

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Разработка комплекса мероприятий для повышения надежности и безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов»

УДК 622.692.4.053-027.45

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Ефимов Д. В.		01.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Зарубин А. Г.	к.х.н. доцент		01.06.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Романюк В. Б.	к.э.н., доцент		01.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООД	Черемискина М. С.	-		01.06.2020

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Поздеева Г. П.	к.фил.н, доцент		01.06.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А. В.	д.т.н., доцент		01.06.2020

Результаты обучения
по Основной образовательной программе подготовки магистров
по направлению **21.04.01 «Нефтегазовое дело»**
профиль подготовки **«Надежность газонефтепроводов и хранилищ»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
Общие по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	УК-1; УК-2; УК-3, ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-23
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы</i> –в области интеллектуальной собственности	УК-1; УК-2; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования объектов</i> нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.	УК-1; УК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i> .	УК-2; УПК-1; ОПК-2; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК-22

в области экспериментально-исследовательской деятельности

P5	Быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами математического моделирования технологических процессов и объектов	УК-2; УК-3; ОПК-1; ОПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-17; ПК-20
<i>в области проектной деятельности</i>		
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при разработке и реализации проектов, проводить экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность	УК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести ответственность за результаты работы	УК-1; УК-2; УК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	УК-1; УК-2; УК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»		
P9	Организация технологического сопровождения планирования и оптимизации потоков углеводородного сырья и режимов работы технологических объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.008 Специалист по диспетчерско-технологическому управлению нефтегазовой отрасли
P10	Организация ТОиР, ДО нефте- и газотранспортного оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.013 "Специалист по эксплуатации газотранспортного оборудования"

Р11	Организация работ по техническому обслуживанию, ремонту, диагностическому обследованию оборудования, установок и систем НППС.	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.053" Специалист по эксплуатации нефтепродуктоперекачивающей станции магистрального трубопровода нефти и нефтепродуктов ".</i>
-----	---	--

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

 (Подпись) (Дата) Шадрина А.В.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ81	Ефимову Денису Вячеславовичу

Тема работы:

«Разработка комплекса мероприятий для повышения надежности и безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 28.02.2020 № 59-72/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является магистральный нефтепровод. Предмет исследования: методика построения 3D-моделей линейных подземных сооружений сложной формы. Характеристика объекта: диаметр трубопровода наружный 1020 мм, толщина стенки 16 мм, давление рабочее 4 МПа, марка стали 17Г2ФБЮ, предел прочности материала 448 МПа, транспортируемая среда – нефть.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести аналитический обзор методов моделирования, методик комплексной оценки состояния. 2. Разработка методики построения линейных подземных сооружений сложной формы. 3. Построение модели на примере производственного объекта 4. Исследование напряженно-деформированного состояния участка нефтепровода. 5. Оценка результатов исследования напряженно-деформированного состояния. <p>Дополнительные разделы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

	2. «Социальная ответственность». 3. Methodology of extracting and processing data on the target site
--	---

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Иллюстрации (рисунки): результаты моделирования, схемы построения модели, Таблицы.
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Романюк Вера Борисовна, доцент
«Социальная ответственность»	Черемискина Мария Сергеевна, ассистент
Консультант-лингвист	Поздеева Галина Петровна, доцент

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.12.2019
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Зарубин Алексей Геннадьевич	к.х.н., доцент		23.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Ефимов Денис Вячеславович		23.12.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ81	Ефимов Денис Вячеславович

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p>	<p>Затраты на НИИ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Затраты на сырье и материалы; 2. Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта; 3. Отчисления во внебюджетные фонды; 4. Накладные расходы; 5. Затраты на спец. оборудование; 6. Бюджет затрат НИИ. <p>Человеческие ресурсы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Количество персонала НИИ; 2. Совокупная стоимость работы; 3. Социальные отчисления.
<p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p>	<p>16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент; 12% надбавки.</p>
<p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p>Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ Ф3-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г. Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 27.1%; Налог на добавленную стоимость 20%</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p>	<p>SWOT анализ, проведение предпроектного анализ, определение целевого рынка, оценка готовности к коммерциализации</p>
<p>2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i></p>	<p>Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; календарного плана. Формирование бюджета исследовательской работы. Разработка организационной структуры проекта.</p>
<p>3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i></p>	<p>Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</p>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	

Таблицы:

- Нормы времени выполнения технологических операций
- Матрица SWOT
- Целевой рынок
- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
- Оценочная для оценки качества и перспективности разработки технологии QuaD
- Этапы работ
- Временные показатели проведения научного исследования
- Календарный план-график
- Баланс рабочего времени
- Расчет основной заработной платы
- Отчисления во внебюджетные фонды
- Расчет бюджета затрат НИИ
- Расчет бюджета затрат НИИ
- Сравнительная эффективность разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

01.02.2020

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Ефимов Д. В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ81	Ефимов Денис Вячеславович

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01. «Нефтегазовое дело», «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

Тема ВКР:

Разработка комплекса мероприятий для повышения надежности и безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объект исследования:</i> Методика построения моделей подземного трубопровода сложной формы.</p> <p><i>Область применения:</i> Транспортировка по трубопроводам газа, нефти, продуктов переработки</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; - ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности; - Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»; - ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; - ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»; - СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы»; - СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»; - СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»;
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><i>Вредные производственные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенный уровень шума на рабочем месте; - Недостаточная освещенность рабочей зоны. - Монотонный режим работы и эмоциональный стресс - Отклонение показателей микроклимата в помещении <p><i>Опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Механическое травмирование;

	- Загазованность парами рабочей зоны испарениями
3. Экологическая безопасность:	<p><i>Воздействие на атмосферу:</i> Выброс летучих УВ в атмосферу.</p> <p><i>Воздействие на гидросферу:</i> загрязнение грунтовых вод, рек, водоёмов большой площади</p> <p><i>Воздействие на литосферу:</i> земляные работы, разработка котлованов, шурфование грунта, объезды на тяжелой технике.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p><i>Возможные ЧС:</i> взрыв или возгорание газа и паров нефтепродуктов, разрушение трубопровода механическим воздействием, природные разрушения вследствие стихийных бедствий.</p> <p><i>Наиболее распространённый вид аварии:</i> взрыв, сопровождающийся пожаром, возгоранием, разрушением</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Ефимов Денис Вячеславович		

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Уровень образования магистратура
 Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2020	<i>Обзор литературы и методов построения моделей</i>	10
17.02.2020	<i>Разработка методики построения линейных подземных сооружений сложной формы</i>	10
02.03.2020	<i>Построение модели на примере производственного объекта</i>	15
23.03.2020	<i>Расчёты и аналитика по модели. Выводы</i>	20
20.04.2020	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
29.04.2020	<i>Социальная ответственность</i>	10
14.05.2020	<i>Приложение на иностранном языке</i>	10
20.05.2020	<i>Заключение</i>	5
29.05.2020	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого</i>	100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Зарубин А. Г.	к.х.н., доцент		23.12.2019

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	д.т.н., доцент		23.12.2019

Оглавление

Реферат	13
Введение	14
1. Обзор литературы	15
2. Методика извлечения и обработки данных об объекте	21
3. Построение геометрии.....	31
4. Расчёт напряжённо-деформированного состояния.....	35
5. Проверка на прочность и устойчивость.....	41
5. Социальная ответственность при выполнении работ по диагностике и моделировании линейных сооружений	44
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	45
5.2. Производственная безопасность.....	46
5.3. Экологическая безопасность.....	51
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	56
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	60
6.1 Расчёт нормативной продолжительности выполнения работ на производстве.....	61
6.2. Потенциальные потребители результатов исследования	65
7.3. Анализ конкурентных технических решений	65
6.4. Технология QuaD	68
6.5. Планирование научно-исследовательской работы.....	70
Заключение.....	87
Список литературы	88
Приложение I (справочное)	92

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Подп</i>	<i>Дата</i>	
<i>Разраб.</i>	Ефимов Д. В.			<i>Оглавление</i>
<i>Руковод.</i>	Зарудин А. Г.			
<i>Рук. ООП</i>	Шадрина А. В.			
Литера				
Лист				
Листов				
12				
108				
НИ ТПУ зр. 2БМ81				

Реферат

Магистерская диссертация содержит 107 стр., 44 рисунка, 28 таблиц, 41 литературный источник, 1 приложение.

Ключевые слова: моделирование, метод конечных элементов, прочность нефтепровода, профиль трубопровода, напряжённо-деформированное состояние.

Объектом исследования является магистральный нефтепровод.

Предметом исследования является методика построения 3D-моделей подземных линейных сооружений.

Цель работы – Разработать комплекс мероприятий, направленный на повышение надёжности магистральных нефтепроводов.

Методы исследований: литературный обзор, численное моделирование, регрессионный анализ, конечно-элементное моделирование.

Практическая ценность и научная новизна: создана методика построения достоверных моделей трубопроводов сложной формы. Приведён совместный расчёт трубопровода и грунта, доказана эффективность методики сравнительный расчётом на прочность и устойчивость

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ							
Изм.	Лист	Подп	Дата				
Разраб.	Ефимов Д. В.			РЕФЕРАТ			
Руковод.	Зарудин А. Г.						
Рук. ООП	Шадрина А. В.						
					Литера	Лист	Листов
						13	108
					НИ ТПУ зр. 2БМ81		

Введение

Расчёты напряжённо-деформированного состояния магистральных нефтепроводов с применением программно-вычислительных комплексов, использующие метод конечных элементов обретают большую значимость, благодаря высокому качеству интерпретации результатов. Заключается это прежде всего в гибкой возможности расчёта интересующих участков, а также расчёта модели целиком. Результаты расчётов такого рода позволяют сделать вывод об остаточном ресурсе, режимах эксплуатации или дать рекомендации о проведении ремонта. Однако, применение данных методов предъявляет к исполнителю высокие требования к построению модели для получения достоверной картины. Данная работа заостряет внимание на проблемах построения таких моделей и предлагает путь их решения в виде свода методических указаний.

Для её решения предлагается выполнить следующий ряд задач:

- Провести литературный обзор по данной теме
- Создать методику построения линейных подземных сооружений сложной формы
- Провести технико-экономический анализ научной разработки

Методика по сбору данных об объекте, представленная в основной части, необходима для объективного принятия управленческого решения. Кроме того, в связи с отсутствием в нормативной документации сведений по совместному расчёту подземных линейных сооружений сложной формы, данную работу следует считать актуальной. Практическая ценность объясняется экономическим эффектом, а также универсальностью методики (расчёты газопроводов, межпромысловых и внутрипромысловых трубопроводов).

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ					
Изм.	Лист	Подп	Дата		
Разраб.	Ефимов Д. В.			Литера	
Руковод.	Зарудин А. Г.				Лист
					Листов
Рук. ООП	Шадрина А. В.				14
				108	
<i>Введение</i>					
НИ ТПУ зр. 25М81					

1. Обзор литературы

Магистральный трубопровод является распространённым проектным решением в области транспорта углеводородного сырья. Он принципиально отличается от других сооружений сложной схемой действующих силовых факторов по всей его длине, несмотря на внешнюю конструктивную простоту. Следовательно, значения напряжённо-деформированного состояния будут носить динамический характер. Повышение надежности трубопроводов является актуальной проблемой от стадии проектирования до эксплуатации. Следовательно, возникает задача контроля и измерения НДС трубопроводов. Нормативные документы [7-12] включают требования совместного расчёта трубопровода и грунта, что справедливо, так как массив грунта является внешней нагрузкой и средой, предрасположенной к образованию деформаций различного рода. В документах [12,14] делается упор на струнные тензометрические датчики, широко зарекомендовавшие себя как надёжные и довольно точные приспособления для контроля НДС трубопровода. Указаны методы и средства неразрушающего контроля для исследования как напряжённо-деформированного состояния, так и дефектных зон. При этом нет никаких указаний на то, как именно нужно выполнять совместный расчёт, что неизбежно приводит к неопределённости при работах такого рода. В связи с этим, возникла необходимость в разработке методов оценки ресурса трубопроводов с учётом технических и временных факторов. напряжённо-деформированного состояния, так и дефектных зон. Также осложняет процесс тот факт, что системы магистральных нефтепроводов, проложенных в Западной Сибири, имеют длину от 100 км. Как правило, разрушение трубопровода происходит по причине:

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ						
Изм.	Лист	Подп	Дата			
Разраб.	Ефимов Д. В.			Обзор литературы		
Руковод.	Зарудин А. Г.					
Рук. ООП	Шадрина А. В.					
				Литера	Лист	Листов
					15	108
				НИ ТПУ зр. 2БМ81		

заводских дефектов;
 отличия геометрических параметров от регламентируемых;
 дефектов сварки;
 повреждений, полученных в ходе транспортировки;
 ошибок при проектировании;
 особенностей воздействия рельефа;
 коррозии.

Срок безаварийной работы магистральных трубопроводов зависит от типа и величины дефектов. Значительные могут определяться визуально, например, вмятины, сколы и задиры и т.п., а могут быть скрытыми, например коррозия, микротрещины, дефекты сварного шва и т.д. Дефекты подобного рода могут быть обнаружены средствами внутритрубной диагностики. Концентраторами напряжений обладают абсолютно все трубопроводы, а значит, гипотетическими участками аварии. Оценка напряженно-деформированного состояния магистрального трубопровода должна проводиться, учитывая множество факторов, таких как:

- Размер исследуемого участка
- тип дефекта, его размеры и пространственное расположение
- граничные условия
- истинная геометрия трубопровода (профиль)

Обычно, при расчёте НДС магистрального трубопровода, как уже было сказано выше, используют данные ВТД, либо других методов неразрушающего контроля. Отклонения, зарегистрированные средствами диагностики можно условно разделить на 3 подгруппы:

компактные дефекты (равномерное уменьшение толщины стенки, овальности,

					<i>Обзор литературы</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

вмятины, смещение кромок и т.д.);

внутренние дефекты (дефекты в стенке трубопровода типа пустот, трещин, расслоений и т.д.);

поверхностные дефекты (учитывается как внешняя, так и внутренняя)

Расчет напряженно-деформированного состояния любого объекта с дефектом, влекущим за собой нарушение геометрии, представляет собой комплекс труднорешаемых задач. В частности, моделирование вышеупомянутого эквивалента исследуемого участка трубопровода. Простейшим видом такого отклонения является равномерное утонение толщины стенки трубопровода. Существует множество исследований на тему исследования НДС прямолинейного участка трубопровода с дефектом. Ранее, автором рассматривался случай коррозионного повреждения в прямолинейном участке трубопровода длиной 10 м. Для его обозначения использовались стандартные возможности среды Autodesk Inventor 2018. [3] Применение такой упрощенной модели ускорило её разработку и облегчало расчёты, однако исследование, проведенное таким образом не даёт полного ответа. Отсутствие в модели грунта – одна из основных причин проведения более детального исследования с сохранением приемлемых временных сроков на создание и расчёт полученной системы, так же нет данных о пространственном положении трубопровода. В задачах расчета НДС подземных магистральных трубопроводов нашел применение в работах: N. A. Antropova, V. G. Krets, V. G. Luk'Yanov and A.V. Baranova V. G. Butov, V. K. Nikulchikov, A. V. Nikulchikov and A. A. Yashchuk, Polynikis Vazouras , S. A. Karamanos , Panos Dakoulas, D.K., Nimish Kurien Thomas, S. P. George, S. M. John ,S.P. George.

В перечисленных работах модели системы являются комплексными, то есть они образованы сочетанием нескольких частных моделей: геометрической моделью стенки трубы и массива грунта, моделями материала трубопровода и массива грунта, моделью контакта трубопровода и грунта, моделями нагрузок

					<i>Обзор литературы</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

и воздействий. В задачах расчета трубопроводов жесткости связей могут быть заданы в виде квадратичных функций. При этом для конкретных диаметров трубопровода, габаритов траншеи, инженерно-геологических условий в большинстве работ значения жесткостей устанавливаются с помощью инженерных полуаналитических методов [3]. Множество научных работ направлено на изучение трещин и линейных дефектов. При вычислении разрушающего давления основным фактором будет показатель критического коэффициента интенсивности напряжений. На сегодняшний день вычислить значения K_{cr} с необходимой точностью, в лабораторных условиях невозможно, особенно если имеется ввиду пластичная конструкция относительно низкой прочности, чем и является магистральный нефтепровод. Дело в том, что при проведении испытаний на растяжение, образец с надрезом должен быть очень широким. Это ведёт к тому, что испытания такого рода будут возможны при использовании особых машин большой мощности, что приводит к удорожанию процесса. Поэтому, при определении коэффициента интенсивности напряжений предпочтение отдаётся натурным испытаниям.

Линейная часть подземных трубопроводов обычно состоит из прямолинейных, упруго-изогнутых участков и участков, выполненных с применением криволинейных вставок. В вопросах моделирования авторами работ уделяется должное внимание грунту, как среде, оказывающей на трубопровод высокое влияние. Однако, данные модели носят гипотетический характер и не могут быть применены как альтернатива расчёту НДС по СП 36.13330.2012. [7]

Анализ нагрузок и воздействий, действующих на конструкции подземных магистральных и промысловых трубопроводов сложной формы, выполнен в работах, В.А. Рыбакова (2010), А.В. Яварова (2013), П. В. Буркова (2017), Д. В. Ефимова (2018) и других авторов.

Контроль профиля трубопровода отражен в работах: Ю. Н. Лисина (2013) Агафонов А. В. (2010), Ворков В. А. (2010)

					<i>Обзор литературы</i>	<i>Лист</i>
						18
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Особенностью подземных трубопроводов является то, что массив грунта для них представляет собой не только нагрузку, но и среду, в которой развиваются деформации сооружения. Как результат, задача расчета напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов переходит в задачу расчета НДС системы «подземный трубопровод-массив грунта»

Поперечные перемещения трубопровода по направлению вниз вызваны осадкой под действием собственного веса трубопровода, транспортируемого продукта, вспомогательного оборудования, развитием инженерно-геодинамических процессов (просадки лессовых грунтов, образование карстов и т.д.).

В настоящей работе строится модель действующего участка магистрального нефтепровода «[REDACTED]», на выходе из [REDACTED]. Детализация грунта представляет собой аналог модели GRAN, ранее описанной авторами [1] множества работ.

Существует множество исследований на тему исследования НДС прямолинейного участка трубопровода с дефектом [3-6].

Ранее, автором [3] строился профиль трубопровода методом сплайн-интерполирования высот профиля, извлечённых из координатного следа ВТД, однако, это позволило получить лишь двумерную картину.

Таким образом, основным критерием для улучшения модели является извлечение третьей координаты расположения трубопровода для учёта рыскания.

Методика описывает построение модели подземного трубопровода с использованием известных способов задания граничных условий, извлечением данных, применением и взаимодействием программных продуктов. Основной средой проектирования и расчёта НДС стал Autodesk Inventor professional 2020. Извлечение данных для геометрии обеспечил

					<i>Обзор литературы</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

продукт Google Earth Pro. Математическая обработка и регрессионный анализ осуществлялся благодаря PTC Mathcad 15 и Advanced Grapher 2.2.

Программный продукт Autodesk Inventor Professional 2020 в наше время, является одним из самых широко используемых в сфере автоматических инженерных расчётов, решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций [3].

					<i>Обзор литературы</i>	<i>Лист</i>
						20
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

2. Методика извлечения и обработки данных об объекте

Проходя тело трубы, дефектоскоп оставляет помимо пространственного расположения и геометрии отклонения его абсолютные координаты (широта, долгота). Совокупность точек может быть собрана в полевой журнал и экспортирована в карту. Если участок прямолинейный и не имеет ответвлений и поворотов, для достоверного отображения профиля, по которой будет спроектирована модель достаточно одной вертикальной плоскости. Координатами вершин профиля будут являться абсолютные высоты точек по данным GPS. Модель может быть получена также по данным нивелирования или готовому профилю, если таковой заранее известен. [3]

Однако, в данном случае для получения достоверной картины, не достаточно 2-координатной плоскости.

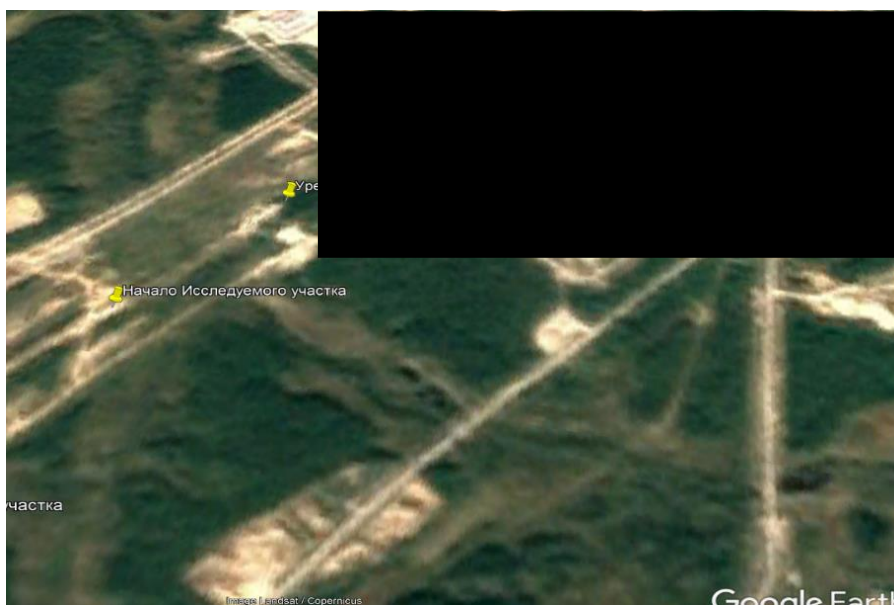


Рисунок 1 - Спутниковый снимок интересующего участка

					РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ		
Изм.	Лист	Подп	Дата				
Разраб.	Ефимов Д. В.				Литера	Лист	Листов
Руковод.	Зарубин А. Г.						
Рук. ООП	Шадрина А. В.				НИ ТПУ гр. 2БМ81		

Методика извлечения и обработки данных об объекте

Извлечение данных начинается с получения 1 координаты. Гипотететическая прямая, аппроксимирующая путь ВТД, если отобразить сверху, принимается за промежуточную ось абсцисс X1. Её расположение может быть произвольно, однако в данном случае удобнее свести её к кубической параболе.

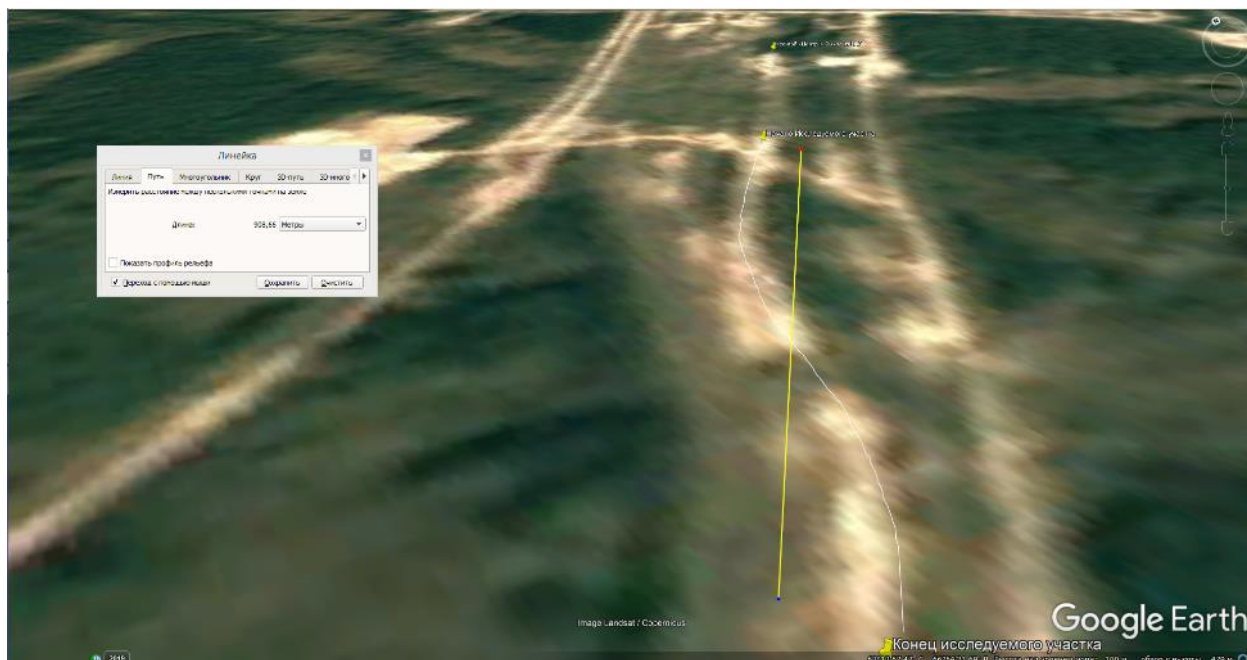


Рисунок 2 - Ось абсцисс X1

Следующим шагом является извлечение высот профиля, в котором проложен участок.

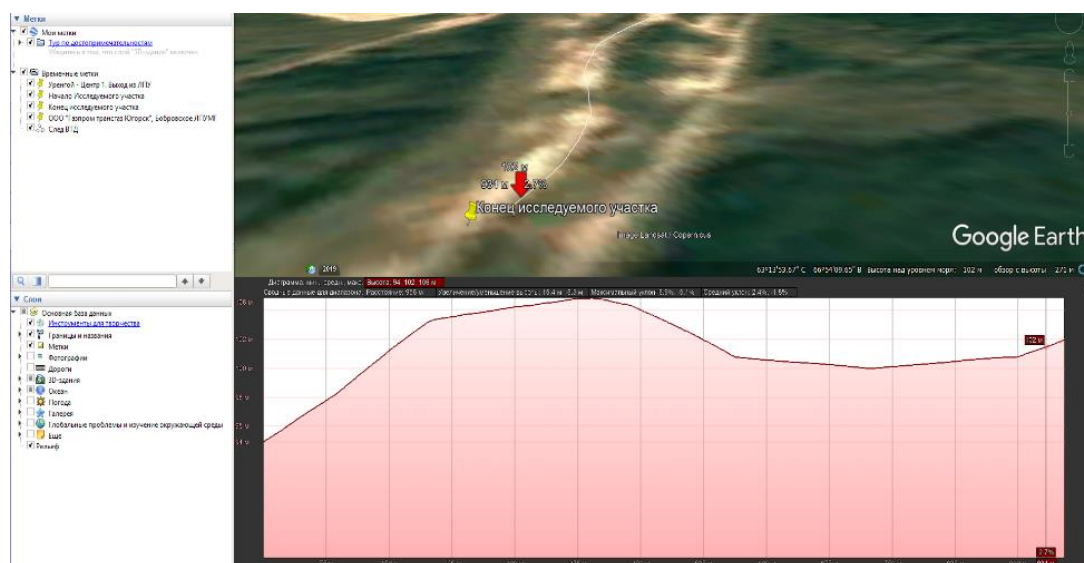


Рисунок 3 - Извлечение профиля. Ось ординат

В работах по построению 2D – профиля, автором применялся метод трассировки средствами векторной графики. Его суть заключалась в полигональной обработке линии профиля в масштабе 1:1, вершины которых и стали вершинами сплайна. Данный метод незначительно уступает в точности предлагаемому, при безошибочной интерпретации и безупречном качестве исходного изображения, однако уступает по трудозатратам.

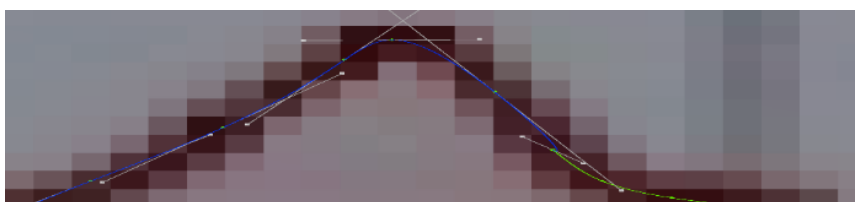


Рисунок 4 - Полигональная обработка вручную

Предлагаемый метод подразумевает прямую передачу координат вида (X,Y,Z) в журнал, с возможностью прямого импорта в САПР. Ось X принята за базовую с единичным отрезком 25 м.

Для получения координат оси аппликат (рыскания) откладываем на промежуточной оси X1 единичные отрезки длиной 90 м. в обе стороны с последующим снятием значений отклонения.

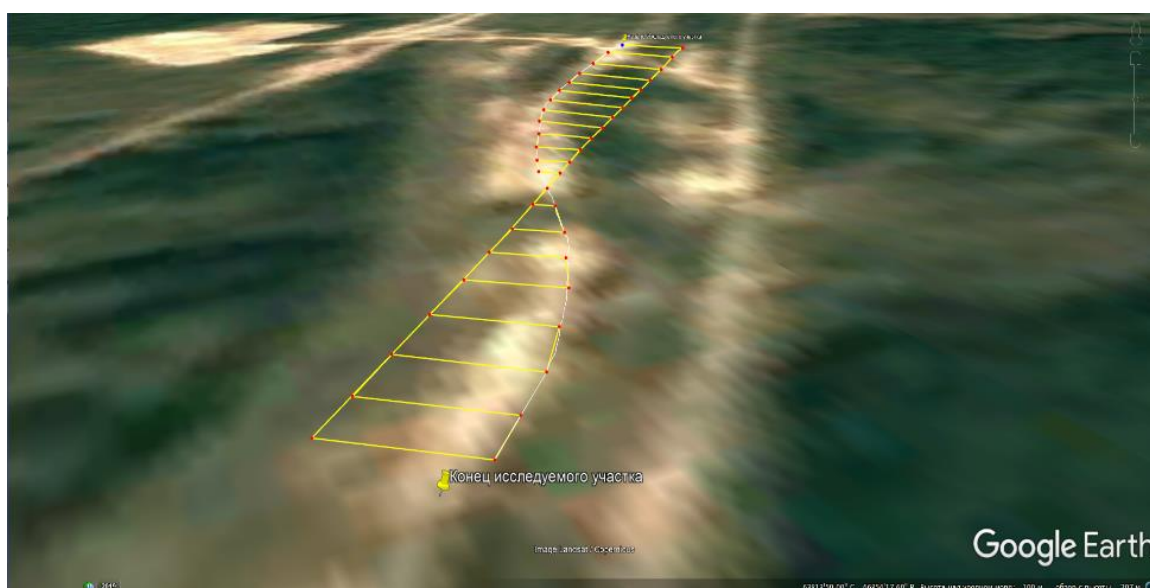


Рисунок 5 - Проецирование рыскания на X1

					Методика извлечения и обработки данных об объекте	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Следующим шагом является восстановление промежуточных значений рыскания для переноса на основную ось абсцисс с шагом, установленным ранее. Для этого составляем таблицу данных с разрывом 90м. В связи с тем, что длина исследуемого участка равна 900 м. количество точек будет равным 11. В связи с переходом на 2-х мерную вспомогательную систему координат, значения рыскания заносятся в таблицу под обозначением Y1. По данным таблицы строится график функции.

Таблица 1 – Значения рыскания на промежуточной оси

X1,м	Y1,м
450	73
360	72
270	70
180	55
90	24
0	0
-90	-22
-180	-51
-270	-66
-360	-69
-450	-70

Следующим шагом будет проведение регрессионного анализ функции для установления математической зависимости. Это позволит заполнить разрывы между произвольно выбранными отрезками на промежуточной оси и получить координату рыскания для единичного отрезка 25 м., выбранного ранее при извлечении профиля.

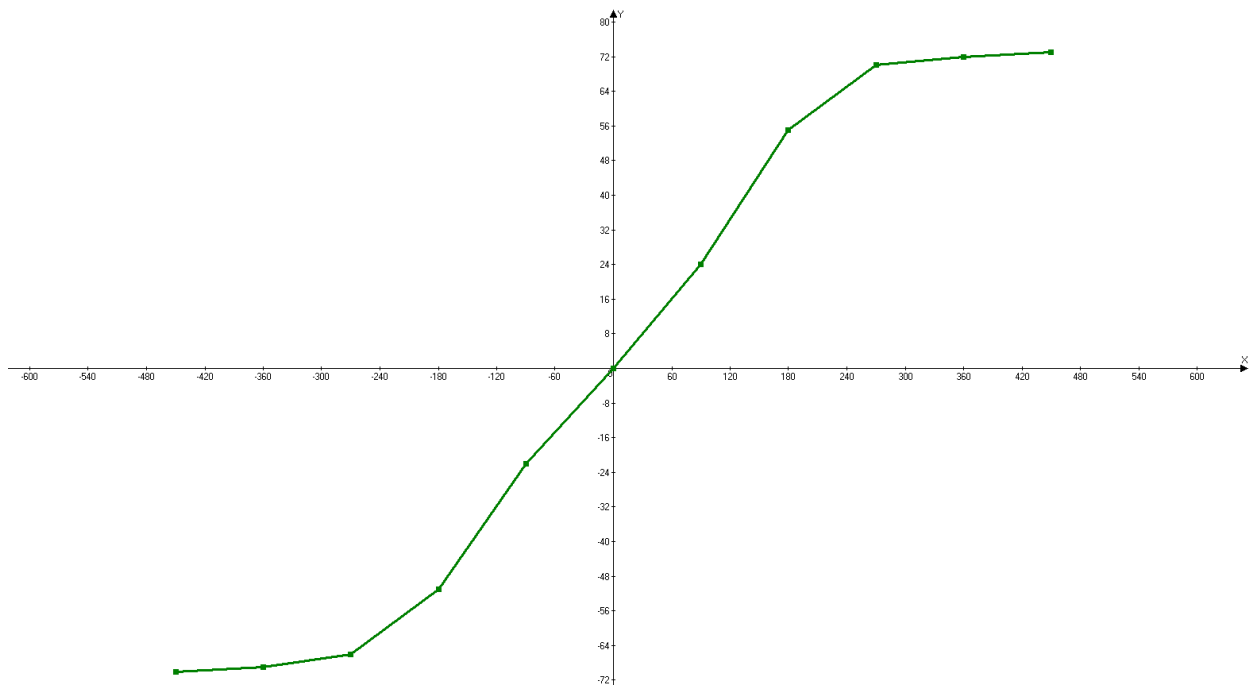


Рисунок 6 - График функции рыскания на X1

$$X := \begin{pmatrix} 450 \\ 360 \\ 270 \\ 180 \\ 90 \\ 0 \\ -90 \\ -180 \\ -270 \\ -360 \\ -450 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 73 \\ 72 \\ 70 \\ 55 \\ 24 \\ 0 \\ -22 \\ -51 \\ -66 \\ -69 \\ -70 \end{pmatrix} \quad X_0 := X^T$$

$$X_0 \rightarrow (450 \ 360 \ 270 \ 180 \ 90 \ 0 \ -90 \ -180 \ -270 \ -360 \ -450)$$

$$(450 \ 360 \ 270 \ 180 \ 90 \ 0 \ -90 \ -180 \ -270 \ -360 \ -450) \cdot \begin{pmatrix} 450 \\ 360 \\ 270 \\ 180 \\ 90 \\ 0 \\ -90 \\ -180 \\ -270 \\ -360 \\ -450 \end{pmatrix} \rightarrow 891000$$

$$(450 \ 360 \ 270 \ 180 \ 90 \ 0 \ -90 \ -180 \ -270 \ -360 \ -450) \cdot \begin{pmatrix} 73 \\ 72 \\ 70 \\ 55 \\ 24 \\ 0 \\ -22 \\ -51 \\ -66 \\ -69 \\ -70 \end{pmatrix} \rightarrow 175050$$

$$(X_0 \cdot X)^{-1} = 1.122 \times 10^{-6}$$

$$(X_0 \cdot X)^{-1} \cdot (X_0 \cdot Y) = 0.196$$

$$y := 0.196 \sqrt[3]{x}$$

Evaluation

= := ≡ → •→ f x x f x f y x f y

Calculator

sin cos tan ln log n! i |x| √ √ √ e^x 1/x () x² x^y π 7 8

9 / ! 4 5 6 × ÷ 1 2 3 + = . 0 - =

Matrix

[[::] ×_n ×⁻¹ |x| √(x) n² n^T m...n 8+7 8x7 8U 8/8

Рисунок 7 - Процесс анализа в Mathcad 15

Результатом вычислений стал коэффициент прямой, который наносится на график исследуемой функции.

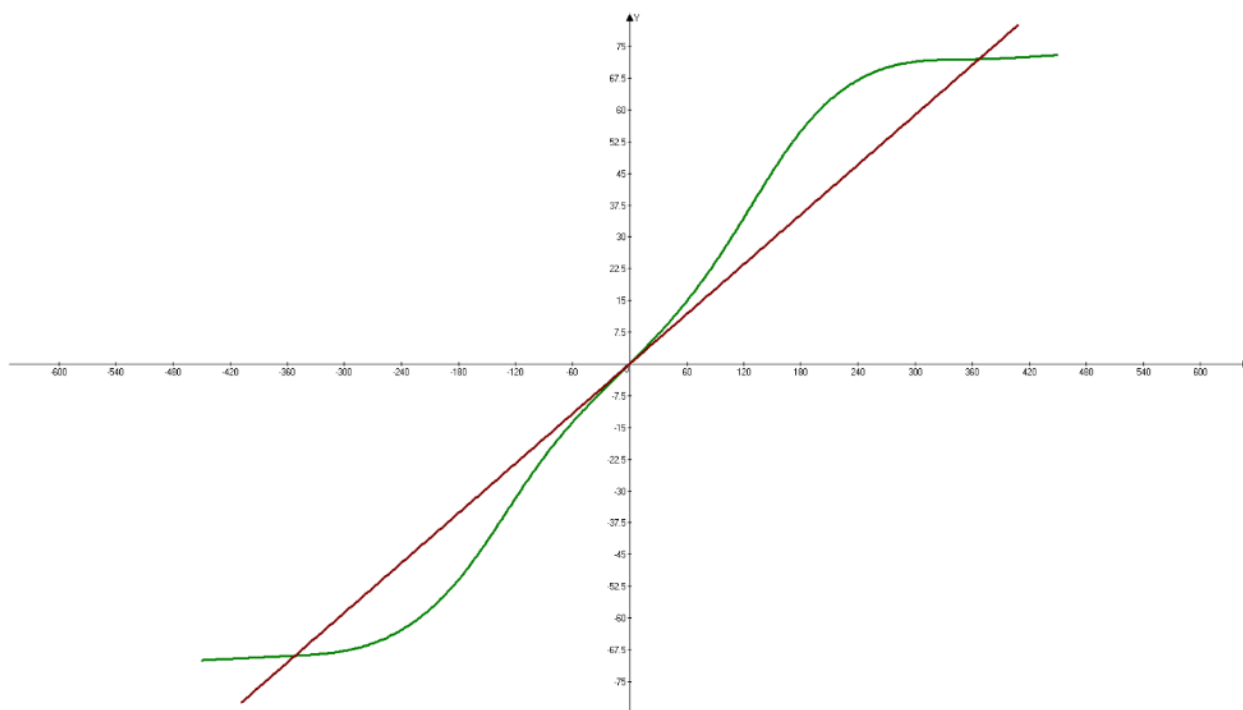


Рисунок 8 - Процесс анализа в Mathcad 15

Действительно, алгоритм позволяет установить математическую зависимость и в ручном режиме, однако, точность расчётов оказалось ещё ниже, чем при задании табличной функции. Следовательно, делаем вывод о том, получение линейной зависимости неэффективно.

Для получения функции высокой сложности в автоматическом режиме был использован программный пакет Advanced Grapher 2.2, результатом которого стал полином, описывающий табличную функцию максимально подробно:

$$F(x) = 1,67 * 10^{-21}x^9 - 2,61 * 10^{-20}x^8 + 7,48 * 10^{-16} * 10^{-14}x^6 - 1,1 * 10^{-10}x^5 - 1,9 * 10^{-9}x^4 + 5,09 * 10^{-6}x^3 + 1,09 * 10^{-4}x^2 + 0,22x + 0,13$$

Наносим график зависимости в графический редактор

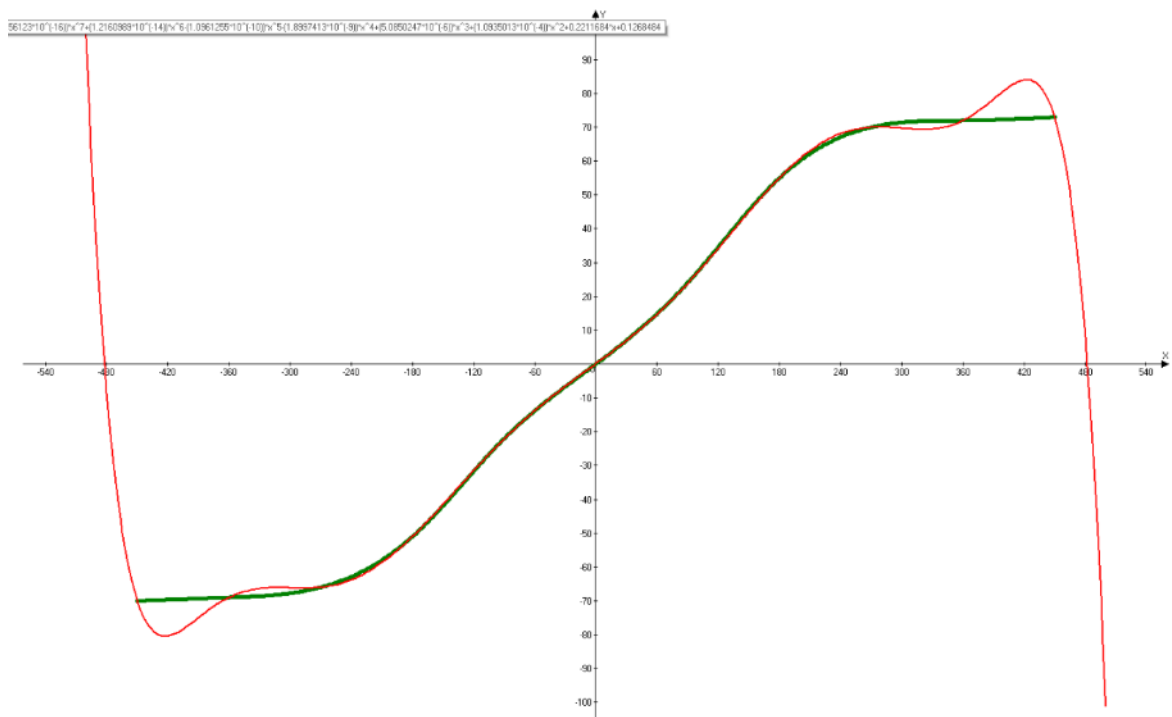


Рисунок 9 - Совместное отображение функций

Результат регрессии позволяет сделать вывод о том, что полученная функция рыскания трубопровода с высокой достоверностью описывает эмпирически полученные данные. Однако, модель в данном случае считается перегруженной и имеет большие расхождения на краях. Используем кубическую функцию:

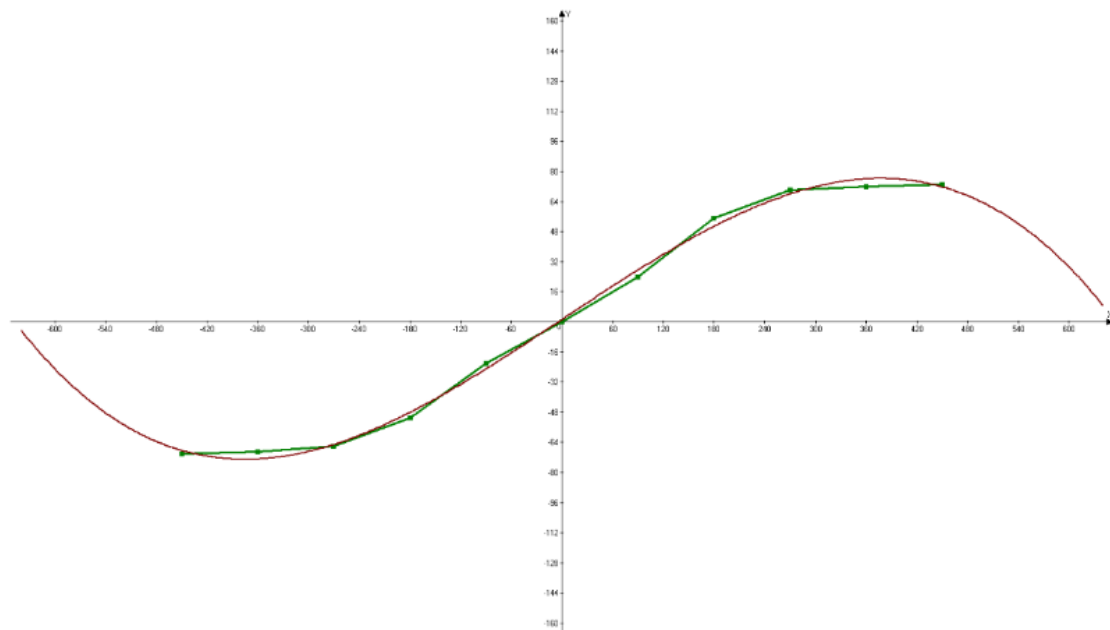


Рисунок 10 - Кубическая зависимость

$$F(x) = -7,01 * 10^{-7}x^3 + 2,45 * 10^{-6}x^2 + 0,30x + 1,26$$

Данная зависимость не перегружает модель и не имеет расхождений на концах.

Сравним полученные показатели качества регрессионного анализа: стандартное отклонение и коэффициент детерминации:

Таблица 2 – Интерпретация результатов регрессионного анализа

Линейная вручную	Полиномиальная кубическая	Автоматическая полиномиальная
$R_{lin}^2 = 0,95$	$R_{pol}^2 = 0,98$	$R_{pol}^2 = 0,9(9)$
$\sigma = 13,04$	$\sigma = 2,98$	$\sigma = 0,07$

Таким образом, при построении профиля будет использована полиномиальная аппроксимация по параметрам. Следующим шагом является интерполяция данных под единичный отрезок 25 м. Данную процедуру легко выполнить в любом редакторе текстовых таблиц.

Окончательным действием обработки данных является переход от промежуточной системы координат к истинной, где начало координат, совпадает с началом исследуемого участка.

Для этого вводим поправочный коэффициент Z_{cal} , который учитывает смещение осей. Производим перерасчёт координат и заносим в журнал.

Таблица 3 – Журнал координат

m			
x	y	z	Z cal
0	94	1677,55	-575
25	95	827,22	-550
50	96	345,93	-525

Продолжение таблицы 3

75	97	93,55	-500
100	99	-24,61	-475
125	100	-70,00	-450
150	102	-80,38	-425
175	103	-77,31	-400
200	104	-71,65	-375
225	104	-67,73	-350
250	105	-66,25	-325
275	105	-66,21	-300
300	105	-66,15	-275
325	105	-64,85	-250
350	106	-61,63	-225
375	106	-56,37	-200
400	106	-49,44	-175
425	105	-41,46	-150
450	105	-33,16	-125
475	104	-25,13	-100
500	103	-17,79	-75
525	102	-11,27	-50
550	102	-5,41	-25
575	101	0,12	0
600	101	5,80	25
625	101	12,04	50
650	100	19,16	75
675	100	27,22	100
700	100	35,99	125
725	100	44,98	150
750	100	53,48	175

Продолжение таблицы 3

775	100	60,72	200
800	100	66,03	225
825	100	69,07	250
850	101	70,02	275
875	101	69,68	300
900	101	69,39	325
925	102	70,73	350
950	103	74,76	375

При визуальном осмотре графиков можно обнаружить незначительные расхождения на концах участка. В таком случае, их рекомендуется не учитывать в модели, если они не представляют интереса, либо корректировать уравнение регрессии. В нашем случае, эти данные подсвечены и не будут учитываться при проектировании. Журнал готов для импорта в САПР.

3. Построение геометрии

С помощью программной системы конечно-элементного анализа было выполнено моделирование трубопровода по данным внутритрубной диагностики и спутниковых снимков.

Таблица 4 – Параметры моделируемого участка трубопровода

Диаметр трубопровода (наружный), мм	Толщина стенки трубы, мм	Длина участка трубы, м	Марка стали	Рабочее давление, МПа
1020	16	900	17Г2ФБЮ	4

Построение модели начинается с импорта журнала в 3D эскиз с проведением сплайна через них.

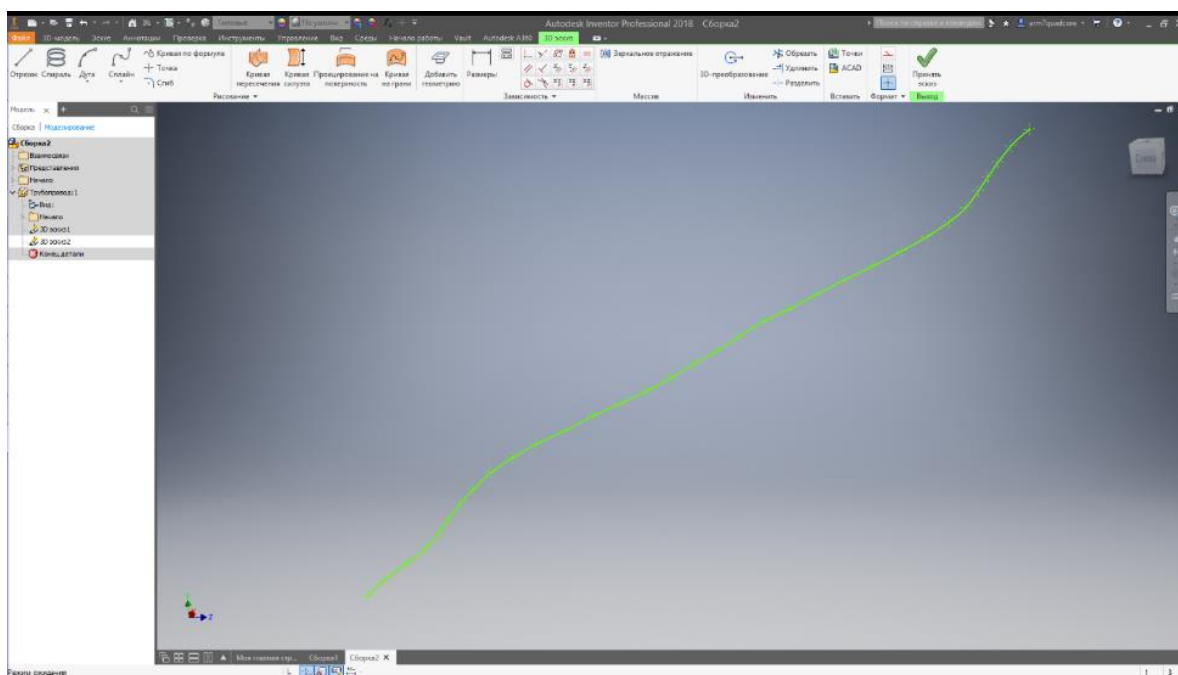


Рисунок - 11 Сплайн по координатам.

Геометрия трубы выполняется сдвигом торца по траектории сплайна.
 Результат изображён на рис. 12.

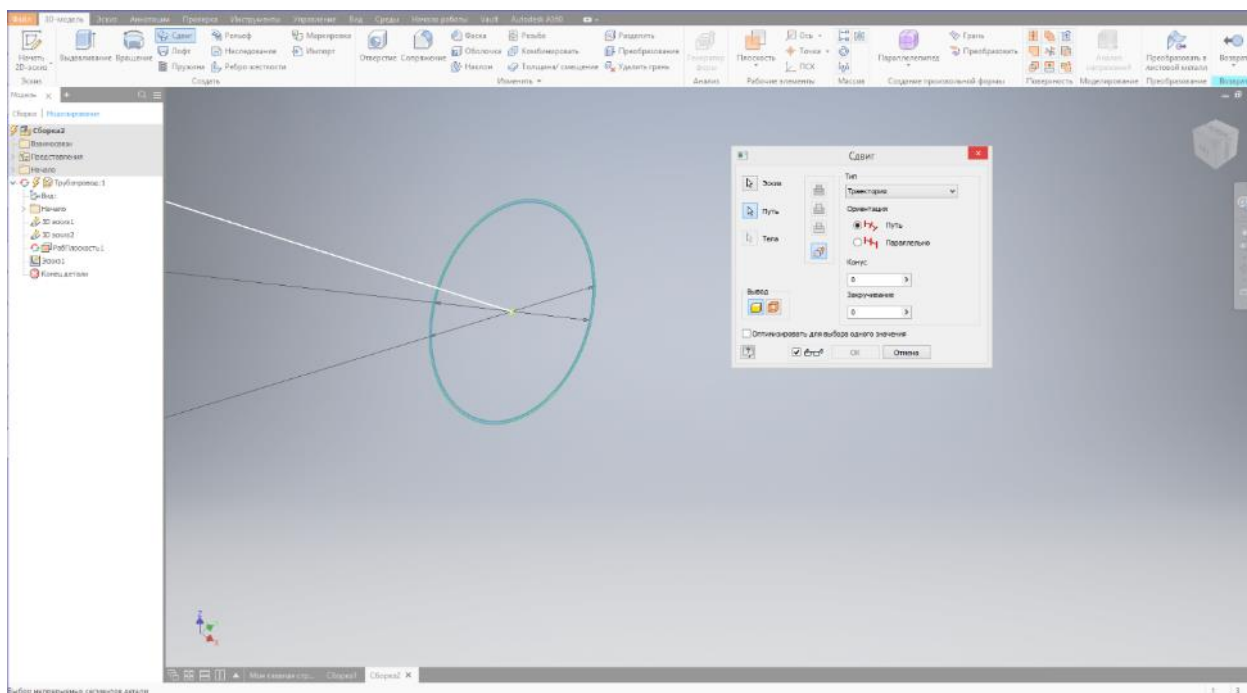


Рисунок 12 - Сдвиг по профилю

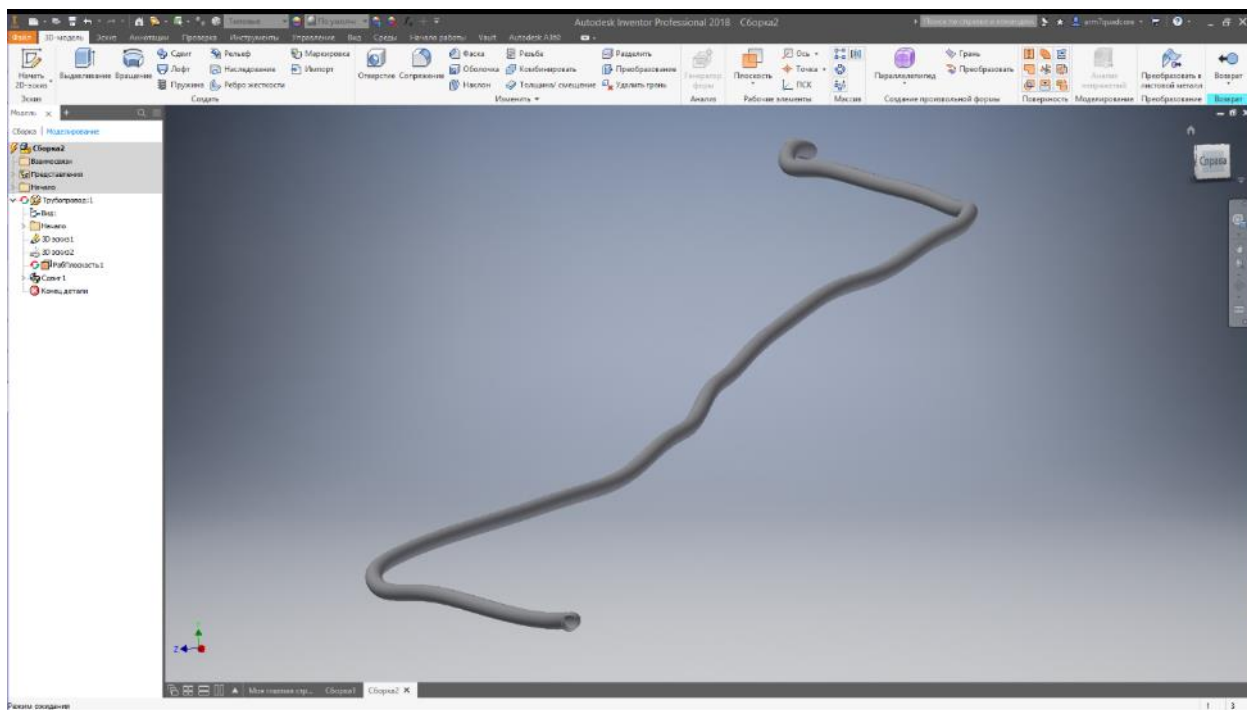


Рисунок 13 - Готовый трубопровод.

Основываясь на требованиях СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы», заглубление трубопроводов в заболоченной местности диаметром более 1000 мм не менее 1,1 м. Грунт выполняется в много

						Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

превышающем объёме трубопровода, для компенсации условий среды проектирования при назначении граничных условий. Основываясь на работах А. В. Яварова, В. А. Рыбакова, П. В. Буркова имитируем засыпку траншеи и назначаем материалы:

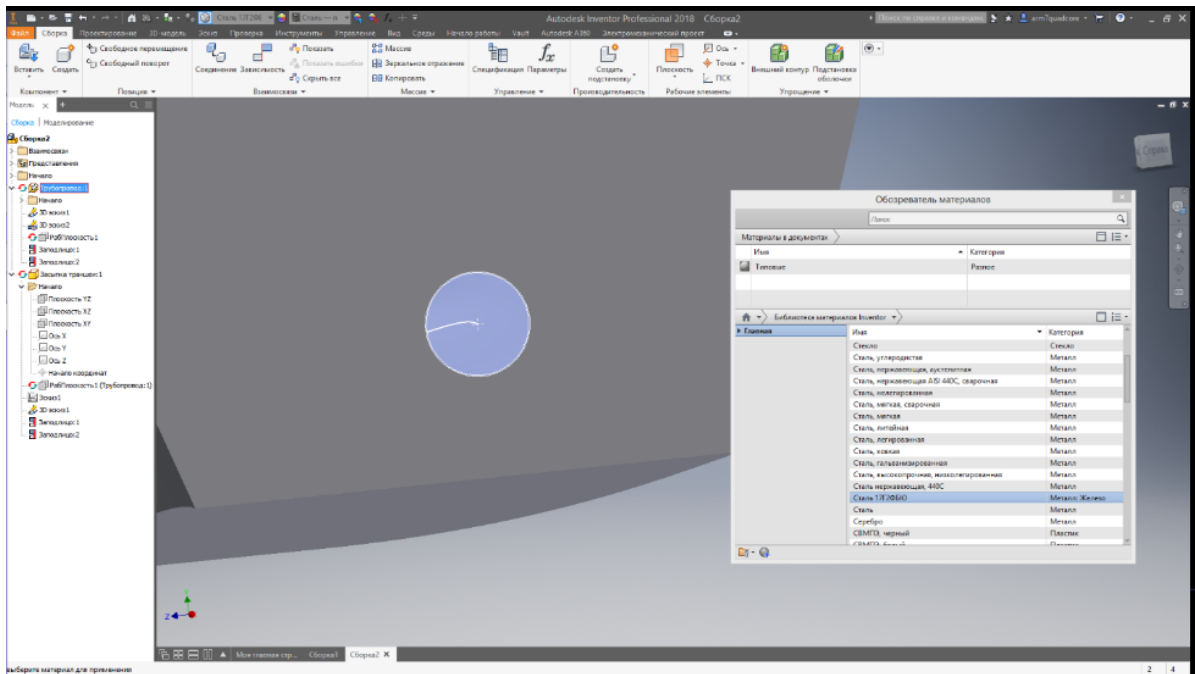


Рисунок 14 - Засыпка траншеи

Создаём пласт земли, призванный поглотить паразитное влияние программных ограничений при расчёте граничных условий:

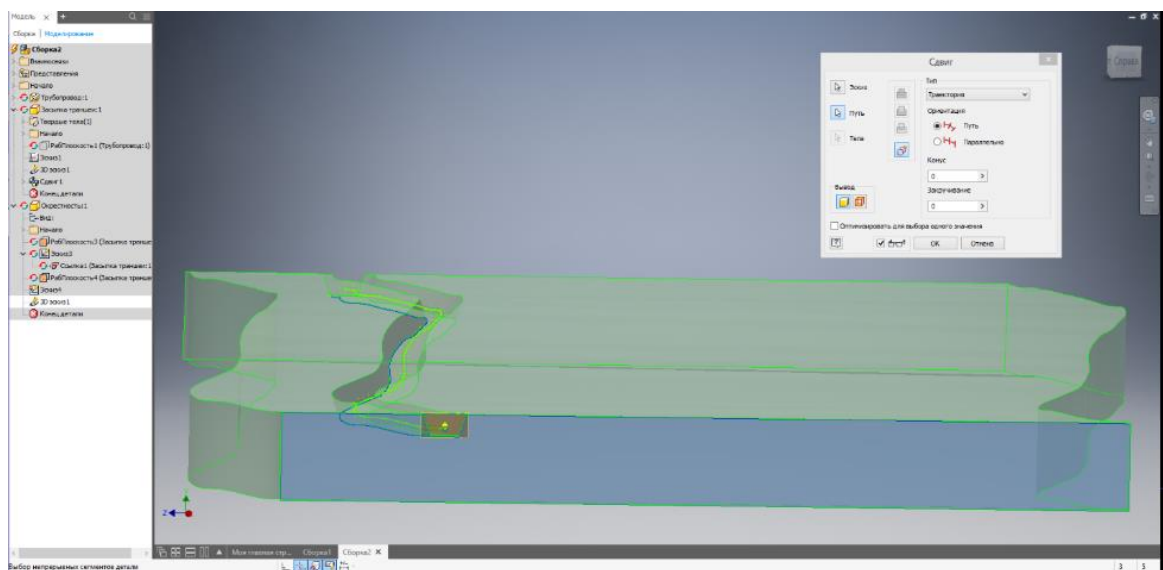


Рисунок 15 - Создание пласта

					Лист
Методика извлечения и обработки данных об объекте					33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

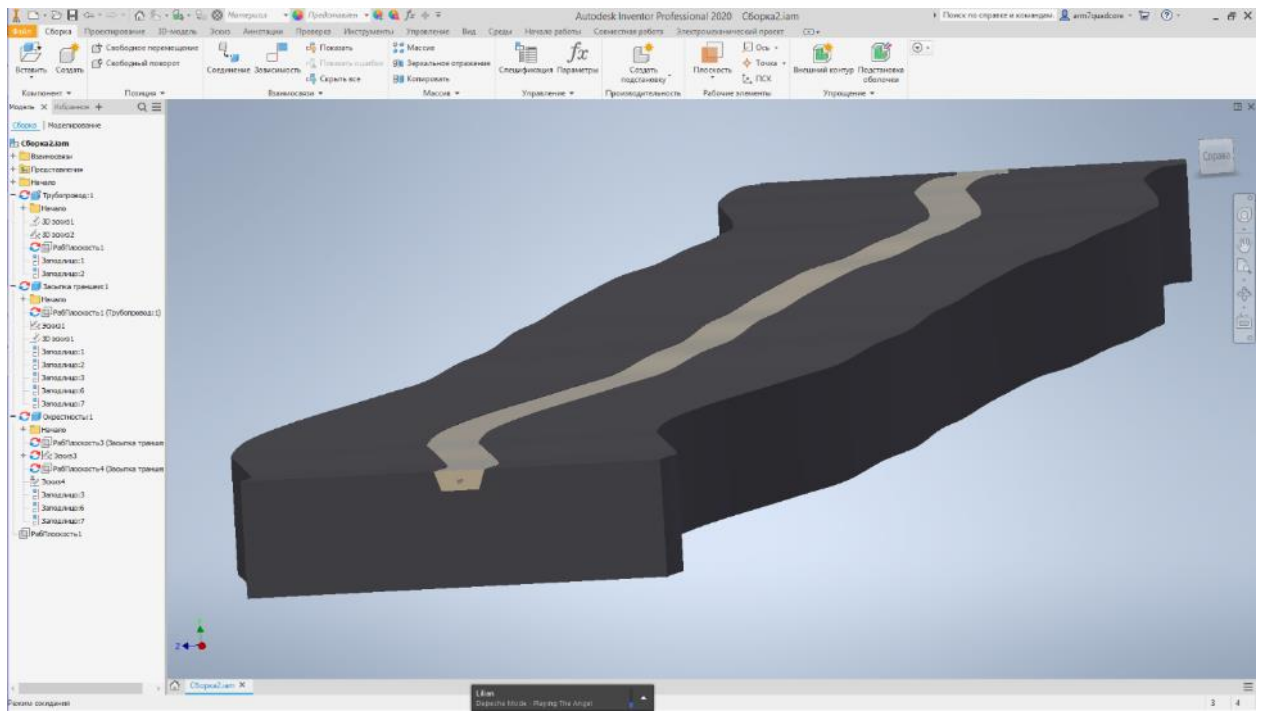


Рисунок 16 - Готовая 3D-модель

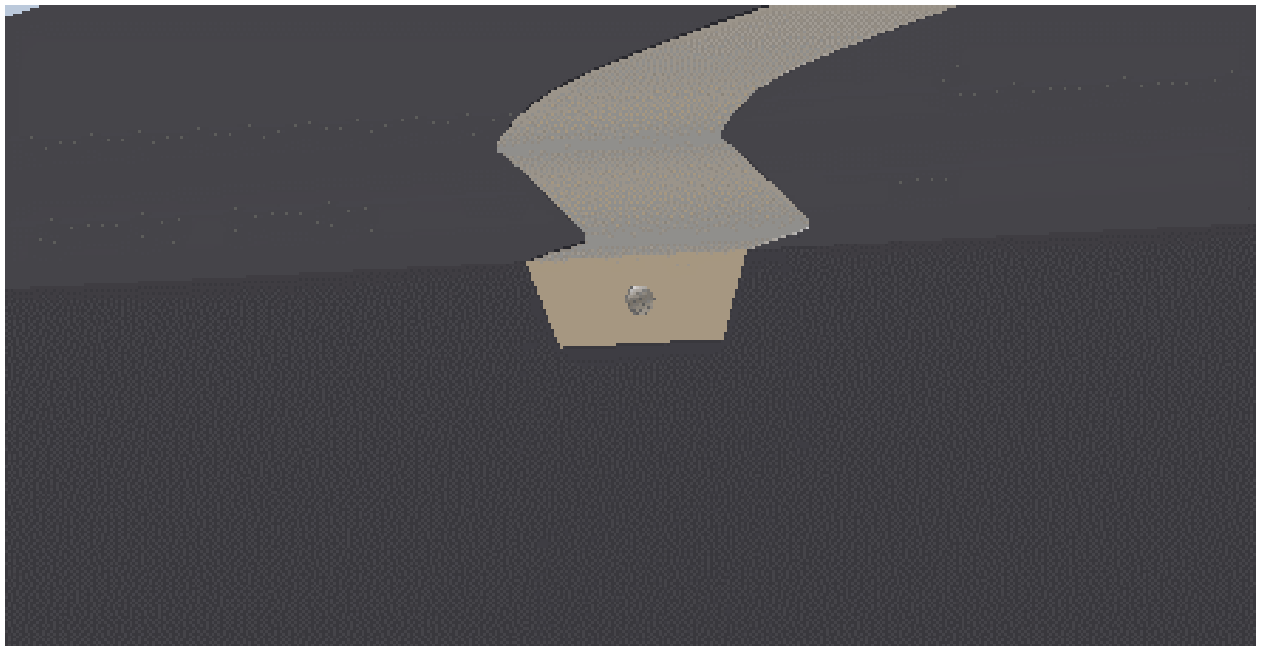


Рисунок 17 - Детализация начала участка

					<i>Методика извлечения и обработки данных об объекте</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

4. Расчёт напряжённо-деформированного состояния

В связи с ограниченностью вычислительной мощности потребительского персонального компьютера предлагается вычислять НДС сегменторно-последовательно. Примером послужит начальный участок модели, сразу после выхода из насосной станции, как наиболее опасный в плане развития дефектов типа КРН.

Назначение материалов: засыпка траншей – песок, пласт земли – почва (повышенная плотность). Взяты из библиотеки материалов Autodesk.

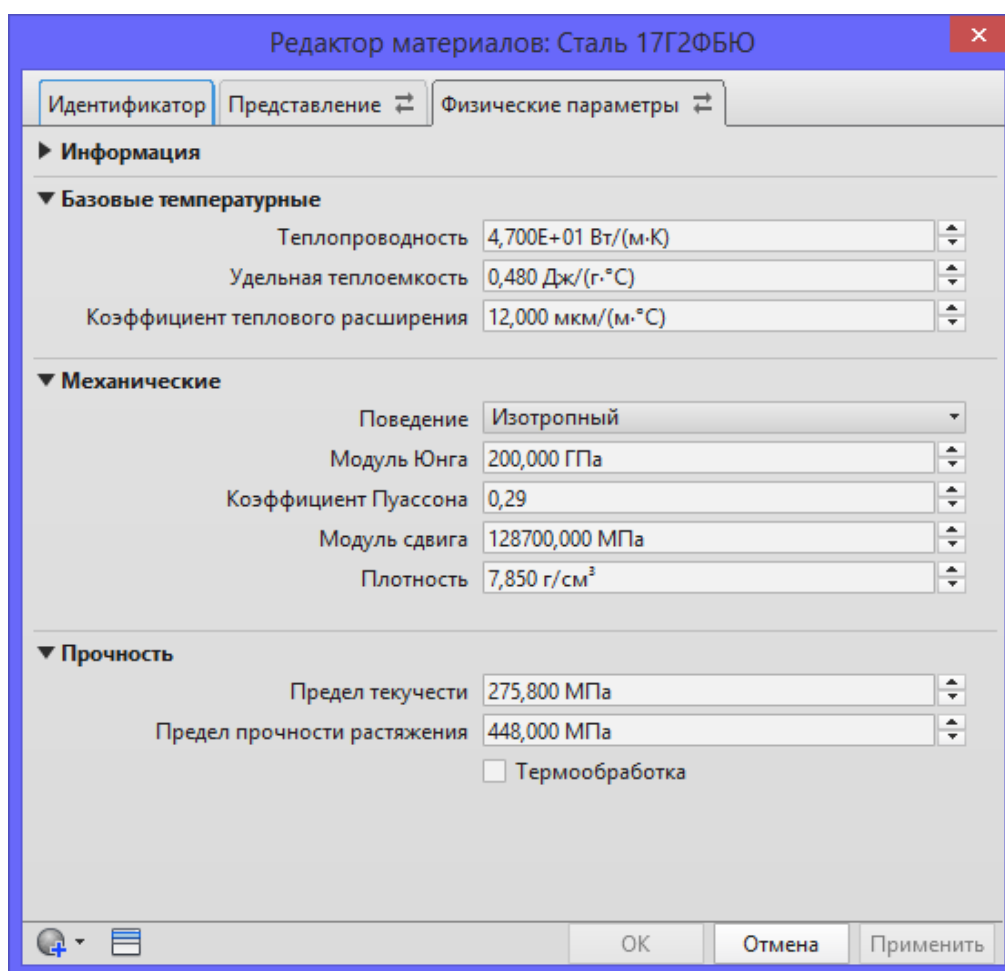


Рисунок 18 - Редактор материалов

				РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ			
Изм.	Лист	Подп.	Дата				
Разраб.	Ефимов Д. В.			Расчёт напряжённо-деформированного состояния	Литера	Лист	Листов
Руковод.	Зарудин А. Г.					34	108
Рук. ООП	Шадрин А. В.				НИ ТПУ гр. 25М81		

Для корректного нанесения граничных условий геометрии – подготовим нижнюю грань под зависимость фиксации. Для этого выравниваем поверхность обратным выдавливанием. Данная мера необходима для корректной интерпретации результатов вычисления в дальнейшем и является опытом эксплуатации САПР при решении задач подобного рода. Для наглядности выполнено половинное сечение.

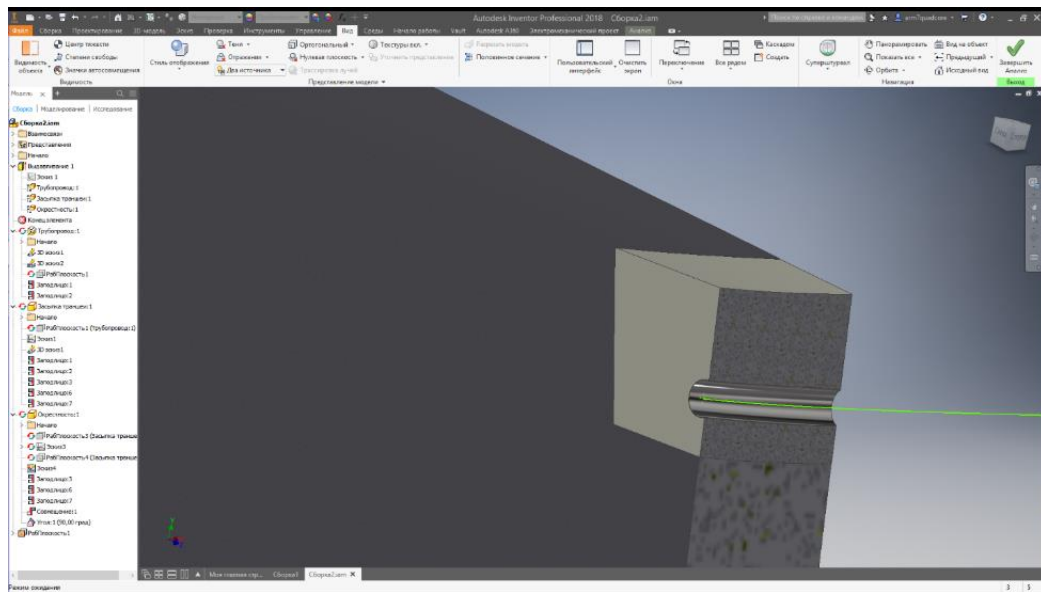


Рисунок 19 - Модель с сечением

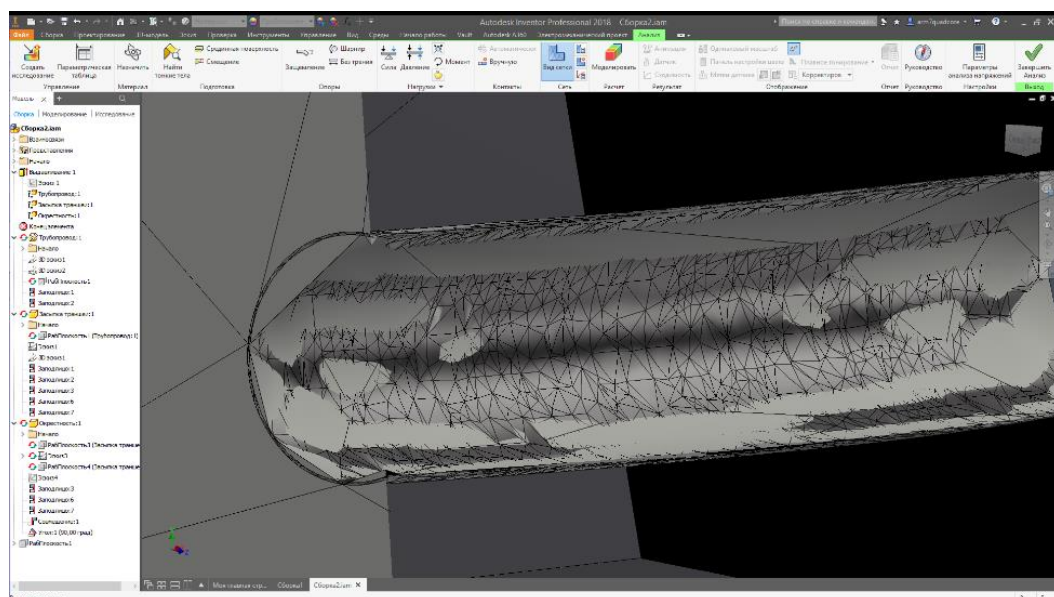


Рисунок 20 - Сеть КЭ

						<i>Лист</i>
						<i>Расчёт напряжённо-деформированного состояния</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

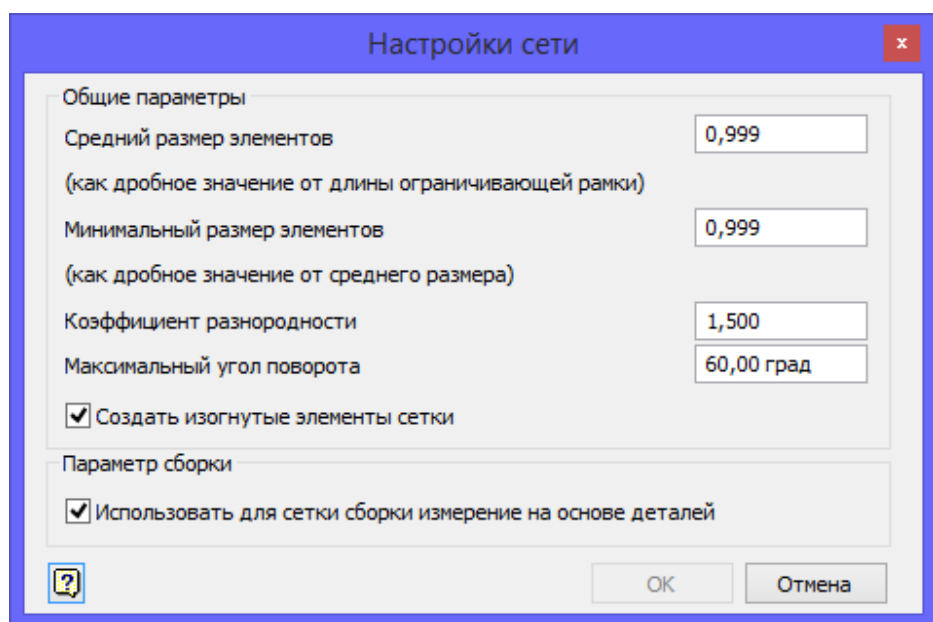


Рисунок 21 - Параметры сети

Граничные условия:

По нижней грани массива установлен полный запрет перемещений, согласно условиям моделирования в среде Inventor. Установлены силы реакции опоры грунта снизу и по бокам траншеи (рис. 21, 22). Модель материала трубопровода принята как линейно-упругая. Совмещение тела трубы и грунта является критерием построения модели Кулона – GRAN для обеспечения достоверной картины НДС в точках соприкосновения грунта и трубопровода. Для этого используется утилита «Опоры в сборке» с нулевым смещением и совмещением «заподлицо». В данной работе используется приближение, заключающееся в однородной упруго-пластичной структуре земли. Давление равномерно распределяется по внутренней стенке трубы и составляет 4 Мпа, сила тяжести назначается на всю систему грунт-труба с применением векторного компонента (Y) (рис. 23). Значение и влияние рассчитываются автоматически исходя из свойств материалов, назначенных ранее. Таким образом, можно считать модель достаточно достоверной при проведении комплексного расчёта на прочность.

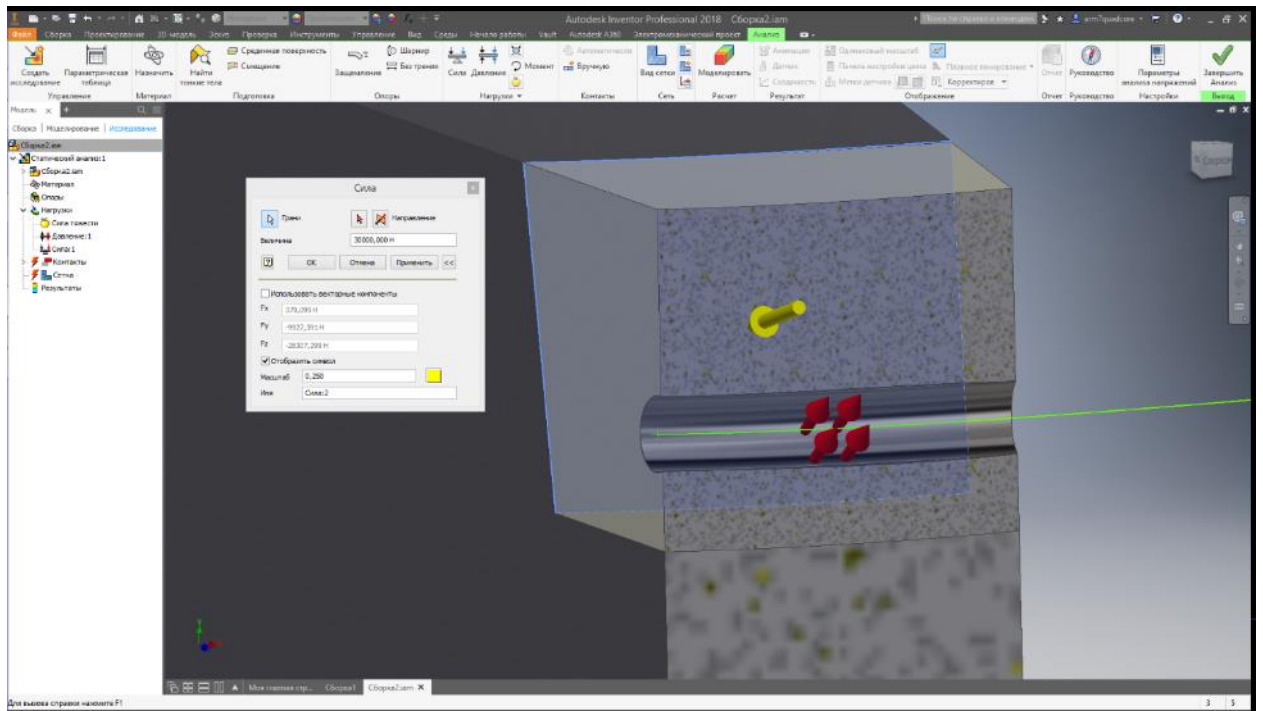


Рисунок 22 - Сила реакции 1

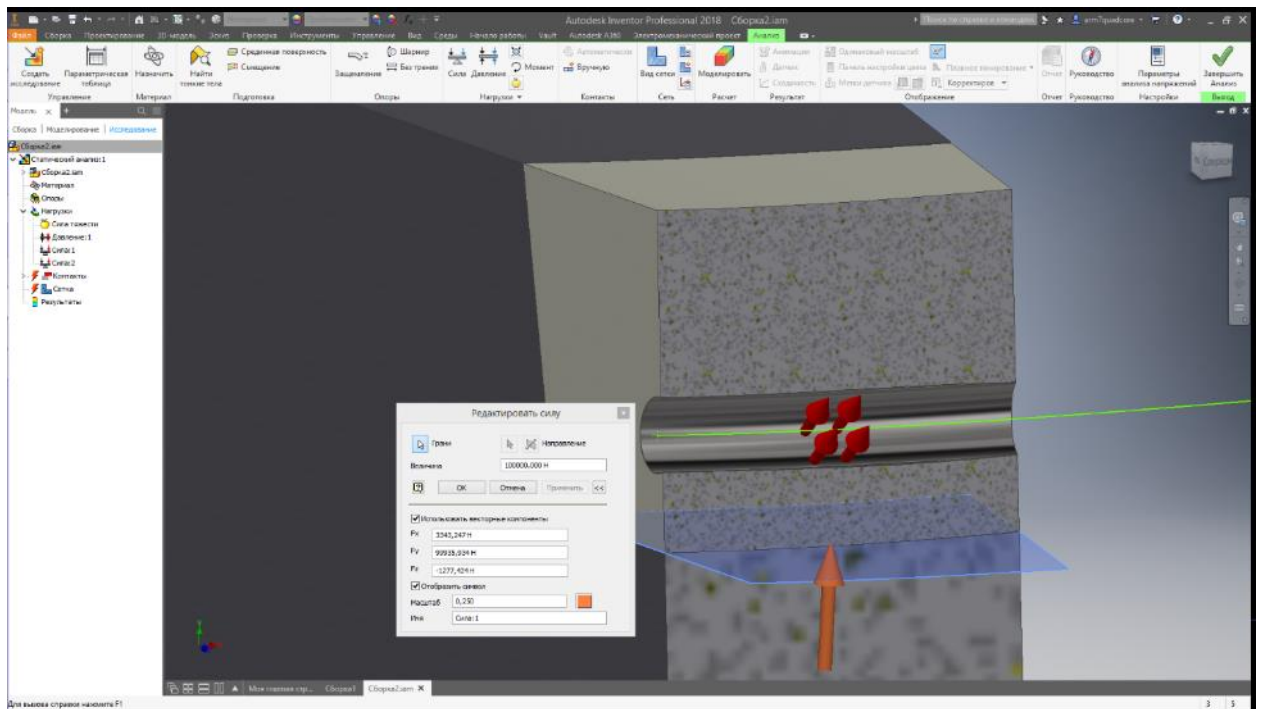


Рисунок 23 - Сила реакции 2

Выполняем расчёт. Используем корректировку для отображения направления деформации. Корректировкой в данном случае принято считать специальную возможность программы отображать смещение геометрии под действием заданных нагрузок в масштабе, заметному человеческому глазу. Полученный результат можно использовать для оценки адекватности модели.

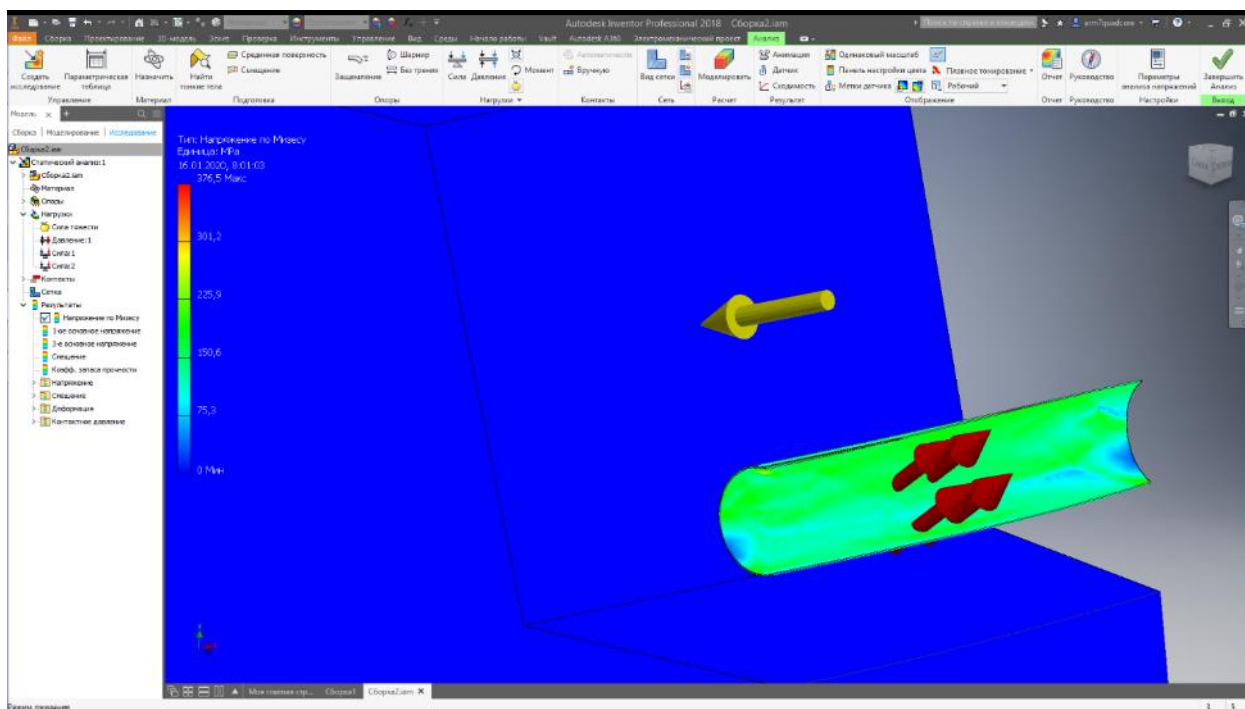


Рисунок 24 - Картина НДС при отключённом грунте. Вид слева

Отчётливо видно, что напряжения концентрируются на подъёме. Этот результат также подтверждается о природе возникновения коррозионного растрескивания под напряжением. Напряжения снижаются в нижней точке перегиба, и повышаются в верхней. Таким образом, перегиб является концентратором напряжения в верхней части трубы.

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчёт напряжённо-деформированного состояния				

Таблица 5 – Результат анализа напряжений

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	1,65436E+13 мм ³	
Масса	15753100 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0027МПа	376,45 МПа
1-ое основное напряжение	-0,18 МПа	523,92 МПа
3-е основное напряжение	-398,71 МПа	166,61 МПа
Смещение	0 мм	15,24 мм
Коэфф. запаса прочности	0,73 бр	15 бр
Напряжение XX	-142,32 МПа	173,71 МПа
Напряжение XY	-35,56 МПа	47,42 МПа
Напряжение XZ	-68,44 МПа	30,948 МПа
Напряжение YY	-99,12 МПа	419,34 МПа
Напряжение YZ	-168,24 МПа	199,01 МПа
Напряжение ZZ	-265,64 МПа	310,89 МПа
Смещение по оси X	-1,71 мм	2,84 мм
Смещение по оси Y	-13,72 мм	0 мм
Смещение по оси Z	-6,47 мм	1,027 мм

По результатам анализа технического состояния и оценки коэффициента запаса могут быть приняты варианты технических решений по режиму эксплуатации рассматриваемого участка нефтепровода.

5. Проверка на прочность и устойчивость

Проверку на прочность трубопроводов на рассматриваемом участке необходимо производить из условий: по наибольшему напряжению изгиба [4-6], [11];

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

по суммарному максимальному продольному напряжению;

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

по суммарному минимальному продольному напряжению;

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

по наибольшему эквивалентному напряжению

$$\sigma_{максэкв} \leq R_2^H$$

по коэффициенту запаса прочности

$$K = \frac{R_2^H}{\sigma_{максэкв}}$$

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

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

				РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ			
Изм.	Лист	Подп	Дата				
Разраб.	Ефимов Д. В.			Заключение	Литера	Лист	Листов
Руковод.	Зарудин А. Г.					41	108
Рук. ООП	Шадрин А. В.				НИ ТПУ зр. 2БМ81		

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

$$\psi_3 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{123,5}{\frac{0,99}{0,9 \cdot 1,11} \cdot 275,8} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{123,5}{\frac{0,99}{0,9 \cdot 1,11} \cdot 275,8} = 0,70,$$

где: R_2^H – нормативное сопротивление сжатию металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению предела текучести = 275,8 МПа;

$$\sigma_{прN(\text{мин})} = -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 92,4 + 0,3 \cdot \frac{1,1 \cdot 4 \cdot 1,02}{2 \cdot 0,016} = -186,33 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{прN(\text{макс})} = -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 92,4 - 0,3 \cdot \frac{1,1 \cdot 4 \cdot 1,02}{2 \cdot 0,016} = -270,49 \text{ МПа},$$

$$\begin{aligned} \sigma_{пр1} &= 0,3 \cdot 123,5 - 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 92,4 + 0,3 \cdot \frac{2,06 \cdot 10^5 \cdot 1,02}{2 \cdot 1228} \\ &= -239,79 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{пр2} &= -0,3 \cdot 123,5 - 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 92,4 - 0,3 \cdot \frac{2,06 \cdot 10^5 \cdot 1,02}{2 \cdot 1228} \\ &= -291,13 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

$$\sigma_{кц}^H = \frac{4 \cdot 0,988}{2 \cdot 0,016} = 123,5 \text{ МПа},$$

$$0,7 \cdot \frac{0,99}{0,9 \cdot 1,11} \cdot 448 = 310,77 \geq |-291,04|$$

$$\frac{0,99}{0,9 \cdot 1,11} \cdot 448 = 447 \geq 123,5$$

Для оценки по наибольшему эквивалентному напряжению, используем

					Расчёт напряжённо-деформированного состояния	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

максимальное напряжение по Мизесу на участке. При визуальном осмотре модели установлен интервал напряжений для модели, согласно цветовому спектру. В нашем случае он составляет [70;180] МПа. При таких значениях коэффициент запаса прочности аналогично рассчитывается по максимальному значению.

$$\sigma_{\text{максЭКВ}} \leq R_2^H$$

$$180 \leq 275$$

$$K = \frac{R_2^H}{\sigma_{\text{максЭКВ}}} = \frac{275}{180} = 1,53$$

В соответствии с приведёнными расчётами, можно сделать вывод, что результаты коррелируются с конечно-элементным моделированием, также выполняются условия проверки трубопровода на прочность. Корреляция расчётов проверяется сравнением полученных методом конечных элементов и выполненных по НД. Стоит заметить, что расхождение в вопросах эквивалентного напряжения обусловлено влиянием грунта на модель, и воздействия комплексных нагрузок на объект сложной формы. Данный нефтепровод испытывает высокие нагрузки и не пригоден для эксплуатации на повышенном давлении

					<i>Расчёт напряжённо-деформированного состояния</i>	<i>Лист</i>
						43
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

5. Социальная ответственность при выполнении работ по диагностике и моделировании линейных сооружений

Магистральные трубопроводы, а также промплощадки насосных и компрессорных станций – опасные производственные объекты различных категорий, согласно федеральному закону №116. Эксплуатация и обслуживание объектов на них требует непрерывного мониторинга состояния, соблюдения нормативной документации и разработки новых методик, направленных на повышение надёжности. В том числе и методик моделирования и расчётов, выводящих интерпретацию результатов, касательно остаточного ресурса на новый уровень.

Данная работа ставит целью внедрение методики построения 3D-моделей линейных сооружений сложной формы. Несмотря на то, что современные средства очистки и диагностики регистрируют абсолютную координату при прохождении, достоверная модель получается только в ходе более глубокой обработки результатов. Методика позволяет обрабатывать данные профиля линейных сооружений любого рода, назначения и географического расположения. В качестве примера, объектом исследования служит эксплуатирующийся магистральный трубопровод, расположенный в районе Крайнего Севера.

Работы по внедрению и непосредственное применение методики сопровождается нахождением исполнителей на территории опасного производственного объекта, что сопровождается повышенным риском воздействия на них вредных и опасных факторов.

					РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ			
								<i>Изм.</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Ефимов Д. В.</i>				<i>Социальная ответственность</i>	Литера	Лист	Листов
<i>Руковод.</i>	<i>Зарудин А. Г.</i>						44	108
<i>Рук. ООП</i>	<i>Шадрина А. В.</i>					<i>НИ ТПУ зр. 2БМ81</i>		

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с нормативными документами [39], к работам, связанным с диагностикой промысловых трубопроводов, допускаются лица, достигшие 18 – летнего возраста, прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие противопоказаний к работе в условиях Крайнего Севера, обученные безопасным методам ведения работы, прошедшие инструктаж на рабочем месте и получившие допуск к самостоятельной работе. Работник должен знать и применять все действующие инструкции и положения по охране труда, которые должны быть в наличии на объекте работы. Работать разрешается только на исправном оборудовании.

При работе с внутритрубными очистными снарядами, работникам выдаётся комплект СИЗ, согласно нормам организации [21,23]. При камеральных работах за ПК и офисной техникой допускается работа без СИЗ в гражданской одежде. Рабочий персонал, в соответствии с федеральным законом от Закон РФ от 19.02.1993 N 4520-1, получает надбавку к заработной плате в размере не 70% от оклада (РК) и индивидуальную северную надбавку до 100% от оклада, где применимо. Дополнительно оплачиваемый отпуск в размере 24 календарных дней. В зависимости от региона проживания работник имеет право на получение дополнительного отпуска и на досрочную пенсию, а работодатель обязан перечислять повышенные взносы в пенсионный фонд.

6.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Методика предполагает камеральные работы расчётной группы, либо единолично с использованием ПК. В связи с этим к рабочему месту предъявляются требования организационного, технического, эргономического, санитарного, гигиенического и экономического характера.

В помещении, где сотрудники непрерывно находятся более двух часов, должно быть естественное освещение (СанПиН 2.2.4.3359-16). Исключение

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

составляют помещения, которые разрешено размещать в цокольных и подвальных этажах при необходимости соблюдения технологического процесса. Окна в помещениях, где работают с компьютерами, должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы необходимо оборудовать регулируемыми жалюзи, внешними козырьками и пр. (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). При работе с компьютером с плоским монитором рабочее место должно иметь площадь не менее 4,5 кв. м, при использовании кинескопического монитора – не менее 6 кв. м. По истечении каждого часа работы помещение должно проветриваться (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Для первоначальной оценки соответствия рабочего места на предмет безопасности работником самостоятельно проводится осмотр, согласно АПК 1 уровня на производственных объектах ПАО «Газпром».

5.2. Производственная безопасность

В таблице 1 представлен перечень опасных и вредных производственных факторов, которые имеют место при работах, связанных с диагностикой и расчётом магистральных трубопроводов, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 6 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по диагностике и комплексной оценке состояния промысловых трубопроводов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы		Нормативные документы
	Разработка	Применение	
1. Отклонение показателей микроклимата в помещении;	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Продолжение таблицы 6

2. Загазованность парами рабочей зоны испарениями	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений при нормировании параметров микроклимата»
3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	-	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение
5. Механическое травмирование	-	+	ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ. Оборудование производственное;
6. Монотонный режим работы и эмоциональный стресс	+	+	ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы

5.2.1. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений при нормировании параметров микроклимата» выделяют холодный период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10°C и ниже и теплый период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10°C. Разграничение работ по категориям, осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт) [41].

Таблица 2 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений при контроле напряженно-деформированного состояния трубопровода [41]

					Социальная ответственность	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сезон года	Категория тяжести работ	Температура, С ⁰		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Фактич.	Оптимальные	Фактич.	Оптимальные	Фактич.	Оптимальные
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодный	Ia	23	22-24	55	60-40	0,1	0,1
	IIб	17	17-19	55	60-40	0,2	0,2
Теплый	Ia	25	23-25	55	60-40	0,1	0,1
	IIб	19	19-21	55	60-40	0,2	0,2

Для поддержания оптимальных показателей микроклимата в рабочей зоне, в помещении работают системы отопления и вентиляции.

В анализируемом производственном процессе работы относятся к категории Ia и IIб. К Ia относятся работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. К категории IIб относятся работы с интенсивностью энерготрат 201– 250 ккал/ч, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

5.2.2. Загазованность парами рабочей зоны испарениями углеводородов и пр.

Камеральные работы в офисе исключают попадание в помещение паров летучих и ароматических углеводородов, однако непосредственно на производственном объекте вероятность существенная. Стоит заметить, что несмотря на то, что работы по моделированию производятся преимущественно на ПК с обработкой данных, процесс их получения может

подразумевать трассовый объезд или вмешательство в стравленный участок трубопровода.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 и ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. ПДК для предельных углеводородов C2-C10 (в пересчете на углерод) в воздухе рабочей зоны: 300 мг/м³ - среднесменная, 900 мг/м³ – максимальная разовая (ПДК метана - 7000 мг/м³). ПДК сероводорода (H₂S) в воздухе в рабочей зоне - 10 мг/м³, в смеси с углеводородами —3 мг/м³.

Для предотвращения и недопущения возникновения загазованности рабочей зоны необходимо проводить периодический непрерывный контроль концентраций газовой смеси, с предоставлением информации (световой, звуковой) о появлении опасных концентраций в воздухе (предупредительный при 10% от НКПР и аварийный при 20 % от НКПР) по месту. В зонах работы с превышенными значениями концентрации опасных веществ необходимо использовать соответствующие СИЗ для дыхательных путей, а так же следовать регламентам и инструкциям газоопасных работ. Работы выполнять по наряду-допуску.

5.2.3 Производственный шум

Промплощадка насосных и компрессорных станций является источником повышенного шумового фона. Продолжительное воздействие шума сверх нормированных значений негативно влияет на организм человека и способствует развитию профессиональных заболеваний.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 и Федеральному закону от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», нормированный уровень шума для данного вида работ составляет 80 дБ (шумовое загрязнение от работающей в штатном режиме стационарной модификации турбовинтового авиадвигателя НК-16СТ, используемого в качестве привода компрессора составляет порядка 115-118 дБ). Для избежания

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

негативного воздействия шума, рабочему персоналу предоставляются необходимые СИЗ: наушники, беруши и др в случае невозможности работы в отдалённых боксах-помещениях. [21]

5.2.4. Недостаточная освещённость рабочей зоны

Работы, связанные с расчётом и моделированием осуществляются в рабочее время, однако в условиях Крайнего Севера в зимнее время года большая часть рабочего дня выпадает на полярную ночь, что вызывает необходимость применения искусственных осветительных приборов.

Естественное освещение в помещениях и на производственных объектах регламентируется нормами, предусмотренными СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Для общего и местного освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 до 6800 К. Интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320-400 нм не должна превышать 0,03 Вт/м². Наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается.

Для искусственного освещения следует использовать энергоэффективные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшими световой отдачей и сроком службы, с учетом требований к цветоразличению. Источники света должны отвечать требованиям [20].

Применение ламп накаливания общего назначения для освещения ограничивается [20]. Не допускается применение для освещения ламп накаливания общего назначения мощностью 100 Вт и более.

5.2.5. Механическое травмирование

Подвижные части производственного оборудования, перемещение оборудования при их монтаже и демонтаже способствуют возникновению возможности травмирования.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

Требования безопасности подробно описаны в «ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ. Оборудование производственное». Для предотвращения производственного травматизма персонал должен знать и соблюдать технику безопасности при работе с соответствующим оборудованием, применять их только по назначению, а также быть обеспечены необходимыми средствами индивидуальной защиты: рабочая одежда, каска, боты и т. д.

5.2.6. Монотонный режим работы и эмоциональный стресс

Монотонный труд - вид репродуктивного однообразно повторяющегося труда, угнетающего психику, согласно ГОСТ 12.0.002-2014. Однотипная и монотонная работа за персональным компьютером сопровождается необходимостью долгое время находиться в сидячем положении. Это может повлечь заболевания опорно-двигательной системы и другие. Наибольшую опасность для зрения представляют ЭЛТ-мониторы, однако, они выведены из эксплуатации. Современные TN, IPS, OLED матрицы дисплеев не несут опасности даже при длительной работе. Проблемы со статичным характером расположения человека решаются наличием 2х технологических перерывов длительностью порядка 15 минут (зависит от организации).

5.3. Экологическая безопасность

Работы по расчёту моделей трубопроводов не несут воздействия на экологию, однако направлены на повышение надёжности, что снижает риск аварии. Тем не менее, при аварии проводится комплекс работ, которые имеют прямое отношение к экологии района работ. Данный раздел об этом.

5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Воздействие на атмосферу

Особое внимание стоит уделить процессу испарения, который приводит к образованию нефтяных паров, негативно влияющих на состояние персонала, задействованного в процессе ликвидации аварийной ситуации.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

При большом содержании углеводородов в воздухе (более 20 %) возникает недостаток кислорода, что провоцирует удушье, отравление, возможно, даже к летальным исходам. Так же стоит отметить, что эксплуатация оборудования, используемого в процессе ликвидации разлива нефти, сопровождается неизбежными выбросами вредных веществ в атмосферу. Поэтому воздействие разлива нефти на атмосферу обусловлено токсичностью природных углеводородов и сопутствующих им химических соединений.

Влияние на гидросферу

Компоненты разлива нефти, имеющие низкий молекулярный вес, легко испаряются, а более тяжелые оседают на дно водоема. Большая часть разлива распространяется на водной глади, образуя олеофильную пленку, которую достаточно трудно удалять. Так же колебания воды и течения смешивают нефть с водой в результате чего образуется водо-нефтяная эмульсия, которая не будет растворяться, что также затрудняет процесс ликвидации и очистки.

При разливе нефти наибольшую опасность представляет распространение ее на больших площадях, приводящее к необратимому нарушению экологического баланса и делающее невозможным в дальнейшем нормальное функционирование биологических систем. Пороговые концентрации для большинства нефти, ее составляющих и нефтепродуктов составляют 0,1 - 0,3 мг/л в соответствии с РД 52.24.476-2007 «Массовая концентрация нефтепродуктов в водах».

О присутствии нефтепродуктов в грунтовых водах судят по наличию или отсутствию характерного запаха. Пороговые значения запаха составляют для бензола 1–10 мг/л, для бензина 0,001–0,01 мг/л, для дизельного топлива 0,001–0,01 мг/л, для керосина 0,01–0,1 мг/л в соответствии с ГОСТ 17.4.3.06-86 «Охрана природы. Почвы».

Подводным переходам трубопроводов уделяется особое внимание, так как даже разгерметизация технологического оборудования приводит к серьезным

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

экологическим авариям. Для повзводных переходов трубопроводов расширяется области охранной зоны, вводятся дополнительные регламенты осмотра во время паводковых периодов, частота обхода и объезда увеличивается.

Воздействие на литосферу

При разливе нефти и попадании ее на почву начинаются процессы деградация растительного покрова, изменяются водно-физические свойства и структура почв, происходит просачивание нефтепродуктов из почв в подземные и поверхностные воды. В конечном итоге почва принимает формы химического загрязнения, опустынивания, заболачивания и т.д.

Для условий современной России для характеристики разной степени техногенной загрязненности почвогрунтов рекомендуют уже следующие пороговые уровни концентрации нефтепродуктов (таблица 4).

Таблица 7 – пороговые уровни концентрации нефти в почвогрунтах

Уровень загрязнения	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
Допустимый	< ПДК
Низкий	1000...2000
Средний	2001...3000
Высокий	3001...5000
Очень высокий	> 5000

Таблица 8 - Классификация загрязненности почвы по глубине проникновения нефтепродукта

Глубина проникновения нефти, м	Классификация загрязненности
Менее 0,15	Поверхностное замазучивание
0,15... 0,30	Мелкопрофильное замазучивание
0,30... 0,60	Среднепрофильное замазучивание
Более 0,60	Глубокопрофильное замазучивание

В природных средах, незагрязненных нефтью и нефтепродуктами, фоновое содержание естественных углеводородов может колебаться от 0,01 до 1–2 мг/дм³. При содержании углеводородов в почвогрунтах от 2 до 100 мг/дм³ нефтепродукты не оказывают заметного вредного влияния на окружающую среду. Техногенное загрязнение нефтью может достигать 100 г/дм³ и более.

5.3.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Защита атмосферы

Для предотвращения такого вида загрязнений используют различного вида фильтры, которые устанавливаются на оборудование. Количество выбросов остаточных газов и продуктов технологических процессов (освобождение камеры пуска/ приема от избыточного давления, стравливание на стояки давления) необходимо фиксировать в специальные журналы выбросов, а сведения предоставлять руководству эксплуатирующей организации. Повсеместно необходимо использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания и газоанализаторы.

Защита гидросферы

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

Защита акваторий, которые пересекают промысловые трубопроводы, предусматривается еще на стадии проектирования. Конструкция подводного перехода предусматривает проведение резервных ниток (если это возможно) наравне с основной рабочей ниткой трубопровода, тело трубы заключают в специальные кожухи, оснащенные утяжелителями для предотвращения

					Социальная ответственность	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

нежелательного размыва и всплытия, что может повлиять на напряженное состояние трубопровода и привести к его деформации.

Защита литосферы

Трассы промышленных трубопроводов следует прокладывать, как правило, вне зоны селитебной территории городов и других населенных пунктов, в основном в пределах промышленных, коммунально-складских и санитарно-защитных зон предприятий и по другим территориям, свободным от жилой застройки.

Руководствуясь СНиП 2.05.13-90 «Нефтепродуктопроводы, прокладываемые на территории городов и других населенных пунктов», выбор трассы трубопровода следует выбирать из обеспечения надежности трубопровода, предотвращения возможного проникновения нефтепродуктов в селитебные зоны, а также возможности подъезда транспортных и ремонтных машин к любому участку трубопровода для проведения требуемых работ.

В зоне селитебной территории допускается прокладка трубопроводов при условии, что рабочее давление не должно превышать 1,2 МПа, а участок трубопровода укладывается в защитный кожух.

Расстояния от трубопроводов до зданий, сооружений и инженерных сетей следует принимать в зависимости от условий пролегания трассы и необходимости обеспечения безопасности (таблица 5)

Таблица 9 - Расстояние от трубопроводов до зданий, сооружений и инженерных сетей в зависимости от условий пролегания трассы

№ п/п	Здания и сооружения	Минимальные расстояния по горизонтали в свету, м
----------	---------------------	---

Продолжение таблицы 9

1	Общественные здания и сооружения; жилые здания в три этажа и более	50
2	Жилые здания в один и два этажа; автозаправочные станции; электроподстанции; кладбища; мачты (башни) и сооружения многоканальной радиорелейной связи; телевизионные башни; теплицы; склады различного назначения	20
3	Территории промышленных и сельскохозяйственных (фермы, тока, загоны для скота, силосные ямы) предприятий; дачи; садовые домики; индивидуальные гаражи при числе боксов свыше 20; путепроводы железных и автомобильных дорог; канализационные сооружения	15

Для исключения возможности повреждения трубопроводов (при любом виде их прокладки) устанавливаются охранные зоны вдоль трасс трубопроводов, транспортирующих нефть, природный газ, нефтепродукты, нефтяной и искусственный углеводородные газы. Охранные зоны представляют собой участок земли, ограниченный условными линиями, проходящими в 25 метрах от оси крайнего трубопровода с каждой стороны в соответствии с пунктами СП 36.13330.2012 «СНиП 2.05.06-85* Магистральные трубопроводы» и СП 34-116-97 «Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промысловых нефтегазопроводов».

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении работ на линейной части

Работы, касающиеся линейной части, относятся к работам повышенной опасности (газоопасные, огневые), во время проведения которых не исключено возникновение чрезвычайных ситуаций различного характера:

					Социальная ответственность	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- ЧС природного характера, не зависящие от деятельности человека
- Разрыв линейной части из-за нарушения режима эксплуатации
- Разрыв/повреждение трубопровода из-за человеческого фактора
- Целенаправленное вредительство (несанкционированная врезка, террористический акт)

подавляющее большинство аварий происходят по вине недобросовестного выполнения обязанностей работника, должностных инструкций, а также в следствие нарушения правил охраны труда.

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

Вероятный вид ЧС

Одной из наиболее частых аварий при работе с трубопроводами под избыточным давлением являются взрывы, сопровождающийся пожаром, разрушением конструкций. При возникновении взрыва выделяют следующие зоны по величине давления: полные – 50 кПа, сильные – 30 кПа, средние – 20 кПа и слабые разрушения с давлением 10 кПа.

Возможные источники возникновения ЧС

При обследовании и диагностике трубопроводов появление взрыва может быть спровоцировано следующими факторами:

- Гидравлический удар;
- Механическое повреждение техногенного характера;
- Скопления газа в стравленном, но не пневматизированном участке трубопровода.

Порядок действий и ликвидация ЧС

					Социальная ответственность	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

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

Выполнение работ производят при помощи исправного инструмента, персоналом, прошедшим обучение и имеющим достаточную степень квалификации. Место аварии обозначается сигнальными лентами, знаками, плакатами, проезды освобождены с возможностью беспрепятственного подъезда техники, наличие средств пожаротушения и газоанализаторов обязательно. Так же, персонал, задействованный в ликвидационных мероприятиях, оснащен средствами индивидуальной защиты.

При возникновении несчастного случая необходимо немедленно освободить пострадавшего от воздействия травмирующего фактора, оказать ему первую медицинскую помощь и сообщить о несчастном случае руководителю работ. Все работы, связанные с взрывоопасными и взрывопожароопасными объектами, проводятся в дневное время, исключением являются только аварийные ситуации.

Выводы по разделу

Таким образом, вышеприведенный анализ позволил выделить основные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при работах по диагностике и комплексной оценке промышленных трубопроводов, а именно:

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

1. Отклонение показателей микроклимата в помещении;
2. Загазованность парами рабочей зоны испарениями
3. Повышенный уровень шума на рабочем месте
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны
5. Механическое травмирование
6. Монотонный режим работы и эмоциональный стресс

На основании нормативной документации предложены меры по минимализации их влияния, вероятности возникновения, а так же устранения последствий, если избежать аварии не удалось.

Для надёжной и безаварийной работы линейной части необходимо соблюдение нормативов и стандартов. Внедрять нестандартные методики автоматизации расчётов для исключения человеческого фактора.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
						59
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Коммерческая ценность проводимого исследования или введенного продукта преобладает над ценностью этого открытия с научной точки зрения или потенциальной пользой, в случае конкретного продукта. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Достижение цели обеспечивается решением задач:

оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;

планирование научно-исследовательских работ;

					РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>		<i>Подп</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Ефимов Д. В.</i>				<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	Литера	Лист	Листов
<i>Руковод.</i>	<i>Зарудин А. Г.</i>						60	108
<i>Рук. ООП</i>	<i>Шадрина А. В.</i>					<i>НИ ТПУ зр. 2БМ81</i>		

6.1 Расчёт нормативной продолжительности выполнения работ на производстве

Данный расчёт, вводимой на производство методики является приблизительным и зависит от приоритетов высшего руководства касательно расчётной группы, материально-технического оснащения итд. Применение методики построения численных моделей линейных сооружений сложной формы и расчеты на них предполагается возлагать на инженера-диагноста линейной эксплуатационной службы (или аналогичной должности в зависимости от деятельности компании).

Таблица 10 - Нормы времени выполнения технологических операций

№ п/п	Наименование операций	Объем работ		Продолжительность работ, часов	Состав бригады
		ед. измерения	Кол-во		
1	Обработка результатов ВТД	шт.	1	8	1 чел.
	Интерпритация дефектов внутренней части	шт.	Н/д	6	
	Контроль качества сварных швов (анализ сварочных журналов)	Шт.	Н/д	2	
2	Анализ данных по 2D профилю		1	8	1 чел.
3	Проверка на рыскание		1	1	1 чел.

Продолжение таблицы 10

4	Применение методики извлечения третьей координаты (рыскания)		1	9	1 чел.
	- Выполнение работ с промежуточными осями	шт.	1-3	2	1 чел.
	- Составление и построение табличной функции	шт.	1	1	1 чел.
	- Регрессионный анализ функции рыскания трубопровода	шт.	1	3	1 чел.
	- Введение калибровочной оси и сведение с началом участка	шт.	1	1	1 чел.
	-Подготовка журнала координат для импорта в САПР	шт.	1	2	1 чел.
5	Работа по построению 3D эскиза модели в САПР	шт.	1	5	1 чел.
6	Расчёт НДС модели в САПР	шт.	1	3	1 чел.
7	Интерпритация результатов численного эксперимента, заключение	шт.	1	1	1 чел.
	Продолжительность остановки для ремонтных работ, итого	х		35	

SWOT- анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ проекта с позиции четырех критериев оценки: Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности, Threats – угрозы. далее представлена матрица SWOT, составленная для внедрения методики построения моделей линейных сооружений сложной формы.

Таблица 11 – Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	<p>C1: Достоверность расчёта;</p> <p>C2: Построение адекватной модели, максимально приближенной к действительности;</p>	<p>Сл1: Требуется обучение</p> <p>Сл2: Трудозатраты;</p> <p>Сл3: Финансовые затраты на приобретение лицензий ПО</p>
Возможности:		
<p>V1: Вариативность расчёта НДС на интересующих участках;</p> <p>V2: Достоверная картина НДС с учетом всех направлений;</p> <p>V3: Возможность предварительного заключения об остаточном</p>	<p>- Предупреждение аварий;</p> <p>- Выполнение нормативов по расчётам и ИТД;</p> <p>- Обеспечение бесперебойного и безаварийного режима;</p>	<p>- Дополнительные курсы и повышение квалификации;</p> <p>- Сдача работы на аутсорс;</p>

Продолжение таблицы 11

<p>Угрозы:</p> <p>У1: Отсутствие поддержки со стороны нормативной документации;</p> <p>У2: Отказ в пользу традиционных методов;</p>	<p>- Сотрудничество с ВНИИ в вопросах стандартизации ИТД;</p> <p>- Внедрение методики производство и ее апробация;</p>	<p>- Трудности с освоением персонала;</p> <p>- Трудности с материально-техническим оснащением</p>
--	--	---

6.2. Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе разрабатывается оптимальная технология капитального ремонта магистрального нефтепровода в условиях субтропического климата.

Целевым рынком данного исследования будут являться нефтедобывающие и нефтетранспортные компании.

Таблица 12 – Целевой рынок

		Виды работ			
		Капитальный ремонт	Обслуживание линейной части	Высокотехнологичные методы диагностики	Добыча
Тип компании	Добывающие				ЕНОС, Газпром добыча Роснефть
	Транспортные	Dragon Oil KMG Emirates Транснефть Газпром трансгаз	Dragon Oil Транснефть Газпром трансгаз		
	Сервисные	SLB Halliburton	Halliburton	SLB Halliburton KMG Emirates	

7.3. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке,

необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Так как в своём роде разработка уникальна, конкурентными считаем уже принятые на вооружение методы.

Бк1 – Расчёты по СП 36.13330.2012 *Магистральные трубопроводы*.

Бк2 – Моделирование прямолинейных секций в САПР.

Бф – Применение исследуемой методики

Оценочная карта анализа представлена в таблице 6.1.2.1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где: K – конкурентоспособность конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							

Продолжение таблицы 13

1.Удобство эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) в	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
2.Энергоэкономичность	0,15	5	2	3	0,75	0,3	0,45
3.Надежность	0,2	4	5	4	0,8	1	0,8
4.Простота эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
2.Уровень проникновения на рынок	0,01	2	3	4	0,02	0,03	0,04
3.Цена	0,12	5	1	2	0,6	0,12	0,24
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
5.Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
6.Финансирование научной разработки	0,01	4	2	2	0,04	0,02	0,02
7.Срок выхода на рынок	0,01	3	5	4	0,03	0,05	0,04

Продолжение таблицы 13

8.Наличие сертификации разработки	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого	1	53	44	43	4,74	3,67	3,69

В результате можно увидеть, что предлагаемая разработка способна составить конкуренцию существующим на этом рынке установкам. Объясняется это результатами повышенной точности и выхода интерпритации результатов прочностных расчётов на новый уровень..

6.4. Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Так как методика не подразумевает создание технического средства или механизма – исключаем из системы оценивания уровень шума и ремонтпригодность. Технология QuaD применяется для предлагаемой стратегии ремонта трубопровода. Для удобства составим оценочную карту (таблица 6.1.3.1)

Таблица 14 – Оценочная для оценки качества и перспективности разработки технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	

Продолжение таблицы 14

Показатели оценки качества разработки					
Энергоэффективность	0,08	95	100	0,9	0,072
Надежность	0,09	95	100	0,95	0,0855
Уровень материалоемкости разработки	0,05	100	100	1	0,05
Уровень шума	-	-	-	-	-
Безопасность	0,08	100	100	1	0,08
Простота эксплуатации	0,06	80	100	0,9	0,054
Ремонтопригодность	-	-	-	-	-
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Конкурентоспособность продукта	0,09	95	100	0,95	0,0855
Уровень проникновения на рынок	0,07	70	100	0,7	0,049
Перспективность рынка	0,09	100	100	1	0,09
Цена	0,08	95	100	0,95	0,076
Послепродажное обслуживание	0,07	95	100	0,95	0,0665
Срок выхода на рынок	0,05	90	100	0,9	0,045

Продолжение таблицы 14

Наличие сертификации разработки	0,05	80	100	0,8	0,04
Итого	1	-	-	-	0,916

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где: P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Таким образом, полученное средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки находится в пределах от 1 до 0,8, значит, согласно технологии QuaD данная разработка является перспективной.

6.5. Планирование научно-исследовательской работы

6.5.1. Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов, работ и распределения исполнителей представлен в таблице 6.5.1.1.

Таблица 15 - Этапы работ

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
----------------	---------	------------------	-----------------------

Продолжение таблицы 15

Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследования	Студент, руководитель
	4	Определение списка нормативных документов для ВКР	Студент
	5	Календарное планирование работ	Студент, руководитель
Теоретические исследования	6	Анализ существующих методов моделирования	Студент
	7	Разработка методики моделирования	Студент
	8	Расчетная часть	Студент

Продолжение таблицы 15

	9	Финансовый менеджмент	Студент, руководитель
	10	Социальная ответственность	Студент, руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка полученных результатов расчетов	Студент, руководитель

6.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

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

7.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

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

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

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Рассчитанные значения представлены в таблице 7.5.3.1.

Таблица 16 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнитель и	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{mi} , чел-дни	t_{ma} , чел-дни	$t_{ожи}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	3	5	4	Руковод., студент	4	5
Подбор и изучение материалов по теме	10	15	14	Студент	12	14
Выбор направления исследования	3	6	4	Студент, руковод.	2	3
Определение списка нормативных документов для ВКР	10	15	12	Студент	12	15

Продолжение таблицы 16

Календарное планирование работ	2	2,5	2	Студент, руковод.	2	3
Анализ существующих методов моделирования	1	3	1	Студент	1	1
Разработка методики	10	15	12	Студент. руковод.	12	14
Расчетная часть	15	23	19	Студент	14	16
Финансовый менеджмент	7	10	9	Студент, руковод.	9	10
Социальная ответственность	7	10	9	Студент, руковод.	9	10
Оценка полученных результатов расчетов	5	7	6	Студент, руковод.	3	4

На основании таблицы 16 строим календарный план-график (табл. 17)

 - студент  - руководитель

Таблица 17 – Календарный план-график

№	Вид работ	Исполнители	Т _к i	Продолжительность работ											
				Феврал ь			Март			Апрел ь			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент	5	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	14		■	■									
3	Выбор направления исследования	Студент, руководитель	3			■									
4	Определение списка нормативных документов для ВКР	Студент	15				■	■	■						
5	Календарное планирование работ	Студент, руководитель	3						■						
6	Анализ существующих методов борьбы с гидравлическим ударом	Студент	1						■						
7	Разработка проекта по ремонту	Студент, руководитель	14						■						
8	Расчетная часть	Студент	16							■	■	■			
9	Финансовый менеджмент	Студент, руководитель	10										■	■	
10	Социальная ответственность	Студент, руководитель	10											■	■
11	Оценка полученных результатов расчетов	Студент, руководитель	4												■

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

6.5.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

Основная заработная плата исполнителей темы

Материально – технические ресурсы (компьютерная техника, расходники)*

Отчисления во внебюджетные фонды

Накладные расходы

Для данного НТИ в качестве повышения экономической эффективности проведения ремонтно-восстановительных работ предлагается сокращать расходы на привлечение сторонних организаций в вопросах материально-технического обеспечения и затрат на подготовку материалов для замены участка трубы.

Применение ремонтных конструкций или полных исправных участков магистральных трубопроводов, подготовленных на временных площадках ремонта труб повторного применения на территории **организации-заказчика**. Такая методика широко зарекомендовала себя в нефти и газотранспортных компаниях, существенно сокращая расходы на логистику.

* - Материально-технические ресурсы, используемые при разработке ВКР целесообразно рассчитывать отдельно, так как основную статью расходов составляет ксерокопирование (не более 80 листов формата А4). Использование личного и корпоративных компьютеров сети ТПУ не оплачивается. Услуги доступа в сеть Интернет на территории кампуса ТПУ и учебных корпусах ТПУ предоставляются бесплатно. В связи с незначительностью расходов на данную статью – целесообразно учесть их в **виде накладных расходов** с коэффициентом 0,16.

7.5.5. Основная заработная плата исполнительной темы

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

В настоящую статью включается основная заработная плата научных руководителей, студентов-исполнителей исследования. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. Дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

где: Z_M – месячный должностной оклад работника, руб. (в качестве месячного оклада дипломника выступает стипендия, которая составляет 2470 руб с учётом районного коэффициента. И 23264 руб. для профессора, доктора физико-математических наук);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. Дней $M=10,4$ месяца, 6-ти дневная неделя.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 7.5.5.1

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Нерабочие дни	118	118
Потери рабочего времени	60	60
Годовой временной фонд	187	118

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где: Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15 – 20 % от Z_{TC});

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 7.5.5.2

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{тс}$, руб	+4	кд	K_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , дн	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	23264	0,2	0,3	1,3	45365	2808	49	137592
Студент	1900	0	0	1,3	2470	119	95	11305
Итого	148897							

6.5.6. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{осн}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона № 212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата
Руководитель	137592
Коэффициент отчислений	27,1%.
Итого	37287,43

6.5.7. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 1} \div 2) * k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (148897 + 37287,43) * 0,16 = 29789,51 \text{ руб.}$$

6.5.8. Формирование бюджета научно-исследовательского проекта

Таблица 21 – бюджета затрат НИИ

Статья	Сумма, руб
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148897
Отчисления во внебюджетные фонды	37287,43
Накладные расходы	29789,51
Бюджет затрат НИИ	215973,94

6.5.9. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

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

Определяется по формуле:

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

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

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

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

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

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

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) равен отношению интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}$$

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НИИ (разрабатываемый вариант подсвечен)

Критерий	Объект исследования	Вес критерия	Авторская методика	Расчеты по СП	Моделирование прямых секций
Удобство эксплуатации	В	0,3	5	4	4
Энергоэкономичность		0,25	5	2	1
Надежность		0,3	5	5	5
Простота эксплуатации		0,15	5	5	5

Далее составим конечную сводную таблицу, где сравним варианты используемого оборудования (Таблица 6.2.5.2).

Таблица 23 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Авторская методика	Расчеты по СП	Моделирование прямых секций
Интегральный финансовый показатель разработки	0,82	0,86	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	1,5	1,2	1,2
Интегральный показатель эффективности	1,23	1,032	1,2
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,95	0,86	0,82

Вывод: Сравнение эффективности проведения исследования показало экономическую целесообразность расчётов по авторской методике, имеющий высокий показатель ресурсоэффективности $I_p = 1,5$

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что внедрение методики работа с ней собственными силами компании является экономически обоснованным и оправданным.

Вывод по разделу

В ходе данного расчета был проведен анализ конкурентных технических решений на основе которого можно сделать вывод о том, что данное НТИ является конкурентоспособной. Также определены этапы и трудоемкость данного НТИ на основе которых был построен график Ганта. После был сформирован бюджет НТИ, который составил 215973,94 руб. В заключении проделанной работы были рассчитаны показатели интегральной и сравнительной эффективности.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

Заключение

Разработан комплекс мероприятий по повышению надёжности магистральных нефтепроводов. Предложена методика составления модели линейного подземного сооружения сложной формы, извлечения и интерпретации данных, подготовка для импорта в САПР с учётом взаимодействия программных комплексов.

Проведено совместное моделирование грунта и трубы сложной формы. Результаты анализа рекомендуются использовать при оценке работоспособности объекта и для принятия решений по дальнейшей его эксплуатации.

Проверена сходимость результатов численных методов и программных. Установлено, что программные методы выдают результат в большую сторону, т.к. нормативный расчёт не учитывает все факторы воздействия.

В нашем случае, используя результат моделирования и анализа напряженно-деформированного состояния, выявлено, что полученные значения точно интерпретируют ситуацию. Не смотря на отсутствие пластической деформации при сохранении условий перекачки, участок не подлежит эксплуатации на повышенных давлениях в связи с опасностью их развития на потенциальных концентраторах.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ				
Изм.	Лист	Подп	Дата	
Разраб.	Ефимов Д. В.			<i>Заключение</i>
Руковод.	Зарубин А. Г.			
Рук. ООП	Шадрина А. В.			
Литера Лист Листов				
87 108				
<i>НИ ТПУ гр. 25М81</i>				

Список литературы

1. А. В. Яваров. Численное моделирование сопротивления массива грунта перемещениям подземного трубопровода // Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, г. Санкт-Петербург.
2. Р.И. Богданов, И.В. Ряховских, Т.С. Есиев, А.В. Завгороднев. Особенности проявления коррозионного растрескивания под напряжением магистральных газопроводов на территории Российской Федерации // Научно-технический сборник «ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ», С-12
3. Д. В. Ефимов. Моделирование НДС магистрального трубопровода и прогнозирование пределов прочностных характеристик. Бакалаврская работа. НИ ТПУ // 2018
4. Лисин, Ю.В. Оценка планово-высотного положения трубопровода на участках с многолетнемерзлыми грунтами / Ю.В. Лисин, А.А. Александров, В.И. Ларионов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение. - №3.- 2012.- С.68-79.
5. Лисин, Ю.В. Выбор метода контроля планово-высотного положения трубопроводной системы «Восточная Сибирь - Тихий Океан» «ВСТО-1» на участке НПС-17-НПС 19 / Ю.В. Лисин // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. - №1.- 2013. - С.3-7.
6. Лисин, Ю.В. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния магистрального трубопровода с учетом наличия крутоизогнутых вставок/ Ю.В. Лисин, А.А. Александров, В.И. Ларионов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Естественные науки. - №4.- 2012. - С.103-116.
7. СП 18.13330.2011 Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80

					РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ			
Изм.	Лист		Подп	Дата				
Разраб.	Ефимов Д. В.				Список литературы	Литера	Лист	Листов
Руковод.	Зарубин А. Г.						88	108
Рук. ООП	Шадрина А. В.					НИ ТПУ зр. 25М81		

8. СТО Газпром 2-3.5-354-2009 «Порядок проведения испытаний магистральных газопроводов в различных природно-климатических условиях».
9. СТО Газпром 2-2.3-184-2007 «Методика по расчету и обоснованию коэффициентов запаса прочности и устойчивости магистральных газопроводов на стадии эксплуатации и технического обслуживания».
10. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* (с Изменениями N 1, 2).
11. СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы.
12. РД 51-4.2.-003-97 Методические рекомендации по расчетам конструктивной надежности магистральных газопроводов
13. РД 39-132-94. «Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов».
14. РД 39-0147323-339–89-Р. «Инструкция по проектированию и эксплуатации антикоррозионной защиты трубопроводов систем нефтегазосбора на месторождениях Западной Сибири»
15. «Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. № 1, октябрь 1978 г., переиздание 1999 г.)» табл. 2, прил.
16. ГОСТ 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
17. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
18. ГОСТ 12.1.101-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.
19. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
20. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
21. Приказ Минздравсоцразвития России от 01.06.2009 N 290н (ред. от 12.01.2015) "Об утверждении Межотраслевых правил обеспечения

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

22. работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты".
23. Методические рекомендации 2.2.7.2129-06 «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях».
24. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации Приказ № 454н «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам связи, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением».
25. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
26. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
27. Русак О.Н., Малаян К.Р., Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пос. – 10-е изд. стер. – М.:ООО «Омега- Л», 2006. – 448 с.
28. ГОСТ 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
29. ГОСТ 12.1.101-76. Система стандартов безопасности труда.
30. Взрывобезопасность. Общие требования.
31. РД 153-39.4-114-01 Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах
32. 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.).

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

33. Электробезопасность при работе оператора ПЭВМ: методические указания по выполнению в дипломных проектах и работах раздела
34. «Безопасность объектов» / сост.:И.О. Протодяконов, В.И. Сарже, О.И. Протодяконова; СПбГТУРП.–СПб., 2013. – 13 с.
35. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», утв. от 18.06.2003 г. Приказом МЧС России от 18.06 .2003 г. № 314.
36. ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7», утв. От 08.07.2002 г. Приказом Минэнерго России от 08.07 .2002 г. № 204.
37. РД 153-39.4-056-00. Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов
38. РД 153-39.4-114-01 Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах.
39. № ПЗ-05.01 П-01 «Политика компании в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций ОАО «НК «Роснефть».
40. Федеральный закон от 30.06.2006 N 90-ФЗ (ред. от 22.12.2014) "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации, признании не действующими на территории Российской Федерации некоторых нормативных правовых актов СССР и утратившими силу некоторых законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации".
41. Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов 116-ФЗ от 21.07.1997 г. с изменениями от 07.08.2000 г.
42. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

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

Приложение I
(справочное)

Methodology of extracting and processing data on the target site

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Ефимов Денис Вячеславович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Зарубин Алексей Геннадьевич	к.х.н, доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Поздеева Галина Петровна	к.филол.н, доцент		

					РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ					
Изм.	Лист		Подп	Дата						
Разраб.	Ефимов Д. В.				Приложение I		Литера	Лист	Листов	
Руковод.	Зарубин А. Г.							92	108	
Рук. ООП	Шадрина А. В.									
					НИ ТПУ гр. 2БМ81					

Methodology of extracting and processing data on the target site

Passing through a pipe, the flaw detector determines its absolute coordinates (width, longitude) in addition to a spatial location and geometry of a deviation. Set of points can be collected in a report and is exported to the map. If the straight pipeline section has also no elbows and turns, for reliable display of a profile on which the model enough one vertical plane will be designed. Coordinates of profile tops will be absolute elevations of points according to GPS. The model can be received also according to leveling or to a ready profile if it known in advance. [3]

However, in this case to receive a reliable picture, 2-coordinate plane is not sufficient to apply.

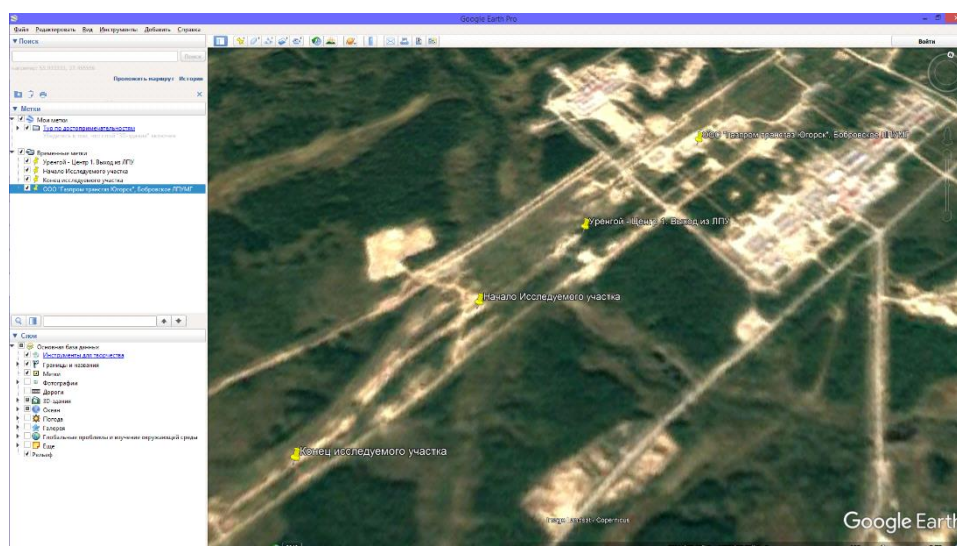


Figure 1 - A satellite image of the target site

Extraction of data begins with obtaining 1 coordinate. The random straight line approximating a way of flaw-detector if to display from above, is accepted to an intermediate axle of abscissae of X1.

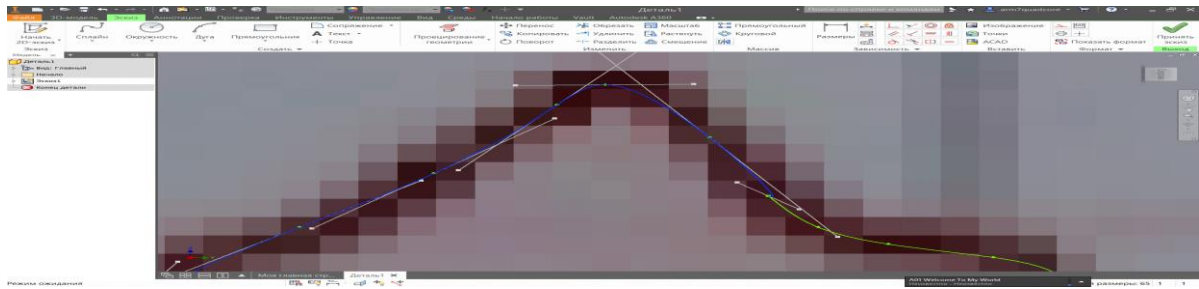


Figure 4 - Manual polygonal processing

The offered method means direct transfer of coordinates of a look (X, Y, Z) in the coordinate-list, with a possibility of direct import to CAD. Axis X is accepted for basic with a single piece of 25 m.

For obtaining coordinates of an axis of z-coordinates (yaw) we postpone on an intermediate axle of X1 line segment 90 m long in both parties with the subsequent removal of values of a deviation.

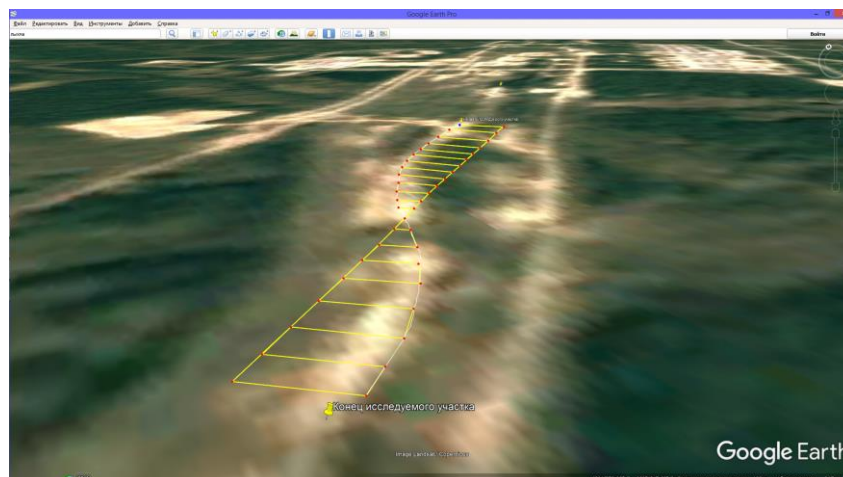


Figure 5 - Projection of yaw on X1

The following step is recovery of intermediate values of yaw for transfer on the main axis of abscissae with the step established earlier. For this purpose, we make the data table with a interval of 90 m. Because length of the studied site will be equal to 900 m quantity of points equal 11. Due to the transition to 2-dimensional auxiliary system of coordinates, value of yaw are entered in the table under the designation Y1. According to the table the function graph is under construction.

Table 1 - Values of yaw on an intermediate axle.

X1,м	Y1,м
450	73
360	72
270	70
180	55
90	24
0	0
-90	-22
-180	-51
-270	-66
-360	-69
-450	-70

Carrying out regression the analysis of function for establishment of mathematical dependence will be the following step. It will allow to fill gaps between randomly the chosen pieces on an intermediate axle and to receive yaw coordinate for the single piece of 25 m chosen earlier at extraction of a profile.

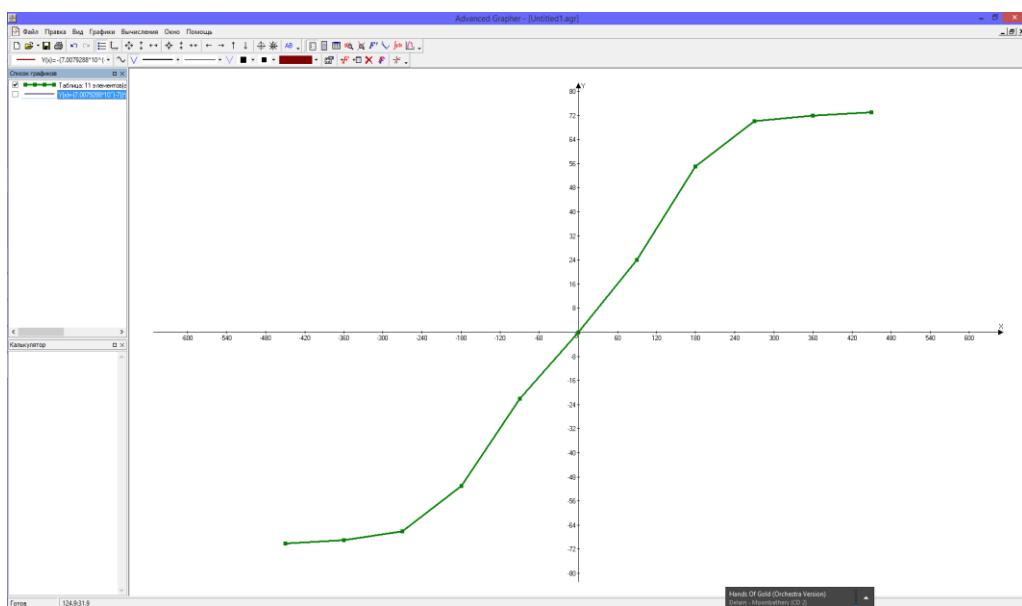


Figure 6 - Yaw function graph on X1

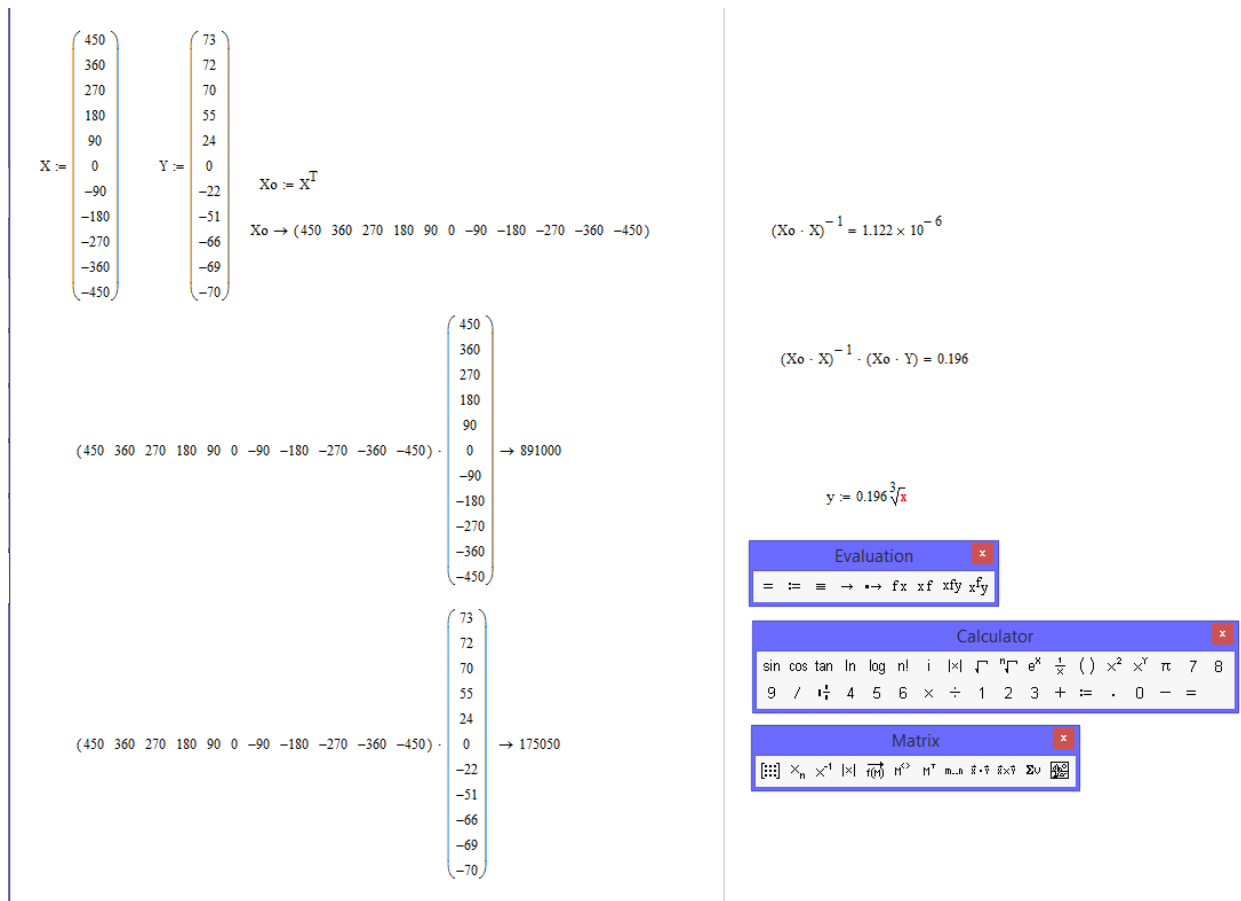


Figure 7 - The analysis in Mathcad 15

The straight line coefficient which is applied on the diagram of the studied function became result of calculations.

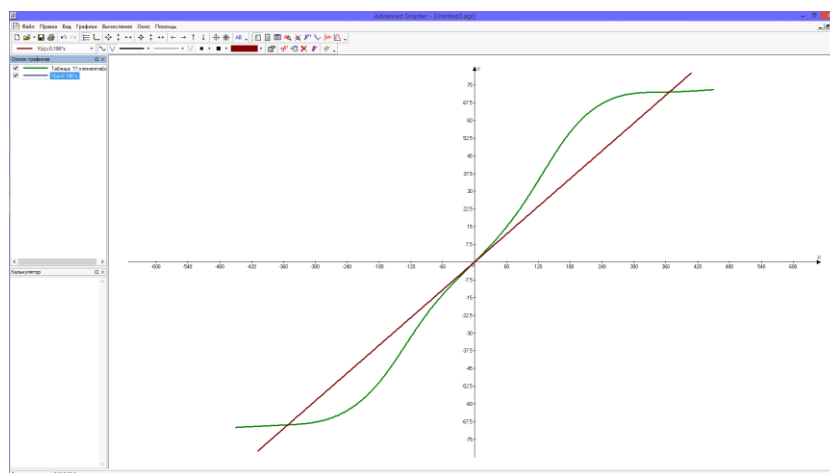


Figure 8 - The analysis in Mathcad 15

Really, the algorithm allows establishing mathematical dependence and in the manual mode, however, the accuracy of calculations was even lower, than at a task

of table function. Therefore, we draw a conclusion about that, obtaining linear dependence is inefficient.

For receiving function of high complexity in the automatic mode the software package of Advanced Grapher 2.2 which results was a polynom describing the table function in detail has been used:

$$F(x) = 1,67 * 10^{-21}x^9 - 2,61 * 10^{-20}x^8 + 7,48 * 10^{-16} * 10^{-14}x^6 - 1,1 * 10^{-10}x^5 - 1,9 * 10^{-9}x^4 + 5,09 * 10^{-6}x^3 + 1,09 * 10^{-4}x^2 + 0,22x + 0,13$$

We put the dependence diagram in the editor

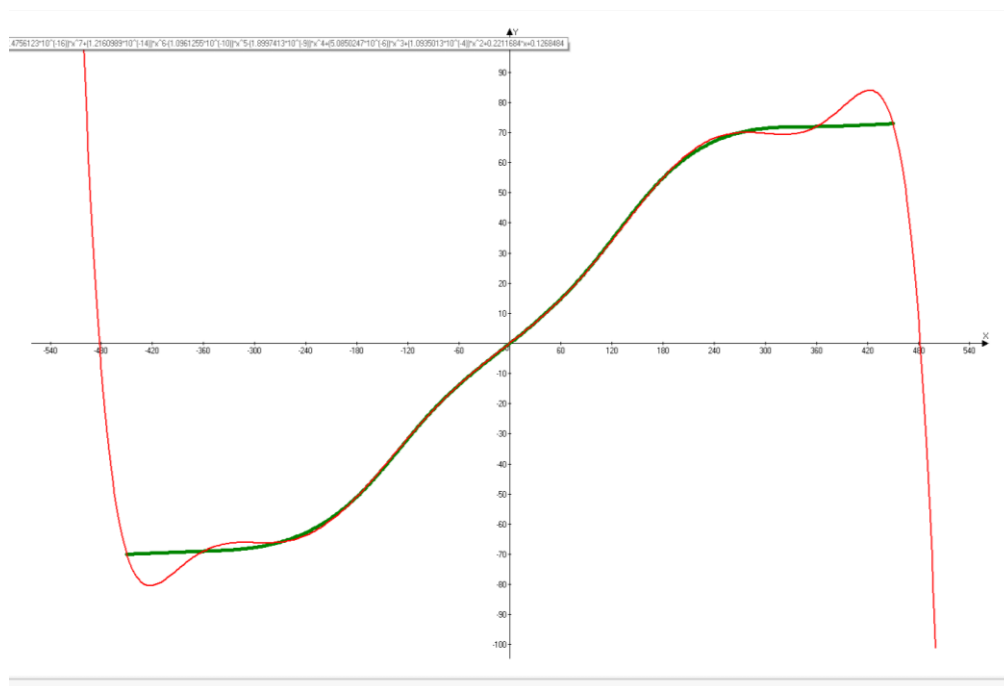


Figure 9 - Concurrent display of functions

The result of regression allows drawing a conclusion that the received function of yaw of the pipeline with high reliability describes empirically obtained data. However, the model in this case is considered overburdened and has large differences at the edges. We use the third degree function:

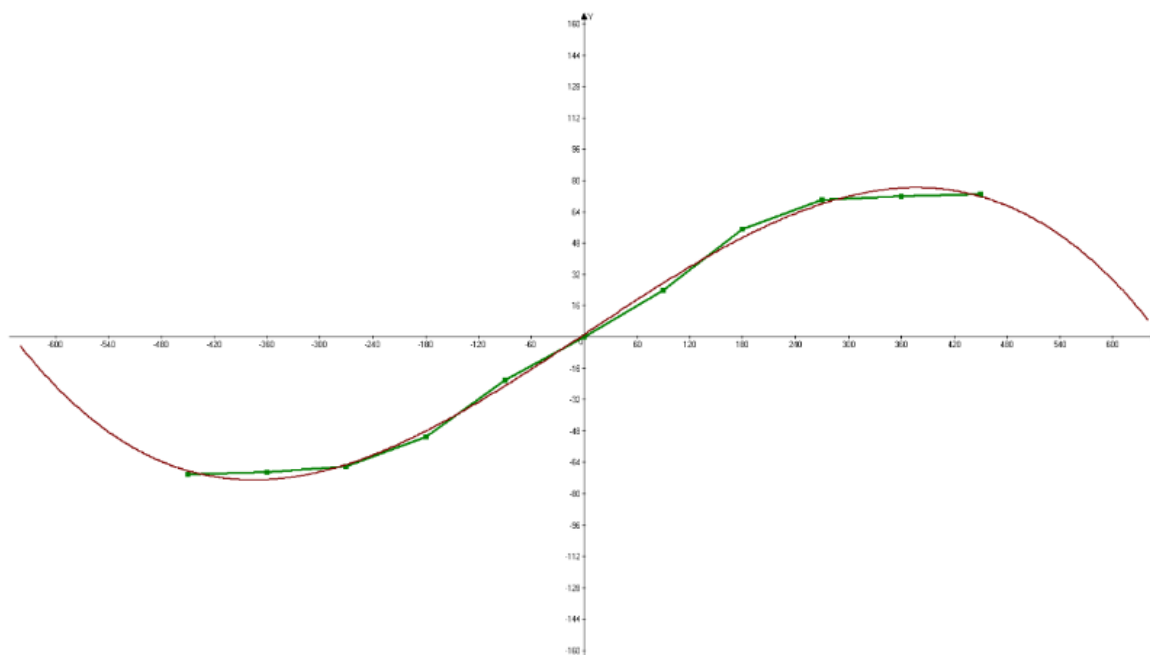


Figure 10 - 3-rd degree function

$$F(x) = -7,01 * 10^{-7}x^3 + 2,45 * 10^{-6}x^2 + 0,30x + 1,26$$

This dependence does not overload the model and has no differences at the ends

Let's compare the received indicators of quality of the regression analysis: standard deviation and coefficient of determination:

Table 2 Results interpretation of the regression analysis

Linear manually	3-rd degree polynomial	Automatic polynomial
$R_{lin}^2 = 0,95$	$R_{pol}^2 = 0,98$	$R_{pol}^2 = 0,9(9)$
$\sigma = 13,04$	$\sigma = 2,98$	$\sigma = 0,07$

Thus, in creating a profile polynomial approximation will be used. The following step is interpolation of 25 m given under a unit segment. It is easy to execute this procedure in any source editor of text tables.

Final action of data processing is transition from intermediate system of coordinates to true where the origin of coordinates, matches the beginning of the studied site.

For this purpose we enter a correction index of Zcal which considers the shift of axes. The final step is re-calculating and compilation coordinate log.

Table 3. Coordinate log

m			
x	y	z	Z cal
0	94	1677,55	-575
25	95	827,22	-550
50	96	345,93	-525
75	97	93,55	-500
100	99	-24,61	-475
125	100	-70,00	-450
150	102	-80,38	-425
175	103	-77,31	-400
200	104	-71,65	-375
225	104	-67,73	-350
250	105	-66,25	-325
275	105	-66,21	-300
300	105	-66,15	-275
325	105	-64,85	-250
350	106	-61,63	-225
375	106	-56,37	-200
400	106	-49,44	-175
425	105	-41,46	-150
450	105	-33,16	-125
475	104	-25,13	-100
500	103	-17,79	-75

Table 3 (Continued)

525	102	-11,27	-50
550	102	-5,41	-25
575	101	0,12	0
600	101	5,80	25
625	101	12,04	50
650	100	19,16	75
675	100	27,22	100
700	100	35,99	125
725	100	44,98	150
750	100	53,48	175
775	100	60,72	200
800	100	66,03	225
825	100	69,07	250
850	101	70,02	275
875	101	69,68	300
900	101	69,39	325
925	102	70,73	350
950	103	74,76	375

In visual examining diagrams it is possible to find discrepancies on the ends of a site. In that case, they are recommended be not to considered in model if they are not of interest, or to correct the regression equation. In our case, these data are highlighted by grey and will not be considered at design. The log is ready for import to CAD.

4. Modeling in CAD (computer-aided design)

Using the finite element analysis (FEA) software system, the pipeline was modeled based on the in-line inspection (ILI) data.

Table 4 - The parameters of the simulated pipeline section

Pipe diameter (external), mm	Wall thickness, mm	Pipe length, m	Steel grade	Operating pressure, MPa
1020	16	900	17G2FBU	4

Modeling starts with the import of the coordinate log into a 3D sketch and its modification via Spline.

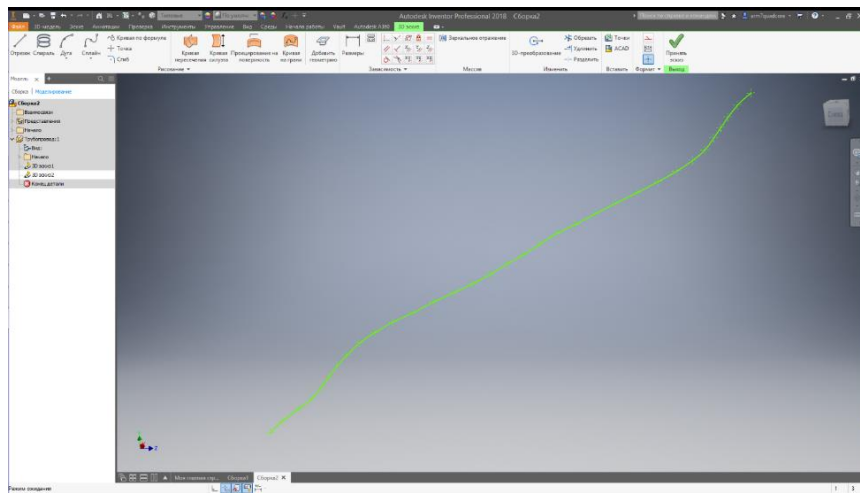


Figure 11 - Spline in a 3D sketch

The geometry of the pipe is performed by shifting the edge along the spline path. The result is shown in Figure 12.

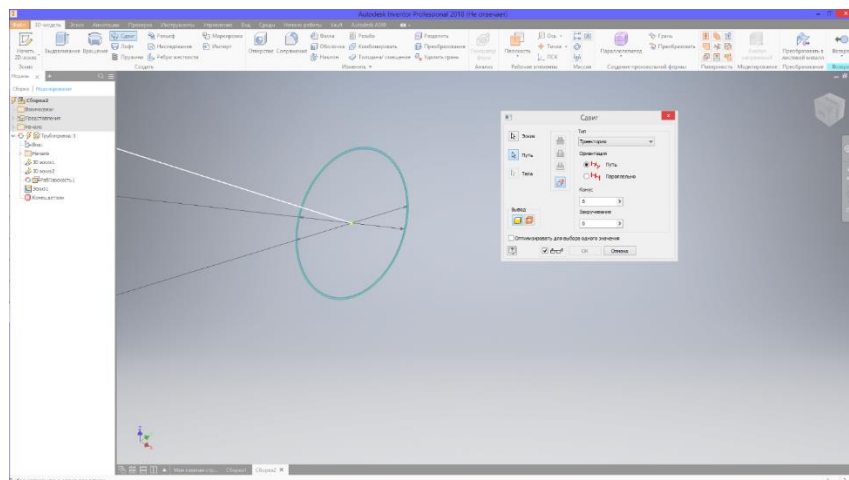


Figure 12 - Shifting

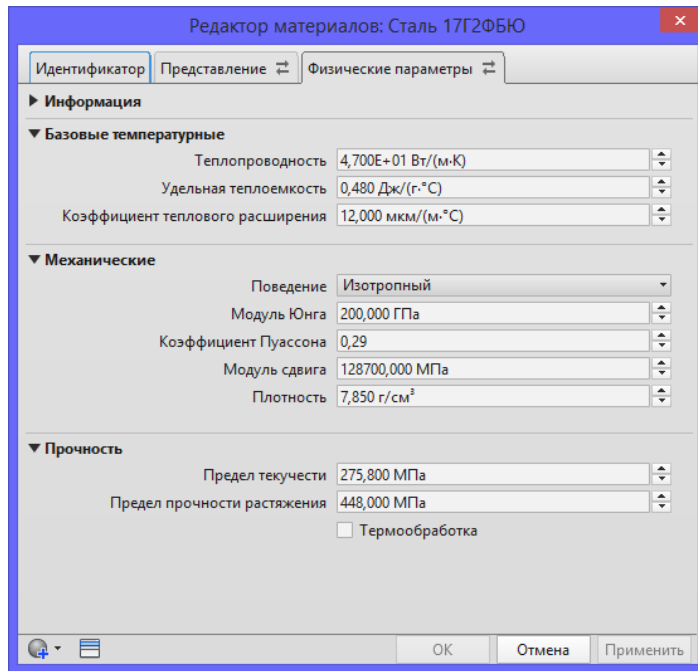


Figure 17 - Materials configurator

For the correct application of the boundary conditions of the geometry, we will prepare the lower bound for the fixation dependence. To do this, align the surface with backward extrusion. This measure is necessary for the correct interpretation of the calculation results in the future and is the experience of CAD operation in solving similar problems of. For clarity, a half cross-section is made.

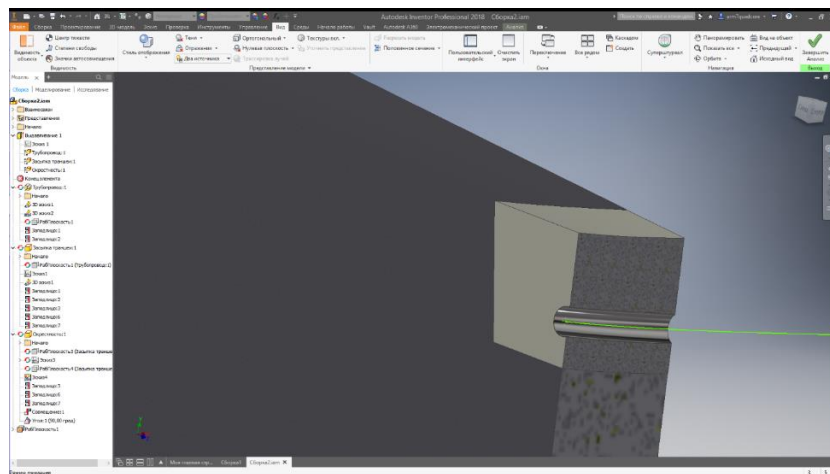


Figure 18 - Half cross-section

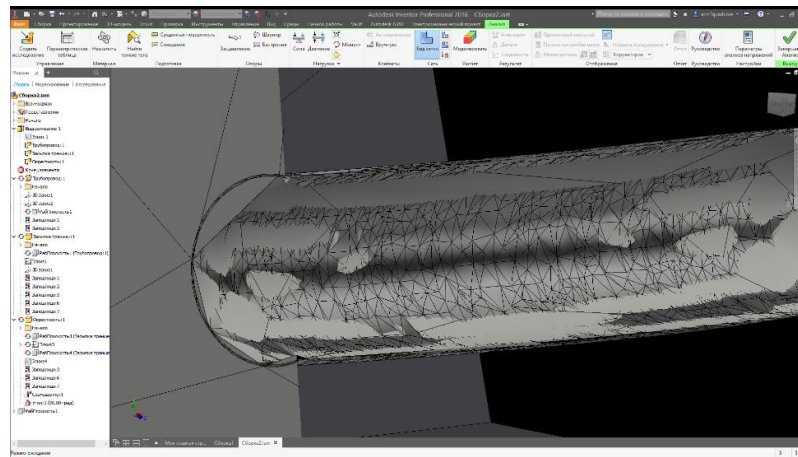


Figure 19 - FE mesh

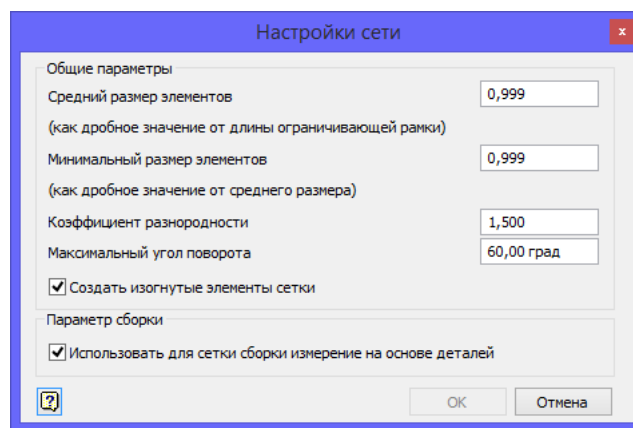


Figure 19 - Mesh parameter

Border conditions:

On the lower edge of the array, a complete prohibition of movements is established, according to the modeling conditions in the Inventor environment. The soil support reaction forces were established from below and along the sides of the trench (Fig. 21, 22). The pipeline material model is accepted as linearly elastic. The concurrent pipe body and soil is a criterion for constructing the Coulomb - GRAN model to provide a reliable picture of the stress strain state at the points of contact between the soil and the pipeline. To do this, use the utility software "Support in the assembly" utility with zero offset and flush-mounting. In this work, we use the approximation consisting in a homogeneous elastic-plastic structure of the earth.

The pressure is evenly distributed on the inner wall of the pipe and is 4 MPa, gravity is assigned to the entire soil-pipe system using the vector component (Y) (Fig. 23).

					<i>Приложение I</i>	<i>Лист</i>
						106
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

The value and influence are calculated automatically based on the properties of the materials assigned earlier. Thus, the model can be considered quite reliable when conducting a comprehensive calculation of strength.

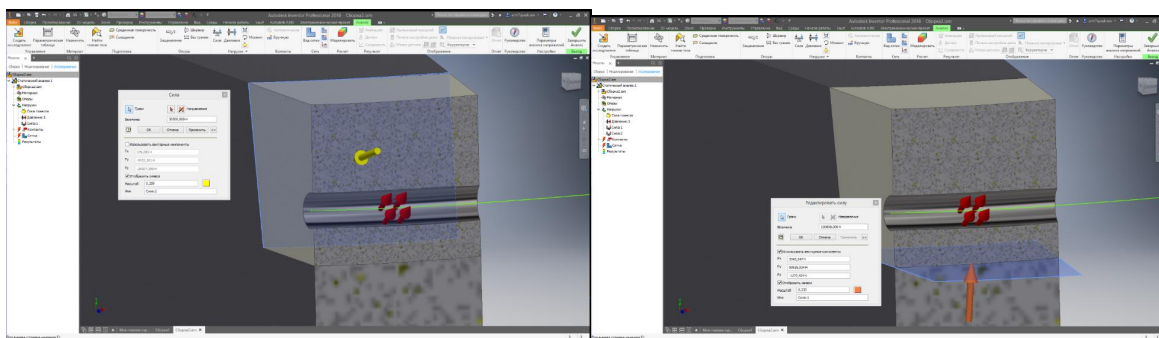


Figure 20 - Border conditions

Launching a simulation

We use the correction/ patch to display the direction of deformation. Correction in this case is considered to be a special ability of the program to display the shift of the geometry under the action of specified loads on a scale visible to the human eye. The result can be used to assess the adequacy of the model.

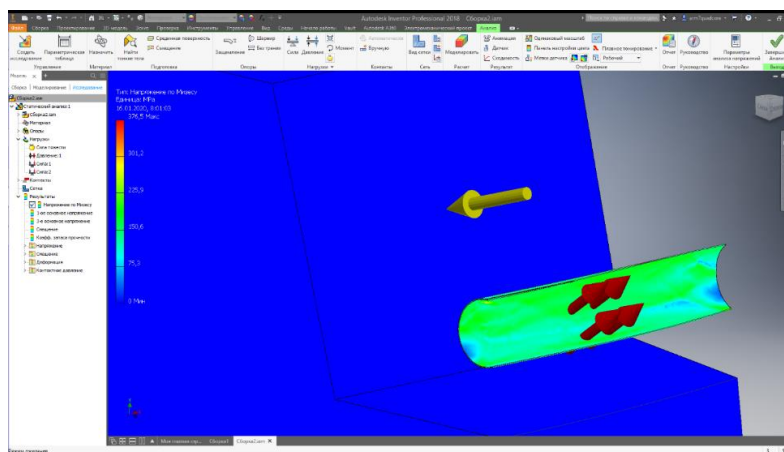


Figure 21 - Von Mises results

It is clearly seen that the stress is concentrated on the pipe rise. This result is also confirmed by the nature of stress corrosion cracking. Stresses decrease at the lower inflection point, and increase at the upper one. Thus, the bend is a stress concentrator in the upper part of the pipe.

Table 5 - Results of stress analysis

Name	Minimal	Maximum
Volume	1,65436E+13 mm ³	
Weight	15753100 kg	
Von Mises	0,0027 MPa	376,45 MPa
1st main stress	-0,18524 MPa	523,92 MPa
3rd main stress	-398,717 MPa	166,61 MPa
Bias	0 mm	15,24 mm
Safety	0,73	15
Strain XX	-142,32 MPa	173,71 MPa
Strain XY	-35,56 MPa	47,42 MPa
Strain XZ	-68,44 MPa	30,94 MPa
Strain YY	-99,12 MPa	419,34 MPa
Strain YZ	-168,24 MPa	199,00 MPa
Strain ZZ	-265,64 MPa	310,89 MPa
X axis offset	-1,71 mm	2,84 mm
Y axis offset	-13,72 mm	0 mm
Z axis offset	-6,47 mm	1,02 mm

Based on the results of the analysis of the technical condition and assessment of the safety factor, the following options for technical decisions on the operating mode of the considered section of the pipeline can be taken.