание, уменьшается скорость сенсомоторных реакций, нарушается координация движений, увеличивается количество ошибок.

Для кондиционирования воздуха можем использовать системы автоматического кондиционирования или вентиляции.

Помещение аудитории не оборудовано системами кондиционирования или вентиляции, воздухообмен в нем обеспечивается путем естественного проветривания помещения (открытие окон) на основании субъективных ощущений персонала. Вследствие этого температура в помещении неравномерно колеблется в пределах от 22 до 25 °С, влажность от 40 до 60 %. От таблицы можем сделать вывод что рабочее место удовлетворяет оптимальным требованиям микроклимата для работы с ПЭВМ. [25]

## **2. Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [26].

Необходимость регулярной очистки застекления световых приборов (светильников). Сроки предусмотрены нормативами. В сборочных цехах светильники должны очищаться не реже 1 раза в три месяца. Таблица 6.4

Таблица 6.4

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ

Наименование рабочего места	Тип светильника и источника света	Коэффициент естественной освещенности, КЕО, %	Освещенность при совмещенной системе, лк
Аналитические лаборатории с компьютерами	Люминесцентные лампы	$\geq 1.5$	$\geq 400$ ЛК

Отраженная блескость может быть вызвана как естественным, так и искусственным освещением (в частности, на экране монитора может отражаться окно или источник света). С целью исключения отраженной блескости на экранах мониторов следует:

При системе комбинированного освещения применять светильники местного освещения, оборудованные непрозрачным отражателем с защитным углом не менее 40 градусов; Использовать для внутренней отделки помещений и применяемой мебели диффузно отражающие материалы.

### 3. Степень нервно-эмоционального напряжения

Любая умственная работа вызывает нервно-эмоциональное напряжение, для каждого рода деятельности необходим свой оптимум эмоционального напряжения, при котором реакции организма оказываются наиболее совершенными и эффективными.

При выполнении человеком умственной работы с нервно-эмоциональным напряжением имеют место сдвиги в вегетативных функциях человека: повышение кровяного давления, изменение ЭКГ, увеличение легочной вентиляции и потребление кислорода, повышение температуры тела.

Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, целесообразно выполнять комплексы упражнений для глаз, улучшения

мозгового кровообращения, снятия утомления с плечевого пояса и рук, туловища и ног.

## **6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

### **1. Давление (разрушение аппарата работающего под давлением )**

Для автоматизации ручных и трудоемких производственных процессов в авиационной промышленности широко используется энергия сжатого газа. Сжатый газ применяется при различных технологических процессах, а также при испытаниях различных систем и устройств, работающих под давлением.

Получение сжатого газа осуществляется на компрессорных установках; подача газа потребителям проводится по трубопроводам. Для хранения и транспортировки сжатых, сжиженных и растворенных газов применяются емкости (сосуды).

Работы, связанные с получением и использованием сжатых газов, относятся к работам повышенной опасности.

Вследствие ошибок при проектировании, неправильного изготовления и монтажа, а также несоблюдения правил безопасности при эксплуатации может произойти разрушение оборудования, систем и устройств, в которых получается или используется сжатый газ. Такое разрушение нередко сопровождается взрывами и пожарами, разрушением зданий и сооружений, а также травмированием обслуживающего персонала.

### **2. Пожар взрывоопасность (полевой этап)**

Источниками возникновения пожара могут быть электрические искры, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением.

Работы по нанесению изоляции на отремонтированный участок нефтепровода должны проводиться с оформлением наряда-допуска на

газоопасные работы. Перед проведением работ по очистке и изоляции, необходимо провести контроль воздушной среды на загазованность.

Срок единовременного пребывания работающего в шланговом противогазе определяется нарядом-допуском, но не должен превышать 15мин, с последующим отдыхом на чистом воздухе не менее 15мин.

В ночное время освещение рабочего котлована должно осуществляться прожекторами или светильниками во взрывобезопасном исполнении. Для местного освещения необходимо применять светильники напряжением не более 12 В, или аккумуляторные фонари (включать и выключать их следует за пределами взрывоопасной зоны).

## **1. Электробезопасность**

При прохождении через тело человека ток оказывает вредоносное термическое биологическое и электролитическое действия.

Основные причины поражения электрическим током:

Случайное прикосновение или приближение опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением; появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования; Возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода на землю.

Для защиты от поражения электрическим током при повреждении изоляции должны выполняться следующие защитные меры: заземление; защитное отключение; выравнивание потенциала; система защитных проводов; изоляция нетоковедущих частей; электрическое разделение сети; малое напряжение; контроль изоляции; компенсация токов замыкания на землю; навигатор.

Защитное заземление должно обеспечивать защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции.

Оборудование (ПЭВМ) в данном помещении относится к I классу по способу защиты от поражения электрическим током. Питание ПЭВМ в помещении осуществляется через сеть частотой 50 Гц, напряжением 220 В. Компьютер подключается к источнику питания с помощью трехжильного провода, в котором одна жила служит для заземления. Сопротивление заземляющего устройства для данного типа сети в помещении не должно превышать 4 Ом, что отвечает требованиям для электрооборудования с напряжением до 1000 В, сопротивление изоляции токоведущих проводов должно быть не менее 0,5 Ом. В данном помещении заземление произведено, сопротивление заземляющего устройства составляет 3,3 Ом, что соответствует требованиям. Контроль защитного заземления производится ежегодно.

## **2. Пожар опасность (камеральный этап)**

Возникновение пожара в лаборатории может произойти по причине электрического характера, так как: может произойти короткое замыкание, сопровождаемое большим выделением теплоты (искры, накаливание проводников в следствии больших токов короткого замыкания). Предупреждением служит использование защитных устройств, правильный выбор типа изоляции, регулярные профилактические осмотры и ремонт оборудования. Большие переходные сопротивления ведут к локальному перегреву, что может так же вызвать пожар, для его предупреждения необходим хороший контакт между проводниками.

Для устранения причин возникновения пожара электрического характера проводится обучение рабочих служащих правилам противопожарной безопасности.

При возникновении пожара необходимо выключить рубильник, при тушении использовать первичные средства огнетушения: огнетушители, полотно, песок. Для тушения пожара в электроустановках используют сухие огнетушители. В лаборатории имеется огнетушитель ОПС-10 порошкового

типа. Эвакуация людей и оборудования осуществляется через двери и далее по коридору в соответствии с планом эвакуации из корпуса.

## 6.2 Экологическая безопасность

Подраздел «Экологическая безопасность» (ООС) или экологическая безопасность освещается в разделе согласно действующим стандартам качества окружающей среды и ГОСТ Р ИСО 26000-2012.[16] Экологическая ответственность является необходимым условием выживания людей. При этом анализируются в работе возможные источники вредных воздействий техногенной деятельности при разработке и реализации ВКР на различные природные среды окружающей среды (атмосферу, гидросферу и литосферу, животный и растительный мир) при эксплуатации магистрального газопровода (Табл.6.5)

Таблица 6.5

Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при эксплуатации магистрального газопровода

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Уничтожение и повреждение почвенного слоя, сельхозугодий и других земель	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель
	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и др.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники.  Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязненной земли и т.д.
	Засорение почвы производственными отходами	Вывоз и захоронение производственных отходов
	Создание выемок и неровностей, усиление эрозионной опасности. Уничтожение растительности	Засыпка выемок, горных выработок
	Уничтожение, повреждение и загрязнение почвенного покрова	Мероприятия по охране почв

Лес и лесные ресурсы	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой
	Оставление недорубов, захламление лесосек	Оборудование пожароопасных объектов, создание минерализованных полос, использование вырубленной древесины
	Порубка древостоя при оборудовании буровых площадок, коммуникаций, поселков	Попенная плата, соблюдение нормативов отвода земель в залесенных территориях
Вода и водные ресурсы	Загрязнение сточными водами и мусором (буровым раствором, нефтепродуктами, минеральными водами и рассолами и др.)	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора; сооружение водоотводов, накопителей, отстойников, уничтожение мусора
Вода и водные ресурсы	Загрязнение бытовыми стоками	Очистные сооружения для буровых стоков (канализационные устройства, септики, хлораторные и др.)
	Механическое и химическое загрязнение водотоков в результате сталкивания отвалов, нарушение циркуляции водотоков отвалами, траншеями и др.	Рациональное размещение отвалов, сооружение специальных эстакад и т. д.
	Загрязнение подземных вод при смешении различных водоносных горизонтов	Ликвидационный тампонаж буровых скважин
	Нарушение циркуляции подземных вод и иссушение водоносных горизонтов при нарушении водоупоров буровыми скважинами и подземными выработками	Оборудование скважин оголовками
Недра	Нарушение состояния геологической среды (подземные воды, изменение инженерно-геологических свойств пород)	Ликвидационный тампонаж скважин. Гидрогеологические, гидрогеохимические и инженерно-геологические наблюдения в скважинах и выработках
	Не комплексное изучение недр	Оборудование и аналитические работы на сопутствующие компоненты, породы вскрыши и отходы будущего производства. Научные исследования по повышению комплексности изучения недр
	Неполное использование извлеченных из недр полезных компонентов	Организация рудных отвалов и складов
Воздушный бассейн	Выбросы пыли и токсичных газов из подземных выработок, а также при наземных взрывах.  Выбросы вредных веществ при бурении с продувкой воздухом, работа котельных и др.	Мероприятия предусматриваются в случаях непосредственного вредного воздействия

Животный мир	Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира, случайное уничтожение	Проведение комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ с учетом охраны животных
	Браконьерство	

### 6.3 Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

Перечень возможных ЧС:

- стихийного характера (лесные пожары, наводнения или ураганные ветры);
- социального характера (террористический акт);
- техногенного характера (производственная авария).

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера. Поскольку при аварии по причине износа уплотнительного устройства, а также ошибочных действиях персонала появляется возможность газовыделения с последующим возгоранием и взрывом.

Для снижения риска возникновения ЧС проводятся следующие мероприятия:

- периодически анализ воздуха на содержание углеводородов;
- техническая диагностика оборудования, а так же его техническое обслуживание и ремонт;
- замена физически и морально устаревших приборов контроля и сигнализации на современные новые;
- проведение периодических и внеочередных инструктажей с обслуживающим персоналом.

Последовательность действий при разгерметизации оборудование с выделением газов в результате ЧС: остановить агрегаты => принять меры по предупреждению возгорания газа (исключение всех источников искры или открытого огня, быстрые проветривание и эвакуация => устранить повреждения агрегатов.

Вывод

Безопасность – одна из основных потребностей человечества. Её обеспечение требует учета различных аспектов жизнедеятельности людей –

социальных, экономических, политических, технических, военных, информационных, экологических и др.

В то же время нельзя обеспечить абсолютную безопасность для личности, общества, государства. Под безопасностью понимается такой уровень опасности, с которым на данном этапе развития человечества можно смириться.

Защита от социальных опасностей заключается в профилактических мероприятиях, направленных на ликвидацию этих опасностей. Кроме того, требуется соответствующая подготовка человека, позволяющая адекватно действовать в опасных ситуациях.

#### **6.4. Законодательное регулирование проектных решений**

Технолог должен знать и соблюдать гражданский и трудовой кодексы и налоговое законодательство Российской Федерации. Работа вахтовым методом регламентирована главой 47 трудового кодекса Российской Федерации (ст. 297–302) [26].

##### **1. Общие положения о работе вахтовым методом**

Вахтовый метод - особая форма осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работников, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение к месту постоянного проживания.

Работники, привлекаемые к работам вахтовым методом, в период нахождения на объекте производства работ проживают в специально создаваемых работодателем вахтовых поселках, представляющих собой комплекс зданий и сооружений, предназначенных для обеспечения жизнедеятельности указанных работников во время выполнения ими работ и междусменного отдыха, либо в приспособленных для этих целей и оплачиваемых за счет работодателя общежитиях, иных жилых помещениях.

## **2. Гарантии и компенсации лицам, работающим вахтовым методом**

Лицам, выполняющим работы вахтовым методом, за каждый календарный день пребывания в местах производства работ в период вахты, а также за фактические дни нахождения в пути от места нахождения работодателя (пункта сбора) до места выполнения работы и обратно выплачивается взамен суточных надбавка за вахтовый метод работы.

Размер и порядок выплаты надбавки за вахтовый метод работы в федеральных государственных органах, федеральных государственных учреждениях устанавливаются нормативными правовыми актами Правительства Российской Федерации.

Работникам, выезжающим для выполнения работ вахтовым методом в районы Ямало-Ненецкого и приравненные к ним местности из других районов: устанавливается районный коэффициент и выплачиваются процентные надбавки к заработной плате в порядке и размерах, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих в районах Ямало-Ненецкого и приравненных к ним местностях; предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в порядке и на условиях, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих: в районах Ямало-Ненецкого, – 24 календарных дня; в местностях, приравненных к районам, Ямало-Ненецкого – 16 календарных дней [26].

**Вывод.** На основании вышесказанного можно сделать вывод, что рабочее место удовлетворяет экологическим нормам и требованиям безопасности. Работая за персональным компьютером, создавая модели в программных продуктах, человек не наносит ощутимого вреда ни себе, ни природной среде.

## Заключение

Магистральный газопровод «XXXXXXXXXX» эксплуатируется уже 39 лет и имеет множество дефектов по всей его протяженности, что подчеркивает актуальность задачи безаварийной эксплуатации и повышения надежности.

Проблема надежной эксплуатации магистральных трубопроводов затрагивает интересы всех крупнейших нефтяных и газовых компаний мира. От обеспечения безопасности и надежности поставок транспортируемого продукта зависит экономика многих стран мира. Важной задачей в процессе поддержания безопасности и надежности эксплуатации трубопровода является сохранение его технических характеристик, своевременной оценкой изменения его состояния и принятия мер по восстановлению его исходного технического состояния. Для чего периодически проводится диагностика на транспортных системах. Проведение внутритрубной инспекции позволило провести предварительную оценку состояния газопровода и выявить его наиболее опасные участки.

Проведение анализа результатов внутритрубной инспекции и их оценки результатами дополнительного контроля позволило выявить: основными дефектами магистрального газопровода является коррозионное повреждение тела трубы. В некоторых местах глубина коррозии превышает 50 % от толщины стенки трубы. Максимальное процентное расположение коррозионных дефектов по окружности трубы приходится от 4 до 8 часов, что говорит о причине их возникновения: повреждение изоляционного покрытия различного рода и скапливания воды в нижней части образующей трубопровода.

## Список использованных литератур

- 1 Бородавкин, Петр Петрович. Подземные магистральные трубопроводы / П. П. Бородавкин. – Москва: Энерджи Пресс, 2011. – 480 с.
- 2 Селезнев В.Е., Алешин В.В., Клишин Г.С. Методы и технологии численного моделирования газопроводных систем / Под ред. В.Е. Селезнева. Изд. 2-е, перераб. - М.: КомКнига, 2005. – 328с.
- 3 Харионовский, Владимир Васильевич. Надежность и ресурс конструкций газопроводов / В. В. Харионовский. – Москва: Недра, 2000. – 467 с.
- 4 РД 51-2-97 Инструкция по внутритрубной инспекции трубопроводных систем.
- 5 СТО Газпром 2-3.5-034-2005 Типовая инструкция выполнения работ по пропуску очистных устройств и средств внутритрубной дефектоскопии с использованием временных узлов пуска и приема.
- установить АЗС [J] Безопасность и окружающая среда, 2012 (3): 220-223.
- 6 Tanguong в анализ стресс трубы давление [M] Пекин: Китай нефтехимической Пресс, 2003.
- 7 Американское общество инженеров-механиков. ASME B31.3-2006 технологических трубопроводов: ASME код трубопроводов давления B31 [S]. Нью-Йорк: ASME B31 комитет, 2007.
- 8 дизайн Шуай Цзянь Гуй Цзе трубы и резервуары сила [M] Пекин: нефтяной промышленности Пресс, 2006.
- 9.Клейн, Георгий Константинович. Расчет подземных трубопроводов / Г. К. Клейн. – Москва: Стройиздат, 1969. – 240 с.: ил. – Библиогр.: с. 237–238.

10. Рудаченко, Саруев. Исследование напряженно-деформированного состояния трубопроводов: учебное пособие / А.В. Рудаченко, А.Л. Саруев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 136 с.
11. Яваров А.В. Геометрически нелинейная стержневая модель в задачах расчета подземных трубопроводов.-Дисс...канд.техн.наук. 23.05.13. – М., 2013. – 151 с.
12. СНиП 2.05.06-85\*. Магистральные трубопроводы / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 52с.
13. СНиП 2.01.07-85. Нагрузок и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 47с.
14. Разработка, представленная выше, является эффективной по сравнению с существующими аналогами [37].
15. <http://xn--h1anfb.xn--p1ai/komplekt/pevm/>
16. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности. – М: Стандартиформ, 2014. – 23 с.
17. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
18. ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
19. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования
20. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий

21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». ». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 13.06. 2003 г.)
22. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». утв. Постановлением ГКСЭН России 01. 10. 1996 г.
23. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 6.04.03 г.).
24. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01. 07. 92).
25. Крепша Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР Института природных ресурсов всех направлений высшего образования. Издательство ТПУ – 2014.
26. Трудовой кодекс российской федерации (ТК РФ) от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Электронный ресурс: <http://www.consultant.ru/popular/tkrf/>