

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

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

Магистерская диссертация

Тема работы «Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов»

УДК 622.691.4.05:66.078:551.345

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6А	Кинзерский Ю.Ю.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чухарева Н. В.	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения ЭПР	Макашева Ю.В	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения ЭБЖ	Немцова О.А.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

ОНД	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Бурков П.В.	Д.Т.Н., профессор		

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)	ОК-1; ОК-2; ОК-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-в области интеллектуальной собственности</i>	ОК-1; ОК-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</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.	ОК-1; ОК-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> .	ОК-2; ОПК-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
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов	ОК-2; ОК-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	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при разработке и реализации проектов, проводить экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность	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>		
Р7	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	ОК-1; ОК-2; ОК-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)
Р8	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	ОК-1; ОК-2; ОК-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»		
Р9	Организация технологического сопровождения планирования и оптимизации потоков углеводородного сырья и режимов работы технологических объектов	<i>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</i>
Р10	Организация ТОиР, ДО нефте- и газотранспортного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.013 "Специалист по эксплуатации газотранспортного оборудования"</i>
Р11	Повышение надежности, долговечности, эффективности газотранспортного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.013 "</i>

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ 15.01.2018 г. Бурков П.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6А	Кинзерскому Юрию Юрьевичу

Тема работы:

«Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1625/с от 12.03.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

20.05.2018 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p style="text-align: center;">Тепловыделяющие объекты компрессорной станции, расположенной на участке распространения многолетнемерзлых грунтов.</p> <p style="text-align: center;">Характеристика района расположения объекта исследования.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в области эксплуатации тепловыделяющих объектов на участках распространения многолетнемерзлых грунтов.</p> <p>Проведение имитационного моделирования изменения теплового режима многолетнемерзлых грунтов оснований для тепловыделяющих объектов компрессорной станции.</p> <p>Определение технических решений для безопасной эксплуатации тепловыделяющих объектов компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Комплект чертежей</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Макашева Ю.В., Ассистент кафедры ЭПР</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Немцова О.А., ассистент кафедры ЭБЖ</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат, обзор литературы</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>15.01.2018 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>доцент</p>	<p>Чухарева Н. В.</p>	<p>к.х.н. доцент</p>		<p>15.01.2018 г.</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>2БМ6А</p>	<p>Кинзерский Ю.Ю.</p>		<p>15.01.2018 г.</p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6А	Кинзерскому Юрию Юрьевичу

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

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

1. Объем работ и количество материалов для инженерной защиты компрессорной станции	Определяется по результатам расчетов в разделе 3 выпускной квалификационной работы
2. Единичные расценки на материалы и строительно-монтажные работы	Согласно территориальным сметным нормативам для [] области [] автономного округа
3. Единичные расценки на электроэнергию и топливо	Согласно данным финансовых отчетов []

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Расчет капитальных затрат на реализацию проекта	Расчет капитальных затрат проводился на основе актуальной стоимости.
2. Расчет эксплуатационных затрат	Расчет производился на срок года эксплуатации
3. Технико-экономическое обоснование целесообразности разработки устройства	Расчет проводился балльно-индексным методом.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план НИ
2. Матрица SWOT
3. Степень проработанности проекта
4. Сравнение эксплуатационно-технического уровня продукта с аналогом

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.2018г
---	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Макашева Ю. С.	-		15.02.2018г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6А	Кинзерский Ю.Ю.		15.02.2018г

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6А	Кинзерскому Юрий Юрьевичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования является компрессорная станция магистрального газопровода, сооружаемая в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1. Анализ вредных производственных факторов;</p> <p>2. Анализ опасных производственных факторов</p>	<p>1. Анализ вредных производственных факторов;</p> <p>1.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны;</p> <p>1.2 Превышение уровня шума;</p> <p>1.3 Превышение уровня вибрации;</p> <p>1.4 Отклонение показателей климата на открытом воздухе;</p> <p>1.5 Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, присмыкающими;</p> <p>2. Анализ опасных производственных факторов</p> <p>2.1 Электрический ток;</p> <p>2.2 Электрическая дуга и металлические искры при сварке;</p> <p>2.3 Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования;</p> <p>2.4 Отклонение параметров климата на открытом воздухе.</p>
---	---

2. Экологическая безопасность 2.1 Источники негативного воздействия и природоохранные мероприятия	Определение конкретных источников негативного воздействия на основные элементы окружающей природной среды рассматриваемой территории
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 3.1 План ликвидации аварий	Проанализировать вероятные чрезвычайные ситуации на исследуемой территории.
4. Законодательное регулирование проектных решений	Рациональное использование трудовых ресурсов, за счет повышения уровня организации и качества нормирования труда

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2018г
---	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.	-		15.03.2018г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6А	Кинзерский Ю.Ю.		15.03.2018г

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль «Надежность и долговечность газонефтепроводов и хранилищ»

Отделение нефтегазового дела

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

25.05.2018г

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.12.2017	<i>Введение</i>	10
29.12.2017	<i>Обзор литературы</i>	10
10.02.2018	<i>Характеристика объекта исследования</i>	8
18.02.2018	<i>Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований зданий и инженерных сооружений</i>	10
01.03.2018	<i>Математическая постановка задачи и методы решения</i>	10
01.04.2018	<i>Имитационное моделирование изменения теплового режима многолетнемерзлых грунтов оснований</i>	15
03.05.2018	<i>Социальная ответственность</i>	10
12.05.2018	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
19.05.2018	<i>Заключение</i>	8
25.05.2018	<i>Презентация</i>	9
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		15.11.2017

СОГЛАСОВАНО:

ОНД	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Бурков П.В.	д.т.н., профессор		15.11.2017

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения:

Авария. Опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению или повреждению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, нанесению ущерба окружающей среде.

Воздействие. Явление, вызывающее изменение напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и (или) основания здания или сооружения.

Геотехническая система. Совокупность природно-технических элементов, взаимодействующих между собой. В данном контексте природно-техническими элементами являются:

- природно-географическая среда (климат, рельеф, ландшафты, гидрология);
- геологическая среда (породы преимущественно верхней части геологического разреза);

строительные конструкции зданий, инженерных сооружений и сетей инженерно-технического обеспечения, включая их фундаменты и грунтовые основания.

Инженерный объект. Система связанных одним технологическим процессом инженерных сооружений.

Компрессорная станция. Комплекс сооружений и оборудования для повышения давления сжатия газа при его добыче, транспортировке и хранении.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					11	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа		
Рук.ООП		Бурков П.В.				Группа 2БМ6А		

Опасные природные процессы и явления. Землетрясения, сели, оползни, лавины, подтопление территории, ураганы, смерчи, эрозия почвы и иные подобные процессы и явления, оказывающие негативные или разрушительные воздействия на здания и сооружения.

Техническое управляющее решение (ТУР). Метод, способ, технология, разрабатываемое и внедряемое в производственный процесс с целью обеспечения эксплуатационной надежности.

Сокращения:

ГТС – геотехническая система;

КС – компрессорная станция;

ММП/ММГ – многолетнемерзлые породы/многолетнемерзлые грунты;

СМР – строительно-монтажные работы

СОУ – сезонно-действующие охлаждающие устройства;

ТСГ – температурная стабилизация грунтов оснований;

ТУР – технические управляющие решения;

Нормативные ссылки:

Газпром С. Т. О. Газпром 2-3.5-454-2010 //Правила эксплуатации магистральных газопроводов. – 2010.

СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах

СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты

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

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

ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности

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

ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ГОСТ 12.1.030-96 Электробезопасность. Защитное заземление.
Зануление

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

ГОСТ 12.2.007-03 Система стандартов безопасности труда. Изделия
электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.002-74 Система стандартов безопасности труда. Средства
индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования

ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих. Общие требования
и классификация

ГОСТ 12.4.026-76* ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности

ГОСТ 12.4.046-78 ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты

ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к
контролю и охране от загрязнения

ГОСТ 25100-95. «Грунты. Классификация»

ГОСТ 27409-97 Нормирование шумовых характеристик
стационарного оборудования

ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и
оснований»

ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры
микроклимата в помещениях»

ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения.
Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие
требования и номенклатуры видов защиты

ГОСТ Р 12.4.296-2013. Одежда специальная для защиты от вредных
биологических факторов (насекомых и паукообразных)

ГОСТ Р 22.0.03. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные
чрезвычайные ситуации

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ГОСТ Р 22.0.06-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы.
Номенклатура параметров поражающих воздействий.

СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,
общественных зданий и на территории жилой застройки

СНиП 11-4-79. Естественное и искусственное освещение

СП 22.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*
«Основания зданий и сооружений»

СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты»

СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных
фундаментов»

СП 51.13330.2011 Склады, требования пожарной безопасности

СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Требования
пожарной безопасности (с Изменением N 1)

СТО Газпром 18000.1-001-2014 Единая система управления охраной
труда и промышленной безопасностью в ОАО «Газпром»

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация включает 150 с. текстового материала, 10 рис., 18 табл., 49 источников, 1 прил.

Ключевые слова. Компрессорная станция, многолетнемерзлые грунты, опасные геокриологические явления, термостабилизация грунтов, тепловой режим грунтов.

Объект исследования. Компрессорная станция, расположенная на территории распространения многолетнемерзлых грунтов.

Цель работы. Определение технических решений для безопасной эксплуатации тепловыделяющих объектов компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов.

Результаты исследования. Установлен подход к принятию оптимальных проектно-технических решений по обеспечению устойчивости оснований для повышения эксплуатационной надежности компрессорной станции с применением технологии и технических средств термостабилизации грунтов оснований.

Методы проведения исследования. Для проведения расчетов были использованы аналитические методы, представленные в действующих нормативных документах, а также численные методы, реализованные в программном комплексе Frost 3D Universal.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики. Параметры инженерной защиты тепловыделяющих объектов компрессорной станции расположенной на территории распространения многолетнемерзлых грунтов.

Область применения. Эксплуатация компрессорной станции.

Экономическая эффективность/значимость работы. Технико-экономические расчеты рассматриваются с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения и состоят в оценке коммерческого потенциала и перспективности термостабилизации многолетнемерзлых грунтов, которая предназначена для поддержания несущей способности, а также для предотвращения таких негативных последствий, как термокарст и выпучивание.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					15	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа		
Рук.ООП		Бурков П.В.				Группа 2БМ6А		

Abstract

Master's thesis includes 126 pages of text material, 10 pictures, 18 tables, 49 sources and 1 app.

Keywords. Compressor station, permafrost, dangerous geocryological phenomena, thermal stabilization of soils, thermal regime of soils.

Object of study. Compressor station, located in the territory of permafrost.

Objective. Determination of technical solutions for the safe use of fuel elements at a compressor station in conditions of permafrost.

Results of the study. An approach to the adoption of optimal design and technical solutions to ensure stability for improving the operational reliability of compressor stations with the use of technologies and technical means of thermal stabilization of base soils is established.

Methods of conducting the study. For the calculations, analytical methods, the level in the current regulatory documents, as well as numerical methods implemented in the Frost 3D Universal software package were used.

The main design, technological and technical and operational characteristics. Parameters of engineering protection of fuel-producing objects of the compressor station in the territory of permafrost distribution.

Application area. Operation of the compressor station.

Economic efficiency / significance of the work. Technical and economic calculations are considered from the standpoint of resource efficiency and resource saving and the state in assessing the commercial potential and prospects for the thermostabilization of permafrost soils that are designed to maintain load capacity, and also to prevent negative consequences such as thermokarst and bulging.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Abstract	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					16	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа Группа 2БМ6А		
Рук.ООП.		Бурков П.В.						

Оглавление

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	11
Введение	21
1. Literature review	23
1.1 Features of the structure, composition and properties of permafrost soils	30
1.2 Possible risks	33
1.3 Technical solutions to eliminate the negative impacts of permafrost soils	36
1.4 Seasonally-acting cooling devices (SCD)	39
1.5 Thermostabilizing system HNT	43
1.6 Thermostabilizing system VNT	44
2. Характеристика объекта исследования	48
2.1 Физико-географические и техногенные условия	48
2.2 Климатические условия	49
2.3 Гидрографические и гидрологические особенности	52
2.4 Свойства грунтов	53
2.5 Геокриологические условия	54
2.6 Гидрогеологические условия	59
2.7 Геотехническая оценка основания компрессорной станции	59
2.8 Опасные природные процессы и явления	61
2.8.1 Экзогенные явления	62
2.8.2 Эндогенные явления	64
3. Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований зданий и инженерных сооружений	66
3.1 Характеристика компрессорной станции	66
3.2 Проектные решения по температурной стабилизации грунтов оснований	67
3.3 Принцип использования грунтов оснований	68

6.2	Календарный план проекта	110
6.3	Коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	112
6.4	Затраты на реализацию проекта исследования	113
6.5	Эксплуатационные издержки	116
6.6	Технико-экономическое обоснование целесообразности разработки устройства	118
	Заключение	121
	Список использованных источников	124
	Приложения	128

					Оглавление	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Введение

Актуальность работы. При освоении новых месторождений природного газа и увеличении спроса потребителей на данный вид продукции появляется необходимость в расширении газотранспортной сети Российской Федерации. Современные тенденции свидетельствуют об освоении новых территорий, характеризующихся опасными геокриологическими условиями, которые необходимо учитывать не только на стадии проектирования и строительства, но и на стадии эксплуатации инженерных сооружений, одними из которых является линейные компрессорные станции магистрального газопровода.

Объект исследования. Компрессорная станция, расположенная на участке распространения многолетнемерзлых грунтов.

Предмет исследования. Влияние тепловыделяющих объектов компрессорной станции на тепловой режим многолетнемерзлых грунтов оснований.

Цель работы. Определение технических решений для безопасной эксплуатации тепловыделяющих объектов компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов.

В выпускной квалификационной работе исследованы особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов. Выявлены возможные геокриологические риски и разработаны мероприятия по термостабилизации многолетнемерзлых грунтов оснований.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					21	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа		
Рук.ООП		Бурков П.В.				Группа 2БМ6А		

Для достижения поставленных целей необходимо выполнить следующие задачи:

- аналитический обзор возможных геокриологических рисков;
- характеристика объекта исследования, а также территории на которой он расположен;
- имитационное моделирование изменения теплового режима грунтов оснований тепловыделяющих объектов компрессорной станции;
- определение технических решений, исключающих негативные воздействия при эксплуатации тепловыделяющих сооружений;
- обоснование выбора технических решений с точки зрения экономической эффективности.

					Введение	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Literature review

A review of the literature on the issues of ensuring the stability and operational reliability of the COP in the cryolithozone today there is a certain regulatory framework regulating the design, construction and operation of buildings and structures, incl. COP on permafrost soils (MMG), for example:

- SNiP 2.02.04-88 "Bases and foundations on permafrost soils";
- SNiP III-G10.2-62 "Compressors. Rules for the production and acceptance of installation works. "
- STO Gazprom 2-3.1-071-2006 "Regulations for organization of works on geotechnical monitoring of gas complex facilities in the cryolithic zone";
- STO Gazprom 2-3.1-072-2006 "Regulations and carrying out geotechnical monitoring of gas complex facilities in the permafrost zone";
- STO Gazprom 2-2.1-390-2009 "Guidance on the design and application of seasonal-cooling devices for the thermal stabilization of soil foundations foundations";
- STO Gazprom 2-2.1-435-2010 "Designing the grounds, foundations, engineering protection and monitoring of OAO Gazprom's facilities in the Far North", etc.

In the first half of the 70s of the last century, research was initiated at the VNIIGAZ Institute on the thermal impact of gas transmission system (GTS) facilities on base soils in permafrost areas. Accordingly, with the development of research methods and means of engineering protection against the negative and dangerous engineering-geological, hydrological and geocryological phenomena and processes, manifested and objects in the construction and operation of facilities in the cryolithozone.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Literature review	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					23	130
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа Группа 2БМ6А		
Зав. Отд.		Бурков П.В.						

In the works of V.V. Kharionovskogo notes that usually calculations of structures interacting with the soil are carried out in a deterministic setting, but the properties of the ground base depend on a number of factors that can't be directly taken into account and are of an accidental nature, therefore, the problem of evaluating the strength of the pipeline under the influence of frost heave forces in stochastic formulation.

Thus, for the reasons mentioned above, and also in connection with the intensive development of deposits in the northern regions, it becomes necessary to study in detail the issues of the stability of the foundations and the operational reliability of the CS on permafrost soils.

In the coming years, the construction of new directions is inevitably, and as a result, a significant change in flow patterns, as well as the need to develop remote areas of the country, which assume the presence of characteristic geoecological features that must be taken into account when developing the concept of gas industry development. Moreover, the impact on the object environment of gas industry objects is manifested, both at the construction stage and at the stage of their operation.

One of the most important factors determining the engineering-geological conditions in the northern and eastern regions of Russia is the wide distribution of permafrost soils in them.

Long-term permafrost occupies an area of approx. 10 million km², or more than 60% of the territory of Russia. The southern boundary of permafrost propagation runs from the north-west to the southeast from the Kola Peninsula to the mouth of the Mezen river and further along the Arctic Circle to the Urals. In Western Siberia, the boundary has a sublatitudinal stretch: along the latitudinal section of the Ob river, to the sources of the Taz river and further to the Yenisei river to the mouth of the Podkamennaya Tunguska river, where it turns sharply to the south.

					Literature review	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Long-term permafrost (or perennial frozen rocks) refers to rocks that have been frozen to a considerable depth and do not thaw for a long time - from several tens of years to many millennia. Permafrost is formed on land (in the mountains and on the plains), on the shelf of the Arctic seas (Barents, Kara, and others) and under glaciers. The possibility of freezing of rocks under the glaciers is determined by the temperature of the air and the thickness of the glacier (in the thickness of the ice, the temperature rises 2-2.5 ° C deep for every 100 m).

The upper layer of the earth's crust, which is the area of distribution of permafrost, is called cryolithozone. The lower boundary of the cryolithozone is the 0 ° C isotherm. The temperature of the upper horizons at the beginning and end of the warm season passes through 0 ° C. During the cyclic processes of freezing and thawing, a seasonally thawed layer forms in its roof. If the rocks are thawed deeper than this layer and do not freeze in winter, then the roof of the permafrost is lowered and taliks of different size and depth appear.

The main characteristics of permafrost are distribution, thickness, ice and temperature, cryogenic formations (relief forms). Their distribution in area is subject to the basic geographic laws: latitudinal zoning, altitude zonation and sectorality. By the nature of the distribution of permafrost, two latitudinal permafrost zones are distinguished:

Two permafrost sectors are represented on the territory of Russia: the European-Western-Siberian (Atlantic), whose climate and nature develop under the predominant influence of the Atlantic (and Arctic) air masses, and the Asian one, located in the zone of the Siberian anticyclone and characterized by a sharply continental climate. Sectoral differences are most clearly manifested in the thickness of the frozen sequences and in the latitudinal position of the zones and subzones (see Table 1 on page 103). Long-term permafrost, most likely, arose on Earth after the general cooling of the climate at the end of the Pliocene - the beginning of the Pleistocene, after which it repeatedly retreated and came again. The current state of perennial frozen rocks was mainly influenced by their evolution in the second half of the Pleistocene and in the Holocene: climatic

					Literature review	Лист 25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

conditions changed, the glacial epochs alternated with interglacials, the sea level increased to +100 m and more, it fell significantly below the current, the shelf The arctic seas became land (see Table 2 on page 104-105). Permafrost contains in itself many traces (relicts) of ancient epochs.

In the European-West Siberian sector, relict frozen stratum are common, preserved during periods of maximum thawing. In the north, they lie under the modern frozen species, and in the southern part - disconnected (two-layer permafrost). To the south of the frozen zone they are preserved at a depth of 50-100 m and are covered by thawed sediments.

The structure of perennial frozen rocks depends mainly on the distribution of ice inclusions in them. In crystalline and metamorphic rocks, ice occurs as veins filling the fissures, in sands - in the form of lenses or small crystals, in clays, loams, sandy loam and peat - in the form of interlayers (schlierens) or a grid. There are also large deposits of underground ice, genetically divided into vein (wedges), reservoir, buried and cave.

A special place is occupied by giant ice veins, the formation of which began in the Sartan glacial epoch and lasted hundreds and thousands of years. As a result, ice wedges grew to 20-50 m in height and 3-5 m in width and merged into an almost continuous ice massif. Such ice sheets are widely distributed within the North-Siberian, Yano-Indigir and Central Yakut plains and on the coasts of the northern seas. Their total volume on the territory of Russia is about one thousand km³.

In the north of Western Siberia and the East European Plain, the reservoir deposits of underground ice in the marine Pleistocene sediments are a peculiar natural phenomenon (thickness 30-50 m, the size in plan is 1-2 km). In Eastern Siberia, they are much less common.

For the distribution of permafrost, specific processes and phenomena, called cryogenic ones, are characteristic. This cryogenic weathering and frost cracking, frost punching, icing, thermokarst, thermal abrasion, various slope processes.

					Literature review	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Features of distribution, intensity of development and manifestations of exogenous processes are determined by landscape and geological factors. With these processes, the formation of certain permafrost forms of relief is associated.

Frost-induced cracking occurs as a result of sharp fluctuations on the surface of the earth, leading to rupture of frozen forests and the formation of a polygonal crack system. Frosty cracks in the warm season fill with water, which will freeze and turn into ice wedges. There is a polygonal grid of re-veined ice. Dimensions of polygons from the temperature gradient and physical and mechanical properties vary from 0.5 to 50 meters. Repeated veins of ice occur on accumulative peaks in the bottoms of river valleys and interfluves, being formed mainly in sands or peat at a forest temperature below -3°C . The intensity of the process increases from south to north.

Frosty energy whipping is caused by an increase in the volume of freezing moisture and the accumulation of ice during freezing. This process is very widely distributed mainly in loam, clay and peat. As a result of the freezing of peat bogs in marshy lowlands from hillocks sites with a relative height of several meters. Similar formations are widely developed in the north of Western Siberia.

Thermokarst is the formation of subsidence and failure forms of relief for thawing underground ice. The reason for its occurrence is a change in heat exchange on the soil surface, in which the depth of seasonal thawing of the upper depth of the underground ice and the long-term thawing of the frozen frozen sequence begins. The forms of thermokarst manifestation are diverse.

The study of permafrost is of great practical importance in various branches of the national economy of the country. The human engineering activity primarily leads to the destruction of soil and vegetation cover, which in the polar regions entails a sharp increase in the depth of seasonal thawing (sometimes 2-4 times), activation of thermokarst, thermoerosion and other cryogenic processes. With the development of deposits, construction, laying of railroads and highways, etc., it is necessary to take into account the possibility of

					Literature review	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

punching and subsidence of soils, the sliding of thawing soils on the slopes (solifluction, landslides), the formation of ice on roads, near bridges, and so on. Saline frozen rocks significantly reduce the load-bearing capacity of soils. When thawing large deposits of underground ice, the slope processes become catastrophic, that also complicates the construction. When developing the northern regions, it is necessary to take into account that their nature is very vulnerable and technogenic activation of cryogenic processes will for a long time make it difficult or make it impossible to restore natural natural geosystems.

Agreed GOST 25100-95 to permafrost soils include soils that, under natural conditions, are in a frozen state for three years or more. The zone of development of permafrost soils is called the cryolithozone or zone of permafrost.

The zone of permafrost occupies 64% of the total area of Russia and 25% of the land area of the globe. In addition to Russia, permafrost soils are common in Alaska, Greenland, the north of the Caucasus, in the highlands of Central Asia and elsewhere.

Permafrost soils in our country are subject to a distinct latitudinal zoning: 1) continuous distribution in the Far North; 2) incomplete (rapid) distribution in areas south of this zone, including the island one - in areas further south, up to the borders with Mongolia and China. The temperature of permafrost soils in these zones ranges from 0 to -10 ° C.

The origin of permafrost is associated with the glaciation of the Earth in the Quaternary period. According to many scientists, the very existence of permafrost is not eternal, because with global warming it can disappear completely.

The specificity of permafrost soils is that they contain ice constantly. With an increase in the temperature (above 0 ° C), the frozen ground thaws, and its strength sharply decreases, and other properties qualitatively change, especially in silty clay soils.

					Literature review	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

It is necessary to distinguish between permafrost and seasonally frozen soils. Seasonally frozen soil is in a frozen state only periodically during the cold period of the year. In the frozen state, it has a negative temperature, contains ice and is characterized by cryogenic structural bonds. In warm weather, the ground thaws. This phenomenon is called seasonal freezing.

The depth of seasonal freezing of soils (df) depends on the climatic features of the area, the composition of the rocks, the thickness of the snow cover and other factors. The value of df varies from a fraction of a meter to 3-4 m.

Permafrost soils, like none of the other specific soils, are highly sensitive to changes in the temperature regime. In these conditions, the hydrogeological features of the territory are radically changed, dangerous cryogenic (permafrost) processes occur-thermokarst, frost heave, ice, etc.

					Literature review	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.1 Features of the structure, composition and properties of permafrost soils.

Three layers are distinguished in the vertical section of permafrost layers:

- 1) The active layer.
- 2) The perennial permafrost
- 3) The under- permafrost layer (thawed soils with a positive temperature).

The active layer is the uppermost part of the permafrost layer, subject to seasonal thawing (in summer) and freezing (in winter). The power of the active layer depends on the geographic location of the terrain, the composition of rocks, the exposure of the slope, and varies from 0.2-0.5 m (tundra zones and zones of arctic deserts) to 3-4 m. The greatest power is noted in sandy and coarse-clastic soils, the smallest - in organomineral. In the active layer, even in winter, taliks may exist, that is, thawed (thawed) areas of rocks.

Determination of the power of the active layer, its composition and state, as well as the location of thawed soil in it is of great practical importance. In this connection, two types of permafrost are distinguished in the geologic section: type I - permafrost, in which the active layer directly passes into permafrost upon freezing, and type II - non-permafrost, when a layer of thawed soil remains between them.

Long-term permafrost - the thickness of soils with a constant negative temperature is from several meters to several hundred meters. The maximum power is registered behind the Arctic Circle in the upper reaches of the Marhi river in Siberia - 1450 m. Under the valleys of large Siberian rivers, the permafrost may be completely absent, which is associated with the release of a huge amount of heat. In the zone of discontinuous (intermittent) distribution, the power of permafrost soils usually does not exceed 30-60 m, and in the zone of island propagation it decreases to 10-15 m.

					Literature review	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

According to the physical state and composition among the permafrost soils, three species are distinguished (GOST (state standard) 25100-95):

1. solid-frozen - in which the dispersed soil is firmly cemented with ice, is characterized by brittle fracture and low compressibility under external load.

In a hard-frozen state, sandy-clay soils pass at a temperature below -0.3°C ;

2. plastic-frozen - in them, in addition to ice-cement, there is unfrozen water, due to which they have a viscosity and an increased compressibility under external load;

3. free-flowing frozen - small humidity sandy and coarse-clastic soils with a negative temperature, but not cemented with ice, and therefore they retain friability.

The presence of ice in soils significantly changes not only their structure, but also almost all physical and mechanical properties.

Ice can be in permafrost soils not only in the form of ice-cement filling the pores, but also in the form of various inclusions, lenses, veins, interlayers, sometimes in the form of thick layers - up to 20 m. The ratio of the volume of ice of all species contained in the frozen soil to its volume is called the total ice content.

During thawing, permafrost soils drastically reduce their strength and are capable of producing significant thermal deposits (subsidence), often reaching 10-15% of the thickness of the thawing layer. Such significant precipitation will inevitably lead to serious deformations and even destruction of various structures erected without taking into account the specific characteristics of permafrost soils.

Construction on permafrost soils is regulated by special norms and rules (SN (Building regulations) 2.02.04-88). When designing different buildings and structures, not only their design and technological features are taken into account, but also the character of thermal and mechanical interaction with the frozen earth's thickness. It is very important to forecast possible changes in permafrost conditions both during construction and during the operation of

					Literature review	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

buildings and structures. All these data are obtained on the basis of special engineering and geocryological works, which include engineering geological, permafrost and hydrogeological investigations.

The results of laboratory and field tests determine the basic physical and deformation-strength characteristics of soils, as well as their thermophysical properties, the type of cryogenic texture, total ice content and the temperature regime of frozen and thawing soils, the relative sedimentation of the soil during thawing.

					Literature review	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Possible risks

The obtained data are necessary for the selection of the following construction principles on permafrost soils:

Principle I - with the preservation of soil base in the frozen state during the entire period of construction and operation of buildings and structures.

Principle II - with the removal of the frozen state in the form of: a) preliminary artificial thawing and compaction of foundation soils prior to start construction; b) with the approval of their thawing during the operation of buildings and structures and c) replacement of ice-saturated frozen soils with thawed. Principle I is used in cases where unheated rooms are being built or when it is possible to take effective measures to prevent thawing in the base of the heated premises. In areas with hard-frozen soils, as well as with increased seismicity of the area, the use of permafrost soils should be adopted according to principle I.

One of the best ways to preserve the rocks in the frozen state is the installation of pillar pile foundations and foundation pillars with air circulation under the buildings, as well as a device in the buildings of cold (ventilated) underground or cold first floors of buildings. In frozen soils, the piles are immersed in pre-drilled leader wells, the diameter of which is smaller than the diameter of the piles.

In the case when it is impossible to keep the ground in the frozen state (high total ice content, etc.) or economically impractical, apply principle II - gradual pre-setting thawing and compaction of the soil of the base. This is achieved by means of steam, hot water, electric currents and other sources of heat and subsequent fixing or replacing thawing soil.

Principle II should be applied in the presence of rocky or other low-compressible soils in the base, the deformation of which during thawing does not exceed the maximum permissible values for the proposed structure, with the non-continuous propagation of permafrost soils, and also in cases when the technical and structural features of the structure and engineering-geocryological

					Literature review	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

conditions of the site, while maintaining the frozen state of the foundation soils, the required level of construction reliability is not ensured.

The main features that complicate the development of areas with permafrost soils include:

- spread of icy and hardy-frozen frozen rocks, in case of thawing, thermal precipitation is possible;
- presence in frozen rocks of underground ice in the zone of influence of engineering structures;
- high dynamism of the natural environment;
- active manifestation of dangerous cryogenic processes that cause deformation of engineering structures, as well as irreversible changes in the natural environment.

The construction and operation of fuel-producing oil and gas facilities in the permafrost zone may lead to the thaw and subsequent negative consequences, including possible emergency situations, negative effects on the environment, etc. When designing and building in such conditions, it is necessary to take into account many different factors. Buildings built on permafrost soils without taking into account interaction with the ground base can, in a short period of their operation, come into emergency condition.

In particular, to the seasonal thawing of soil due to the positive air temperature, the thermal effect of the building itself is added, often very significant. When the frozen ground is thawed, uneven precipitation under the structure may occur, which is often more dangerous than uniform. In the cold season, the seasonal freezing layer will again be cooled by the action of negative temperatures and the soil whipping processes are not excluded. [8]

The principle of the use of permafrost soils as the base of structures, as well as the methods and means necessary to ensure the design position of the structure, should be selected based on comparative technical and economic calculations based on the results of thermal engineering calculations, taking into account the depth, continuity, temperature regime of soils and other factors.

					Literature review	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

The specific features of permafrost propagation in a particular area determine the specifics and limitations in the design of structures. When designing structures that are built on permafrost soils of various forms of occurrence, with an individual temperature regime, most design solutions are unified. Separately, there is the problem of "sluggish" (high-temperature) permafrost, when the choice of protective measures is possible only on the basis of a feasibility study.

In the areas of permafrost, the most favorable for construction sites are rocky or loose-grained (sand, gravel, etc.) soils with a deep bedding of groundwater. In all other cases, the construction of permafrost soil causes considerable difficulties.

In the production of engineering-geological and construction work, special attention must be paid to the extreme "sensitivity" of permafrost soils to man-made impacts and, therefore, to strictly comply with all requirements for the protection of the natural environment (to preserve the vegetation cover, to withdraw surface waters from construction sites, to maintain established the design temperature regime at the base of the structures, etc.). In particular, it should be borne in mind that the movement of self-propelled drilling rigs, tractors, machinery and other types of transport (especially caterpillar) before the advent of of a stable snow cover destroys plant communities from mosses, lichens and other plants that form the soil and vegetation layer. As a result, thermoerosion, thermokarstic and other dangerous permafrost-geological processes develop.

					Literature review	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3 Technical solutions to eliminate the negative impacts of permafrost soils

When permafrost soils are used as bases of structures in accordance with Principle I for the preservation of the frozen state of the foundation soils and for ensuring their design thermal regime in the foundations, it is necessary to envisage: the arrangement of ventilated sub-floors or cold first floors of buildings, laying in the base of the construction of ventilated pipes, channels or application ventilated foundations, installation of seasonal-acting cooling devices of liquid or vapor-liquid types - SCD, and also carried out (heat shields, etc.) to eliminate or reduce the thermal effect of the structure on the frozen grounds of the foundation.

The choice of one or a combination of several measures should be made on the basis of calculations: the forecasted (for the whole period of operation) of thermal engineering, stability and bearing capacity, taking into account the structural and technological features of the structure, the experience of local construction and economic feasibility.

Ventilated underground with natural or incentive ventilation should be used to preserve the frozen condition of soils in the foundations of residential and industrial buildings and structures, including structures with increased heat release.

Underground conditions in accordance with the heat engineering calculation and the conditions of snow cover can be arranged open, with ventilated or closed airy in the basement of the building; if necessary, the exhausts or supply pipes should be arranged in the air, having air intake openings above the highest level of the snow cover. Closed underground, as well as cold first floors of buildings are recommended to be arranged with the width of buildings up to 15 m and average annual ground temperatures below minus 2 °C.

The height of the underground must be taken according to the conditions for ensuring its ventilation, but not less than 1.2 m from the surface of the

					Literature review	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ground in the underground to the bottom of the protruding overlap structures; when placing in the underground communications - according to the conditions of free access to them, but not less than 1.4 m. Under individual sections of the structure with a width of up to 6 m, in the absence of communications and foundations, the height of the underground can be reduced to 0.6 m.

The surface of the ground in the underground should be planned with slopes towards the outer areas or catchments, ensuring unimpeded drainage of water from the structure, and have, as a rule, a hard coating.

Engineering fuel lines located in the ventilated underground must be thermally insulated.

Ventilated pipes or channels, as well as ventilated foundations, can be arranged with natural or incentive ventilation, and they should be used primarily to preserve the frozen condition of the ground in the foundation of structures with floors on the ground, when installing shallow or superficial foundations on mound, as well as mobile buildings and buildings in complete-block execution.

Ventilated pipes, ducts and ventilated foundations should be laid above the groundwater level, usually within the limits of a subsoil of non-heaped soil with slopes towards the collectors. To reduce the heat input into the ground and the height of the underfill under the floors of the structure, it is necessary to provide for the laying of heat- and waterproofing.

Thermal insulation of fuel elements of buildings and structures (Figure 1) allows to reduce their thermal impact on soils and to preserve the permafrost. The essence of the method consists in the use of materials with a relatively low coefficient of thermal conductivity, placed directly on the fuel elements of structures in contact with soils of the base. Various methods of thermal insulation of structures are used: full, partial, differentiated (for example, variable thickness, along the length of the pipeline).

The most demanded at present heat insulation materials are made of expanded polystyrene. This type of thermal insulation has high thermal insulation properties, good strength and low water absorption. The drawbacks

					Literature review	Лист 37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

include a rather narrow operating temperature range up to 75 ° C, which does not allow the use of material for thermal insulation of high-temperature pipelines, capacitive equipment and flare bases. In the case of high temperature loads, the use of alternative materials is possible.

For underground tanks, one option is to use thermal insulation materials based on foamed rubber, which have a wider temperature range.

To preserve ground substrates in the frozen state (when choosing the I principle of construction), heat shields can be used.

The essence of the method lies in the deepening of the screen in the embankment under the structure or the building at some distance from the base, which prevents the transfer of heat from structures to the ground. Thermal insulation screens can be used both separately and together with other protective measures.

Also, materials based on expanded polystyrene foam are widely used due to high physicomechanical indexes, allowing to perceive significant mechanical loads without deteriorating the thermal insulation properties.

Materials are used in embankments, road grounds, etc. When the thermal effect on the embankment and its basement from the structure is significant, it will be justified to use a heat-insulating material made of froth glass because of the impossibility of using expanded polystyrene. Foamed glass can be used at temperatures up to 500 ° C.

					Literature review	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4 Seasonally-acting cooling devices (SCD)

Seasonally-acting cooling devices are designed to support ground in a frozen state, which ensures the stability of buildings, structures on piles, and also keeps frozen soil around the supports of power lines and pipelines, along railroad tracks and motorways. Seasonal cooling devices should be used to maintain the frozen state of the base soils, to increase the load-carrying capacity of the supports of linear structures in the plastically-frozen soils, and also to create ice curtains, to restore the thermal regime of soils disturbed during operation, at its base and for other purposes. The technology of seasonally operating cooling devices is based on a heat transfer device (thermosyphon), which in winter extracts heat from the soil and transfers it to the environment. An important feature of this technology is that it is naturally-acting, i.e. does not need external sources of energy.

The principle of operation of all types of seasonally operating cooling devices is the same. Each of them consists of a sealed tube, in which there is a coolant: carbon dioxide, ammonia, etc. The pipe consists of two sections. One section is placed in the ground and is called an evaporator. The second, radiator section of the pipe, is located on the surface. When the ambient temperature drops below the ground temperature where the evaporator is located, the refrigerant vapor begins to condense in the radiator section. As a result, the pressure decreases and the refrigerant in the evaporating part begins to boil and evaporate. This process is accompanied by the transfer of heat from the evaporative part to the radiator part.

					Literature review	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

the prepared bulk foundation. In this case, the building is erected directly on a non-shrinkage ground, located on the insulation layer and evaporative tubes. The advantage of horizontal cooling devices is the possibility of using them in two configurations: on slab and pile foundations.

6) System of vertical cooling devices. This type of seasonally operating cooling devices is similar to a horizontal cooling device, but unlike horizontal evaporative tubes, it can contain up to several dozen vertical evaporative tubes. The advantage of this system is the more effective maintenance of the soil in the frozen state. The disadvantage of vertical systems of cooling devices is the difficulty of their repair and maintenance.

					Literature review	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

structures in Norilsk, Vorkuta, Yakutsk, Dudinka and others began to experience deformations.

To replace the classical schemes for the construction of buildings, structures, industrial facilities on permafrost, new, cost-effective, reliable and safe technologies are required.

Recently, four main types of seasonally operating cooling devices have been developed: individual heat stabilizers, horizontal and vertical natural tubular systems ("HNT" and "VNT" systems), deep cooling devices.

1.5 Thermostabilizing system HNT

Purpose: maintenance of a given temperature regime of permafrost soils and elimination of unforeseen heat releases under the foundations of various structures (reservoirs with a volume of up to 50,000 m³, landfills, chemical reagents, etc.); buildings (gas compressor and oil pumping stations, industrial buildings, residential complexes, public buildings); roads and railways.

Advantage: it is possible to perform temperature stabilization of soils in the most inaccessible places or places where placement of above-ground elements is undesirable or impossible, since all cooling elements are located below the surface of the ground, and the condenser block can be removed for removal from the structure to 70 m.

The system consists of two main elements:

1. Horizontal cooling pipes located in the ground of the base. It served for the circulation of refrigerant and subsequent freezing of the soil.
2. Condenser block located on the surface of the ground. In the condenser unit, due to natural convection and gravity, condensation of refrigerant vapors and further pumping it through the system occurs.

Principle of operation: in the cooling pipes, heat transfer of the soil to the coolant occurs. The coolant passes from the liquid phase to the vapor phase. The steam moves toward the condenser unit, where it condenses into the liquid phase, giving off heat through the fins to the atmosphere. The cooled and

					Literature review	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

condensed refrigerant again flows into the evaporation system and repeats the cycle of motion.

Specifications:

- area of cooling - 200 - 500 m²
- the surface of the condenser unit is 110 m²
- width of the building - up to 108m
- economic efficiency - reducing costs by 20-50%
- do not require power consumption
- operating mode - October - April
- the system is compatible with commercially available refrigeration machines.

1.6 Thermostabilizing system VNT

Purpose: freezing and maintaining the specified temperature regime of permafrost soils and eliminating unforeseen heat emissions under the foundations of various structures (reservoirs with a volume of up to 50,000 m³, gas and oil wells, SDW landfills, chemical parks, etc.); buildings (gas compressor and oil pumping stations, industrial buildings, residential complexes, public buildings); roads.

Advantage: the possibility of deep freezing of soils in the most inaccessible places or places where the placement of above-ground elements is undesirable or impossible, since all cooling elements are located below the surface of the ground, and the condenser unit can be removed for removal from the structure to 70 m.

The system consists of next main elements:

1. Vertical cooling pipes serve to circulate the refrigerant and freeze the ground.
2. Connecting pipes combine cooling tubes and condenser unit.

					Literature review	Лист 44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Condenser block located on the surface of the ground. In the condenser unit, due to natural convection and gravity, condensation of refrigerant vapors and further pumping it through the system occurs.

Principle of operation: in the cooling pipes, heat transfer of the soil to the coolant occurs. The coolant passes from the liquid phase to the vapor phase. The steam moves toward the condenser unit, where it condenses into the liquid phase, giving off heat through the fins to the atmosphere. The cooled and condensed refrigerant again flows into the evaporation system and repeats the cycle of motion.

Specifications:

- area of cooling - 200 - 500 m²
- number of vertical pipes - 20-30
- depth of vertical pipes - 10-14 m
- the surface of the condenser unit is 110 m²
- width of the building - up to 108m
- economic efficiency - reducing costs by 20-50%
- do not require power consumption
- Operating mode - October - April
- The system is compatible with commercially available refrigeration machines.

4.3 Deep cooling devices

The purpose is to freeze and temperature stabilize the soils of dams, wellheads and other structures with a depth of up to 100 m to ensure their operational reliability.

Construction - the seasonally operating cooling device is a sealed, one-piece welded construction, refilled with a refrigerant. The depth of the underground part is more than 13 m.

Features of the design - the following products are developed and used, namely:

					Literature review	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Group cooling devices. They consist of several individual heat stabilizers, each of which freezes its horizons. Two types of group cooling devices were tested: full factory readiness with a polyethylene insert and a total depth of freezing up to 50 m (a dam on the river Irelyakh, the district of Mirny); all-metal with field installation and total freezing depth up to 16 m, coolant - ammonia (tailing pond, Nyurba settlement).

2. Single cooling devices. Such single cooling devices have a diameter of the underground part of 57 and 89 mm, a special internal device filled with a vapor-liquid coolant-carbon dioxide at the entire depth of freezing, are mounted and refueled at the facility. The products are tested on the Irelyakh dam with a depth of immersion of 40, 50 and 80 m, and at a frozen ground with a depth of up to 100 m.

3. Collector cooling devices. This collector cooling devices data are connected to the air-cooling unit with the help of a collector, in which the finned tubes are blown by fans.

Forced air blowing of finned tubes allows the most frostless windless periods to significantly increase heat exchange and get the temperature of the freezing pipes almost equal to the temperature of the outside air. Such a system is designed for intensive initial freezing and further economical maintenance of the frozen soil zone obtained.

A collector cooling device with an air-cooling unit, there are applications, for example, in Yakutia, with calm in this region.

The ideal coolant for deep cooling devices is carbon dioxide, it fills the whole of the frozen height of cooling devices, and intensive circulation of the coolant is provided by the use of special internal devices.

4.4 Individual heat stabilizers.

Purpose - individual heat stabilizers are designed to freeze thawed and cooled plastically frozen soils under buildings with ventilated underground and without it, overpasses of pipelines, roads and railways, bridge supports, lines

					Literature review	Лист 46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

and other structures in order to increase their bearing capacity and prevent buckling of piles.

Design - is a sealed, one-piece welded construction, refilled with a refrigerant: carbon dioxide or ammonia. The total length of the thermal stabilizer is from 7 to 24 m. The depth of the underground part is up to 21 m. The height of the ground condenser part with aluminum fins up to 3 m.

Thermostabilizers are installed in the ground vertically, inclined or slightly inclined. To prevent buckling, the piles are installed at an angle of 10 ... 15 deg. to the vertical in the immediate vicinity of the lower end of the pile and have a thermal insulation in the zone of the active layer of the soil.

Design features - two methods of manufacturing are used:

- thermostabilizers of the factory readiness, the overall length of the product according to the conditions of transportation by rail transport does not exceed 13 m, motor transport - 16 m. For transportation of heat stabilizers of a longer length, it is possible to have a U-shaped fold in half with subsequent bending at the facility.

- collective heat stabilizers mounted on site from individual factory blanks, which allows them to freeze ground bases with depth of more than 12 m in the most inaccessible places of operated buildings and structures, for example, under the already constructed ventilated underground.

					Literature review	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Характеристика объекта исследования

Объектом исследования является компрессорная станция, расположенная на территории распространения многолетнемерзлых грунтов. Общие характеристики компрессорной станции представлены в пункте 3.1

2.1 Физико-географические и техногенные условия

Участок расположения компрессорной станции находится на территории [REDACTED] области РФ. Территория неосвоенная с ограниченным присутствием промышленных, гражданских сооружений и коммуникаций.

Рельеф [REDACTED] области довольно сложен, проходимость территории очень плохая, что обусловлено широким распространением густого подлеска, валежника и буреломов в горной части и болот на участках холмисто-увалистого рельефа. Участок характеризуется высоким ландшафтным разнообразием, разнообразием видов растительности и почв.

Обнаженность территории в целом плохая. Район делится на две части: горную и холмисто-увалистую.

Для данного типа рельефа характерны господство глубинной эрозии и невыработанность продольных профилей водотоков.

Из современных рельефообразующих процессов наиболее широкое распространение получили криогенные и посткриогенные экзогенные процессы: термоэрозия в комплексе с морозным пучением.

Территория изысканий относится к территориям с природным, практически ненарушенным ландшафтом.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Характеристика объекта исследования	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					48	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа		
Рук.ООП		Бурков П.В.				Группа 2БМ6А		

2.2 Климатические условия

Компрессорная станция располагается в пределах умеренного климатического пояса, влажного дальневосточного муссонного климата смешанных лесов.

Основными факторами, определяющими характер климатических условий, являются: близость Тихого океана, которая влияет на искажение циркуляционных процессов в атмосфере. В зимний период ветры несут холодный воздух Сибирского антициклона, а летом влажный воздух Тихого океана. Характерной особенностью климата является существенное изменение количества осадков.

Глубина промерзания почвогрунтов в районе достигает 2 м и увеличивается в западном направлении.

Температура воздуха. Характер циркуляции атмосферы и рельеф местности обуславливают температурный режим. Температура воздуха имеет резко выраженный годовой ход (таблица 1)

Характеристики температурного режима воздуха приведены в таблице 1.

					Характеристика объекта исследования	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1 – Температура воздуха, °С

Характеристика	Значение температуры, °С
Средний минимум температуры воздуха в январе, °С	■
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	■
Средний максимум температуры воздуха в июле, °С	■
Абсолютный максимум температуры воздуха, °С	■
Средняя температура воздуха самого холодного месяца, °С	■
Средняя температура воздуха самого теплого месяца, °С	■
Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха в январе, °С	■
Средний из абсолютных максимумов температуры воздуха в июле, °С	■
Расчетная температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98, °С	■
Расчетная температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °С	■
Средняя температура воздуха наиболее холодных суток, °С	■
Средняя температура воздуха самых жарких суток, °С	■

Температура почвы. Величины характеризующие температурный режим поверхности и глубины почвы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Среднемесячная и годовая температура воздуха, °С

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя (1961-2010)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Абсолютная максимальная	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Средняя из абс. максимумов (1977-2013)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Абсолютная минимальная	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Средняя из абс. минимумов (1977-2013)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Примечание – Абсолютные значения температуры поверхности почвы приведены за весь период наблюдений

Атмосферные осадки. В годовом распределении преобладающее значение имеют жидкие осадки, выпадающие в тёплое время года - более 90 % годового количества. Анализ распределения осадков по месяцам показывает, что основная масса осадков выпадает в период июль-август (более 44 % годового количества).

Снежный покров. Снежный покров на рассматриваемой территории появляется, в среднем, во второй декаде октября, устойчивый снежный покров образуется спустя 1-3 недели. Средняя дата схода снежного покрова приходится на вторую декаду апреля. Средняя продолжительность периода со снежным покровом около 170 дней. Со времени образования устойчивого снежного покрова высота его постепенно увеличивается. Наибольшей величины снежный покров достигает в феврале-марте.

Таблица 3 – Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке, см

Месяц	X			XI			XII			I			II			III			IV		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Декада																					
Высота	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Примечание - ● – Снежный покров наблюдался менее чем в 50% зим																					

2.3 Гидрографические и гидрологические особенности

Для рек изучаемого района характерны четыре фазы водного режима: весеннее половодье (май-июнь), летне-осенний паводочный период (июль-октябрь) и зимняя межень (ноябрь-апрель).

Главной фазой водного режима рек являются дождевые паводки, наблюдающиеся в теплое время года. На паводочный период приходится 50 - 70% годового стока.

Характерным явлением для р. [REDACTED] и его притоков являются ледовые заторы, формирующиеся в местах, где задерживается вскрытие из-за повышенной толщины и прочности ледового покрова. Заторы, как правило, образуются при невысоких уровнях на перекатах, крутых поворотах русел, в местах разделения русла на рукава, в устьях притоков и повышают уровень воды на 1.5 - 3 м. Невысокие бытовые уровни, при которых образуются заторы, определяют их частую повторяемость. Несмотря на это, заторы иногда вызывают очень большие наводнения.

2.4 Свойства грунтов

Грунты на территории расположения компрессорной станции, согласно т. Б. 27 ГОСТ 25100-2011 относятся к:

- Слабопучинистые: ИГЭ 221010;
- Среднепучинистые: ИГЭ 141110;
- Сильнопучинистые: ИГЭ 141111;
- Чрезмернопучинистые: ИГЭ 141101.

Данные грунты использованы в расчетной части в качестве основания компрессорной станции, характеристика данных грунтов представлена в таблице 5.

На исследованном участке к специфическим грунтам согласно СП 11-105-97, часть III отнесены:

- Органо-минеральные и органические грунты;
- Техногенные грунты;

Органические и органо-минеральные грунты на участке трассы МГ представлены многолетнемерзлыми и сезонномерзлыми грунтами. Торф образует покровы на различных элементах рельефа – болотах и заболоченных участках, на пологих склонах, иногда образуются погребенные болота под высыпками крупнообломочного материала.

Органические и органо-минеральные грунты обладают специфическими особенностями: высокой пористостью и влажностью, малой прочностью. Эти особенности позволяют считать рассматриваемые грунты малопригодными для строительства на них любых сооружений.

Техногенные грунты - представлены насыпными грунтами, слагающими полотно железной и автомобильной дорог.

По результатам анализов водных вытяжек грунты незасоленные.

Коррозионная агрессивность грунтов к свинцовой оболочке кабеля изменяется закономерно от низкой до высокой. Коррозионная

					Характеристика объекта исследования	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

агрессивность по рН - средняя, по органическому веществу (гумус) - высокая, по нитрат-иону — высокая. Коррозионная агрессивность грунтов к алюминиевой оболочке кабеля по содержанию иона железа - низкая, по содержанию хлор-иона - высокая, по рН – средняя. Коррозионная агрессивность грунта по отношению к углеродистой и низколегированной стали – высокая. Степень агрессивного воздействия грунтов выше уровня подземных вод на металлические конструкции – среднеагрессивная. Степень агрессивного воздействия грунтов на бетонные и железобетонные конструкции для бетона марки по водонепроницаемости W4 W6 W8 — неагрессивная.

2.5 Геокриологические условия

Характерной особенностью исследуемой территории является распространение «островной» многолетней мерзлоты.

Основными факторами, обусловившими развитие многолетнемерзлых пород (ММП), являются суровые климатические условия (низкая среднегодовая температура воздуха), расчлененность рельефа, вызывающая различия в распределении лучистой энергии на склонах различной ориентировки, а также состав, влажность, теплофизические свойства пород и заболоченность территории.

На участке расположения компрессорной станции встречается островная мерзлота сливающегося и не сливающегося типов.

При оттаивании мерзлых грунтов глинистые слабольдистые грунты приобретают, в большинстве случаев, мягкопластичную консистенцию. Суглинки льдистые при оттаивании становятся текучими. Мерзлые суглинки нельдистые и с включениями дресвы, щебня - приобретают твердую и полутвердую консистенцию.

Криогенное строение грунтов во многом определяется их литологическим составом и влажностью.

Лед представляет собой неотъемлемую составную часть толщ мерзлых грунтов. Он присутствует в мерзлых грунтах в виде цемента,

					Характеристика объекта исследования	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

отдельных включений (прожилок, прослоек и гнезд кристаллов), крупных прослоев и линз. Текстурирующий лед формируется преимущественно за счет перераспределения влаги в промерзающих (влажных или водоносных) грунтах.

Криогенное строение глинистых грунтов отличается большим разнообразием: шлиры льда располагаются горизонтально, косо, вертикально, в виде сетки. Частослоистые тонкошлировые криотекстуры преобладают в верхней части разреза (толщина шлиров льда 0,5 см), с глубиной толщина шлиров льда растет (до 5 см на глубинах ниже 6,0 м) и расстояние между ними увеличивается. В нижней части разреза преобладает горизонтальная слоистость, т.е. наблюдается классическое криогенное строение, характерное для эпигенетически промерзших толщ.

В некоторых местах описываемого участка в многолетнемерзлых породах отмечены прослои и линзы подземного льда мощностью от нескольких сантиметров до 1 - 2 м. Приурочены прослои и линзы обычно к верхним горизонтам мерзлых пород, чаще всего к слоям глин и суглинков, особенно пылеватым.

Мощность зоны многолетнемерзлых пород колеблется в значительных пределах: от нескольких метров на площади островного залегания промороженных пород до 100 — 200 м, а местами и до 400 м. Мощность толщи многолетнемерзлых пород увеличивается от более южно-расположенных участков к северным.

Распределение температуры горных пород в зависимости от рельефа местности во многих случаях может нарушаться влиянием подземных вод, снеготранспортируемостью, геологическими условиями и др. Особенно большое значение в температурном режиме многолетнемерзлых пород имеют геолого-географические факторы и снежный покров.

К числу физико-геологических явлений, связанных с наличием многолетнемерзлых пород, относятся широко развитые в этом районе бугры пучения, грунтовые и речные наледи, термокарст, процессы

					Характеристика объекта исследования	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

солифлюкции и морозобойные трещины.

По результатам разовых наблюдений температура многолетнемерзлых грунтов на глубине 10 метров изменяется от -0,1 до -2,0°C, температура талых грунтов на этой глубине составляет +0,1-+1,5°C.

Малые абсолютные значения отрицательных температур говорят о том, что любое незначительное изменение температурного режима (например, в результате возведения сооружений) может способствовать деградации мерзлоты и впоследствии может способствовать развитию термокарстовых процессов.

Сезонное промерзание и оттаивание грунтов. Сезонное протаивание грунтов находится в зависимости от широтной зональности, высотная поясности, снежного и растительного покровов, рельефа, литологического состава грунтов и их увлажнения.

Нормативная глубина оттаивания мерзлых грунтов рассчитана в соответствии с СП 25.13330.2012 и представлена в таблице 4.

					Характеристика объекта исследования	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4 – Расчет нормативной глубины сезонного оттаивания

Номер ИГЭ	Плотность скелета грунта ρ_d , т/м ³	Суммарная влажность мерзл. грунта $W_{тог}$, д.ед	Теплопроводность мерзл. грунта λ_f , Вт/м °С	Теплопроводность талого грунта λ_{th} , Вт/м °С	Объемная теплоёмкость мерзл. грунта C_f , Дж/м ³ °С 10 ⁻⁶	Объемная теплоёмкость талого грунта C_{th} , Дж/м ³ °С 10 ⁻⁶	$T_{th,e}$, °С	Температура начала заморзания грунта $T_{th,e}$, °С	$t_{th,e}$, час	Нормативная глубина оттаивания, м
141101	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
141110	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
141111	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
221010	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

На глубину протаивания определенное влияние оказывает снежный покров.

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

Таблица 5 – Значения нормативной глубины промерзания грунтов

Характеристика	Значение, м
Глубина сезонного промерзания суглинков и глин	■
Глубина сезонного промерзания супесей, песков мелких и вылеватых	■
Глубина сезонного промерзания песков гравелистых, крупных и средней крупности	■
Глубина сезонного промерзания крупнообломочных грунтов	■

Рассматриваемая территория может быть отнесена к зоне с преобладающей мощностью сезоннопротаивающего слоя ■ - ■ м. Также здесь возможны отклонения как в сторону большей, так и в сторону меньшей глубины протаивания.

В слое сезонного промерзания и протаивания и на поверхности земли обычны явления, связанные с промерзанием и оттаиванием грунтов, как например, морозобойные трещины, грунтовые наледи, бугры пучения, бугры-могильники, солифлюкция, провальные озера и некоторые другие.

2.6 Гидрогеологические условия

Многолетняя мерзлота оказывает большое влияние на формирование ландшафтов. Наличие мерзлоты определяет также особенности режима поверхностных и грунтовых вод. Препятствуя проникновению воды в грунт, она является водоупором и причиной заболоченности равнинных пространств. Весной талые воды быстро скатываются по мерзлому грунту в долины и вызывают высокий подъем уровня рек; летом вода, образуемая за счет медленного оттаивания ледяных частиц верхних горизонтов мерзлой почвы, служит источником питания водотоков. С мерзлотой связано также образование речных и грунтовых наледей, явлений солифлюкции и т.д.

2.7 Геотехническая оценка основания компрессорной станции

Территория компрессорной станции в настоящее время охвачена глобальным климатическим потеплением. В зоне развития прерывистого, массивно-островного и редкоостровного распространения ММП в период потепления может иметь широкое распространение перехода сезонного оттаивания грунтов в сезонное промерзание, разобщение этого слоя с многолетнемерзлыми толщами, сокращение площадей, занятых ММП. Значительные увеличения глубин сезонного оттаивания будут способствовать активизации, в первую очередь, термокарстовых процессов (термоэрозионных, термоабразионных). Деградация мерзлоты болотных массивов будет способствовать возрастанию вторичного заозеривания и заболачивания территории. Активизируется процесс пучения и увеличения пораженности им территории. В южной части участка изысканий, увеличение среднегодовой температуры приведет к полному оттаиванию мерзлых торфяников и уменьшению инженерно-геологической опасности геокриологических процессов.

					Характеристика объекта исследования	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Техногенные изменения природных условий во всех районах приведут к активизации процессов и повышению их опасности для сооружений при различных видах освоения (транспортом, жилищном, промышленном). Степень активизации процессов в каждом конкретном районе зависит от тепловой инерции мерзлых толщ, их состава и криогенного строения, особенностей природной обстановки и характера техногенных воздействий и может быть оценена при условии организации стационарных участков наблюдений за развитием криогенных процессов.

Уменьшение мощности снега на 30% при сохранении напочвенного покрова оказывает охлаждающее влияние на грунты. Температуры на глубине 10 м практически не изменяются, но за 10 прогнозных лет возможно формирование новообразований мерзлых грунтов до глубины почти 10 м.

Площадка расположена в зоне островного распространения ММГ, многолетнемерзлые грунты сливающегося и несливающегося типа.

Многолетнемерзлые грунты представлены суглинками и супесями с различными включениями обломочного материала, щебенистыми, дресвяными грунтами и коренными породами - песчаниками алевролитом морозным.

Грунты слоя сезонного промерзания-протаивания представлены растительным слоем, торфом, суглинками и супесями с различным количеством обломочного материала, щебенистым, глыбовым грунтом, песчаниками.

Грунты преимущественно слабодыстые с массивной, слоистой криотекстурой. Песчаники, алевролиты морозные. Температура грунтов на глубине нулевых амплитуд изменяется от минус ■ до минус ■°С.

Расчетная глубина сезонного промерзания глинистых грунтов - ■ м, супесей - ■ м, крупнообломочных грунтов - ■. Расчетная глубина сезонного оттаивания в торфе - ■-■ м, в супесях и суглинках - ■-■ м, в крупнообломочных грунтах - ■-■ м.

					Характеристика объекта исследования	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На территории происходит повсеместное заболачивание. При строительном освоении территории рекомендуется выемка торфов и заторфованных грунтов.

При освоении территории и производстве работ могут активизироваться эрозионные процессы в связи с нарушением почвенно-растительного покрова, изменением дренированности территории и влиянием сооружений. Из инженерно-геологических процессов возможно морозное пучение, солифлюкция.

Исследуемая территория весьма чувствительна к техногенному освоению. Изменение поверхностных условий при строительстве в данной местности может привести как к понижению температур грунтов и вероятно вызвать новообразование мерзлых грунтов на талых участках, так и к деградации многолетнемерзлых грунтов.

2.8 Опасные природные процессы и явления

Для территории размещения площадки компрессорной станции характерны геологические и инженерно-геологические процессы, такие как: криогенные процессы, склоновые и водно-эрозионные процессы (заболачивание), пучение грунтов.

Криогенные процессы имеют ограниченное распространение и приурочены к долинам водотоков.

Почти повсеместным процессом, связанным с сезонным промерзанием-оттаиванием отложений, является сезонное пучение влажных глинистых и крупнообломочных грунтов. Величина сезонного пучения зависит от местных условий - состава и влажности грунтов деятельного слоя, мощности напочвенных покровов (снежного и растительного).

					Характеристика объекта исследования	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.8.1 Экзогенные процессы

В пределах компрессорной станции сезонное пучение при близком к поверхности залегании скальных и полускальных грунтов приводит к выпучиванию каменного материала, содержащегося в слое элювия - делювия. Образуются полигональные формы, связанные с криогенными трещинами, по стенкам которых происходит смещение каменного материала. Криогенные трещины и связанные с ними формы микрорельефа отмечаются как на участках, сложенных ММП, так и на участках глубокого сезонного промерзания глинистых и крупнообломочных грунтов. Неравномерность процесса сезонного пучения на заболоченных и заторфованных участках проявляется в образовании кочковатого микрорельефа.

Морозное пучинообразование интенсивно проявляется при пересечении нижних частей склонов и днищ долин, сложенных дисперсными грунтами. Основной причиной их активизации является недостаточный дренаж сезонно-талого слоя и переувлажнение грунтов.

Морозное пучение пылевато-глинистых грунтов также следует рассматривать как опасный процесс. Напряжения, возникающие в грунтах при пучении, способны вызвать деформации сооружений. Непосредственно на инженерные сооружения процесс морозного пучения воздействует через касательные и нормальные силы пучения. Противоупучинные мероприятия при строительстве должны быть направлены на снижение касательных сил пучения и разработку конструктивных особенностей сооружений позволяющих удерживать их от выпучивания.

На участках пойм долин малых рек и ручьев, днищ балок, распространения островной мерзлоты, локальных понижений в пределах склоново-водораздельного пространств развит процесс естественного подтопления, основным фактором которого является близкое залегание к

					Характеристика объекта исследования	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поверхности уровня подземных вод.

На отдельных участках: в долинах рек, ручьёв и нижних частях их склонов, прогнозируются следующие нарушения их гидродинамического режима: барражный эффект и, как следствие, подтопление территории.

Наиболее вероятное проявление барражного эффекта следует ожидать на участках переходов водных объектов, где подземные воды в пределах пойм мелких и средних рек и их террас залегают на глубине 0,4 - 0,5 м. При совпадении направления линейного объекта и потока грунтовых вод барражный эффект отсутствует. Перпендикулярное направление потока грунтовых вод может повлечь за собой подпор и развитие процесса подтопления территории. Использование слабопроницаемого грунта усиливает барражирование потока; при использовании песчаных грунтов степень воздействия траншеи на поток грунтовых вод ожидается незначительной.

В местах, где проектируемые линейные объекты и сооружения проходят в непосредственной близости от водотоков, возможно подтопление в период половодий и паводков.

На участке есть все необходимые условия развития присклоновой суффозии. Одним из необходимых условий суффозии является наличие в породе как крупных частиц, образующих неподвижный каркас, так и вымывающихся мелких. Вынос начинается лишь с определенных значений напора воды, ниже которых происходит только фильтрация. К факторам, инициирующим проявление суффозии можно отнести проявление потока подземных вод в неводонасыщенных суффозионно-неустойчивых горных породах, увеличение скорости потока подземных вод. Эти факторы могут быть обусловлены затяжными дождями, сильными ливнями, таянием снега.

Уничтожение лесов и снятие почвенно-растительного покрова может привести к развитию эрозионных процессов, особенно в пределах участков, сложенных слабоустойчивыми к размыву породами и

					Характеристика объекта исследования	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

значительными уклонами местности.

В период строительства в результате подрезки склонов в местах пересечения проектируемых линейных объектов склонов долин рек, ручьев возможно развитие промоин и оврагов.

Ведущими для равнинных участков территории являются процессы затопления пойм рек паводковыми водами и заболачивания.

Затопление - эпизодически проявляющийся процесс, приуроченный к периодам речных паводков. Затопливается обычно пойма. Муссонный климат, ливневые дожди приводят часто к крупным наводнениям на основных реках региона — ██████████, ██████████ и их крупных притоках. Сильные наводнения повторяются один раз в три года, очень сильные - один раз в 10 лет. Наводнения приносят огромные бедствия и разрушения, затопляются не только луга, посевы, но и населенные пункты; размываются берега, мосты, происходит интенсификация процессов боковой эрозии.

В понижениях с небольшими уклонами поверхности (в долинах ручьев, ложбинах стока) развиты процессы подтопления и заболачивания.

Болота занимают не значительные территории и распространены по долинам рек. Их развитию способствует наличие глинистых и криогенных водоупоров и слабая расчлененность поверхности. Болота преимущественно неглубокие (до █████-████м), встречаются участки болот с глубиной █████-████ м. Болота часто пересыхают в жаркие летние сезоны или в результате пожаров.

2.8.2 Эндегенные процессы

Рассматриваемая территория относится к числу сейсмических районов согласно СНиП II-7-81* и по схеме общего сейсмического районирования территория Российской Федерации ОСР-97 по картам А(10%) относится к 7-бальной зоне, В(5%) – к 7-бальной зоне, по карте С(1%) - 8-бальной.

					Характеристика объекта исследования	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Наиболее благоприятными в сейсмическом отношении являются неветрелые скальные и полускальные породы, на которых балльность при землетрясениях снижается на единицу. Вместе с тем анализ показал, что в межгорных и предгорных впадинах, выполненных мощными (более 1-2 м) пористыми толщами мезо-кайнозойских осадков, интенсивность землетрясений резко падает. Поэтому во внутренних частях впадин, при отсутствии в их фундаменте активных сейсмогенных структур, исходная интенсивность землетрясений может быть понижена на один балл. Существенное значение на сейсмический эффект могут иметь особенности рельефа (обрывистые берега, крутые склоны, овраги).

В области распространения многолетнемерзлых пород, при определенном стечении инженерно-геологических факторов, балльность землетрясений повышается и даже 6-бальные землетрясения могут вызвать деформации, соответствующие 7 и 8 баллам. При мощном деятельном слое, наличии в основании фундаментов пылевато-глинистых переувлажненных грунтов, при оттаивании многолетнемерзлых пород под сооружениями происходит опасное перенапряжение конструкций и даже при слабом сейсмическом воздействии могут происходить необратимые деформации и даже разрушение сооружений.

					Характеристика объекта исследования	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований зданий и инженерных сооружений

3.1 Характеристика компрессорной станции

Участок расположения компрессорной станции находится на территории [REDACTED] области РФ.

В состав компрессорной станции входит:

- 1) Узел подключения КС;
- 2) Камера запуска и приема ВТУ;
- 3) Установка очистки газа;
- 4) Газоперекачивающие агрегаты;
- 5) Запорная арматура технологических трубопроводов;
- 6) Технологические трубопроводы обвязки КС;
- 7) Установка подготовки пускового и топливного газа;
- 8) Установка подготовки импульсного газа;
- 9) Различное вспомогательное оборудования;

Проектируемые объекты относятся к категории «опасных производственных объектов», а также характеризуются наличием сложных природных условий строительства (наличие ММП, низкими температурами окружающего воздуха, потенциальная подверженность воздействию опасных природных процессов и явлений). Ряд зданий и инженерных сооружений в составе проектируемых площадок относятся к уникальным и технически-сложным объектам капитального строительства эксплуатация и строительство которых сопровождается различными негативными воздействиями и явлениями, такими как тепловыделения, динамические нагрузки (вдавливающие и выдергивающие), вибрации.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований инженерных сооружений	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					66	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа		
Рук.ООП		Бурков П.В.				Группа 2БМ6А		

К основным потенциально опасным инженерно-геологическим и природным процессам и явлениям, характерным для рассматриваемого района, можно отнести следующие процессы:

- мерзлотно-провальные (термокарстовые);
- заболачивание территории и подтопление (в том числе техногенное);
- многолетнее морозное пучение;
- выветривание (в том числе и криогенное).

Они характеризуются как регулярным (термокарстовые явлениями, термоэрозия, заболачивание), так и временным характером воздействия (морозное пучение, подтопление, землетрясения, ураганы и т.п.).

3.2 Проектные решения по температурной стабилизации грунтов оснований

Технические решения по устройству оснований, опорных и фундаментных конструкций должны обеспечивать требуемую прочность, эксплуатационную пригодность и механическую безопасность в процессе строительства и эксплуатации проектируемых зданий и инженерных сооружений, а также максимальное использование деформационно-прочностных свойств материалов и грунтов основания.

Выбор технических решений осуществляется на основании комплексного анализа следующих данных:

- природно-климатических и инженерно-геокриологических условий района строительства, представленных в материалах ИГИ;
- принципа использования ММГ основания;
- возможности изменения деформационно-прочностных и теплофизических свойств грунтов оснований;
- вариантной проработки с учетом технико-экономических показателей, позволяющей свести к минимуму количество погружаемых

					Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований инженерных сооружений	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

свай;

- способа и технологических особенностей производства строительного-монтажных работ;

- проектом производства работ.

Механическая безопасность ГТС «инженерное сооружение - грунтовое основание - окружающая среда» обеспечивается посредством:

- создания на этапе строительства и поддержанием в течение всего периода эксплуатации проектного температурно-прочностного режима грунтов оснований;

- подбора требуемых геометрических и прочностных характеристик фундаментных конструкций;

- минимизацией или полным исключением проявлений и влияния опасных природных процессов и явления, а также негативных отепляющих техногенных природных объектов на строительные элементы здания и инженерных сооружений и их отдельных частей (в том числе грунтовые основания, опорные и фундаментные конструкции).

3.3 Принцип использования грунтов оснований

В целях обеспечения требуемого уровня надежности грунтовых оснований, опорных и фундаментных конструкций и инженерных сооружений в составе объекта компрессорная станция согласно требованиям п.6.1.2 и п.6.1.3 СП 25.13330.2012 была проведена типизация проектируемых объектов по принципу использования грунтов в качестве оснований. На основании типизации определено: грунты основания проектируемой площадки целесообразно использовать в качестве оснований как по I принципу - грунты находятся в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации.

					Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований инженерных сооружений	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Данный принцип использования грунтов в качестве оснований принят на основании следующих факторов:

- естественного температурно-прочностного состояния грунтов оснований на площадках рассматриваемых объектов, характеризующихся распространением пластичномерзлых, твердомерзлых ММП и талых грунтов;
- данных о тепловом режиме работы и характере негативных отепляющих воздействиях, оказываемых на ММП оснований зданиями и инженерными сооружениями (в том числе линейной части), на рассматриваемых этапах их жизненных циклов;
- принятых технических решений в части устройства фундаментных конструкций и грунтов оснований на рассматриваемых объектах проектирования;
- возможности резкого ухудшение деформационно-прочностных свойств ММП при оттаивании и замачивании;
- возможность качественного изменения деформационно-прочностных свойств грунтов в результате применения мероприятий по ТСГ, что особенно важно в виду наличия на проектируемых площадках биогенных, засоленных и сильнольдистых грунтов, характеризующихся большой сжимаемостью и появлением пластических деформаций в широком диапазоне температур, низкими прочностными свойствами (сопротивление мерзлых грунтов и грунтовых растворов сдвигу по поверхности смерзания) и сильно выраженными вязкими свойствами, способных развивать значительные деформации ползучести;
- наличия значительной продолжительности периода времени (7-8 месяцев) с отрицательными температурами воздуха, не превышающими температуры ММП на глубине нулевых амплитуд (■-■ м);

					Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований инженерных сооружений	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- потенциальной возможности возникновения и развития опасных геокриологических процессов и явлений (сезонное морозное пучение, обводнение, термокарст, эрозия тела насыпи и т.д.), являющихся следствием экзогенного/техногенного воздействия (в частности изменение рельефа местности);

- отсутствие инженерных сооружений со значительным прямым тепловым воздействием на ММП;

- результаты теплотехнического моделирования, в том числе ТУР по ТСГ;

- результаты деформационно-прочностных расчетов фундаментных конструкций и грунтовых оснований.

Применение ТУР по ТСГ направленно на:

- создание в грунтах основания требуемого расчетного теплового режима путем охлаждения ММГ согласно принятым в проекте нормальным условиям эксплуатации (в частности перевод пластичномерзлых грунтов в твердомерзлое состояние) с последующим поддержанием его в течение всего периода эксплуатации;

- снижение отепляющего воздействия на ММГ основания, вызванного технологическими особенностями производства строительномонтажных работ (например, заполнение внутренней полости сваи бетоном или цементно-песчаным раствором, бурение скважины, экзотермические реакции при твердении бетона и т.д.), тепловым воздействием отапливаемых инженерных сооружений с устройством полов в уровне планировочной отметки в процессе эксплуатации, повышенным техногенным снегонакоплением в пределах инженерных сооружений, а также возможным изменением климата (глобальное потепление);

					Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований инженерных сооружений	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- сокращение сроков производства строительно-монтажных работ (сокращение периода между устройством фундаментных конструкций и передачей на него расчетной нагрузки);
- исключение возникновения опасных геологических процессов (в том числе сезонного морозного пучения).

					Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований инженерных сооружений	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований инженерных сооружений

Объект исследования: компрессорная станция, расположенная на участке распространения многолетнемерзлых грунтов. Расчет проводился с помощью программного комплекса 3D Frost.

Чередование сезонов промерзания и оттаивания деятельного слоя сопровождается существенным изменением в структуре и свойствах грунта. Для учета этих изменений требуется рассмотрение целого множества процессов, таких как:

- термокаст;
- морозное пучение;
- морозобойные трещины;
- наледи;
- миграция влаги и др.

Эти процессы имеют в своей основе как чисто тепловые, так и гидротехнические эффекты.

Таким образом, изменение температуры приводит с одной стороны к перераспределению влаги в порах, а с другой стороны приводит к изменению свойств самих природных частиц, составляющих эти поры. В свою очередь, наличие влаги в порах приводит к необходимости учитывать конвективную теплопередачу, а также оказанное давление на твердые частицы грунта. А также, изменение состояний твердых частиц грунта приводит как к изменению теплосодержания, так и к перераспределению влаги внутри грунта.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований инженерных сооружений	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					72	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа Группа 2БМ6А		
Рук. ООП		Бурков П.В.						

Исходя из этого, для полного решения задач необходимо рассматривать систему из:

- уравнения теплопроводности;
- уравнения Дарси;
- уравнения упругости;
- уравнение термодинамического потенциала.

Однако, тот факт, что температура является наиболее активно изменяющимся параметром во время сезонов промерзания и оттаивания, что выделяет ее среди всех других параметров, которые изменяются медленнее и намного меньшим диапазоном.

А, следовательно, нами рассматривается, прежде всего, уравнения теплопроводности и конвективной теплопередачи.

Среди специфических особенностей теплопередачи в грунте, необходимо выделить, прежде всего:

1. Гетерогенность и дисперсная структура грунта;
2. Скрытая теплота фазового перехода;
3. Наличие влаги в порах;
4. Возникновение края промерзания;
5. Периодические изменения температуры и тепловых потоков поверхности грунта.

					Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.1 Математическая постановка задачи и методы решения

4.1.1 Уравнение теплопроводности с граничными условиями

$$C_{eff}(T) \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla(\lambda(T) \nabla T) + C_w u \nabla T = Q, \quad (1)$$

$$n(\lambda(T) \nabla T) = h(T_{inf} - T) + \varepsilon \sigma (T_{amb}^4 - T^4) + q, \quad (2)$$

Где:

T - температура;

t - время;

$\lambda(T)$ - зависимость теплопроводности от температуры;

C_w - объемная теплоемкость воды;

u - скорость фильтрации;

Q - источники и стоки тепла;

h - коэффициент теплообмена;

T_{inf} - температура внешней среды;

T_{amb} - температура источника теплового излучения;

ε - степень черноты поверхности грунта;

σ - постоянная Стефана – Больцмана;

q - тепловой поток, например, с испарителя охлаждающего устройства.

Решая данное уравнение в трехмерной полной постановке численными методами получаем распределение температур. Решается оно в трехмерной расчетной области, для которой были заданы теплофизические свойства, которые во многом определяют процессы распространения тепла в этой области.

Наиболее важные теплофизические свойства, которые определяют процесс распространения тепла:

1) Теплоемкость грунта — количество тепла, необходимое для повышения его температуры на 1°.

					Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для характеристики мерзлых грунтов часто пользуются понятием их эффективной теплоемкости C_{eff} , учитывающей тепловыделения фазовых превращений воды. Величина C_{eff} зависит от температуры — вблизи 0° она во много раз больше истинной и с понижением температуры уменьшается до величины истинной теплоемкости мерзлого грунта. При всех изменениях температуры общий тепловой процесс определяется эффективным значением теплоемкости.

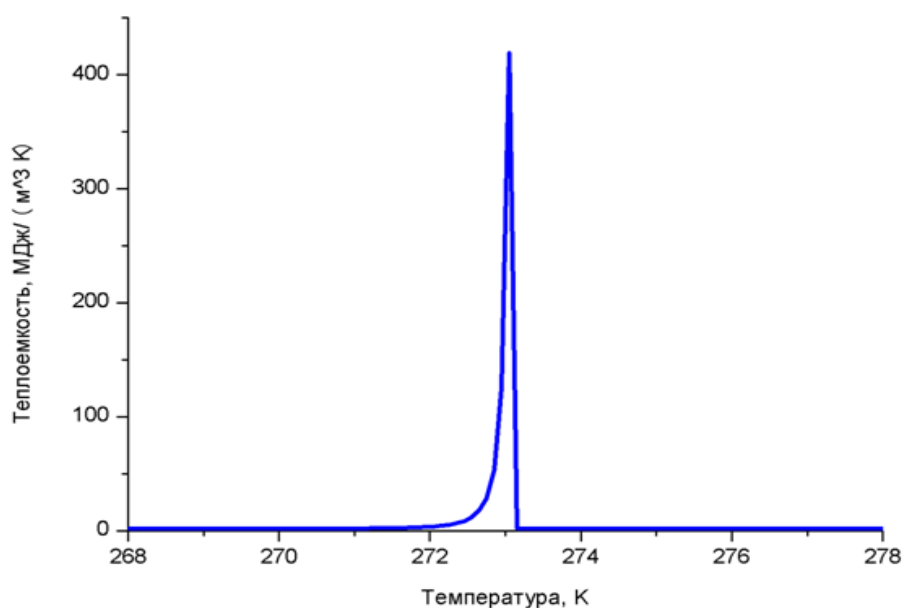


Рисунок 4.1

Зависимость теплоемкости от температуры

- 1) Теплопроводность грунта - способность почв проводить тепло от нагретых слоев к более холодным, зависит от теплопроводности их составных частей.

Коэффициент теплопроводности, численно равный величине удельного теплового потока в грунте при единичном градиенте температур определяет теплопроводность грунта. В грунте теплопередача протекает за счет переноса влаги и, главным образом, кондуктивной теплопроводности.

Поэтому при рассмотрении тепловых процессов в грунте под коэффициентом теплопроводности понимается некоторая эффективная

величина, учитывающая лучистую и конвективную составляющие теплопроводности.

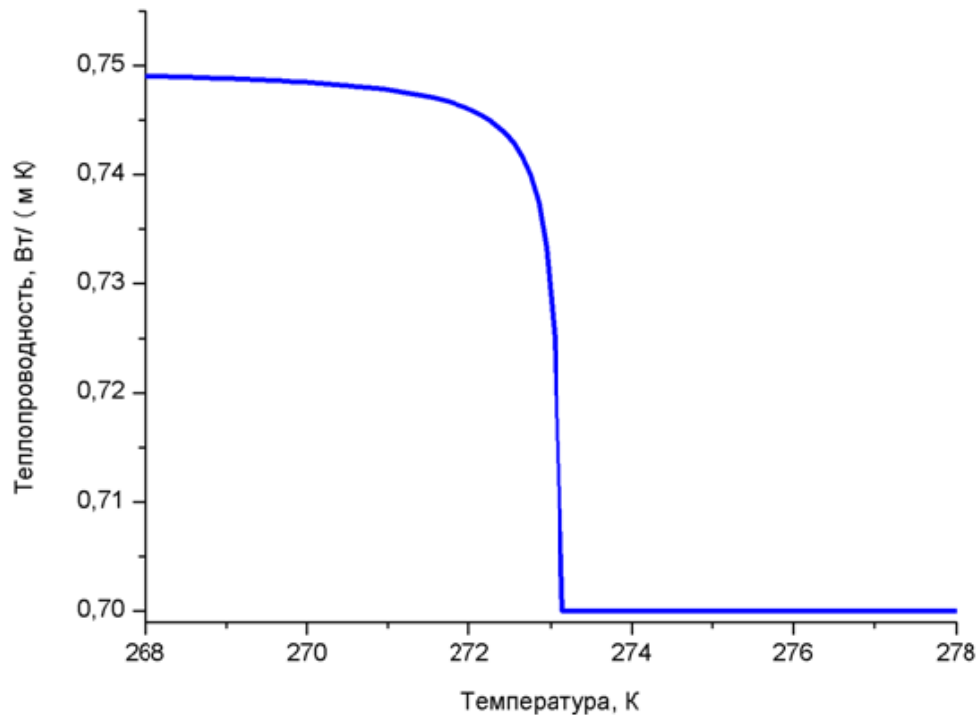


Рисунок 4.2

Зависимость теплопроводности от температуры

Наиболее широкое распространение для вычисления эффективной теплоемкости и теплопроводности получили уравнения вида:

$$C_{eff}(T) = C_{th} + (C_f - C_{Th})w(T) - \theta_s \rho_{ice} L \frac{\partial w(T)}{\partial T}, \quad (3)$$

$$\lambda(T) = \lambda_{th} + (\lambda_f - \lambda_{th})w(T), \quad (4)$$

Где:

λ_{th} и λ_f - теплопроводность талого и мерзлого грунта соответственно;

θ_s - объемное влагосодержание грунта;

$w(T)$ - зависимость льдистости от температуры, которая описывается следующей зависимостью:

$$w(T) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{1 + A(T_{ph} - T)}, & T \leq T_{ph} \\ 0, & T > T_{ph} \end{cases} \quad (5)$$

Где:

T_{ph} - температура фазового перехода вода-лед;

A - эмпирический коэффициент, который определяет крутизну изменения льдистости от температуры в окрестности фазового перехода.

Уравнение теплопроводности с граничными условиями решается для трехмерной области, которая анализируется при проектировании объекта. Данная область, как правило, включает в себя геолого-литологические слои грунта, проектируемые основания и фундаменты, теплоизоляционные слои, устройства для охлаждения грунта и другие элементы.

4.1.2 Граничные условия

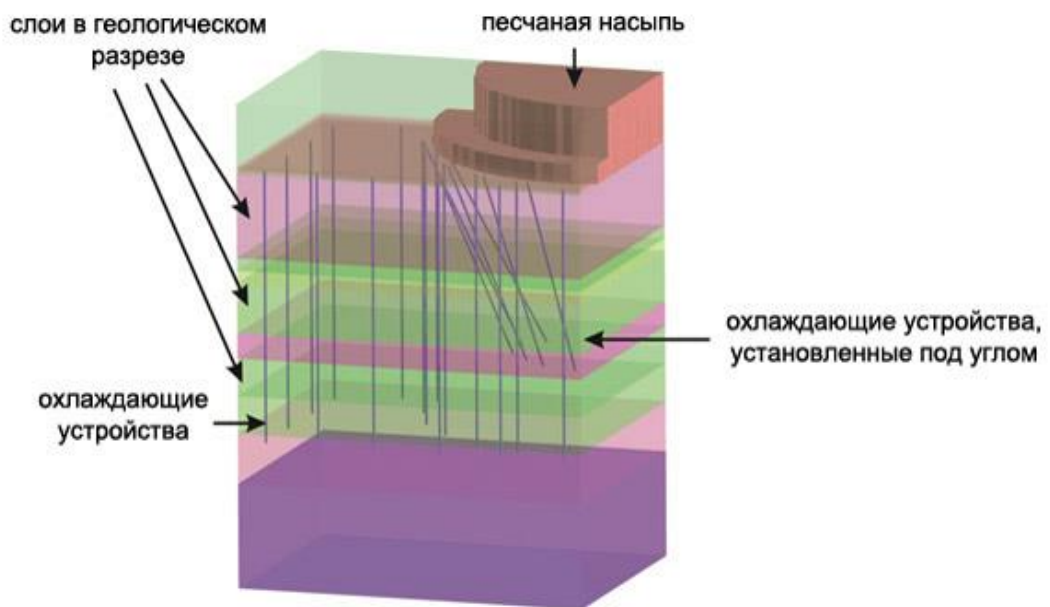


Рисунок 4.3

Область моделирования участка для искусственного замораживания
грунта

ГУ задаются на каждой границе области исследований, а также могут быть присвоены внутренним блокам на все время расчета температурного режима.

Количество, данные и положение конкретных ГУ определяются в зависимости от постановки задач с учетом естественных условий теплообмена на поверхности земли, откорректированных по результатам их адаптации, а также теплообмена на участках размещения инженерных сооружений и прилегающих территориях, определенного на основании их конструктивных и технологических особенностей.

Различают следующие ГУ:

- I рода - определяются величиной температуры на поверхности границы с грунтовым массивом:

$$n(\lambda(T)\nabla T) = T_{ext}(t); \quad (6)$$

- II рода - характеризуются величиной теплового потока через поверхность границы:

$$n(\lambda(T)\nabla T) = q = 0; \quad (7)$$

III рода - теплообмен через границу области исследования определяется температурой окружающей среды и коэффициентом общего теплообмена, т.е. происходит по закону Ньютона:

$$Q = \sigma(U_n - t_B), \quad (8)$$

Где:

Q – количество приходящего к поверхности грунта или уходящего с него тепла, кДж;

σ – коэффициент теплоотдачи с поверхности грунта, Вт/(м² * °С);

U_n – температура поверхности грунта, °С

					Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

t_B – температура окружающей среды, °С

ГУ изменяются с периодом повторения, $T_{\text{пер}}$, назначаемым в исходных данных расчета. Для рассматриваемых моделей $T_{\text{пер}}$ принят равным 10 годам. Период счета разбит на интервалы. Если период равен 10 годам, то число интервалов принимаем равным 120 (120 месяцев).

За верхнюю границу области моделирования, как правило, принимают поверхность земли, а нижнюю границу располагают на достаточно большой глубине, чтобы минимизировать её влияние на тепловые процессы в интересующей проектировщика области.

На верхней границе области моделирования задаются условия теплообмена с окружающей средой, которые определяются температурой воздуха и коэффициентом теплообмена. При наличии источников теплового излучения, например, факела сжигания попутного газа, дополнительно задается температура источника излучения и степень черноты поверхности грунта. Учет влияния снегового покрова на теплообмен поверхности грунта осуществляется путем задания изменения во времени толщины снежного покрова и его теплопроводности.

На нижней границе области моделирования задается температура грунта согласно термометрическим данным. На боковой поверхности области моделирования, как правило, задается нулевой тепловой поток. При этом боковые границы области моделирования должны быть расположены достаточно далеко от интересующего проектировщика участка, чтобы они не оказывали влияние на расчет тепловых процессов.

					Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

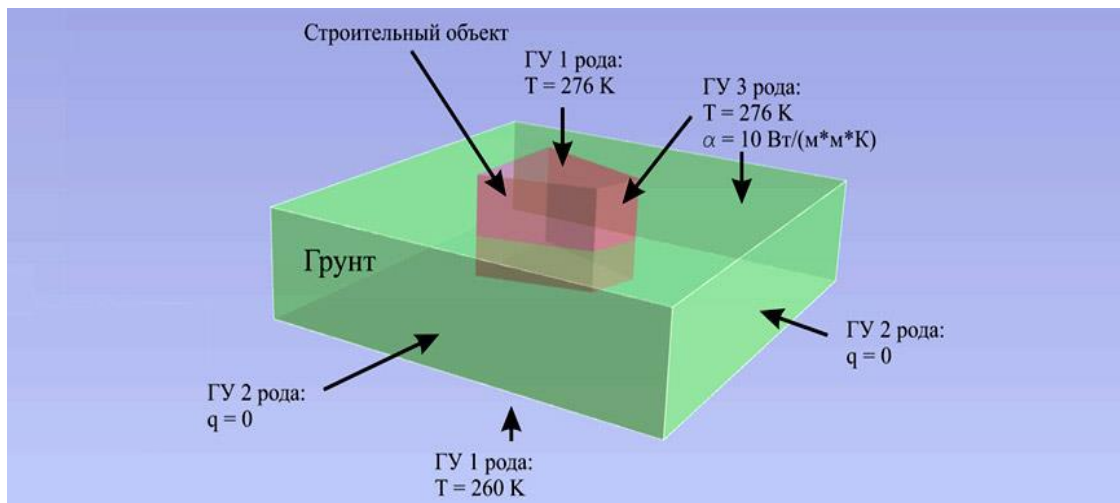


Рисунок 4.4

Задание граничных условий на области моделирования при прогнозировании теплового режима грунтов

4.1.3 Теплофизические свойства

На основании 2 раздела, объекту исследования были заданы теплофизические свойства такие как:

- Коэффициент теплопроводности грунта в талом и мерзлом состояниях (таблица 4);
- Объемная теплоемкость грунта в талом и мерзлом состояниях (таблица 4);
- Среднемесячная температура воздуха (таблица 2);
- Средняя декадная высота снежного покрова (таблица 3);

Коэффициент теплообмена между атмосферным воздухом и поверхностью определялся по следующим формулам:

при $V \leq 4$ м/с

$$\alpha = 2,4 * V + 2,33;$$

при $V > 4$ м/с

$$\alpha = 3,7 * V + 1,16$$

Следует отметить, что область моделирования состоит из неоднородных слоев грунта, с различными теплофизическими свойствами – теплоемкостью, теплопроводностью, плотностью и влагосодержанием. В связи с этим для компьютерного моделирования искусственного замораживания грунтов необходимо построение трехмерной области моделирования, в которой учтено реальное распределение слоев грунта с различными теплофизическими свойствами.

Поскольку для решения уравнения теплопроводности в трехмерной постановке необходимо использовать численные методы, область моделирования дискретизируется расчетной сеткой. Для моделирования тепловых процессов в грунтах для больших пространственных масштабов оптимально использовать гексаэдрическую расчетную сетку. В результате дискретизации заданные пользователем теплофизические свойства грунтов и граничные условия переносятся на соответствующие элементы и грани элементов расчетной сетки.

В результате численного решения уравнения теплопроводности получается трехмерное распределение температур в моделируемой области для различных моментов времени. Полученное тепловое поле используется для анализа тепловых режимов грунтов и изменения их механических свойств. На основании анализа принимается решение по обеспечению несущей способности грунтов.

4.2 Результаты имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований инженерного сооружения

Результаты теплотехнического имитационного прогнозного моделирования принципиальных технических решений по термостабилизации ММГ оснований опорных фундаментных конструкций зданий и инженерных сооружений, а именно:

					Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Компрессорный цех с 4 работающими агрегатами;

В составе теплотехнических расчетов ММГ оснований по вышеуказанным зданиям и инженерным сооружениям для обоснованного выбора ТУР проведена следующая вариантная проработка:

моделирование взаимодействия инженерного сооружения с окружающей средой без учета применения каких-либо мероприятий по ТСГ. Соответствующие результаты прогнозного имитационного теплотехнического моделирования приведены на рисунке 4.5 и 4.6;

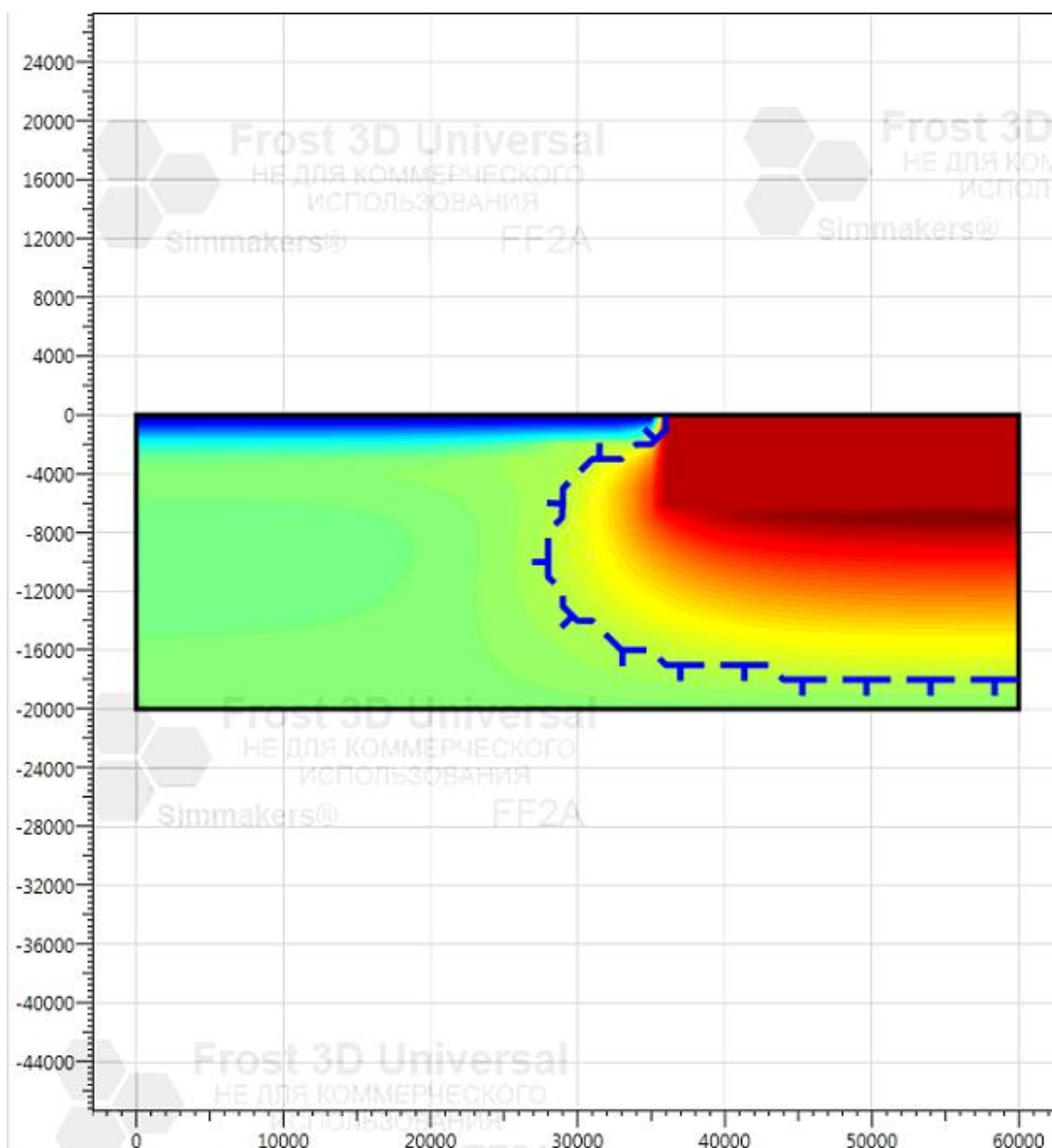


Рисунок 4.5

Температурные поля грунтов оснований для инженерного сооружения без применения термостабилизации

					Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

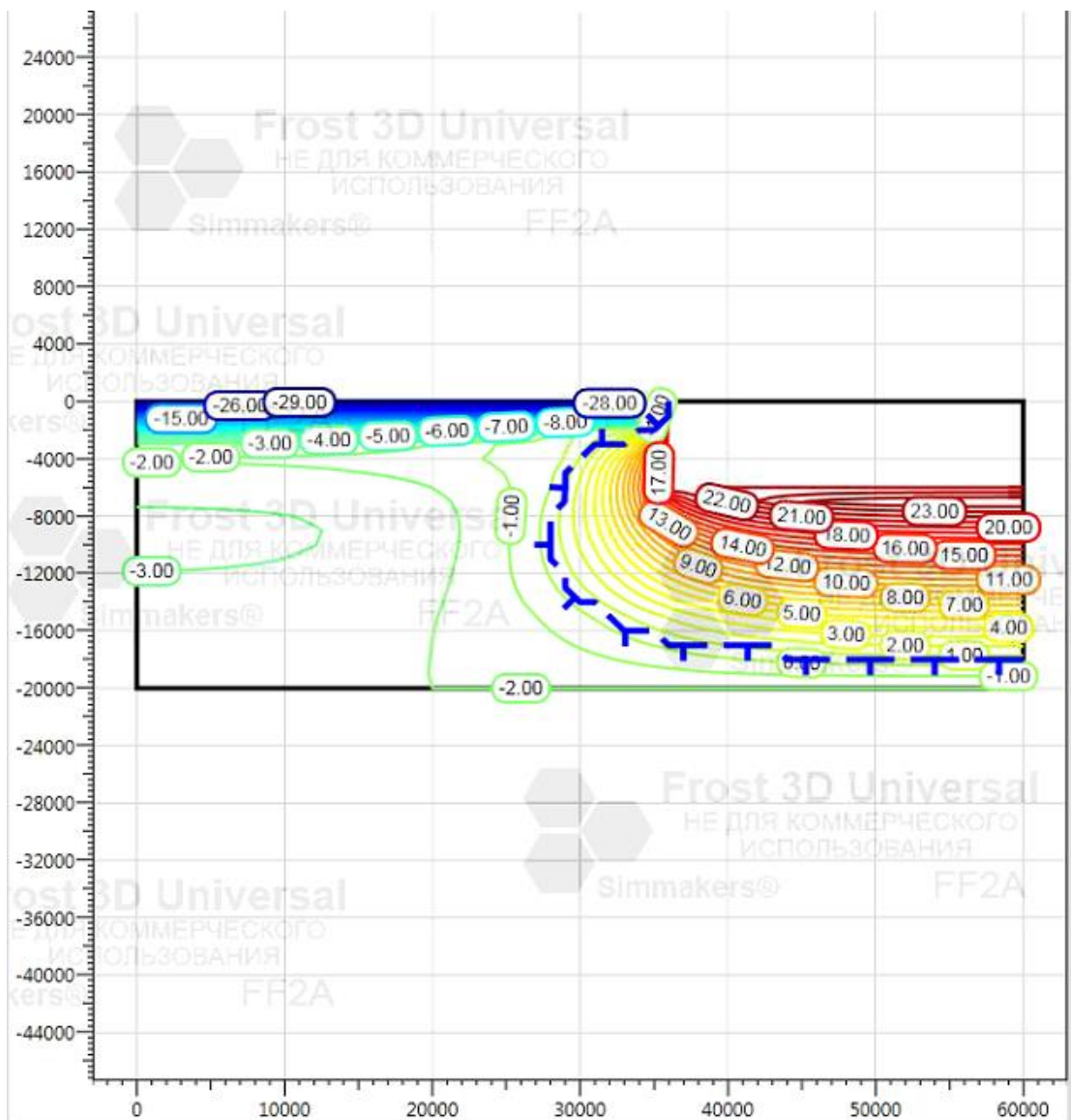


Рисунок 4.6

Температурные поля грунтов оснований для инженерного сооружения без применения термостабилизации

Моделирование на вариантной основе применения дополнительных ТУР по ТСГ, направленных на обеспечение проектного температурно-прочностного режима ММГ основания зданий и инженерных сооружений с устройством вентилируемого подполья, применением ГЕТ-системы и устройством теплозащитного экрана мощностью 200 мм. Соответствующие результаты прогнозного имитационного теплотехнического моделирования представлены на рисунке 4.7 и 4.8.

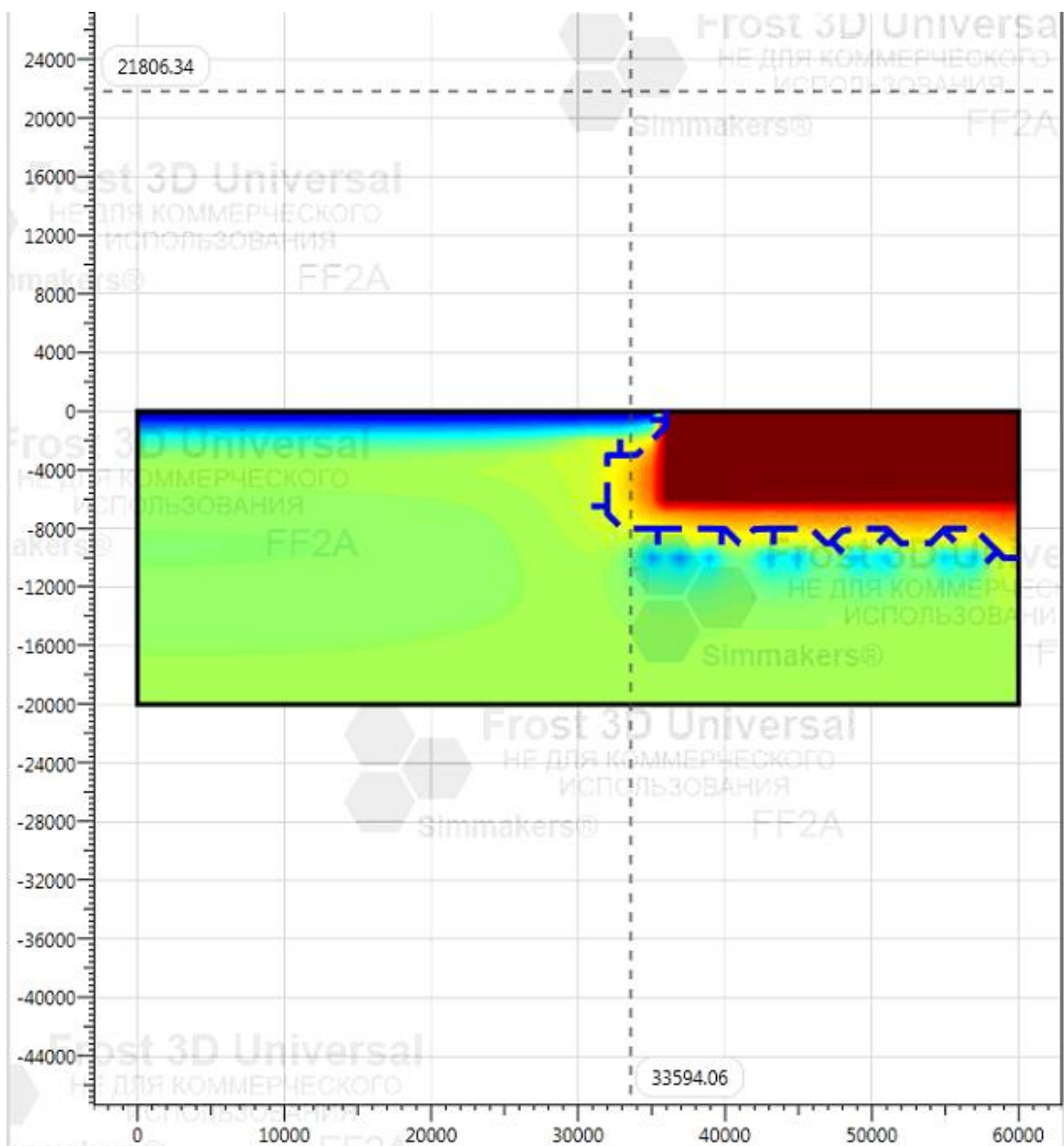


Рисунок 4.7

Температурные поля грунтов оснований для инженерного сооружения с учетом применения термостабилизации

					Расчет прогнозного имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

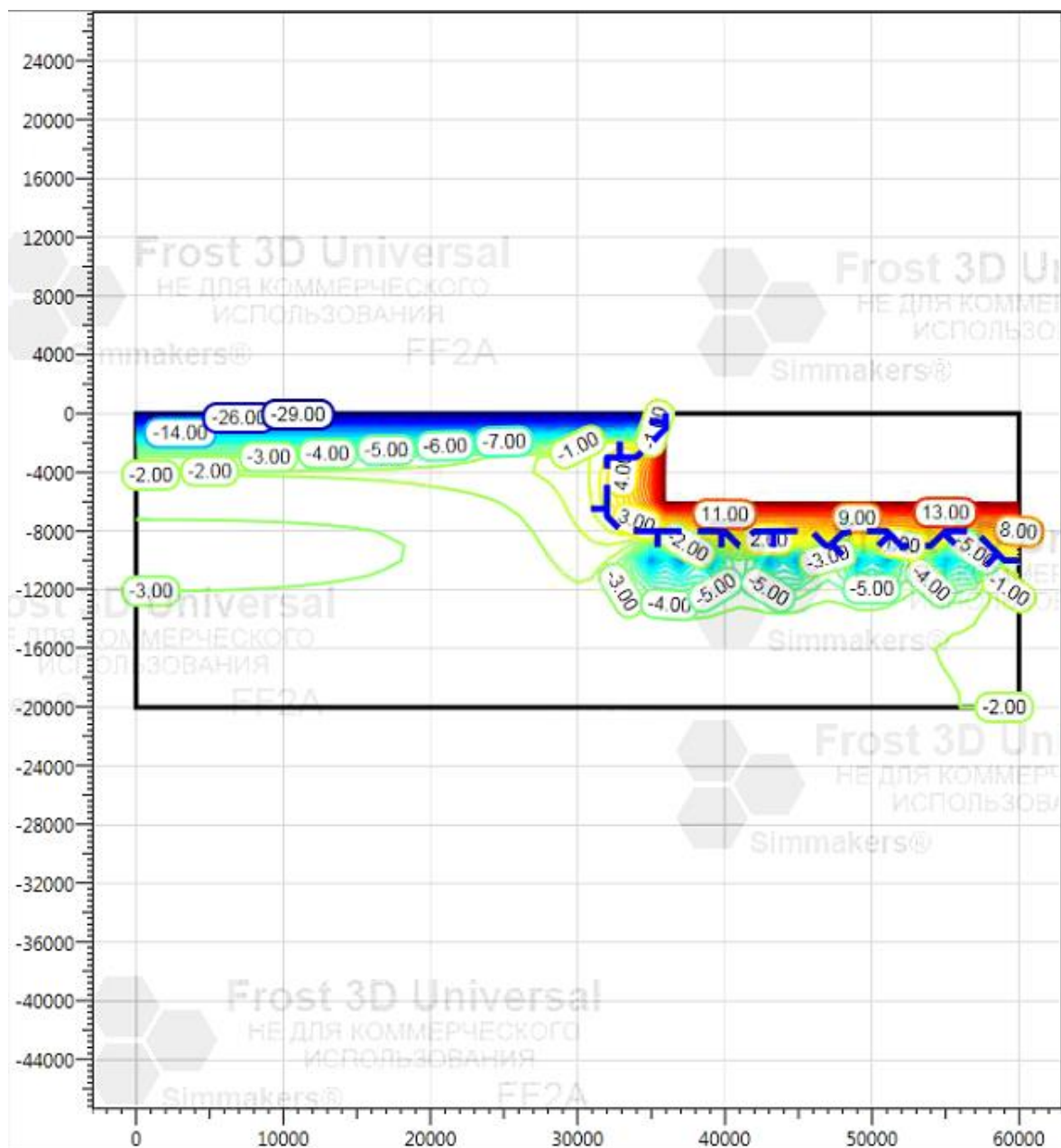


Рисунок 4.8

Температурные поля грунтов оснований для инженерного сооружения с учетом применения термостабилизации

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

[Redacted content]

5 Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) - ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [15].

Рабочим местом является площадка компрессорной станции, расположенная на территории распространения многолетнемерзлых пород. Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при термостабилизации грунтов зданий и инженерных сооружений компрессорной станции в криолитозоне должны быть соблюдены все основные условия.

Целью раздела «Социальная ответственность» является анализ вредных и опасных факторов труда работников при строительстве компрессорной станции с применением техники и технологии термостабилизации грунтов и разработка мер защиты. В разделе также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					87	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа Группа 2БМ6А		
Рук. ООП		Бурков П.В.						

5.1 Производственная безопасность

Ниже представлена таблица «Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне». Она необходима для целостного представления об источниках вредностей и опасностей и всех основных выявленных вредных и опасных факторах на рабочем месте.

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием «Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-2015». Название вредных и опасных производственных факторов в работе соответствуют приведенной классификации. Определены названия характерных видов работ и вредных производственных факторов (ОВФП).

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 6 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Бурение скважин под сваи и термостабилизаторы	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	1. Электрический ток	ГОСТ 12.0.003-2015[12]
Установка сваи и термостабилизатора на пробуренной скважине	2. Превышение уровня шума	2. Электрическая дуга и металлические искры при сварке	ГОСТ 12.1.003-83[14]
	3. Превышение уровня вибрации	3. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования	ГОСТ 12.1.012-90[16] ГОСТ 27409-97[26] ГОСТ Р 12.1.019-2009[30]
Погрузочно-разгрузочные работы	4. Отклонение показателей климата на открытом воздухе	4. Пожароопасность	ГОСТ Р 22.0.06-95[33] СП 1.13130-2009[47]
Укладка теплоизолирующего материала на основании сооружения	5. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, присмыкающими		СП 2.13130-2012[49] СП 51.13330-2011[53] СТО Газпром 18000.1-00 2014[55]
Сварочно-монтажные работы установки каркаса на фундамент			

5.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

5.2.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного травматизма. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в

организме, ослаблением его реактивности, способствует развитию близорукости.

К таким же последствиям приводит работа при ограниченном спектральном составе света и монотонном режиме освещения. На рабочем месте устанавливаются прожектора.

Количества прожекторов рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{E * S * z * k}{F * \eta} \quad (9)$$

Где:

η - коэффициента использования излучаемого прибором света, зависит от отражающей способности окружающих источник света предметов;

E - требуемая минимальная освещенность, задается в люксах (лк);

S - площадь освещаемого пространства, м²;

$z = \frac{E_{cp}}{E_{мин}}$ - учитывает неравномерность выдаваемого

электроприбором освещения. Для ламп накаливания коэффициент составляет - 1,15, для люминесцентных и светодиодных ламп - 1,1;

F - световой поток, излучаемый одной лампой, лм (люмен);

k - коэффициент запаса, используемый для учета возможного запыления лампы и снижения количества излученного ей света при длительном использовании. Для люминесцентных ламп данный коэффициент может достигать 1,5. Для ламп накаливания и светодиодных ламп - 1,2-1,3.

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рекомендуется следующий порядок осуществления мероприятий по устройству искусственного освещения [44]:

- определение площади, подлежащей освещению, а также площади наибольшей концентрации работ;
- установление нормы освещенности поля зрения в зависимости от разряда зрительных работ;
- выбор системы освещения;
- выбор источников света и расчета их необходимого количества;
- выполнение проекта распределения осветительных средств с учетом параметров их установки и необходимости обеспечения равномерного распределения светового потока.

5.2.2 Превышение уровня шума

Технологические процессы являются источником сильного шумового воздействия на здоровье людей, непосредственно участвующих в технологических процессах. Источником сильного внешнего шума на площадке установки термостабилизаторов являются движущиеся машины. В результате исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека.

Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость. Предельно допустимые значения до 75 децибел, характеризующие шум, нормируется согласно по ГОСТ 27409-97 и регламентируются согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [16, 26].

Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука приведены в таблице 7.

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 7 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука [14]

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Основные методы борьбы с шумом [14]:

- снижение шума в источнике;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники;

5.2.3 Превышение уровня вибрации

Источником вибрации на площадке монтажа являются машины, оборудовании и технологические процессы. Воздействие вибрации на человека классифицируется:

- по способу передачи вибрации на человека;
- по направлению действия вибрации;
- по временной характеристике вибрации.

Защита от вибрации:

- применяют рукавицы или перчатки следующих видов: со специальными виброзащитными упругодемпфирующими вкладышами, полностью изготовленные из виброзащитного материала [16].
- виброзащитные прокладки или пластины, которые снабжены креплениями к руке [20].
- использовать обувь на толстой резиновой или войлочной подошве [16].

При защите от вибраций важную роль играет рациональное планирование режима труда и отдыха. Суммарное время воздействия вибрации не должно превышать 2/3 продолжительности рабочей смены. Необходимо устраивать перерывы для активного отдыха, проводить физиопрофилактические процедуры, производственную гимнастику и т.д. [20].

5.2.4 Отклонение показателей климата на открытом воздухе

Работы, выполняемые на установку термостабилизаторов происходят на открытых площадках. Климат на территории Республики Саха (Якутия) резкоконтинентальный, в зимнее время температура воздуха достигает минус 55° - минус 60°С, летом 35° - 40°С. Холод может привести к переохлаждению, высокие температуры к тепловому удару.

Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. Работающие на открытой территории в зимний и летний периоды года в каждом из климатических регионов должны быть обеспечены спецодеждой [12] :

- костюмы для защиты (от токсичных веществ, от пыли, от механических воздействий, от насекомых, т.д.)
- ботинки кожаные с жестким подноском или сапоги кожаные с жестким подноском;

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист 93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- сапоги резиновые с жестким подноском или сапоги болотные с жестким подноском;
- нарукавники из полимерных материалов;
- перчатки с полимерным покрытием;
- перчатки резиновые или из полимерных материалов;
- каска защитная;
- подшлемник под каску;
- очки защитные;
- маска или полумаска со сменными фильтрами;
- прочие виды защитных спецодежд.

5.2.5 Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися

В летний период человек подвержен воздействию насекомых. Насекомые и паукообразные наносят вред здоровью человека, а также являются переносчиками различных заболеваний. К таким насекомым относятся: клещи, гнус, комары, слепни, мошка и т.д.

Средствами защиты от воздействия являются: специальная одежда, инсектицидные средства, репелленты для отпугивания насекомых. (ГОСТ Р 12.4.296-2013) [31].

5.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

5.3.1 Электрический ток

Наибольшую опасность для жизни и здоровья человека оказывают повышенные значения напряжения в электрической цепи, замыкание которых может произойти через тело человека при приближении на расстояние менее допустимого к не изолированным токоведущим частям и элементам оборудования, находящимся под напряжением, а также при перемещении и работе в зонах растекания тока замыкания на землю, влияния электрического поля и наведенного напряжения.

Действие электрического тока на человека носит многообразный

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое, биологическое и механическое действие. Это многообразие действий электрического тока может привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации регламентируются ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатуры видов защиты» [30]. Для предотвращения опасных ситуаций для жизни человека проводятся мероприятия по электробезопасности, которые включают в себя:

- все токоведущие части электрических устройств изолированы
- по способу защиты человека от поражения электрическим током изделия средств автоматического управления соответствуют классам 1 и 2 и классу 3 по ГОСТ 12.2.007-03 [19];
- все потребители электроэнергии имеют заземление или зануление согласно ГОСТ 12.1.030-96 [17];
- все части устройств, находящиеся под напряжением размещены в корпусах, обеспечивающих защиту обслуживающего персонала;
- устройства снабжены световыми индикаторами включения питающей сети.

5.3.2 Электрическая дуга и металлические искры при сварке

Основными источниками опасности при сварке, осуществляемой электрической дугой, являются: пламя дуги, искры раскаленного металла, недоиспользованные электроды; электрические дуги и искры, короткие замыкания и другие неисправности в электрооборудовании.

Электрическая дуга, искры, брызги металла, образующиеся в процессе сварки, представляют собой серьезную опасность открытым участкам кожи, глазам.

ГОСТ 12.1.038-82 [18] устанавливает предельно допустимые

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист 95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц. Для переменного тока 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока - 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц - соответственно 2 В и 0,4 мА; для постоянного тока - 8В и 1,0 мА (эти данные приведены для продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки).

Для защиты следует использовать сварочные маски, термостойкие рукавицы и краги сварщика. А также рекомендуется применять ограждающие защитные экраны [30].

5.3.3 Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования

Ущерб здоровью работника от такого физически вредного фактора как «острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок инструментов и оборудования» является не редким случаем на производстве.

В связи с тем, что острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок являются неотъемлемой, к сожалению, частью производства, то работник должен быть максимально внимателен к выполняемым работам и, в случае экстренных ситуаций уметь немедленно оказать первую медицинскую помощь пострадавшему, или же себе.

Данный вид опасностей контролируется ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»[12].

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.3.4 Пожаровзрывоопасность

Центробежные насосы наиболее часто используются для транспортировки горючих жидкостей, так как обеспечивают равномерную ее подачу, имеют наибольшие габариты при большой производительности, а также непосредственно соединяются с двигателем. Они сравнительно просты в эксплуатации и менее опасны в пожаровзрывоопасном отношении, ибо при увеличении сопротивления в линиях могут работать на себя.

Герметизация вала рабочего колеса центробежного насоса осуществляется чаще всего с помощью сальниковых уплотнений, которые представляют собой асбестовые (для холодных жидкостей при давлении 2,5 МПа), асбосвинцовые (при давлении более 2,5 МПа) или асбоалюминиевые (для горячих насосов) набивки.

Мероприятия по пожарной безопасности разделяются на четыре основные группы [33]:

- 1) предупреждение пожаров, т.е. исключение причин их возникновения;
- 2) ограничение сферы распространения огня;
- 3) обеспечение успешной эвакуации людей и материальных ценностей из очага пожара;
- 4) создание условий для эффективного тушения пожара.

Допуск работников к проведению работ должен осуществляться после прохождения ими противопожарного инструктажа. Если происходит изменение специфики работ, то необходимо провести внеочередной инструктаж.

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления.

В процессе строительства установки термостабилизатора на площадке компрессорной станции (применение пайки, сварки, работа с электроинструментом) и обслуживании существует возможность возникновения пожара.

В зависимости от размера и расположения очага, в качестве средств пожаротушения применяются следующие средства:

- первичные средства пожаротушения;
- огнетушители переносные, передвижные, стационарные углекислотные;
- пожарные рукава;
- пожарный инвентарь;
- установка пожаротушения.

5.4 Экологическая безопасность

Для организации охраны окружающей среды от негативного воздействия при строительстве компрессорной станции с применением технологии термостабилизации грунтов первоочередной задачей является определение конкретных источников негативного воздействия на основные элементы окружающей природной среды рассматриваемой территории - на земельные ресурсы, растительность, атмосферный воздух.

В таблице 8 представлены источники негативного воздействия и природоохранные мероприятия.

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 8 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при выполнении работ по термостабилизации грунта компрессорной станции

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Разрушение грунтов	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель.
	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и др	Предусмотреть сбор отходов, места и условия их временного хранения, вывоз для утилизации, уничтожения, захоронения остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязненной среды.
	Засорение почвы производственными отходами	Вывоз и захоронение производственных отходов
Воздушный бассейн	Выбросы: <ul style="list-style-type: none"> • пыль при отсыпке грунтовых оснований; • выхлопные газы двигателей транспорта; • выбросы загрязняющих веществ при пусках установки, при продувке аппаратов технологического оборудования; 	Мероприятия согласно пособию к СНИП 11-01-95 от 01.01.1970 [10]. Планировочные мероприятия: - устройство санитарно-защитной зоны; Технологические мероприятия: - увеличение единичной мощности агрегатов при одинаковой суммарной производительности; - применение в производстве более “чистого” вида топлива; Специальные мероприятия: - сокращение неорганизованных выбросов; - очистка и обезвреживание вредных веществ их отходящих газов;

Продолжение таблицы 8 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при выполнении работ по термостабилизации грунта компрессорной станции

Лес и лесные ресурсы	Уничтожение, повреждение и загрязнение почвенного покрова	Мероприятия по охране почв ГОСТ 17.4.3.04-85[24]
	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой согласно постановлению Правительства РФ от 30.06.2007 № 417 (ред. от 14.04.2014)

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В районе деятельности возможно возникновение следующих видов чрезвычайных ситуаций:

1. Техногенного характера;
2. Природного характера;
3. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления (сильный мороз, сильная метель, бури).

Источниками пожара на объекте строительства компрессорной станции являются легко воспламеняемые горючие материалы и вещества.

Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров. Общие требования пожарной безопасности изложены в Федеральном законе от 22.07.2008 №123 – ФЗ(ред. от 13.07.2015)[33].

5.5.1 Природные явления в условиях распространения многолетнемерзлых пород, такие как солифлюкция и термокарст

Солифлюкция - стекание грунта, перенасыщенного водой, по мёрзлой поверхности сцементированного льдом основания склонов. А термокарст, это процесс неравномерного проседания почв и подстилающих горных пород вследствие вытаивания подземного льда.

Мониторинг опасных природных процессов и явлений: Система регулярных наблюдений и контроля за развитием опасных природных процессов и явлений в окружающей природной среде, факторами, обуславливающими их формирование и развитие, проводимых по определенной программе, выполняемых с целью своевременной разработки и проведения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций, связанных с опасными природными процессами и явлениями, или снижению наносимого их воздействием ущерба [32].

5.5.2 Пожары и взрывы

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары и взрывы, которые происходят:

- на промышленных объектах;
- на объектах добычи, хранения и переработки легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ;
- на транспорте;
- в шахтах, горных выработках, метрополитенах;
- в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения.

Пожар – это вышедший из-под контроля процесс горения, уничтожающий материальные ценности и создающий угрозу жизни и здоровью людей.

5.6 План ликвидации аварий

Под аварийной ситуацией понимается событие, связанное:

- с разрушением сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемым взрывом и (или) выбросом опасных веществ;
- с неконтролируемой утечкой транспортируемого опасного продукта, возникшей в результате разрушения или повреждения трубопровода, запорной и регулирующей арматуры, оборудования;
- с нарушением нормальных производственных условий работы;
- с нарушением технологического процесса или режима работы агрегатов, установок, коммуникаций;
- с прекращением работы вентиляции во взрывоопасных зонах;
- с нарушением нормальной работы энергетического хозяйства, приведшим к полной остановке газового промысла, компрессорного цеха, буровой установки независимо от продолжительности остановки, к остановке отдельных газоперекачивающих агрегатов (группы агрегатов) на компрессорной станции, приведшим к снижению производства продукции на срок более одного часа или к тяжелому несчастному случаю;
- с разрушением металлоконструкций, зданий, сооружений и их несущих элементов;
- с утечкой или просыпанием опасного вещества, повреждением тары с опасным веществом;
- со стихийными бедствиями;
- с другими происшествиями, которые могут привести к взрыву, пожару, отравлению, ожогам, заболеванию людей и животных, загрязнению окружающей среды.

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Последствиями аварии на эксплуатируемых газовых объектах может быть одно из следующих событий:

- смертельный случай и (или) травмирование с потерей трудоспособности;
- острое профессиональное заболевание (отравление);
- повреждение или разрушение оборудования и объектов;
- ограничение или прекращение поставок газа потребителям;
- простой производственного оборудования, недовыпуск продукции;
- причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде.

Задачами персонала при возникновении аварийных ситуаций являются:

- локализация аварий отключением аварийного участка газопровода, КС, ГРС, ПХГ и стравливание газа;
- оповещение, сбор и выезд аварийной бригады;
- принятие необходимых мер по безопасности населения, близлежащих транспортных коммуникаций и мест их пересечений с газопроводами, а также гражданских и промышленных объектов;
- предупреждение потребителей о прекращении поставок газа или о сокращении их объемов;
- принятие необходимых мер по максимальному использованию оставшихся в работе газотранспортного оборудования, линейной части и ПХГ;
- ограничение или прекращение поставок газа неквалифицированным потребителям или потребителям, имеющим резервное топливо;
- уведомление местных органов власти об аварии;

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист 103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- организация работы по привлечению и использованию технических, материальных и людских ресурсов близлежащих местных организаций;

- выдача аварийных заявок на использование авиационной техники близлежащих авиапредприятий;

- организация сопровождения сотрудниками ДПС аварийной техники, направляемой к месту ликвидации аварии;

- ликвидация аварий в возможно короткие сроки.

5.7 Законодательное регулирование проектных решений

Эффективность любого производственного процесса будет тем выше, чем рациональнее будут рассчитаны необходимые затраты времени на производство единицы продукции (выполнении работ), либо трудоемкости выполняемых работ. Практически в этом и состоит сущность нормирования труда. Для работников нормирование труда заключается в установлении конкретной меры труда или нормы труда при определенных организационно-технических условиях производства. Определение рациональных норм труда является важным направлением планирования трудовой деятельности работников организации заработной платы. На российских промышленных предприятиях управление нормированием труда чаще всего имеет две укрупненные формы – государственную и договорную.

Учитывая, требования статей ТК РФ, регламентирующих нормирование труда, рассмотрим решение данных вопросов в ООО «Газпром трансгаз Томск». ООО «Газпром трансгаз Томск» 100-процентное дочернее предприятие ПАО «Газпром», работает в 14 регионах Сибири и Дальнего Востока. В зонах производственной деятельности Общества эксплуатируется более 9 тыс. км магистральных газонефтепроводов (МГ). Ежегодный объем транспортируемого предприятием газа - более 19 млрд куб. м.

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист 104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Предприятие является одним из ведущих в отрасли. В условиях возрастающей конкуренции на энергетических рынках осуществление мероприятий по снижению затрат на производство является одной из главных задач, стоящей перед ОАО «Газпром» (далее - Обществом). Одним из важных направлений по реализации этой задачи стало рациональное использование трудовых ресурсов, которое может быть обеспечено, в первую очередь, за счет повышения уровня организации и качества нормирования труда, а это возможно только при создании и внедрении Единой системы управления нормированием труда в ОАО «Газпром»[35]. Цель Единой системы управления нормированием труда в ОАО «Газпром» - обеспечение повышения эффективности хозяйственной деятельности Общества на основе совершенствования организации нормирования труда и рационального использования рабочей силы в организациях системы ОАО «Газпром». Основными задачами ЕСУНТ являются:

- усиление роли нормирования труда в снижении трудоёмкости производства и оптимизации численности работников;
- повышение качества нормирования труда и обеспечение равной напряженности норм затрат труда на работы выполняемые в аналогичных организационно-технических условиях на основе создания и внедрения Единой нормативно-методической базы для нормирования труда в Обществе;
- совершенствование структуры управления нормированием труда в Обществе;
- установление единого для всех Организаций Общества, независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, порядка управления нормированием трудом;
- установление единых методов нормирования труда в Обществе;
- разработка норм и нормативов для нормирования труда на

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист 105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

новые и не охваченные нормированием оборудование, технологии, работы и услуги; обеспечение постоянной прогрессивности действующих нормативных материалов для нормирования труда, приведение их в соответствие с осуществляемыми изменениями в технике, технологии, организации производства и труда и др. Нормирование труда, являясь важнейшим элементом в организации производства, дает возможность определить нормативные и фактические затраты труда и материально-финансовые затраты на единицу продукции, а, следовательно, влияет на повышение эффективности производства].

В ПАО «Газпром» действует Единая система управления охраной труда и промышленной безопасностью, которая устанавливает единый порядок организации и проведения работы по охране труда и промышленной безопасности.

Совершенствование Единой системы управления охраной труда и промышленной безопасностью, функционирующей в ПАО «Газпром», позволяет обеспечивать высокий уровень безопасности труда работников [36].

Единая система управления охраной труда ОАО "Газпром" (ЕСУОТ ПБ) устанавливает единые требования к организации безопасности труда в Обществе и регламентирует:

-единый для всех организаций ОАО "Газпром", независимо от форм собственности, порядок управления охраной труда и промышленной безопасностью в соответствии с действующим законодательством, достижениями науки и техники и отраслевыми особенностями;

создание здоровых и безопасных условий труда, снижение производственного травматизма и профессиональных заболеваний;

-совершенствование структуры управления охраной труда в ОАО "Газпром" в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации по охране труда и нормативными актами государственных органов надзора и контроля;

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист 106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Генеральной концепцией открытого акционерного общества "Газпром" и его организаций при всех видах деятельности является приоритет охраны труда и промышленной безопасности. Никакие соображения экономического, технического или иного плана не могут быть приняты во внимание, если они противоречат интересам обеспечения безопасности работающих на производстве, населения и окружающей среды.

					Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне инженерных сооружений	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Технико-экономические расчеты рассматриваются с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения и состоят в оценке коммерческого потенциала и перспективности термостабилизации многолетнемерзлых грунтов, которая предназначена для поддержания несущей способности, а также для предотвращения таких негативных последствий, как термокарст и выпучивание.

6.1 Готовность проекта к коммерциализации

Чтобы оценить научную разработку по степени ее готовности к коммерциализации, а также определить уровень собственных знаний при проведении самого проекта, была заполнена таблица, отражающая степень проработанности проекта с рассматриваемых позиций.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю					108	150
Руковод.		Чухарева Н.В				Отделение транспорта и хранения нефти и газа Группа 2БМ6А		
Консульт.								
Рук. ООП		Бурков П.В.						

Таблица 9 –Степень проработанности научного проекта

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определение имеющегося научно-технического задела	5	5
2	Определение перспективных направлений коммерциализации	4	3
3	Определение отраслей и технологий (товаров и услуг) для создания спроса на рынке	4	3
4	Определение товарной формы научно-технического проекта для представления к реализации	4	4
5	Определение авторов и осуществление охраны их прав	4	4
6	Проведение оценки стоимости интеллектуальной собственности	3	5
7	Проведение маркетинговых исследований рынков сбыта	3	3
8	Разработка бизнес-плана коммерциализации научной разработки	4	3
9	Определение пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10	Разработка стратегии (формы) реализации научной разработки	3	4
11	Проработанность вопросов международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3

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

Продолжение таблицы 9 – Степень проработанности научного проекта

12	Проработанность вопросов использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13	Проработанность вопросов финансирования коммерциализации научной разработки	2	4
14	Наличие команды для коммерциализации научной разработки	3	4
15	Проработанность механизма реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	50	56

Для определения степени проработанности научного проекта была использована формула:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (8)$$

Где:

B_i – балл по i -му показателю;

$B_{\text{сум}}$ – сумма баллов по каждому направлению;

В результате, мы получаем возможность оценить степень готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В нашем случае значения степени проработанности и уровня имеющихся знаний разработчика составили 50 и 56 соответственно, что свидетельствует о средней перспективности научного проекта и достаточных знаний разработчика для последующей его реализации.

6.2 Календарный план проекта

В рамках планировании проекта был построен календарный график проекта.

Таблица 10 - Календарный план проекта

Код работ ы (из ИСР)	Наименование работ	Продол жительность, дни	Дата начала работ	Дата окончани я работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Введение	5	07.12.2017	12.12.17	Кинзерский Ю.Ю. Чухарева Н.В.
2	Постановка задачи и целей исследования, актуальность, научная новизна	4	14.12.2017	18.12.17	Кинзерский Ю.Ю. Чухарева Н.В.
3	Литературный обзор исследуемой области	39	21.12.2017	29.01.18	Кинзерский Ю.Ю.
4	Расчетная часть	55	01.02.2018	25.03.18	Кинзерский Ю.Ю. Чухарева Н.В.
5	Результаты, выводы и обсуждения	39	28.03.2018	29.04.18	Кинзерский Ю.Ю. Чухарева Н.В.
6	Оформление пояснительной записки	24	02.05.2018	19.05.18	Кинзерский Ю.Ю.
Итого:		166			

SWOT-анализ

Для выявления факторов внешней и внутренней среды, оказывающих влияние на реализацию проекта, был проведен комплексный SWOT-анализ. Результаты анализа представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Обеспечение эксплуатационной надежности рассматриваемого объекта</p> <p>С2. Комплексный подход по исключению негативных влияний</p> <p>С3. Экономическая эффективность и ресурсоэффективность проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Большие первоначальные капиталовложения</p> <p>Сл2. Применение специального оборудования</p> <p>Сл3. Условия, в которых должен находиться объект исследования, имеют ограничения</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Уменьшения экологической опасности</p> <p>В2. Применимо для районов с характерными геоэкологическими особенностями</p> <p>В3. Повышение спроса на продукт</p> <p>В4. Рост стоимости материалов и работ</p>	<p>1. Поиск решений для снижения себестоимости</p> <p>2. Импортзамещение</p> <p>3. Мониторинг актуальной стоимости материалов и работ для поддержания целесообразности проекта</p>	<p>1. Разработка научного исследования</p> <p>2. Приобретение необходимого оборудования</p> <p>3. Разработка программного комплекса для удобства использования проекта</p> <p>4. Поиск новых ресурсоэффективных технологий</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Последующая экономическая невыгодность проекта</p> <p>У2. Отказ нефтегазовых компаний от освоения районов криолитозоны</p> <p>У3. Разработка новых технологий</p>	<p>1) Постоянное отслеживание изменений в российском законодательстве.</p> <p>2) Применение проекта другими отраслями</p> <p>3) Постоянный мониторинг новых научных разработок по схожим темам исследования</p>	<p>1. Переквалификация кадрового состава</p> <p>2. Приобретение необходимого оборудования</p> <p>3. Развитие новых технических решений на основе данного проекта</p>

6.3 Коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Многолетнемерзлые грунты формируют обширную криолитозону по всей территории России, охватывая около 11 млн. км², что примерно 65% всей площади.

К главным характерным факторам проектирования, сооружения и эксплуатации инженерных сооружений, расположенных на территории

многолетнемерзлых грунтов является необходимость учета и регулирования теплообмена грунтов, как с зданиями, так и с внешней средой. При освоении территории может возникнуть изменение не только температурного режима исследуемого грунта, но и влажностного, а при переходе температуры через нулевую отметку, может вызвать существенные изменения как состава, строения, так и свойств грунтов, прочности, несущей способности, термоэрозии и других негативных влияний. Как правило, это приводит к значительным последствиям, таким как разрушение и деформация эксплуатируемых сооружений, негативные влияния на окружающую среду.

Главными причинами деформаций являются

- осадка многолетнемерзлых пород при оттаивании
- пучение многолетнемерзлых пород при промерзании.

В данной научно-исследовательской работе рассматривается термостабилизация многолетнемерзлых грунтов компрессорной станции, предназначенная для поддержания несущей способности, а также для предотвращения таких негативных последствий, как осадка и пучение.

6.4 Затраты на реализацию научного проекта

При расчете экономической эффективности к основным показателям относятся капитальные затраты, которые состоят из двух составляющих:

- 1) капитальные затраты по проектированию проекта
- 2) капитальные затраты по реализации проекта.

Капитальные затраты по проектированию проекта составляют:

$$Z_{пр} = 3\,000\,000 \text{ руб.}$$

К капитальным затратам по реализации проекта относятся:

- 1) приобретение оборудования по термостабилизации, таблица 12;

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 12 – Стоимость оборудования по термостабилизации
грунта

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, руб	Сумма всего, руб
СОУ50.М2/32.0 Сезонно-охлаждающее устройство	8шт	156 354	1 250 832
БКВ 00.000 Блок конденсаторный	1шт	632 845	632 845
Роп.2.00.000 Рама опорная	1шт	216 557	216 557
ТС33.7-01.001 Трубы охлаждающие	100м	371	37 100
		Итого ($Z_{об}$)	1 137 334

2) затраты на доставку оборудования определяются как 5 % от цены данного оборудования:

$$Z_{тр} = 0,05 \times 2\,137\,334 = 106\,867 \text{ руб.};$$

3) заработные платы работникам организации за монтаж оборудования приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Заработные платы за монтаж оборудования

№	Должность работника	Длительность работы, дней	Заработная плата с учетом районного коэффициента и северных надбавок ,руб	Заработная плата за весь период работы, руб
1	Слесарь	10	3 500	35 000
2	Сварщик	10	3 800	38 000
3	Крановщик	10	3 400	34 000
4	Мастер	10	3 900	39 000
			Итого ($Z_{зар}$)	146 000

4) сумма затрат страховых взносов во внебюджетные фонды приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на страховые взносы во внебюджетные фонды

Фонд	Размер взноса от зарплаты, %	Сумма затрат, руб
Фонд медицинского страхования	5,1	6 273
Страхование от несчастных случаев и производственных заболеваний (класс 1)	0,2	246
Фонд социального страхования	2,9	3 567
Пенсионный фонд	22	27 060
	Итого ($Z_{соц}$)	37 46

5) сумма затрат на материалы представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на материалы

№	Наименование	Количество	Цена, руб	Сумма, руб
1	Электроды сварочные, шт	5 500	5	27 500
2	Пеноплекс м ³	4	1 300	5 200
3	Покрытие антикоррозионное, кг	5	350	1 750
4	Бетон м ³	6	5 500	33 000
5	Топливо, л	800	37	29 600
			Итого ($Z_{мат}$)	97 50

б) сумма затрат на электроэнергию приведены в таблице 16. Организация является производителем электроэнергии и продает ее по себестоимости 7,3 руб/кВт*ч без НДС.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию

№	Наименование	Потребление кВт/ч	Продолжительность, ч	Тариф, руб/кВт*ч	Сумма, руб
1	Аппарат сварочный	8	50	7,3	2 920
					Итого ($Z_{эл}$) 2 920

Общая сумма всех капитальных затрат определяется:

$$Z = Z_{пр} + Z_{об} + Z_{тр} + Z_{зар} + Z_{соц} + Z_{мат} + Z_{эл} \quad (9)$$

$$Z_{общ} = 3000000 + 2137334 + 106867 + 146000 + 37146 + 97050 + 2920 = 5527317 \text{ руб.}$$

Итак, капитальные затраты составили 5 527 317 руб.

6.5 Эксплуатационные издержки

Под эксплуатационными издержками понимают такие издержки производства, которые связывают с поддержанием работоспособного состояния производственного оборудования и механизмов.

Эксплуатационные издержки рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E}_{экс.общ} = A + \mathcal{E}_P + \mathcal{E}_{об} + \mathcal{E}_{эл} + \mathcal{E}_{пр} \quad (10)$$

Амортизационные отчисления, расчет которых был произведен согласно постановлению Правительства РФ от 01.01.2002 N 1(ред. от 06.07.2015) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы». для оборудования термостабилизации приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Амортизационные отчисления для оборудования установки термостабилизации грунтов

№	Наименование	Амортизационная группа	Норма амортизации	Сумма амортизации за 1 год, руб
1	Роп.2.00.000 Рама опорная	8 группа	10%	22 524,9
2	СОУ50.М2/32.0 Сезонно-охлаждающее устройство	10 группа	10%	87 723,6
3	ТС33.7-01.001 Трубы охлаждающие	6 группа	7,1%	2 548,9
4	БКВ 00.000 Блок конденсаторный	8 группа	7,1%	44 597,37
			Итого (А)	157 350

1) Затраты на ремонт оборудования определяются как 2 % от стоимости капитальных затрат:

$$\mathcal{E}_p = 5527317 * 0,02 = 110546 \text{ руб} \quad (11)$$

2) затраты на обслуживание и содержание оборудования определяются как 3 % от стоимости капитальных затрат:

$$\mathcal{Z}_{обс} = 5527317 * 0,03 = 165820 \text{ руб} \quad (12)$$

3) установка стабилизации конденсата имеет установленную мощность не более 0,05 кВт/час, тариф на электроэнергию остается тот же и принимается, что то оборудование работает 24 часа в сутки и 100 дней в году (в летнее время) то затраты на электроэнергию составляют:

$$\mathcal{E}_{эл} = 24 * 100 * 0,05 * 6,2 = 744 \text{ руб} \quad (13)$$

4) прочие затраты на обслуживание и содержание оборудования определяются как 5 % от стоимости капитальных затрат:

$$\mathcal{E}_{пр} = 5527317 * 0,05 = 276366 \text{ руб} \quad (14)$$

Итак эксплуатационные издержки из формулы 10:

$$\mathcal{E}_{экс.общ} = 157349,7 + 110546 + 165820 + 744 + 267366 = 710825,5 \text{ руб}$$

Общая сумма эксплуатационных издержек составляет 710 825,5 руб.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист 117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.6 Технико-экономическое обоснование целесообразности разработки устройства

Количественная оценка научного-технического эффекта, как правило производится с помощью балльно - индексного метода:

$$J_{эту} \sum_{i=1}^n B_i * X_i, \quad (15)$$

Где:

$J_{эту}$ – комплексный показатель качества разрабатываемого научно-технического продукта по группе показателей;

n – число рассматриваемых показателей;

X_i - коэффициент весомости i -го показателя в долях единицы, устанавливаемый экспертным путем (сумма весов всех рассматриваемых показателей должна составлять единицу);

B_i - коэффициент весомости i -го показателя в долях единицы, устанавливаемый экспертным путем (сумма весов всех рассматриваемых показателей должна составлять единицу);

В таблице 18 приводится сравнение продукта-аналога, в качестве которого был выбран жидкостный термостабилизатор стальной с исследуемой нами термостабилизирующей ГЕТ-ВЕТ системой для инженерного сооружения газоперекачивающего агрегата.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						118
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 18 – Эксплуатационно-технический уровень жидкостного термостабилизатора и парожидкостного термостабилизатора типа ГЕТ-ВЕТ системы

Критерии	Коэффициент весомости, В	Жидкостный термостабилизатор		Парожидкостный термостабилизатор ГЕТ-ВЕТ системы	
		X_i	$X_i + B_i$	X_i	$X_i + B_i$
Простота в обращении	0,1	8	0,8	9	0,9
Энергоэкономичность	0,1	6	0,6	8	0,8
Универсальность	0,3	7	2,1	9	2,7
Время безотказной работы	0,2	7	1,4	8	1,6
Надежность	0,1	7	0,7	9	0,9
Масса, габаритные параметры	0,1	6	0,6	7	0,7
Эргономичность	0,1	8	0,8	8	0,8

По формуле (15) был рассчитан индекс эксплуатационно-технического уровня для продукта-аналога.

$$J_{анал} = 0,1*8 + 0,1*6 + 0,3*7 + 0,2*7 + 0,1*7 + 0,1*6 + 0,1*8 = 7$$

Аналогичным образом был рассчитан индекс эксплуатационно-технического уровня для устанавливаемого продукта.

$$J_{разр} = 0,1*9 + 0,1*8 + 0,3*9 + 0,2*8 + 0,1*9 + 0,1*7 + 0,1*8 = 9,1$$

$$\frac{J_{разр}}{J_{анал}} = \frac{9,1}{7} = 1,3 \quad (15.1)$$

Из выполненных расчетов (15.1) были сделаны определенные выводы. Установка исследуемого оборудования при термостабилизации грунтов с точки зрения экономической эффективности является целесообразным. Также обоснован и выбор устанавливаемого оборудования, исходя из сравнения его с продуктом-аналогом.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В выпускной квалификационной работе на основании имитационного моделирования изменения теплового режима грунтов оснований тепловыделяющих объектов компрессорной станции, был установлен подход к принятию оптимальных проектно-технических решений по обеспечению устойчивости оснований для повышения эксплуатационной надежности компрессорной станции с применением технических средств термостабилизации грунтов оснований.

Применение рассматриваемых технических решений по термостабилизации многолетнемерзлых грунтов оснований тепловыделяющих объектов компрессорной станции позволяет увеличивать несущую способность оснований в 1,5-2 раза и, тем самым, обеспечивает устойчивость системы и эксплуатационную надежность объектов геотехнической системы.

В случае отсутствия дополнительных ТУР по ТСГ в процессе эксплуатации наблюдается значительное повышение температуры «коренных» ММГ оснований до «плюс» 0,0...«плюс» 0,5°С в пределах глубины заложения фундаментов, а также увеличение мощности сезонно-деятельного слоя, что не дает возможность обеспечить требуемую прочность, устойчивость и неизменяемость фундаментных конструкций на протяжении всего периода эксплуатации.

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					121	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа Группа 2БМ6А		
Зав. Отд.		Бурков П.В.						

При условии применения вентилируемого подполья, применением системы ГЕТ и устройством теплозащитного экрана мощностью 200 мм - прогнозируемое понижение температуры «коренных» ММГ в пределах глубины заложения основания составляет «минус» 1,2.... «минус» 1,5°С после 1 года эксплуатации и «минус» 3,5...«минус» 4,0°С после 10 лет. Согласно сжатым срокам строительства выбираем вариант с площадными системами термостабилизации.

Наличие засоленности грунтов приводит к сдвигке температуры фазовых переходов в сторону отрицательных температур, что по результатам расчетов приводит к увеличению ореола оттаивания на величину порядка 0,5м и более. При проводимых имитационных расчетах необходимо наиболее полно учитывать наличие засоленности и содержание незамершей воды, содержание в грунте которой, увеличивается при наличии засоления.

Выбор технических решений термостабилизации грунтов оснований был обоснован с точки зрения финансового менеджмента и ресурсоэффективности.

					Заключение	Лист
						122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. Баясан Р.М., Баясан А.Р., Пустовойт Г.П., Цеева А.Н. Термостабилизация ММП в основаниях сооружений с полами по грунту // Материалы Четвертой конференции геокриологов России. Т.3. - МГУ, 2011г.
2. Газпром С. Т. О. Газпром 2-3.5-454-2010 //Правила эксплуатации магистральных газопроводов. – 2010.
3. Васильев Л.Л., Вааз С.Л. Замораживание и нагрев грунта с помощью охлаждающих устройств. Минск: Наука и техника
4. Гончаров Ю.М., Таргулян Ю.О., Вартанов С.Х. Производство свайных работ на вечномёрзлых грунтах. С.–Петербург. 2001
5. Роман Л.Т. «Механика мерзлых грунтов». М.: МАИК «Наука / Интерпериодика», 2002
6. Хрусталева Л.Н. «Основы геотехники в криолитозоне», МГУ, 2005
7. Вааз С.Л., Седелкин В.М. Охлаждение и растепление грунта с помощью термосвай // Газовая промышленность. 2006. №11
8. РСН 31-83 «Нормы производства инженерно-геологических изысканий для строительства на вечномёрзлых грунтах»
9. РСН 67-87 «Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномёрзлых грунтов численными методами»
10. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности
11. ЕСУНТ. Единая система управления нормирование труда в ОАО «Газпром»

					Особенности эксплуатации компрессорной станции в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кинзерский.Ю.Ю			Список использованных источников	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н.В					124	150
Консульт.						Отделение транспорта и хранения нефти и газа Группа 2БМ6А		
Рук. ООП		Бурков П.В.						

12. ЕСУОТ. Единая система управления охраной труда в ОАО «Газпром»
13. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
14. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
15. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности
16. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
17. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования
18. ГОСТ 12.1.030-96 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
19. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
20. ГОСТ 12.2.007-03 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
21. ГОСТ 12.4.002-74 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования
22. ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
23. ГОСТ 12.4.026-76* ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности
24. ГОСТ 12.4.046-78 ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты
25. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
26. ГОСТ 25100-95. «Грунты. Классификация»

					Список использованных источников	Лист 125
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

27. ГОСТ 27409-97 Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования
28. ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований»
29. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»
30. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии
31. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатуры видов защиты
32. ГОСТ Р 12.4.296-2013. Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных)
33. ГОСТ Р 22.0.03. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации
34. ГОСТ Р 22.0.06-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы. Номенклатура параметров поражающих воздействий.
35. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
36. СНиП 11-4-79. Естественное и искусственное освещение
37. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах
38. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты
39. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы
40. СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»

					Список использованных источников	Лист 126
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

41. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты
42. СП 22.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»
43. СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты»
44. СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов»
45. СП 51.13330.2011 Склады, требования пожарной безопасности
46. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Требования пожарной безопасности (с Изменением N 1)
47. СТО Газпром 18000.1-001-2014 Единая система управления охраной труда и промышленной безопасностью в ОАО «Газпром»
48. Баясан Р.М. Оценка эффективности работы двухфазных термосифонов, применяемых в качестве термостабилизаторов грунтов оснований сооружений в криолитозоне: Материалы международной конференции «Криогенные ресурсы полярных регионов». Том II. Салехард, 2007
49. Богатырева М.Р., Ганцева Д.В. Правовое регулирование нормирования труда на промышленном предприятии на примере ООО «Газпром добыча Уренгой». Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития, 2013, №9

					Список использованных источников	Лист
						127
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Приложение П
(справочное)**

Раздел 1 Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6А	Кинзерский Юрий Юрьевич		

Консультант отделения ОНД:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чухарева Н.В.	к.х.н. доцент		

Консультант – лингвист отделения ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Коротченко Т.В.	к.ф.н. доцент		

1. Literature review

In the coming years the construction of new directions is inevitably, and as a result, a significant change in flow patterns, as well as the need to develop remote areas of the country, which assume the presence of characteristic geocological features that must be taken into account when developing the concept of gas industry development. Moreover, the impact on the object environment of gas industry objects is manifested, both at the construction stage and at the stage of their operation.

One of the most important factors determining the engineering-geological conditions in the northern and eastern regions of Russia is the wide distribution of permafrost soils in them.

Long-term permafrost occupies an area of approx. 10 million km², or more than 60% of the territory of Russia. The southern boundary of permafrost propagation runs from the north-west to the southeast from the Kola Peninsula to the mouth of the Mezen river and further along the Arctic Circle to the Urals. In Western Siberia, the boundary has a sublatitudinal stretch: along the latitudinal section of the Ob river, to the sources of the Taz river and further to the Yenisei river to the mouth of the Podkamennaya Tunguska river, where it turns sharply to the south.

Long-term permafrost (or perennial frozen rocks) refers to rocks that have been frozen to a considerable depth and do not thaw for a long time - from several tens of years to many millennia. Permafrost is formed on land (in the mountains and on the plains), on the shelf of the Arctic seas (Barents, Kara, and others) and under glaciers. The possibility of freezing of rocks under the glaciers is determined by the temperature of the air and the thickness of the glacier (in the thickness of the ice, the temperature rises 2-2.5 ° C deep for every 100 m).

The upper layer of the earth's crust, which is the area of distribution of permafrost, is called cryolithozone. The lower boundary of the cryolithozone is the 0 ° C isotherm. The temperature of the upper horizons at the beginning and end of the warm season passes through 0 ° C. During the cyclic processes of freezing and thawing, a seasonally thawed layer forms in its roof. If the rocks are thawed deeper

					Приложение	Лист 129
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

than this layer and do not freeze in winter, then the roof of the permafrost is lowered and taliks of different size and depth appear.

The main characteristics of permafrost are distribution, thickness, ice and temperature, cryogenic formations (relief forms). Their distribution in area is subject to the basic geographic laws: latitudinal zoning, altitude zonation and sectorality. By the nature of the distribution of permafrost, two latitudinal permafrost zones are distinguished:

Two permafrost sectors are represented on the territory of Russia: the European-Western-Siberian (Atlantic), whose climate and nature develop under the predominant influence of the Atlantic (and Arctic) air masses, and the Asian one, located in the zone of the Siberian anticyclone and characterized by a sharply continental climate. Sectoral differences are most clearly manifested in the thickness of the frozen sequences and in the latitudinal position of the zones and subzones (see Table 1 on page 103). Long-term permafrost, most likely, arose on Earth after the general cooling of the climate at the end of the Pliocene - the beginning of the Pleistocene, after which it repeatedly retreated and came again. The current state of perennial frozen rocks was mainly influenced by their evolution in the second half of the Pleistocene and in the Holocene: climatic conditions changed, the glacial epochs alternated with interglacials, the sea level increased to +100 m and more, it fell significantly below the current, the shelf The arctic seas became land (see Table 2 on page 104-105). Permafrost contains in itself many traces (relicts) of ancient epochs.

In the European-West Siberian sector, relict frozen stratum are common, preserved during periods of maximum thawing. In the north, they lie under the modern frozen species, and in the southern part - disconnected (two-layer permafrost). To the south of the frozen zone they are preserved at a depth of 50-100 m and are covered by thawed sediments.

The structure of perennial frozen rocks depends mainly on the distribution of ice inclusions in them. In crystalline and metamorphic rocks, ice occurs as veins filling the fissures, in sands - in the form of lenses or small crystals, in clays, loams, sandy loam and peat - in the form of interlayers (schlierens) or a grid. There are also

					Приложение	Лист 130
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

large deposits of underground ice, genetically divided into vein (wedges), reservoir, buried and cave.

A special place is occupied by giant ice veins, the formation of which began in the Sartan glacial epoch and lasted hundreds and thousands of years. As a result, ice wedges grew to 20-50 m in height and 3-5 m in width and merged into an almost continuous ice massif. Such ice sheets are widely distributed within the North-Siberian, Yano-Indigir and Central Yakut plains and on the coasts of the northern seas. Their total volume on the territory of Russia is about one thousand km³.

In the north of Western Siberia and the East European Plain, the reservoir deposits of underground ice in the marine Pleistocene sediments are a peculiar natural phenomenon (thickness 30-50 m, the size in plan is 1-2 km). In Eastern Siberia, they are much less common.

For the distribution of permafrost, specific processes and phenomena, called cryogenic ones, are characteristic. This cryogenic weathering and frost cracking, frost punching, icing, thermokarst, thermal abrasion, various slope processes.

Features of distribution, intensity of development and manifestations of exogenous processes are determined by landscape and geological factors. With these processes, the formation of certain permafrost forms of relief is associated.

Frost-induced cracking occurs as a result of sharp fluctuations on the surface of the earth, leading to rupture of frozen forests and the formation of a polygonal crack system. Frosty cracks in the warm season fill with water, which will freeze and turn into ice wedges. There is a polygonal grid of re-veined ice. Dimensions of polygons from the temperature gradient and physical and mechanical properties vary from 0.5 to 50 meters. Repeated veins of ice occur on accumulative peaks in the bottoms of river valleys and interfluves, being formed mainly in sands or peat at a forest temperature below -3 ° C. The intensity of the process increases from south to north.

Frosty energy whipping is caused by an increase in the volume of freezing moisture and the accumulation of ice during freezing. This process is very widely distributed mainly in loam, clay and peat. As a result of the freezing of peat bogs in

					Приложение	Лист
						131
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

marshy lowlands from hillocks sites with a relative height of several meters. Similar formations are widely developed in the north of Western Siberia. Thermokarst is the formation of subsidence and failure forms of relief for thawing underground ice. The reason for its occurrence is a change in heat exchange on the soil surface, in which the depth of seasonal thawing of the upper depth of the underground ice and the long-term thawing of the frozen frozen sequence begins. The forms of thermokarst manifestation are diverse.

The study of permafrost is of great practical importance in various branches of the national economy of the country. The human engineering activity primarily leads to the destruction of soil and vegetation cover, which in the polar regions entails a sharp increase in the depth of seasonal thawing (sometimes 2-4 times), activation of thermokarst, thermoerosion and other cryogenic processes. With the development of deposits, construction, laying of railroads and highways, etc., it is necessary to take into account the possibility of punching and subsidence of soils, the sliding of thawing soils on the slopes (solifluction, landslides), the formation of ice on roads, near bridges, and so on. Saline frozen rocks significantly reduce the load-bearing capacity of soils. When thawing large deposits of underground ice, the slope processes become catastrophic, that also complicates the construction. When developing the northern regions, it is necessary to take into account that their nature is very vulnerable and technogenic activation of cryogenic processes will for a long time make it difficult or make it impossible to restore natural natural geosystems.

Agreed GOST 25100-95 to permafrost soils include soils that, under natural conditions, are in a frozen state for three years or more. The zone of development of permafrost soils is called the cryolithozone or zone of permafrost.

The zone of permafrost occupies 64% of the total area of Russia and 25% of the land area of the globe. In addition to Russia, permafrost soils are common in Alaska, Greenland, the north of the Caucasus, in the highlands of Central Asia and elsewhere.

Permafrost soils in our country are subject to a distinct latitudinal zoning: 1) continuous distribution in the Far North; 2) incomplete (rapid) distribution in areas

					Приложение	Лист 132
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

south of this zone, including the island one - in areas further south, up to the borders with Mongolia and China. The temperature of permafrost soils in these zones ranges from 0 to -10 ° C.

The origin of permafrost is associated with the glaciation of the Earth in the Quaternary period. According to many scientists, the very existence of permafrost is not eternal, because with global warming it can disappear completely.

The specificity of permafrost soils is that they contain ice constantly. With an increase in the temperature (above 0 ° C), the frozen ground thaws, and its strength sharply decreases, and other properties qualitatively change, especially in silty clay soils.

It is necessary to distinguish between permafrost and seasonally frozen soils. Seasonally frozen soil is in a frozen state only periodically during the cold period of the year. In the frozen state, it has a negative temperature, contains ice and is characterized by cryogenic structural bonds. In warm weather, the ground thaws. This phenomenon is called seasonal freezing.

The depth of seasonal freezing of soils (df) depends on the climatic features of the area, the composition of the rocks, the thickness of the snow cover and other factors. The value of df varies from a fraction of a meter to 3-4 m.

Permafrost soils, like none of the other specific soils, are highly sensitive to changes in the temperature regime. In these conditions, the hydrogeological features of the territory are radically changed, dangerous cryogenic (permafrost) processes occur-thermokarst, frost heave, ice, etc.

					Приложение	Лист
						133
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. FEATURES OF THE STRUCTURE, COMPOSITION AND PROPERTIES OF PERMAFROST SOILS.

Three layers are distinguished in the vertical section of permafrost layers:

- 1) The active layer.
- 2) The perennial permafrost
- 3) The under- permafrost layer (thawed soils with a positive temperature).

The active layer is the uppermost part of the permafrost layer, subject to seasonal thawing (in summer) and freezing (in winter). The power of the active layer depends on the geographic location of the terrain, the composition of rocks, the exposure of the slope, and varies from 0.2-0.5 m (tundra zones and zones of arctic deserts) to 3-4 m. The greatest power is noted in sandy and coarse-clastic soils, the smallest - in organomineral. In the active layer, even in winter, taliks may exist, that is, thawed (thawed) areas of rocks.

Determination of the power of the active layer, its composition and state, as well as the location of thawed soil in it is of great practical importance. In this connection, two types of permafrost are distinguished in the geologic section: type I - permafrost, in which the active layer directly passes into permafrost upon freezing, and type II - non-permafrost, when a layer of thawed soil remains between them.

Long-term permafrost - the thickness of soils with a constant negative temperature is from several meters to several hundred meters. The maximum power is registered behind the Arctic Circle in the upper reaches of the Marhi river in Siberia - 1450 m. Under the valleys of large Siberian rivers, the permafrost may be completely absent, which is associated with the release of a huge amount of heat. In the zone of discontinuous (intermittent) distribution, the power of permafrost soils usually does not exceed 30-60 m, and in the zone of island propagation it decreases to 10-15 m.

According to the physical state and composition among the permafrost soils, three species are distinguished (GOST (state standard) 25100-95):

					Приложение	Лист
						134
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. solid-frozen - in which the dispersed soil is firmly cemented with ice, is characterized by brittle fracture and low compressibility under external load. In a hard-frozen state, sandy-clay soils pass at a temperature below -0.3°C ;

2. plastic-frozen - in them, in addition to ice-cement, there is unfrozen water, due to which they have a viscosity and an increased compressibility under external load;

3. free-flowing frozen - small humidity sandy and coarse-clastic soils with a negative temperature, but not cemented with ice, and therefore they retain friability.

The presence of ice in soils significantly changes not only their structure, but also almost all physical and mechanical properties.

Ice can be in permafrost soils not only in the form of ice-cement filling the pores, but also in the form of various inclusions, lenses, veins, interlayers, sometimes in the form of thick layers - up to 20 m. The ratio of the volume of ice of all species contained in the frozen soil to its volume is called the total ice content.

During thawing, permafrost soils drastically reduce their strength and are capable of producing significant thermal deposits (subsidence), often reaching 10-15% of the thickness of the thawing layer. Such significant precipitation will inevitably lead to serious deformations and even destruction of various structures erected without taking into account the specific characteristics of permafrost soils.

Construction on permafrost soils is regulated by special norms and rules (SN (Building regulations) 2.02.04-88). When designing different buildings and structures, not only their design and technological features are taken into account, but also the character of thermal and mechanical interaction with the frozen earth's thickness. It is very important to forecast possible changes in permafrost conditions both during construction and during the operation of buildings and structures. All these data are obtained on the basis of special engineering and geocryological works, which include engineering geological, permafrost and hydrogeological investigations.

The results of laboratory and field tests determine the basic physical and deformation-strength characteristics of soils, as well as their thermophysical

					Приложение	Лист
						135
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

properties, the type of cryogenic texture, total ice content and the temperature regime of frozen and thawing soils, the relative sedimentation of the soil during thawing.

					Приложение	Лист
						136
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. POSSIBLE RISKS

The obtained data are necessary for the selection of the following construction principles on permafrost soils:

Principle I - with the preservation of soil base in the frozen state during the entire period of construction and operation of buildings and structures.

Principle II - with the removal of the frozen state in the form of: a) preliminary artificial thawing and compaction of foundation soils prior to start construction; b) with the approval of their thawing during the operation of buildings and structures and c) replacement of ice-saturated frozen soils with thawed. Principle I is used in cases where unheated rooms are being built or when it is possible to take effective measures to prevent thawing in the base of the heated premises. In areas with hard-frozen soils, as well as with increased seismicity of the area, the use of permafrost soils should be adopted according to principle I.

One of the best ways to preserve the rocks in the frozen state is the installation of pillar pile foundations and foundation pillars with air circulation under the buildings, as well as a device in the buildings of cold (ventilated) underground or cold first floors of buildings. In frozen soils, the piles are immersed in pre-drilled leader wells, the diameter of which is smaller than the diameter of the piles.

In the case when it is impossible to keep the ground in the frozen state (high total ice content, etc.) or economically impractical, apply principle II - gradual pre-setting thawing and compaction of the soil of the base. This is achieved by means of steam, hot water, electric currents and other sources of heat and subsequent fixing or replacing thawing soil.

Principle II should be applied in the presence of rocky or other low-compressible soils in the base, the deformation of which during thawing does not exceed the maximum permissible values for the proposed structure, with the non-continuous propagation of permafrost soils, and also in cases when the technical and structural features of the structure and engineering-geocryological conditions of the

					Приложение	Лист
						137
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

site, while maintaining the frozen state of the foundation soils, the required level of construction reliability is not ensured.

The main features that complicate the development of areas with permafrost soils include:

- spread of icy and hardy-frozen frozen rocks, in case of thawing, thermal precipitation is possible;
- presence in frozen rocks of underground ice in the zone of influence of engineering structures;
- high dynamism of the natural environment;
- active manifestation of dangerous cryogenic processes that cause deformation of engineering structures, as well as irreversible changes in the natural environment.

The construction and operation of fuel-producing oil and gas facilities in the permafrost zone may lead to the thaw and subsequent negative consequences, including possible emergency situations, negative effects on the environment, etc. When designing and building in such conditions, it is necessary to take into account many different factors. Buildings built on permafrost soils without taking into account interaction with the ground base can, in a short period of their operation, come into emergency condition.

In particular, to the seasonal thawing of soil due to the positive air temperature, the thermal effect of the building itself is added, often very significant. When the frozen ground is thawed, uneven precipitation under the structure may occur, which is often more dangerous than uniform. In the cold season, the seasonal freezing layer will again be cooled by the action of negative temperatures and the soil whipping processes are not excluded. [8]

The principle of the use of permafrost soils as the base of structures, as well as the methods and means necessary to ensure the design position of the structure, should be selected based on comparative technical and economic calculations based on the results of thermal engineering calculations, taking into account the depth, continuity, temperature regime of soils and other factors.

					Приложение	Лист 138
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

The specific features of permafrost propagation in a particular area determine the specifics and limitations in the design of structures. When designing structures that are built on permafrost soils of various forms of occurrence, with an individual temperature regime, most design solutions are unified. Separately, there is the problem of "sluggish" (high-temperature) permafrost, when the choice of protective measures is possible only on the basis of a feasibility study.

In the areas of permafrost, the most favorable for construction sites are rocky or loose-grained (sand, gravel, etc.) soils with a deep bedding of groundwater. In all other cases, the construction of permafrost soil causes considerable difficulties.

In the production of engineering-geological and construction work, special attention must be paid to the extreme "sensitivity" of permafrost soils to man-made impacts and, therefore, to strictly comply with all requirements for the protection of the natural environment (to preserve the vegetation cover, to withdraw surface waters from construction sites, to maintain established the design temperature regime at the base of the structures, etc.). In particular, it should be borne in mind that the movement of self-propelled drilling rigs, tractors, machinery and other types of transport (especially caterpillar) before the advent of of a stable snow cover destroys plant communities from mosses, lichens and other plants that form the soil and vegetation layer. As a result, thermoerosion, thermokarstic and other dangerous permafrost-geological processes develop.

					Приложение	Лист 139
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. TECHNICAL SOLUTIONS TO ELIMINATE THE NEGATIVE IMPACTS OF PERMAFROST SOILS

When permafrost soils are used as bases of structures in accordance with Principle I for the preservation of the frozen state of the foundation soils and for ensuring their design thermal regime in the foundations, it is necessary to envisage: the arrangement of ventilated sub-floors or cold first floors of buildings, laying in the base of the construction of ventilated pipes, channels or application ventilated foundations, installation of seasonal-acting cooling devices of liquid or vapor-liquid types - SCD, and also carried out (heat shields, etc.) to eliminate or reduce the thermal effect of the structure on the frozen grounds of the foundation.

The choice of one or a combination of several measures should be made on the basis of calculations: the forecasted (for the whole period of operation) of thermal engineering, stability and bearing capacity, taking into account the structural and technological features of the structure, the experience of local construction and economic feasibility.

Ventilated underground with natural or incentive ventilation should be used to preserve the frozen condition of soils in the foundations of residential and industrial buildings and structures, including structures with increased heat release.

Underground conditions in accordance with the heat engineering calculation and the conditions of snow cover can be arranged open, with ventilated or closed airy in the basement of the building; if necessary, the exhausts or supply pipes should be arranged in the air, having air intake openings above the highest level of the snow cover. Closed underground, as well as cold first floors of buildings are recommended to be arranged with the width of buildings up to 15 m and average annual ground temperatures below minus 2 ° C.

The height of the underground must be taken according to the conditions for ensuring its ventilation, but not less than 1.2 m from the surface of the ground in the underground to the bottom of the protruding overlap structures; when placing in the underground communications - according to the conditions of free access to them, but

					Приложение	Лист
						140
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

not less than 1.4 m. Under individual sections of the structure with a width of up to 6 m, in the absence of communications and foundations, the height of the underground can be reduced to 0.6 m.

The surface of the ground in the underground should be planned with slopes towards the outer areas or catchments, ensuring unimpeded drainage of water from the structure, and have, as a rule, a hard coating.

Engineering fuel lines located in the ventilated underground must be thermally insulated.

Ventilated pipes or channels, as well as ventilated foundations, can be arranged with natural or incentive ventilation, and they should be used primarily to preserve the frozen condition of the ground in the foundation of structures with floors on the ground, when installing shallow or superficial foundations on mound, as well as mobile buildings and buildings in complete-block execution.

Ventilated pipes, ducts and ventilated foundations should be laid above the groundwater level, usually within the limits of a subsoil of non-heaped soil with slopes towards the collectors. To reduce the heat input into the ground and the height of the underfill under the floors of the structure, it is necessary to provide for the laying of heat- and waterproofing.

Thermal insulation of fuel elements of buildings and structures (Figure 1) allows to reduce their thermal impact on soils and to preserve the permafrost. The essence of the method consists in the use of materials with a relatively low coefficient of thermal conductivity, placed directly on the fuel elements of structures in contact with soils of the base. Various methods of thermal insulation of structures are used: full, partial, differentiated (for example, variable thickness, along the length of the pipeline).

The most demanded at present heat insulation materials are made of expanded polystyrene. This type of thermal insulation has high thermal insulation properties, good strength and low water absorption. The drawbacks include a rather narrow operating temperature range up to 75 ° C, which does not allow the use of material for thermal insulation of high-temperature pipelines, capacitive equipment and flare

					Приложение	Лист
						141
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

bases. In the case of high temperature loads, the use of alternative materials is possible.

For underground tanks, one option is to use thermal insulation materials based on foamed rubber, which have a wider temperature range.

To preserve ground substrates in the frozen state (when choosing the I principle of construction), heat shields can be used.

The essence of the method lies in the deepening of the screen in the embankment under the structure or the building at some distance from the base, which prevents the transfer of heat from structures to the ground. Thermal insulation screens can be used both separately and together with other protective measures.

Also, materials based on expanded polystyrene foam are widely used due to high physicomachanical indexes, allowing to perceive significant mechanical loads without deteriorating the thermal insulation properties.

Materials are used in embankments, road grounds, etc. When the thermal effect on the embankment and its basement from the structure is significant, it will be justified to use a heat-insulating material made of froth glass because of the impossibility of using expanded polystyrene. Foamed glass can be used at temperatures up to 500 ° C.

					Приложение	Лист
						142
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. SEASONALLY-ACTING COOLING DEVICES (SCD)

Seasonally-acting cooling devices are designed to support ground in a frozen state, which ensures the stability of buildings, structures on piles, and also keeps frozen soil around the supports of power lines and pipelines, along railroad tracks and motorways. Seasonal cooling devices should be used to maintain the frozen state of the base soils, to increase the load-carrying capacity of the supports of linear structures in the plastically-frozen soils, and also to create ice curtains, to restore the thermal regime of soils disturbed during operation, at its base and for other purposes. The technology of seasonally operating cooling devices is based on a heat transfer device (thermosyphon), which in winter extracts heat from the soil and transfers it to the environment. An important feature of this technology is that it is naturally-acting, i.e. does not need external sources of energy.

The principle of operation of all types of seasonally operating cooling devices is the same. Each of them consists of a sealed tube, in which there is a coolant: carbon dioxide, ammonia, etc. The pipe consists of two sections. One section is placed in the ground and is called an evaporator. The second, radiator section of the pipe, is located on the surface. When the ambient temperature drops below the ground temperature where the evaporator is located, the refrigerant vapor begins to condense in the radiator section. As a result, the pressure decreases and the refrigerant in the evaporating part begins to boil and evaporate. This process is accompanied by the transfer of heat from the evaporative part to the radiator part.

					Приложение	Лист
						143
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

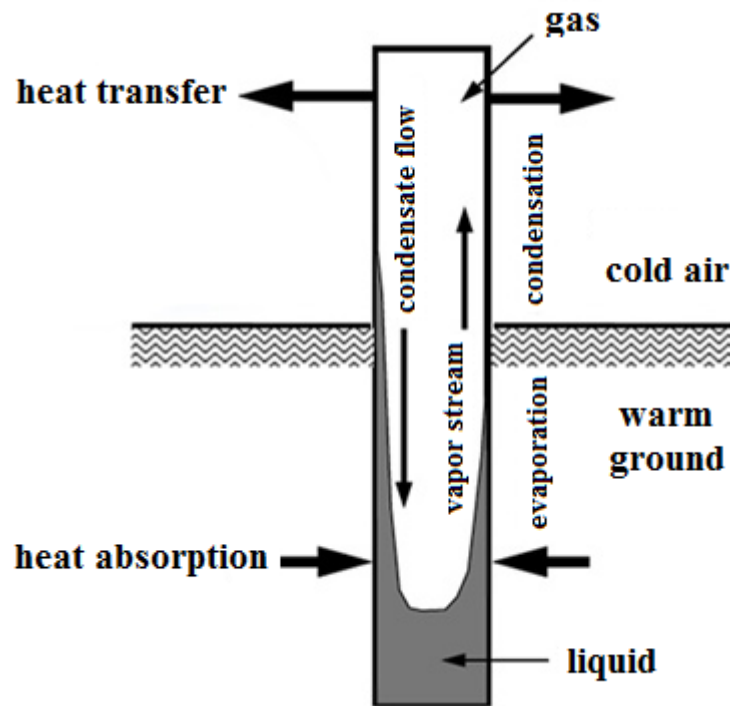


Figure 1 —Heat transfer using thermosiphon

Currently, there are several types of designs for seasonally operating cooling devices:

1) Thermostabilizer. It is a vertical tube of thermosiphon, around which the soil is frozen.

2) Thermo-pile. It is a vertical pile with integrated thermosyphon. The thermo-pile can carry some load, for example the oil pipeline support.

3) Deep seasonally active cooling device. It is a long (up to 100 meters) thermosiphon tube with an enlarged diameter. Such cooling devices are used for temperature stabilization of soils at great depth, for example, for the thermal stabilization of dams.

4) Inclined seasonally operating cooling device. This type of cooling device differs from the thermal stabilizer in that the installation of the evaporator tube is performed at a slope of about 5%. In this case, it is possible to install an inclined evaporator tube directly below the buildings erected on concrete slabs.

5) Horizontal cooling device. A feature of the horizontal seasonally operating cooling device is that it is set completely horizontally at the level of the prepared bulk foundation. In this case, the building is erected directly on a non-shrinkage ground,

underground on piles. However, this principle of construction is requires a lot of material (it takes hundreds of tons of metal, a huge amount of special equipment) and leads to a significant rise in the cost of foundations. As a result, the share of the foundation accounts for about 60% of the total estimated cost of the facility. In addition to economic inefficiency, ventilated underground facilities do not meet the criteria for maintainability and manageability in the event of unforeseen thermal impacts on permafrost. This led to the fact that during the operation more than a third of buildings and structures in Norilsk, Vorkuta, Yakutsk, Dudinka and others began to experience deformations.

To replace the classical schemes for the construction of buildings, structures, industrial facilities on permafrost, new, cost-effective, reliable and safe technologies are required.

Recently, four main types of seasonally operating cooling devices have been developed: individual heat stabilizers, horizontal and vertical natural tubular systems ("HNT" and "VNT" systems), deep cooling devices.

4.1 Thermostabilizing system HNT

Purpose: maintenance of a given temperature regime of permafrost soils and elimination of unforeseen heat releases under the foundations of various structures (reservoirs with a volume of up to 50,000 m³, landfills, chemical reagents, etc.); buildings (gas compressor and oil pumping stations, industrial buildings, residential complexes, public buildings); roads and railways.

Advantage: it is possible to perform temperature stabilization of soils in the most inaccessible places or places where placement of above-ground elements is undesirable or impossible, since all cooling elements are located below the surface of the ground, and the condenser block can be removed for removal from the structure to 70 m.

The system consists of two main elements:

1. Horizontal cooling pipes located in the ground of the base. It served for the circulation of refrigerant and subsequent freezing of the soil.

					Приложение	Лист
						146
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Condenser block located on the surface of the ground. In the condenser unit, due to natural convection and gravity, condensation of refrigerant vapors and further pumping it through the system occurs.

Principle of operation: in the cooling pipes, heat transfer of the soil to the coolant occurs. The coolant passes from the liquid phase to the vapor phase. The steam moves toward the condenser unit, where it condenses into the liquid phase, giving off heat through the fins to the atmosphere. The cooled and condensed refrigerant again flows into the evaporation system and repeats the cycle of motion.

Specifications:

- area of cooling - 200 - 500 m²
- the surface of the condenser unit is 110 m²
- width of the building - up to 108m
- economic efficiency - reducing costs by 20-50%
- do not require power consumption
- operating mode - October - April
- the system is compatible with commercially available refrigeration machines.

4.2 Thermostabilizing system VNT

Purpose: freezing and maintaining the specified temperature regime of permafrost soils and eliminating unforeseen heat emissions under the foundations of various structures (reservoirs with a volume of up to 50,000 m³, gas and oil wells, SDW landfills, chemical parks, etc.); buildings (gas compressor and oil pumping stations, industrial buildings, residential complexes, public buildings); roads.

Advantage: the possibility of deep freezing of soils in the most inaccessible places or places where the placement of above-ground elements is undesirable or impossible, since all cooling elements are located below the surface of the ground, and the condenser unit can be removed for removal from the structure to 70 m.

The system consists of next main elements:

1. Vertical cooling pipes serve to circulate the refrigerant and freeze the ground.

					Приложение	Лист 147
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Connecting pipes combine cooling tubes and condenser unit.

3. Condenser block located on the surface of the ground. In the condenser unit, due to natural convection and gravity, condensation of refrigerant vapors and further pumping it through the system occurs.

Principle of operation: in the cooling pipes, heat transfer of the soil to the coolant occurs. The coolant passes from the liquid phase to the vapor phase. The steam moves toward the condenser unit, where it condenses into the liquid phase, giving off heat through the fins to the atmosphere. The cooled and condensed refrigerant again flows into the evaporation system and repeats the cycle of motion.

Specifications:

- area of cooling - 200 - 500 m²
- number of vertical pipes - 20-30
- depth of vertical pipes - 10-14 m
- the surface of the condenser unit is 110 m²
- width of the building - up to 108m
- economic efficiency - reducing costs by 20-50%
- do not require power consumption
- Operating mode - October - April
- The system is compatible with commercially available refrigeration machines.

4.3 Deep cooling devices

The purpose is to freeze and temperature stabilize the soils of dams, wellheads and other structures with a depth of up to 100 m to ensure their operational reliability.

Construction - the seasonally operating cooling device is a sealed, one-piece welded construction, refilled with a refrigerant. The depth of the underground part is more than 13 m.

Features of the design - the following products are developed and used, namely:

4. Group cooling devices. They consist of several individual heat stabilizers, each of which freezes its horizons. Two types of group cooling devices

					Приложение	Лист
						148
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

were tested: full factory readiness with a polyethylene insert and a total depth of freezing up to 50 m (a dam on the river Irelyakh, the district of Mirny); all-metal with field installation and total freezing depth up to 16 m, coolant - ammonia (tailing pond, Nyurba settlement).

5. Single cooling devices. Such single cooling devices have a diameter of the underground part of 57 and 89 mm, a special internal device filled with a vapor-liquid coolant-carbon dioxide at the entire depth of freezing, are mounted and refueled at the facility. The products are tested on the Irelyakh dam with a depth of immersion of 40, 50 and 80 m, and at a frozen ground with a depth of up to 100 m.

6. Collector cooling devices. This collector cooling devices data are connected to the air-cooling unit with the help of a collector, in which the finned tubes are blown by fans.

Forced air blowing of finned tubes allows the most frostless windless periods to significantly increase heat exchange and get the temperature of the freezing pipes almost equal to the temperature of the outside air. Such a system is designed for intensive initial freezing and further economical maintenance of the frozen soil zone obtained.

A collector cooling device with an air-cooling unit, there are applications, for example, in Yakutia, with calm in this region.

The ideal coolant for deep cooling devices is carbon dioxide, it fills the whole of the frozen height of cooling devices, and intensive circulation of the coolant is provided by the use of special internal devices.

4.4 Individual heat stabilizers.

Purpose - individual heat stabilizers are designed to freeze thawed and cooled plastically frozen soils under buildings with ventilated underground and without it, overpasses of pipelines, roads and railways, bridge supports, lines and other structures in order to increase their bearing capacity and prevent buckling of piles.

Design - is a sealed, one-piece welded construction, refilled with a refrigerant: carbon dioxide or ammonia. The total length of the thermal stabilizer is from 7 to 24

					Приложение	Лист 149
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

m. The depth of the underground part is up to 21 m. The height of the ground condenser part with aluminum fins up to 3 m.

Thermostabilizers are installed in the ground vertically, inclined or slightly inclined. To prevent buckling, the piles are installed at an angle of 10 ... 15 deg. to the vertical in the immediate vicinity of the lower end of the pile and have a thermal insulation in the zone of the active layer of the soil.

Design features - two methods of manufacturing are used:

- thermostabilizers of the factory readiness, the overall length of the product according to the conditions of transportation by rail transport does not exceed 13 m, motor transport - 16 m. For transportation of heat stabilizers of a longer length, it is possible to have a U-shaped fold in half with subsequent bending at the facility.

- collective heat stabilizers mounted on site from individual factory blanks, which allows them to freeze ground bases with depth of more than 12 m in the most inaccessible places of operated buildings and structures, for example, under the already constructed ventilated underground.

					Приложение	Лист
						150
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

