

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции в условиях многолетнемерзлых грунтов

УДК 621.51.004:624.139.6(571.56)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4А	Колесов Александр Николаевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф Ирина Валерьевна	к.э.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Крепша Нина Владимировна	к.г.н, доцент		

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИЯПР	Уткина Анна Николаевна	к.ф.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения магистрантов

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
Р1	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
Р2	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
Р3	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
Р4	<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;
Р5	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;

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
Р6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность</i> .	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
Р7	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i>	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
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-8; ПК-23

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ4А	Колесову Александру Николаевичу

Тема работы:

«Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции на многолетнемерзлых грунтах»
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 28.04.2016 г. №3284/с
---	--------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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><i>Тексты и графические материалы отчетов и проектирование работ, рабочий проект термостабилизации грунта зданий и инженерных сооружений компрессорной станции, план ликвидации возможных аварийных ситуаций на площадке строительства компрессорной станции, нормативные документы, фондовая и периодическая литература, монографии, учебники.</i></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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение 2. Обзор литературы 3. Характеристика района 4. Выбор принципа использования грунтов 5. Прогноз изменения температурного режима грунта 6. Разработка проектных решений 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 8. Социальная ответственность 9. Заключение
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Таблицы – 16 штук:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расчет нормативной глубины сезонного оттаивания 2. Перечень зданий и сооружений с привязкой к конкретным ИГУ (№ скважин) 3. Стоимость оборудования на термостабилизации грунта для здания лабораторного корпуса и для газоперекачивающего агрегата 4. Заработная плата работникам на монтаж оборудования 5. Страховые взносы во внебюджетные фонды 6. Затраты на сырье и материалы 7. Затраты на электроэнергию 8. Амортизационные отчисления для оборудования установки термостабилизации грунтов 9. Эксплуатационно-технический уровень парожидкостного термостабилизатора и жидкостного термостабилизатора. 10. Эксплуатационно-технический уровень парожидкостного термостабилизатора типа ГЕТ-ВЕТ системы и жидкостного термостабилизатора. 11. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне. 12. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука. 13. Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при выполнении работ по термостабилизации грунта компрессорной станции. 14. Recommended modulus of ventilation 15. Increase in bearing capacity of piles during service life 16. Comparison of North American and Russian approaches to designing foundations with

	ventilated crawl space
--	------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Шарф Ирина Валерьевна, доцент каф. ЭПР
«Социальная ответственность»	Крепша Нина Владимировна, доцент каф. ЭБЖ

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

Глава 1. Обзор литературы

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4А	Колесов Александр Николаевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ4А	Колесову Александру Николаевичу

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Транспорта хранения нефти и газа
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

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

1. <i>Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценка затрат на приобретение, установку и годовое обслуживание установки термостабилизации грунтов основании компрессорной станции на криолитозоне</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>СТО Газпром РД 1.12-096-2004</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка потенциальных потребителей товарных продуктов, получаемых на предлагаемой установке термостабилизации грунтов.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Расчет капитальных вложений на строительство термостабилизации грунтов компрессорной станции на криолитозоне Расчет эксплуатационных издержек</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Технико-экономическое обоснование целесообразности разработки устройства Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта</i>

Перечень графического материала

1. <i>Расчетные формулы</i>
2. <i>Таблицы:</i>
- <i>Стоимость оборудования;</i>
- <i>Заработная плата работникам на монтаж оборудования;</i>
- <i>Затраты на сырье и материалы;</i>
- <i>Затраты на электроэнергию;</i>
- <i>Амортизационные отчисления для оборудования установки стабилизации конденсата;</i>
- <i>Эксплуатационно-технический уровень термостабилизаторов</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф Ирина Валерьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4А	Колесов Александр Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ
КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ В КРИОЛИТОЗОНЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ4А	Колесов Александр Николаевич

Институт		Кафедра	
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Надежность газонефтепроводов и хранилищ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)</p>	<p><i>Рабочим местом является площадка строительства компрессорной станции (КС) расположенная на территории распространения многолетнемерзлых пород (ММП). Время работ по термостабилизации грунтов осень-зима (2 месяцев).</i></p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность <i>Работа на строительстве КС непосредственно связана с несколькими группами вредных факторов, которые снижают производительность труда. К ним относятся:</i></p> <p><i>На строительстве КС могут возникнуть опасные ситуации для обслуживающего персонала, а именно:</i></p>	<p><i>1 Недостаточная освещенность рабочей зоны в темное время суток</i></p> <p><i>2 Превышение уровней шума и вибрации</i></p> <p><i>3 Отклонение показателей климата</i></p> <p><i>4 Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися</i></p> <p><i>1 Электрический ток</i></p> <p><i>2 Электрическая дуга и металлические искры при сварке</i></p> <p><i>3 Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования</i></p> <p><i>4 Природные явления в условиях распространения многолетнемерзлых пород, такие как оползни и сели</i></p> <p><i>5 Пожароопасность</i></p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p><i>При термостабилизация грунта будет оказывать негативное воздействие, в основном, на состояние земельных ресурсов и атмосферного воздуха.</i></p> <p><i>1. Охрана земельных ресурсов и растительного мира</i></p>

	<i>2. Охрана атмосферного воздуха</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>В районе деятельности возможно возникновение следующих видов чрезвычайных ситуаций: – техногенного характера; – природного характера; Пожарная и взрывная безопасность.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием некоторых опасных и вредных факторов (ГОСТ 12.0.002–80 «Основные понятия. Термины и определения»), которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизиологические (ГОСТ 12.0.003–74 «Опасные и вредные факторы. Классификация»). Для эффективности работы в ПАО «Газпром» внедрены: Единая система управления нормированием труда (ЕСУНТ) и Единая система управления охраной труда (ЕСУОТ).</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<i>Доцент каф. ЭБЖ</i>	<i>Крепша Нина Владимировна</i>	<i>Кандидат геолого-минералогических наук</i>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<i>2БМ4А</i>	<i>Колесов Александр Николаевич</i>		

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Уровень образования магистр
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года) _____

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.09.2015	<i>Введение</i>	
16.10.2015	<i>Литературный обзор</i>	
27.11.2016	<i>Характеристика района</i>	
11.12.2015	<i>Выбор принципа использования грунтов</i>	
16.02.2016	<i>Прогноз изменения температурного режима грунта</i>	
20.03.2016	<i>Разработка проектных решений</i>	
18.04.2016	<i>Социальная ответственность, Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
25.04.2016	<i>Заключение</i>	
05.05.2016	<i>Презентация</i>	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 124 с., 28 рис., 16 табл., 55 источников, 1 прил.

Ключевые слова: термостабилизация грунта, компрессорная станция, многолетнемерзлые грунты, криолитозона, надежность, строительство на северных районах, ореол оттаивания, теплосодержание грунта

Объектом исследования является термостабилизация грунта при строительстве компрессорной станции на многолетнемерзлых породах

Цель работы – Моделирование основания грунтов инженерного сооружения «Компрессорная станция» в криолитозоне, установление технологических и технических параметров понижения температуры грунта

В процессе исследования проводились сбор и обработка данных на районе строительства компрессорной станции, выявление наиболее характерных причин разрушения фундаментов зданий, анализ воздействия тепло-физических параметров в грунт, в условиях Крайнего Севера, анализ и выбор существующих технических решений по обеспечению надежности эксплуатации фундамента зданий и инженерных сооружений, приведены мероприятия по охране труда и безопасности строительства, охране окружающей среды, технико-экономическая часть.

В результате исследования выполнено моделирование грунта, в наглядном виде показывает изополя распространения температуры в грунте, который показал, что: 1) для зданий и инженерных сооружений (здания лабораторного корпуса) можно использовать одиночные термостабилизаторы 2) для зданий и инженерных сооружений (здания газоперекачивающего агрегата) можно использовать термостабилизаторы ГЕТ-ВЕТ системы. Изменение напряженно-деформированного состояние грунта в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов приходится в летнее время; выполнена оценка, проведен анализ и выбор существующих технических решений по обеспечению устойчивости грунтов, который показал эффективность использования термостабилизаторов. Исходя из проведенного моделирования выявлено, что при использовании термостабилизаторов, обеспечивается надежность эксплуатации зданий и инженерных сооружений на вечность.

Теоретическая и практическая значимость работы:

Применение данных конструкций термостабилизаторов, значительно ускоряет объем работ по строительстве фундаментов зданий и инженерных сооружений в условиях Крайнего Севера, обеспечивает надежность эксплуатации компрессорной станции в сложных условиях.

Область применения:

термостабилизация грунта, а именно использование парожидкостного термосифона и термостабилизаторов ГЕТ-ВЕТ системы могут быть применены при строительстве зданий и инженерных сооружений компрессорной станции в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов.

Обозначения и сокращения

ИГЭ – инженерно геологический/геокриологический элемент

КС – компрессорная станция

СТС – сезонно-талый слой

СМС – сезонно-мерзлый слой

ССО – слой сезонного оттаивания

ГТС – геотехническая система

ТСГ – температурная стабилизация грунтов оснований

ТУР – технические управляющие решения

СОУ – сезонно-действующие охлаждающие устройство

СМР – строительно-монтажные работы

ИГУ – инженерно геологические/геокриологические условия

ГУ – граничное условие

ЧС – чрезвычайная ситуация;

Оглавление

Введение.....	15
1 Обзор литературы	18
1.1 Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации КС в криолитозоне	20
1.2 Выбор принципа использования грунтов в качестве оснований зданий и инженерных сооружений	21
1.2.1 Типизация строительных объектов по тепловому влиянию на ММП	23
1.2.2 Принцип использования грунтов оснований	25
2 Объект и методы исследования	27
2.1 Физико-географические и техногенные условия	27
2.2 Климатические условия.....	28
2.3 Гидрографические и гидрологические особенности.....	31
2.4 Геологическое строение и свойства грунтов	33
2.4.1 Сейсмотектоническое строение	33
2.4.2 Геологическое строение	35
2.4.3 Свойства грунтов	37
2.5 Геокриологические условия	38
2.6 Гидрогеологические условия.....	42
2.7 Геотехническая оценка площадки КС	45
2.8 Опасные природные процессы и явления	46
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 48	
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	48
5.2 Расчет затрат на реализацию проекта.....	49
5.3 Расчет эксплуатационных издержек	51
5.4 Техничко–экономическое обоснование целесообразности разработки устройства.....	53
6 Социальная ответственность при термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне	57

6.1 Профессиональная социальная безопасность	57
6.1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	59
6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	63
6.2 Экологическая безопасность.....	65
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	67
6.4 Законодательное регулирование проектных решений.....	68
Заключение.....	72
Список литературы.....	76
Приложение А	81

Введение

Актуальность работы. Одной из наиболее актуальных проблем проектирования, строительства и эксплуатации компрессорной станции в северных регионах России является обеспечение устойчивости оснований и эксплуатационной надежности КС в условиях криолитозоны. В результате теплового и механического взаимодействия КС с окружающей средой происходит нарушение равновесия в литотехнической системы «КС - грунт оснований» со значительным изменением естественных ландшафтов и с активизацией негативных геокриологических процессов, приводящих к деформациям работающих органов КС, потере их проектного положения и, нередко, к аварийным ситуациям. В условиях мерзлых грунтов при строительстве технических объектов, зданий получили широкое применение свайные основания что обуславливает актуальность темы обеспечения устойчивости их свайных оснований.

На сегодняшний день одним из наиболее применяемых и эффективных методов инженерной защиты сооружений в криолитозоне является технология и технические средства термостабилизации грунтов оснований. Однако методически принятое оптимальных проектно-технических решений, а также методика оценки эффективности применения данной технологии и технических устройств не в полной мере отражены в современной научно-технической и нормативной литературе.

Поэтому решение задачи повышения эксплуатационной надежности КС в криолитозоне с применением технологии и технических средств термостабилизации грунтов является актуальной темой исследований как с научной, так и с практической точек зрения.

Цель исследования. Состоит в разработке методов повышения эксплуатационной надежности КС в криолитозоне на основе применения

					<i>Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции в условиях многолетнемерзлых грунтов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Колесов А.Н.			<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Бурков П.В.					16	124
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ ИПР ТХНГ гр. 2БМ4А		
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко А.В.						

- Проектное предложение повышения эксплуатационной надежности КС в криолитозоне на основе применения технологии и технических средств термостабилизации грунтов;

Практическая значимость. Проведения исследования вопроса обеспечения устойчивости оснований для повышения эксплуатационной надежности КС в криолитозоне с применением технологии и технических средств термостабилизации грунтов оснований и усовершенствованные предложения могут быть применены для выбора оптимальных проектных решений и приняты в основу разработки специальной методической и нормативной документации.

Усовершенствованная методика оценки эффективности технологии и технических средств термостабилизации грунтов оснований и результаты проведения по ней термодинамических расчетов являются теоретической и практической базой для выбора эффективных проектно-технических решений.

					<i>Введение</i>	ЛистЛ
						17
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 Обзор литературы

Обзор литературы по проблемам обеспечения устойчивости оснований и эксплуатационной надежности КС в криолитозоне на сегодняшний день существует определенная нормативная база регулирующая проектирование, строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, в т.ч. КС на многолетнемерзлых грунтах (ММГ), например:

- СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»;
- СНиП III-Г10.2-62 «Компрессоры. Правила производства и приемки монтажных работ».
- СТО Газпром 2-3.1-071-2006 «Регламент организации работ по геотехническому мониторингу объектов газового комплекса в криолитозоне»;
- СТО Газпром 2-3.1-072-2006 «Регламент на проведение геотехнического мониторинга объектов газового комплекса в криолитозоне»;
- СТО Газпром 2-2.1-390-2009 «Руководство по проектированию и применению сезонно-охлаждающих устройств для термостабилизации грунтов оснований фундаментов»;
- СТО Газпром 2-2.1-435-2010 «Проектирование оснований, фундаментов, инженерной защиты и мониторинга объектов ОАО Газпром в условиях Крайнего Севера» и др.

В первой половине 70-х годов прошлого века в институте ВНИИГАЗ Мингазпрома были начаты исследования, посвященные тепловому воздействию объектов газотранспортных систем (ГТС) на грунты оснований в районах распространения вечной мерзлоты. Соответственно, получили развитие исследования методов и средств инженерной защиты от негативных и опасных инженерно-геологических, гидрологических и геокриологических явлений и процессов, проявляющихся и развивающихся при строительстве и

					<i>Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции в условиях многолетнемерзлых грунтов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Колесов А.Н.			<i>Обзор литературы</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Бурков П.В.					19	124
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ ИПР ТХНГ гр. 2БМ4А		
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко А.В.						

эксплуатации сооружений в криолитозоне.

С середины 70-х годов во ВНИИГАЗе руководителем работ по разработке, исследованиям и внедрению технологий и технических средств инженерной защиты и термостабилизации ММГ в основаниях объектов обустройства северных месторождений и ГТС являлся Р.М. Баясан, который проводил свою научно-исследовательскую работу в т.ч. со второй половины 80-ых годов XX века в рамках проекта «Ямал», возглавляемого Г.Э. Одишария.

В справочных пособиях и руководствах (ПНИИИС, НИИОСП им.Н.М. Герсеванова и др.) зачастую отражены элементы и примеры прогнозных расчетов техногенного воздействия сооружений на ММГ и наоборот. Над проблемой такого термомеханического взаимодействия магистральных трубопроводов с многолетнемерзлыми грунтами и технической диагностикой в целом работали такие ученые различных организаций (Гипроспецгаз, ВНИИГАЗ, ВНИИСТ, ЮжНИИгипрогаз, Оргэнергогаз, МГУ им.М.В.Ломоносова и т.д.), как В.В. Харионовский, А.Б. Айбиндер, Г.Э. Одишария, З.Т. Галиуллин, Р.М. Баясан, И.Н. Курганова, И.И. Велиюлин, А.Д. Решетников, Л.Н. Хрусталева, С.Ю. Пармузин, Н.Н. Хренов и многие др.

В работах В.В. Харионовского отмечается, что обычно расчеты конструкций, взаимодействующих с грунтом, проводят в детерминистической постановке, однако свойства грунтового основания зависят от ряда факторов, неподдающихся непосредственному учету и носят случайный характер, поэтому им была изучена задача оценки прочности трубопровода при воздействии сил морозного пучения в стохастической постановке.

Таким образом, в силу указанных выше причин, а также в связи с интенсивным освоением месторождений северных регионов возникает необходимость детального изучения вопросов устойчивости оснований и эксплуатационной надежности КС на многолетнемерзлых грунтах.

Проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов сопровождается

					Глава 1. Обзор литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

наличием определенных проблем, связанных в первую очередь с выбором принципа строительства: I принцип - с сохранением мерзлого основания, II принцип - с предварительным оттаиванием мерзлых грунтов. Многолетнемерзлые грунты (ММГ) характеризуются особой динамичностью и подверженностью изменения естественных геокриологических условий под внешним воздействием от техногенных нагрузок. Как правило, в условиях Крайнего Севера, с отрицательной среднегодовой температурой воздуха при возведении зданий и сооружений используется I принцип. Однако ММГ воспринимают малейшую тепловую нагрузку, идущую от сооружений. Изменение естественного температурного поля ММГ является главным фактором активизации негативных геокриологических процессов, влияющих на прочность конструкций зданий и сооружений. Подземный газопровод - это сооружение, наиболее динамично влияющее на естественные температурные поля многолетнемерзлых грунтов основания.

1.1 Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации КС в криолитозоне

Одной из наиболее актуальных проблем проектирования, строительства и эксплуатации КС в северных и восточных регионах России является обеспечение их эксплуатационной надежности в условиях криолитозоны. Освоение северных газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений, строительство систем магистральных трубопроводов и других объектов развитой инфраструктуры осуществляется в основном по I принципу строительства с сохранением грунтов оснований в мерзлом состоянии. Ввиду значительной протяженности месторождений и трубопроводов с севера на юг геокриологическое строение территорий освоения крайне неоднородно. Одни сооружения располагаются в пределах островного и массивно-островного распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ) с температурами от минус 0,1 °С до минус 3,0 °С, а другие - в зоне сплошного распространения ММГ с достаточно низкими отрицательными температурами до минус 5 °С.

					Глава 1. Обзор литературы	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Изменение геокриологических условий грунтов оснований объектов, как в процессе строительства, так и в период эксплуатации оказывает существенное воздействие на стабильность оснований и фундаментов и, соответственно, на устойчивость самих сооружений. Развитие опасных негативных инженерно - геокриологических процессов, в том числе пучения, термокарста, просадок при оттаивании мерзлых грунтов и др. начинается даже при незначительных изменениях установившегося теплового баланса в геотехнической системе «атмосфера - сооружение - ММГ».

В процессе многолетних обследований выявлены многочисленные случаи деформаций и подвижек фундаментов различных сооружений как следствие ошибок, допущенных при проектировании, отклонений от проектных решений при строительстве, так и техногенного влияния в процессе эксплуатации этих объектов.

Режимные наблюдения за температурой грунтов и сопоставления их фактического состояния с материалами инженерно-геологических изысканий прошлых лет позволили в ряде случаев выявить изменения температурных режимов грунтов, глубин сезонного промерзания (оттаивания), что и определило причины деформаций сооружений.

Наряду с оттаиванием ММГ, вмещающих свайные фундаменты, сопровождаемым осадкой свай, наиболее распространенным типом деформаций оснований является сезонное и многолетнее выпучивание свай под воздействием сил морозного пучения, возникающих в слое сезонного промерзания-оттаивания. Так, например, на месторождении Медвежье многолетнее выпучивание свай составило 150-180 мм, а на ЛЭП в районе г. Н.Уренгоя оно достигло тысяч мм.

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

Ряд зданий и инженерных сооружений в составе проектируемых площадок относятся к уникальными и технически-сложными объектам капитального

					Глава 1. Обзор литературы	Лист
						21
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

строительства, эксплуатация и строительство которых сопровождается различными негативными воздействиями и явлениями, такими как тепловыделения, динамические нагрузки (вдавливающие и выдергивающие), вибрации.

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

- мерзлотно-провальные (термокарстовые);
- термоэрозионные;
- выветривание;
- 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.).

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.

Грунтовые основания, а также опорные и фундаментные конструкции должны быть рассчитаны в соответствии с действующими нормами и правилами по двум группам предельных состояний;

- I группа предельных состояний - расчет по прочности и устойчивости для строительных конструкций и несущей способности грунтовых оснований (на сдвиг и опрокидывание);

					Глава 1. Обзор литературы	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- II группа предельных состояний - расчет по деформациям (перемещения и прогибы строительных конструкций, а также осадка, крен, подъемы и другие деформации грунтовых оснований).

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

Создания на этапе строительства и поддержанием в течение всего периода эксплуатации проектного температурно-прочностных 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, основания, опорные и фундаментные конструкции).

1.2.1 Типизация строительных объектов по тепловому влиянию на ММП

Типизация строительных объектов по тепловому влиянию на ММП осуществляется на основании следующих факторов:

- конструктивно-технологических особенностей согласно техническим решениям;
- наличия и особенностей негативного теплового влияния/воздействия на ММП основания (тепловой режим внутренних помещений и комнат
- сооружения, коммуникаций и т.п., находящихся в непосредственном контакте с ММП основания);
- размещения зданий и инженерных сооружений друг относительно друга.
- Учитывая вышеизложенное, проектируемые здания и инженерные сооружения с точки зрения характера теплового воздействия на ММП основания в процессе эксплуатации условно можно разделить на:

					Глава 1. Обзор литературы	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- здания и инженерные сооружения с устройством холодного вентилируемого подполья (ростверк и балочные клетки располагаются выше планировочной отметки земли):

- блочно-комплектные здания заводской готовности;
- каркасные здания;
- крупногабаритные технологические емкости и резервуары;
- здания и инженерные сооружения с устройством балочной клетки (фундаментных конструкции) в уровне планировочной отметки площадки или с минимальным техническим зазором (техническое подполье), имеющих непосредственный контакт с ММГ основания и оказывающих на них негативное тепловое воздействие:

- каркасные здания;
- емкости и резервуары с устройством обваловки;
- инженерные сооружения и их отдельные элементы, способствующие потенциальному снегонакоплению в стесненных условиях площадок объектов строительства, а также в процессе эксплуатации:

- свайные поля зданий и инженерных сооружений в период СМР;
- техногенное снегонакопление вблизи площадок с технологическим оборудованием, емкостями и т.п., для которых в качестве фундаментных конструкций используются высокие ростверки на свайном основании с устройством монолитного железобетонного каре в основании или без, естественные основания на ж.б. плитах и т.п.;

- участки с высокой плотностью размещения эстакад, технологических коммуникаций и опор, трубопроводных обвязок;

- ограждения, прилегающая территория внутрипромысловых и внутриплощадочных автодорог и подъездов, и т.п.;

- подземные емкости и резервуары на свайном и естественном типах оснований (дренажные, для ливневых стоков и т.п.).

					Глава 1. Обзор литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

1.2.2 Принцип использования грунтов оснований

В целях обеспечения требуемого уровня надежности грунтовых оснований, опорных и фундаментных конструкций и инженерных сооружений на основании типизации определено: грунты основания проектируемой площадки целесообразно использовать в качестве оснований по I принципу - грунты находятся в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации.

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 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 (12-15 м);

					Глава 1. Обзор литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

- потенциальной возможности возникновения и развития опасных геокриологических процессов и явлений, являющихся следствием экзогенного/техногенного воздействия;
- 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 технических управляющих решений (ТУР) по ТСГ направленно на:

- создание в грунтах основания требуемого расчетного теплового режима путем охлаждения ММГ с последующим поддержанием его в течение всего периода эксплуатации;
- снижение отепляющего воздействия на ММГ основания, вызванного технологическими особенностями производства строительного-монтажных работ, 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;
- сокращение сроков производства строительного-монтажных работ;
- исключение возникновения опасных геологических процессов.

Требования к обеспечению теплового режима ММГ оснований согласно рассматриваемым этапам жизненных циклов зданий и инженерных сооружений определены на основе данных о расчетных температурах ММГ оснований, используемых при проведении деформационно-прочностных расчетов соответствующих грунтовых оснований, а также опорных и фундаментных конструкций.

					Глава 1. Обзор литературы	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Объект и методы исследования

2.1 Физико-географические и техногенные условия

Административный участок располагается на территории Олекминского района Республика Саха (Якутия) Дальневосточного федерального округа РФ.

Рассматриваемый район расположен по трассе магистрального газопровода "Сила Сибири". Географические координаты строительства КС 61°29'39" с.ш. 119°29'40" в.д.

Согласно физико-географическому районированию участок работ находится в пределах Приленской провинции Средней Сибири. В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах Приленского плато и долины р.Лена. Рельеф денудационного наклонного Приленского плато представляет собой чередование невысоких гряд, прорезанных глубокими эрозионными долинами впадающих в р.Лена, притоков. Непосредственно на самом участке работ абсолютные отметки варьируются от 133,15 до 216,79 м. Отложения Приленского плато имеют делювиальное образование, сформировавшееся на осадочных породах кембрия, ордовика, силура и юры (d €2-3,01, S1, J1).

Гидрографическая сеть района хорошо развита, в среднем 0,5 км/км² и представлена многочисленными реками и ручьями.

Участок расположен на водоразделе рек бассейна р.Лена (Кедерги и Куталах), в связи с чем, количество пересекаемых водотоков небольшое.

Речная сеть принадлежит бассейну реки Лена (море Лаптевых). Наиболее крупным водотоком на всем участке является река Кедирги, ширина которой в межень составляет около 2-10 м.

Для всех водотоков характерны в основном извилистые и врезанные русла, дно песчано-илистое или галечно-каменистое, неширокая, кочковатая

					<i>Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции в условиях многолетнемерзлых грунтов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Колесов А.Н.			<i>Объект и методы исследования</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Бурков П.В.					28	124
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ ИГР ТХНГ гр. 2БМ4А		
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко А.В.						

и заросшая преимущественно хвойным редколесьем и кустарником пойма.

Район располагает месторождениями золота, редких металлов, горно-рудного сырья, строительных материалов (суглинок, глина, песок). Единственное в мире месторождение чароита.

2.2 Климатические условия

Объект изысканий расположен в умеренном климатическом поясе, континентальной Восточно-Сибирской области. Климат территории характеризуется резкой континентальностью, которая проявляется в больших сезонных различиях температуры воздуха, малой облачности, небольших осадках. Важным фактором, влияющим на климат района, является циркуляция воздушных масс и физико-географические условия территория - ее удаленность и отгороженность горными системами от Атлантического и Тихого океанов, открытость со стороны Северного Ледовитого океана, сложность орографии.

В условиях сурового климата, с продолжительной малоснежной и холодной зимой, характерной особенностью района является островное распространение вечной мерзлоты.

Средняя годовая температура воздуха составляет минус 6,1 С. Продолжительность холодного периода составляет 7 месяцев: с октября по апрель.

На рассматриваемой территории характер распределения осадков определяется высотным и широтным положением местности, рельефом, а также экспозицией склонов. Среднее годовое количество осадков выпадающих на рассматриваемой территории составляет 315 мм. В годовом ходе осадков минимум наблюдается в феврале (11 мм), максимум приходится на август (в среднем 50 мм). В летний период осадки носят как обложной, так и ливневый характер. Отмечаются грозы, возможно выпадение града. Распределение осадков в течение года неравномерное: в теплое время года (май — сентябрь) выпадает 66 % от годовой суммы осадков. Наибольшая годовая сумма осадков составила 487 мм, наименьшая - 189 мм. Наибольшее количество осадков за

					Объект и методы исследования	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

месяц составило 187 мм (июль), наименьшее - 0 мм (май). В среднем за год выпадает 60 % жидких и 34 % твердых осадков, остальные - смешанные. Суточный максимум осадков составил 80 мм.

Снежный покров обычно появляется в начале октября. Однако, при осенних оттепелях он сходит. Устойчивый снежный покров в среднем образуется во второй декаде октября. Разрушение устойчивого снежного покрова в районе обычно происходит в конце апреля. Полный сход снежного покрова наблюдается в первой декаде мая. Среднее число дней со снежным покровом составляет 202. Максимальной величины снежный покров достигает в марте. Среднее из наибольших значений высоты снежного покрова составляет 37 см, максимальная - 57 см, минимальная - 19 см.

При антициклоническом характере погоды над рассматриваемой территорией наблюдается большая повторяемость штилей. В зимний период средние скорости ветра невелики и минимальные значения скоростей отмечаются в январе-феврале. В связи с развитием циклонической деятельности весной средние месячные скорости ветра заметно возрастают и достигают наибольших в году значений. Летом средние скорости ветра вновь уменьшаются. Средняя годовая скорость ветра равна 2,2 м/с. В течение года в районе изысканий преобладают ветры юго-западного направления, в холодный период так же - юго-западного, в теплый - северо-восточного. В среднем за год в районе наблюдается 5 дней с сильным ветром (>15 м/с), наибольшее число дней может достигать 26. Максимальная наблюденная скорость ветра составляет 20 м/с при порыве 28 м/с.

Объект строительства расположен:

- В очень холодном климатическом районе и классифицируется по воздействию климата на технические изделия и материалы как И1.
- В климатическом районе IA. В соответствии на основании, что за различные периоды осреднения среднемесячной температуры воздуха в январе составляет ниже минус 32 °С, объект отнесён к району IA.
- В сухой зоне влажности (3 зона).

					Объект и методы исследования	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

• В северной строительно-климатической зоне (3 зона) с наиболее суровыми условиями.

Средняя годовая температура воздуха составляет минус 6,1 °С. Продолжительность холодного периода составляет 7 месяцев (с октября по апрель).

Среднее годовое парциальное давление содержащегося в воздухе водяного пара составляет 5,0 гПа. Наименьших значений достигает в январе до 0,4 гПа, наибольших - в июле, до 13,8 гПа. Относительная влажность воздуха в течение года меняется более значительно. Наиболее высокой она бывает в начале зимы, наименьшей в начале лета. Наименьших значений относительная влажность достигает в мае (56 %), наибольших - ноябре (81 %). Средняя годовая относительная влажность воздуха составляет 72 %.

Годовой ход температуры поверхности почвы в основном аналогичен годовому ходу температуры воздуха, но в декабре-феврале эта температура на 1,5-2 °С ниже средней температуры воздуха, а в летний период на 2-4 °С выше.

Температурный режим почвы определяется главным образом радиационным и тепловым балансом её поверхности, а также зависит от механического состава и типа почвы, характера растительности, формы рельефа, экспозиции склонов. На поверхности почвы, как и в воздухе, самым холодным месяцем является январь (температура минус 35 °С), самым теплым - июль (плюс 22 °С). С глубиной температура почвы в летние месяцы убывает, в зимние, напротив, температура почвы с глубиной повышается. Средняя месячная температура почвы на глубине 80 см бывает положительной с июня по октябрь.

Глубина сезонного оттаивания суглинка составляет 2,39-2,82 м, супеси - 2,97 м, песка мелкого - 3,26 м, песка средней крупности - 3,45 м, грунта щебнистого - 4,48 м. Величина глубины сезонного оттаивания суглинка составляет - 2,66 м, супеси - 3,24 м, песка мелкого - 3,24 м.

					Объект и методы исследования	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.3 Гидрографические и гидрологические особенности

Режим рек обусловлен географическим положением их водосборов, условиями питания и влиянием а зональных факторов. Все реки рассматриваемой территории относятся к смешанному типу питания, при этом выделяются реки и ручьи, в питании которых преобладают подземные и талые воды. Большое влияние на режим рек оказывает количество осадков и распределение их в течение года, а также геологическое строение бассейна. Участие отдельных видов питания изменяется в течение года: весной увеличивается роль талых вод, а летом преобладает дождевое питание. В зимний сезон поверхностное питание полностью прекращается, и подземные воды служат единственным источником питания рек.

По характеру течения изучаемые водотоки относятся к равнинным, так как характеризуются сравнительно небольшими уклонами, закономерным чередованием плёсов и перекатов, протекают в хорошо разработанных долинах.

Пространственное распределение стока по территории в значительной мере повторяет распределение осадков. В целом территория характеризуется невысоким коэффициентом годового стока, который является наименьшим в Якутии.

В тёплый период года (IV-XI) проходит 80-90 % годового объёма стока, тогда как в зимний период (XII-III) всего лишь 10-20 %. Наиболее характерной фазой водного режима является весеннее половодье, за время которого проходит от 60 до 80 % годового стока. Дождевые паводки отмечаются преимущественно в осенний период (IX-XI), но по объёму стока они уступают половодью.

Для рек рассматриваемой территории характерны выраженный подъем уровня воды во время весеннего половодья, довольно значительные и резкие подъёмы и спады в летне-осенний период и сравнительно низкое и устойчивое положение уровня в холодную часть года. Уровни воды в период открытого русла, включающего весеннее половодье, дождевые паводки и летне-осеннюю межень, имеют большую изменчивость, в основном обусловленную колебаниями водности реки.

					Объект и методы исследования	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для изучаемых водотоков характерно ежегодное перемерзание. При этом лёд достигает только такой толщины, на которую хватает толщины слоя воды. Обычно она составляет до 0,5 м. Образование наледей для реки Кедерги и ручья Мунду-Куель не характерно.

На промерзающих малых водотоках района ледяной покров размывается тальными водами, накапливающимися на его поверхности, а затем текущими по верху льда, разрушая его. Интенсивность размыва ледяного покрова зависит от толщины льда и характера весны, поэтому продолжительность этого процесса на разных водотоках различна и составляет в среднем от нескольких дней до двух недель.

В весенний период на реках вода на льду начинает появляться в середине апреля и в конце апреля - начале мая вода течёт поверх льда, размывая его в русле рек, при этом могут наблюдаться наивысшие уровни в году. Вскрытие рек полностью происходит ближе к концу первой декады мая, но по берегам и на дне ещё может быть лёд, полностью не успевший размываться. Полное очищение русел рек ото льда обычно происходит в середине второй декады мая, иногда в конце мая - начале июня.

Ручей Кедерги пересекается трассой подъездной автомобильной дороги к площадке строительства КС в нижнем течении. Своё начало ручей берет на отметках около 250 м, вблизи водораздела с рекой Мал. Черепаниха, в 8,3 км к северо-востоку от пос. Тюбя. Течёт ручей Кедерги в юго-восточном направлении в верхнем и среднем течении, северо-восточном в нижнем. Впадает в реку Туустаах - левобережный приток реки Лена, с правого берега, в 5 км от её устья. Общая длина водотока составляет 14,0 км. Длина до створа пересечения с трассой составляет 11,4 км. Водосборная площадь ручья в створе трассы составляет 82,0 км², из них 96 % территории занимают лесные массивы, 3 % болота и заболоченные леса и менее 1 % озера. Ручей является временным. Большую часть года (период зимней межени и периоды летне-осенней межени между паводками) сток воды в ручье отсутствует.

					Объект и методы исследования	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Площадки строительства КС нужно расположить за пределами зон затопления ближайших водотоков и за границами их водоохранных зон.

2.4 Геологическое строение и свойства грунтов

2.4.1 Сейсмотектоническое строение

В тектоническом строении участка принимают участие породы двух структурных этажей: кристаллического фундамента и платформенного чехла.

Нижний структурный этаж сформирован в архее. Он представляет собой продукт интенсивного складкообразования, глубокого метаморфизма, процессов гранитизации и мигматизации, накопленных в вулканогенно-осадочной толще. Отложения кристаллического фундамента погружаются в северо-западном направлении, в пределах участка исследований залегают на глубине около 2000 м. В г. Олекминске скважиной Р-3 породы кристаллического фундамента вскрыты на глубине 2113 м.

Структуры платформенного чехла образованы отложениями венда и кембрия, подразделены на два структурных яруса: нижний и верхний. Нижний структурный ярус начал свое формирование в послепротерозойское время в условиях платформенного режима. В вендское время на Алданский щит надвигается море, и выровненная поверхность кристаллического фундамента со структурным несогласием перекрывается толщей морских карбонатных осадков, отложившихся в условиях открытого эпиконтинентального морского бассейна. С отступлением моря, предположительно к концу кембрия, район вступает на путь континентального развития, этот процесс продолжается до настоящего времени.

Исследуемый участок расположен на платформенном крыле Березовской впадины. В его пределах наблюдается характерное для всего платформенного крыла погружение пород в северо-западном направлении, с углом падения по кровле олекминской свиты $0^{\circ}28'$ по кровле чарской свиты - $0^{\circ}18'$. Погружение отложений сопровождается увеличением мощности осадков. Так, мощность

					Объект и методы исследования	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

отложений чарской свиты у г. Олекминска составляет 350 м, в 45 км юго-восточнее на р.Чаре мощность отложений меньше в два раза - всего 180 м.

Характерным для района является наличие брахиантиклинальных складок, имеющих северо-восточное простирание. Ближайшей из них является Олекминская брахиан- тиклиальная складка. Олекминская складка расположена у г. Олекминска и представляет собой брахиантиклинальную складку асимметричного строения. Амплитуда Олекминской складки на правом берегу р.Лены составляет 70-77 м. Её размеры по длинной оси - 14 км, по короткой - 4 км.

Разрывные нарушения удалены от участка исследований и приурочены к зоне разрывных нарушений северо-восточного простирания Эбе-Таас (в 20 км северо-западнее площадки КС-2 "Олекминская"). Общая протяженность этой зоны превышает 90 км. В пределах зоны развиты сбросы и крутопадающие взбросы. Амплитуда развитых здесь сбросов и взбросов составляет 60-200 м, часто достигая 300-350 м. Поверхность сместите- ля взбросов обычно наклонена на северо-запад под углом 60-80°. Характерным является резкое воздымание или погружение пород на крыльях с углами падения 20-80°, что приводит к образованию односторонних горстов и грабенов. Ширина дислоцированных пород на крыльях составляет 0,8-2,5 км.

Неотектонические структуры рассматриваемого региона генетически связаны с активизацией движений по разломам различного характера.

В конце неогена усиливающиеся восходящие движения привели к оживлению эрозии. В плиоцене и к началу неоплейстоцена в пределах региона была сформирована развитая гидросеть с широкими долинами и многочисленными притоками. Остатки этой гидросети наблюдаются в настоящее время в виде реликтов врезов, выполненных комплексом отложений аллювия и коллювия. В нижнечетвертичное время территория испытывает нисходящие движения. В этот период глубоко врезанные долины начинают выполняться песками. Район в это время представлял аккумулятивную равнину.

					Объект и методы исследования	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В конце нижнечетвертичного, начале среднечетвертичного времени вновь начинают преобладать положительные пульсационные движения, которые формируют современную гидросеть с набором террас. Эти движения привели к созданию в пределах района структурно-денудационного плато и пластовой денудационной равнины.

2.4.2 Геологическое строение

В пределах рассматриваемой территории на глубину изучения охарактеризованы отложения кембрийской и четвертичной систем.

Кембрийская система. Нижний отдел. Чарская свита. Отложения свиты выходят на поверхность южнее г. Олекминска. Для свиты характерно увеличение мощности и возрастание роли сульфатных и галогенных пород в северо-западном направлении. В нижней части свиты отложения сложены доломитами, переслаивающимися с пластами гипсов, ангидритов и каменной соли. На Солянском месторождении было вскрыто 9 пластов каменной соли мощностью от 3,65 до 13,2 м. Пласты каменной соли залегают на глубинах от 376,2 до 505,65 м. На Олекминском участке пласты каменной соли залегают в интервале глубин 195- 380 м.

Выше залегают доломиты с прослоями глин и мергелей, известняки и массивные известковитые доломиты. Известняки чарской свиты в виде обрыва высотой 20 м выходят на поверхность на левом берегу р. Лены, в 7 км выше устья р. Олекма. Известняки имеют однородное строение по всему разрезу. По результатам химического анализа, содержание в известняках CaCO_3 - 78,4-83,1%, MgCO_3 -15,2-17,2%, нерастворимого остатка -1,5-3,9 %.

Мощность свиты составляет 248-265 м в районе д. Солянки и 315-353 м у г. Олекминска.

Средний отдел. Метегерская свита. Отложения свиты на участке исследований слагают склон долины р. Лены и склоны ее левобережных притоков - рек Куталах и Кедерги в нижнем течении. Отложения свиты залегают с размывом на породах чарской свиты ленского яруса нижнего кембрия. В целом свита

					Объект и методы исследования	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

представлена доломитами и, в меньшей мере, известняками, мергелями и алевролитами. Для пород характерна изменчивость по площади их литологического состава и мощности.

Верхний отдел. Верхоленская свита. Отложения свиты широко развиты на водораздельных пространствах и на склонах долин левобережья р. Лены. В составе свиты преобладают пестроокрашенные мергели, доломиты, известняки. Характерно значительное развитие гипсов.

В составе верхоленской свиты выделяются три пачки. Нижняя пачка представляет собой переслаивание серых и светло-серых известняков, красно-бурых доломитовых мергелей, алевролитов и пластов гипса мощностью до 7м.

Ввиду наличия водоносных горизонтов в подстилающих и перекрывающих гипсовый пласт породах, на участках относительно неглубокого залегания пород развит гипсовый карст.

Общая мощность пачки 18-40 м.

Средняя пачка сложена пестроокрашенными огипсованными глинами с прослоями алевролитов и светло-серых доломитов и редкими прослоями мелкозернистого кварцевого песчаника с гипсово-кальцитовым цементом и светло-серого алевроитового известняка. Мощность пачки 170-190 м.

Третья пачка представлена пестроокрашенными мергелями, алевролитами, зеленоватыми и серыми часто водорослевыми доломитами. Мощность пачки 70-90 м.

Общая мощность свиты до 300 м.

Неогеновая система. Плиоцен. К отложениям плиоцена отнесены песчано-глинистые образования, залегающие на пониженных участках водоразделов. Ими сложены обширные площади на левобережье р. Лены, от устья р.Малой Черепанихи до р.Илин-Харыялах. Отложения представлены мелкозернистыми желто-серыми полевошпатово-кварцевыми песками с линзами галечников и гравия, а также с обломками ожелезненных конгломератов и песчаников. В основании залегает пласт красноватых глин, с включениями гальки кварца. Эти

					Объект и методы исследования	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

глины представляют собой продукт переотложения коры выветривания. Мощность отложений 10-15 м.

Плиоцен-нижнечетвертичные отложения. Плиоцен-нижнечетвертичные отложения слагают шестую надпойменную террасу р.Лены и выполняют сопоставляемые с нею участки древних долин на водоразделах. На левобережье р.Лены плиоцен-нижнечетвертичные отложения известны севернее г.Олекминска.

Отложения представлены песчанистыми глинами, местами карбонатными, серыми и красноватыми, с галькой кремня и кварца. В основании толщи залегают глины темносерые, с большим количеством гальки и валунов кварцитов, гнейсов, долеритов, гранитов. В прибортовых частях вреза присутствуют прослои щебня осадочных пород.

Мощность отложений 30-40 м.

Четвертичная система. Четвертичные отложения на исследуемом участке представлены элювиальными, делювиально-солифлюкционными и аллювиальными отложениями. Покровные отложения, залегающие на междуречьях и склонах речных долин, образуют неравномерный по мощности, сложный по строению и условиям залегания покров и имеют сравнительно небольшую мощность (от 2-3 до 10-15 м). Аллювиальные отложения вблизи участка исследований широко развиты в долине р. Лены.

2.4.3 Свойства грунтов

Грунты на изучаемом участке характеризуются различной изменчивостью плотностных и влажностных показателей. Для плотностных характеристик дисперсных талых грунтов значения коэффициента вариации изменяется в пределах от 0,0% до 3,0%, для влажностных показателей - от 8,5% до 14,9%. Коэффициент вариации для мерзлых дисперсных грунтов составляет 0,4-14,9%.

По относительной деформации пучения грунтов относятся к непучинистым, слабопучинистым, среднепучинистым.

					Объект и методы исследования	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На площадке водозаборных сооружений пучинистые грунты представлены суглинками тугопластичными, суглинками слабодистыми и суглинками полутвердыми, супесью слабодистой. Грунты являются слабопучинистыми.

На площадке строительства компрессорной станции, грунты пучинистые, представлены суглинками тугопластичными, суглинками слабодистыми и суглинками полутвердыми, супесью пластичной и супесью слабодистой.

По данным химических анализов водных вытяжек грунты не засоленные. Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к углеродистой стали высокая. Согласно СП 28.13330-2012 степень агрессивного воздействия грунтов на металлические конструкции ниже уровня подземных вод - слабоагрессивная.

Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к алюминиевой и свинцовой оболочкам кабеля - от низкой до высокой. Степень агрессивного воздействия грунта на бетонные и железобетонные конструкции для бетона (марки по водонепроницаемости W4, W6, W8) - от неагрессивной до сильноагрессивной. Степень агрессивного воздействия грунта на железобетонные конструкции на любых цементах по хлоридам - неагрессивная.

На объекте специфически выделяются техногенные и многолетнемерзлые грунты.

Техногенные грунты представлены насыпным грунтом, слагающим земляные валы над существующими нитками трубопроводов, насыпи автомобильных дорог, отвалы строительных и горнопроходческих работ. Насыпной грунт представлен песком мелким мерзлым слабодистым. Исходя из времени возведения насыпей, отсыпанный грунт находится в естественно уплотненном состоянии. Подстилающими грунтами являются суглинки мерзлые слабодистые.

2.5 Геокриологические условия

Согласно материалам инженерно-геологической и мерзлотной изученности (Карта распространения многолетнемерзлых пород, авторы К.А.Кондратьева и

					Объект и методы исследования	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В.А. Кудрявцев) участок работ находится в южной геокриологической зоне прерывистого распространения специфических многолетнемерзлых грунтов. По литературным источникам мощность многолетнемерзлой толщи в этой зоне колеблется от 50 до 100 м.

По данным 2011 г. немерзлые (талые) породы развиты локально в виде несквозных таликов в долинах крупных рек. Глубина сезонного промерзания грунтов, на участках распространения несквозных таликов (немерзлых (талых)) грунтов в супесчаных грунтах составляет 3,0 м, в песках - 3,9-4,1 м, в крупнообломочных грунтах - 4.8 м.

На основе физического состояния и температуры грунтов, мерзлые глинистые, песчаные и крупнообломочные грунты на участке работ по ГОСТ 25100-95 характеризуются как твердомерзлые.

По показателю льдистости за счет ледяных включений согласно ГОСТ 25100-95 мерзлый торф классифицируются как слабольдистый (содержание ледяных включений в грунтах не превышает 0,20 д.ед.) и льдистый (содержание ледяных включений в грунтах составляет 0,20-0,40 д.ед.).

Суглинок, супесь и пески классифицируются как слабольдистые и льдистые.

Гравийные, галечниковые, дресвяные и щебенистые грунты по показателю льдистости относятся к слабольдистым (содержание ледяных включений в грунтах не превышает 0,03 д. ед.). Криогенная текстура мерзлых биогенных и глинистых грунтов, преимущественно, слоистая и слоисто-сетчатая с наличием ледяных прослоев толщиной 0,2- 0,8 см, редко - до 2-2,5 см, а также массивная. Пески в долинах рек (аллювий) - характеризуются преимущественно слоистой и слоисто-сетчатой криотекстурой, пески элювиального генезиса - массивной криотекстурой. Для гравийно-галечниковых и дресвяно-щебенистых грунтов установлена корковая криотекстура.

После оттаивания мерзлые супеси и суглинки приобретают пластичную и текучую консистенцию, супесчаный и суглинистый заполнитель крупнообломочных грунтов становится пластичным, пески характеризуются

					Объект и методы исследования	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

средней степенью водонасыщения, реже - относятся к насыщенным водой, торф - становится влажным и насыщенным водой.

Сезонное оттаивание многолетнемерзлых грунтов в Олекминском районе Якутии начинается в начале июня и заканчивается в начале сентября. Зимой слой сезонного оттаивания полностью промерзает и сливается с вечномерзлой толщей. Глубина оттаивания грунтов на различных участках отличается. В долинах рек глубина оттаивания изменяется от 0,5 до 2 м. На северных, северо-восточных и северо-западных залесенных склонах оттаивание было минимальным - от 0,1-0,5 м до 1 м. На слабо залесенных вершинах холмов и склонах южной, юго-западной и юго-восточной экспозиции глубина оттаивания достигала 2,5 м.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов вычислена в соответствии с требованиями СП 22.13330.2011 и составляет для суглинков - 2,66 м, для супеси - 3,24 м, для песчаного грунта - 3,24 м.

					Объект и методы исследования	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1 – Расчет нормативной глубины сезонного оттаивания

№ ИГЭ	Плотность скелета грунта, $\rho_s, \text{т/м}^3$	Суммарная влажность мерзлого грунта $W_{\text{сум}}, \text{д.ед.}$	Теплопроводность мерзлого грунта, $\lambda, \text{Вт/м}^\circ\text{С}$	Теплопроводность талого грунта, $\lambda_{\text{т}}, \text{Вт/м}^\circ\text{С}$	Объёмная теплоёмкость мерзлого грунта $C_f, \text{Дж/м}^3 \cdot ^\circ\text{С}10^{-6}$	Объёмная теплоёмкость талого грунта $C_{\text{т}}, \text{Дж/м}^3 \cdot ^\circ\text{С}10^{-6}$	$T_{\text{th,c}}, ^\circ\text{С}$	Температура на начало замёрзания грунта $T_{\text{вз}}, ^\circ\text{С}$	$t_{\text{th,c}}, \text{час}$	Нормативная глубина сезонного оттаивания, м
1	1,49	0,267	1,42	1,59	2,96	2,20	19,424	-0,20	4803,6	2,82
2	1,22	0,42	1,57	1,73	3,23	2,23	19,424	-0,20	4803,6	2,39
3	1,51	0,242	1,68	1,79	2,96	2,20	19,424	-0,15	4803,6	2,97
4	1,65	0,198	2,17	2,40	2,34	2,16	19,424	-0,10	4803,6	3,26
5	1,68	0,185	2,41	2,60	2,74	2,27	19,424	-0,10	4803,6	3,45
6	2,09	0,088	2,73	2,90	2,68	2,23	19,424	-0,10	4803,6	4,48

В разрезе территории строительства КС зафиксированы линзы льда и прослойки суглинка льдистого. В связи с этим можно предположить, что с увеличением теплового воздействия при строительстве сооружений, а также нарушением естественного снегонакопления по данным грунтам могут активизироваться процессы термокарста.

На площадке КС в интервале глубин 1,0-7,4 м вскрыт суглинок льдистый под сезонноталым слоем, представленным суглинком тугопластичным и суглинком полутвердым. Суглинок льдистый находится на глубине 4,1-9,1 м, мощностью 0,9-1,9 м под песчано-суглинистыми отложениями слабольдистыми. Наличие условий для развития термокарстового процесса.

Увеличение слоя сезонного протаивания повышает возможность неравномерного проседания поверхности, вследствие вытаивания льдистых мерзлых пород и подземного льда.

					Объект и методы исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

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. Экспозиция склона также оказывает влияние на температуру.

По результатам полевых термометрических наблюдений, выполненных скважинах в июле - сентябре 2011 г., температура многолетнемерзлых грунтов в интервале глубин 1 - 10 м изменялась от плюс 1 - 5°C - минус 0,5°C вблизи поверхности до минус 1,2°C -1,9°C - на глубине 8-10 м.

На глубине 10 м температура многолетнемерзлых грунтов в пределах Приленского плато на склонах и вершинах холмов и низких гор составляет минус 1,6 - 1,9°C.

По результатам разовых наблюдений температуры многолетнемерзлых грунтов на глубине 10 метров в ноябре 2014 г изменяется от минус 1,85 °C до минус 0,5 °C. Средняя температура грунта на глубине 10 м минус 1,0 °C.

2.6 Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия в пределах Приленского плато характеризуются сезонным развитием надмерзлотных вод слоя сезонного оттаивания (ССО). В долинах ручьев и рек надмерзлотные воды ССО аккумулируются в моховой подушке и торфе от 0,1- 0,4 м, а также в аллювиальных отложениях - в песках и в супеси пластичной на глубине 0,2-2,2 м. Надмерзлотные воды ССО имеют временный характер распространения и развиты в летний период. Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и оттаивания сезонно-мерзлых грунтов. Движение подземного потока совпадает с направлением поверхностного стока, т.е. к долине р. Кедерги, ручья Куталах и р.Лена и далее - по уклону долин.

В холодный период года при полном смыкании сезонно-талого слоя с многолетнемерзлой толщей надмерзлотные воды полностью перемерзают.

В процессе строительства ожидается нарушение лесного и почвенно-растительного покрова, изменение теплового поля и повышение температуры грунтов,

					Объект и методы исследования	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

изменение их плотности и влажности в сфере взаимодействия с проектируемыми объектами. В связи с этим возможно повсеместное формирование надмерзлотных вод ССО в теплый период года, а также на участках надпойменных террас и пойм рек в интервале глубин 0-3 м. На холмистой территории ожидается увеличение гидродинамического давления у подошвы склонов и в ложбинах. В местах разгрузки подземных вод увеличивается дебит родников, что в зимнее время может сопровождаться образованием наледей, а в летний период на участках подрезки склонов возможны оползни.

Основным источником питания горизонта являются атмосферные осадки. Водоносный горизонт в основном безнапорный, реже с местным напором в 0,5-2,0 м. Напор обусловлен присутствием в кровле водоносных отложений слабопроницаемых грунтов и сезонномерзлых грунтов. Разгрузка осуществляется в местную гидрографическую сеть.

При проведении изысканий отобрано 1 проба подземной воды. По химическому составу вода гидрокарбонатная кальциево-магниевая смешанного катионного состава, пресная с минерализацией 0,2 г/дм³, нейтральная (рН - 7,10), умеренной жесткости (общая жесткость - 3,9 мг-экв/дм³).

Согласно ГОСТ 9.602-2005 (табл. 3, 4), подземные воды по отношению к свинцовым и алюминиевым оболочкам кабеля обладают средней коррозионной агрессивностью.

По степени агрессивного воздействия на бетон нормальной проницаемости марки W4 подземные воды слабоагрессивные (табл. В-3 СП 28.13330-2012), по степени агрессивного воздействия на бетон нормальной проницаемости марок W6, W8 (табл. В-3 СП 28.13330-2012) неагрессивные. Степень агрессивного воздействия подземных вод на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при периодическом смачивании оценивается как неагрессивная (табл. Г-2 СП 28.13330-2012).

Территория в районе компрессорной станции характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, обусловленными многими факторами формирования подземных вод, в первую очередь - тектонического и

					Объект и методы исследования	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

неотектонического, карстового и литологического, неравномерным развитием по площади и в разрезе многолетнемерзлых пород. Район работ относится к Березовскому артезианскому бассейну второго порядка, который является частью обширного Якутского артезианского бассейна.

Режим и химический состав подземных вод во многом определяется положением участка исследований на платформенном крыле Березовской впадины, где наблюдается пологое погружение пород в северо-западном направлении и фациальные изменения, приводящие к появлению в разрезе нижнего кембрия соленосных отложений. Режим подземных вод в значительной мере определяет наличие в районе толщи многолетнемерзлых пород, мощность которых достигает 100 м.

Надмерзлотные воды приурочены к деятельному слою, мощность которого изменяется от 0,5 до 3 м. Направление движения вод обусловлено рельефом местности. По химическому составу воды деятельного слоя относятся к гидрокарбонатным кальциевым с минерализацией до 0,2-0,3 г/л. Подрусловые воды крупных рек (Лены, Олекмы) также относятся к надмерзлотным. Это пресные воды с минерализацией 0,10-0,2 г/л, с гидрокарбонатным кальциевым составом.

Межмерзлотные воды залегают в сквозных таликах под руслом р. Лены и её крупных притоков. Воды вскрыты скважинами на Солянском участке, обладают незначительной минерализацией и гидрокарбонатно-хлоридным натриевым составом.

Подмерзлотные воды характеризуются большим разнообразием химического состава, так как их формирование обусловлено составом вмещающих пород.

Основным источником питания трещинных и трещинно-карстовых вод являются атмосферные осадки, поверхностный склоновый сток с участков водосбора, речные воды, приток из смежных водоносных горизонтов. В питании этих вод также могут принимать участие воды, поднимающиеся по трещинам в зонах разломов.

					Объект и методы исследования	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Многолетнемерзлые породы, залегающие на глубинах 0,5-3,0 м, препятствуют развитию неглубокого карста в существующих природных условиях. Межмерзлотные воды в пределах территории строительного освоения не изучались.

2.7 Геотехническая оценка площадки КС

В геологическом строении принимают участие карбонатные отложения метегерской свиты, мергели, алевролиты и доломиты верхоленской свиты верхнего кембрия, перекрытые плиоцен-нижнечетвертичным аллювием и маломощным чехлом делювиально-солифлюкционных отложений. На глубину пробуренных скважин (10,0 - 22,0 м), принимают участие четвертичные делювиальные отложения. С поверхности эти грунты перекрываются почвенно-растительным слоем мощностью 0,1 - 0,2 м.

Геокриологические условия площадок характеризуются сплошным развитием многолетнемерзлых грунтов, мерзлота сливающегося типа, среднегодовыми температурами от минус 2,5 до минус 0,5°С и мощностью мерзлой толщи от 20 до 100 м. Формации коренных пород представлены мергелями и доломитами.

Верхняя часть разреза представлена слоем сезонного протаивания-промерзания, мощностью 0,5-2,60 м, сложенного преимущественно глинистыми разностями, как талыми, так и мерзлыми. Остальная часть разреза сложена мерзлыми грунтами. Наибольшее распространение имеют глинистые грунты, немного реже встречаются песчаные разности. Щебенистый грунт залегает в нижней части разреза и имеет наименьшее распространение.

Согласно данным термометрических замеров, температура грунтов на глубине 10 м изменяется от минус 0,59°С до минус 2,00°С.

По данным химических анализов водных вытяжек грунты на площадке незасоленные. Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к углеродистой стали - высокая. Степень коррозионной агрессивности грунтов к

					Объект и методы исследования	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

свинцовой оболочке кабеля от низкой до средней, к алюминиевой - от низкой до высокой.

Согласно СП 28.13330-2012 степень агрессивного воздействия грунтов на металлические конструкции выше уровня подземных вод - слабоагрессивная.

При техногенной нагрузке (изменении водно-теплового режима в результате нарушения растительного покрова, планировки рельефа, возможных утечек промышленных вод и т.д.) возможна активизация карстового процесса и термокарста.

По степени чувствительности к техногенным воздействиям на активизацию карста, процесс относится к естественно-техногенному, т.к развивается при существенном влиянии как естественных, так и техногенных факторов.

К числу таких воздействий могут быть отнесены следующие:

- применение взрывных работ при прокладке траншеи;
- значительный разрыв во времени с момента вскрытия траншеи и укладки трубы до засыпки траншеи;
- разрушение почвенно-растительного покрова при строительстве, что влечет за собой резкое увеличение глубины сезонного протаивания;
- вибро-динамические нагрузки в процессе строительства и эксплуатации трубопровода и сооружений инфраструктуры;
- изменение температуры грунтов в зоне прокладки трубы газопровода.

2.8 Опасные природные процессы и явления

Важными факторами, влияющими на условия строительства и эксплуатации проектируемых сооружений являются экзогенные геологические процессы и явления. Проявление современных экзогенных процессов и их распространение обусловлено геокриологическими особенностями района, рельефом, влияющим на условия дренированности и увлажненность поверхности, климатическими факторами, растительным покровом, условиями теплообмена, геологическим строением, генезисом литологических разностей грунтов, гидрологическими условиями и др.

					Объект и методы исследования	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

К факторам, влияющим на изменение природных условий при хозяйственной деятельности человека, относятся: уничтожение почвенно-растительного слоя, вырубка леса, искусственное ухудшение дренированности территории, изменение естественного стока поверхностных вод (временных водотоков и атмосферных осадков), изменение базиса эрозии водотоков (создание плотин, регулирование естественного русла и т.д.), тиксотропные свойства грунтов.

					Объект и методы исследования	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Из всей территории Российской Федерации площадью немногим более 17 млн. км² примерно 11 млн. км², то есть около 65%, занято многолетнемерзлыми горными породами, формируя обширную криолитозону.

К важнейшим особенностям проектирования, строительства и эксплуатации зданий и инженерных сооружений в криолитозоне относится необходимость учитывать и регулировать теплообмен грунтов с этими зданиями и сооружениями, а также с внешней средой. При освоении территории изменения температурного и влажностного режимов грунтов, особенно с переходом температур через 0°C, вызывают изменения состава, строения и свойств грунтов, прочности, несущей способности и сжимаемости мерзлых пород, напряжения и деформации пучения и осадки в промерзающих и протаивающих породах, разрабатываемости мерзлых пород при горных работах, интенсивности развития термоэрозии, наледей, термокарста, солифлюкции и других криогенных процессов и явлений. Это может привести к значительным разрушениям и деформациям строящихся и эксплуатируемых зданий и инженерных сооружений, а также необратимым негативным последствиям для окружающей природной среды.

Около 30% всего жилого фонда на российском арктическом побережье составляют деформированные здания, многие из которых находятся в непроектном или аварийном состоянии. Потери на ремонт и реконструкцию поврежденных зданий составляют около 10% их стоимости. Основные причины деформаций – это осадки многолетнемерзлых грунтов (ММГ) при оттаивании

					<i>Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции в условиях многолетнемерзлых грунтов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Колесов А.Н.			<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Бурков П.В.					92	124
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ ИПР ТХНГ гр. 2БМ4А		
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко А.В.						

или их пучение при промерзании.

В данном дипломном проекте рассматривается термостабилизация грунтов компрессорной станции на многолетнемерзлых породах, предназначенный для охлаждения и/или замораживания грунта; для поддержания несущей способности грунта, для предотвращения образования термокарста и выпучивания.

5.2 Расчет затрат на реализацию проекта

Одним из основных показателей при расчете экономической эффективности являются капитальные затраты. Они состоят из двух составляющих: капитальные вложения на проектирование и капитальные вложения на реализацию проекта.

Капитальные вложения на проектирование и термостабилизации грунтов составляют:

$$K_{пр} = 3\,000\,000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на реализацию проекта включает:

- 1) затраты на приобретение оборудования (табл. 3);

Таблица 3 – Стоимость оборудования на термостабилизации грунта для здания лабораторного корпуса и для газоперекачивающего агрегата

Наименование оборудования	Един. изм.	Кол.	Цена за единицу, руб.	Всего, руб.
Сезонно-охлаждающее устройство СОУ50.М2/32.0	шт.	6	146 206	877 236
Блок конденсаторный вертикальный БК 00.000	шт.	1	628132	628132
Рама опорная Роп.2.00.000	шт.	1	225249	225249
Трубы охлаждающие ТС33.7-01.001	м.	100	359	35 900
<i>Итого (K_{об})</i>				1 766 517

2) транспортные затраты на доставку оборудования составляют 5 % от стоимости оборудования:

$$K_{\text{тр}} = 0,05 \times 1\,766\,517 = 88\,325,85 \text{ руб.};$$

3) заработные платы за монтаж нового оборудования работникам организации представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Заработная плата работникам на монтаж оборудования

№ п/п	Должность	Числ.	Продолжительность работы, дней.	Заработная плата в ден с районным коэффициентом 1.7 и северными надбавкам 1.8, руб.	Заработная плата за весь период работы руб.
1	Мастер	1	10	2 800	28 000
2	Электрогазосварик 5-го разряда	1	10	2 700	27 000
3	Слесарь	1	10	2 500	25 000
4	Крановщик	1	10	2 300	23 000
				<i>Итого(K_{зар})</i>	123 000

4) страховые взносы во внебюджетные фонды указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Страховые взносы во внебюджетные фонды

Фонд	Размер взноса от зарплаты, %	Сумма, руб
Пенсионный фонд	22	27 060
Фонд медицинского страхования	5,1	6 273
Фонд социального страхования	2,9	3 567
Страхование от несчастных случаев и производственных заболеваний (класс 1)	0,2	246
<i>Итого (K_{соц})</i>		37 146

5) затраты на сырье и материалы представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Затраты на сырье и материалы

№ п/п	Наименование	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб
1	Затраты на топливо, л	1000	45,3	45 300
2	Сварочные электроды, шт	5 600	5	28 000
3	Антикоррозийное покрытие, кг	10	290	2 900

					Финансовый менеджмент		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			50

4	Бетон, м ³	7	3500	24 500
5	Пеноплекс, м ³	5	1250	6250
			<i>Итого(K_{мат})</i>	106 950

б)затраты на электроэнергию представлены в таблицу 5. Предприятие является производителем электроэнергии, продает ее по себестоимости 6,2 руб/кВт*ч без НДС.

Таблица 7 – Затраты на электроэнергию

№ п/п	Наименование	Продолжительность потребления, ч	Потребление, кВт	Тариф, руб./кВт*ч	Сумма, руб
1	Сварочный аппарат	60	6	6,2	2 232
				<i>Итого(K_{эл})</i>	2 232

Общая сумма капитальных затрат составляет:

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{зар}} + K_{\text{соц}} + K_{\text{мат}} + K_{\text{эл}}, \quad (1)$$

$$K = 3\,000\,000 + 1\,766\,517 + 88\,325,85 + 123\,000 + 37\,146 + 106\,950 + 2\,232$$

$$K = 5\,124\,170,85 \text{ руб.}$$

Таким образом, общая сумма капитальных затрат составила 5 124 170,85 руб.

5.3 Расчет эксплуатационных издержек

Эксплуатационные издержки- это издержки производства, связанные с поддержанием в работоспособном состоянии используемого производственного оборудования, машин и механизмов.

Общая сумма эксплуатационных издержек рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{экс.общ}} = A + Z_{\text{р}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{пр}} \quad (2)$$

1) расчет амортизационных отчислений для оборудования установки термостабилизации грунтов представлен в (табл. 8). Он проведен согласно постановлению Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 06.07.2015) "О Классификации основных средств, включаемых в

					Финансовый менеджмент	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

амортизационные группы".

Таблица 8 – Амортизационные отчисления для оборудования установки термостабилизации грунтов

№	Наименование	Амортизационная группа	Норма амортизации	Сумма амортизации за 1 год, рублей
1	Сезонно-охлаждающее устройство СОУ50.М2/32.0	10 группа	10 %	87 723,6
2	Блок конденсаторный вертикальный БКВ 00.000	8 группа	7,1 %	44 597,372
3	Рама опорная Роп.2.00.000	8 группа	10 %	22 524,9
4	Трубы охлаждающие ТС33.7-01.001	6 группа	7,1 %	2 548,9
			Итого (157 349,772

2) затраты на все виды ремонта, кроме капитального, составляют 2 % от стоимости капитальных затрат:

$$З_p = 5\,124\,170,85 \times 0,02 = 102\,483,417 \text{ руб.}; \quad (3)$$

3) затраты на содержание и обслуживание составляют 3 % от стоимости капитальных затрат:

$$З_{\text{обс}} = 5\,124\,170,85 \times 0,03 = 153\,725,1255 \text{ руб.}; \quad (4)$$

4) затраты на электроэнергию: установленная электрическая мощность установки стабилизации конденсата согласно не более 0,05 кВт/час, исходя из тарифа (6,2 руб/кВт×час без НДС) и из того, что оборудование будет работать 24 часа в сутки и 100 дней (в летнее время) в году затраты составят:

$$З_{\text{эл}} = 24 \times 100 \times 0,05 \times 6,2 = 744 \text{ руб.}; \quad (5)$$

5) прочие затраты составляют 5 % от стоимости капитальных затрат:

$$З_{\text{пр}} = 5\,124\,170,85 \times 0,05 = 256\,208,5425 \text{ руб.} \quad (6)$$

Общая сумма эксплуатационных издержек из формулы 2:

$$З_{\text{экс.общ}} = 157\,349,772 + 102\,483,417 + 153\,725,1255 + 744 + 256\,208,5425$$

$$З_{\text{экс.общ}} = 670\,510,857 \text{ руб.}$$

Таким образом, общая сумма эксплуатационных издержек составило 670 510,857 руб.

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

5.4 Техничко–экономическое обоснование целесообразности разработки устройства

Количественную оценку научного-технического эффекта целесообразно производить с использованием балльно - индексного метода:

$$J_{\text{эту}} = \sum_{i=1}^n B_i \cdot X_i \quad (7)$$

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

n – число рассматриваемых показателей;

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

x_i – относительный показатель качества, устанавливаемый экспертным путем по выбранной шкале оценивания. Используется 10-ти бальная шкала оценивания.

В табл.7 представлено сравнение термостабилизаторов одиночного исполнения с продуктом аналогом для здания лабораторного корпуса. В табл.8 рассматривается сравнение термостабилизирующей ГЕТ-ВЕТ системы с продуктом аналогом для инженерного сооружения газоперекачивающий агрегат.

В таблице 9, приведены показатели оценки эксплуатационно-технического уровня парожидкостного термостабилизатора и продукта-аналога. В качестве продукта-аналога был взят жидкостной термостабилизатор стальной.

					Финансовый менеджмент	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 9 – Эксплуатационно-технический уровень парожидкостного термостабилизатора и жидкостного термостабилизатора.

оказатели параметры.	оценки	Коэф-т весомости В	Парожидкостной термостабилизатор		Жидкостной термостабилизатор	
			Xi	Bi*Xi	Xi	Bi*Xi
Надёжность		0.1	8	0.8	8	0.8
Время безотказно работы		0.1	8	0.8	8	0.8
Энергоэкономичность		0.3	9	2.7	5	1.5
Универсальность		0.2	8	1.6	6	1.2
Простота в обращении		0.1	8	0.8	7	0.7
Эргономичность		0.1	7	0.7	7	0.7
Масса габаритные параметры		0.1	7	0.7	7	0.7

По формуле (7) рассчитаем индекс эксплуатационно-технического уровня для устанавливаемого продукта.

$$J_{разр} = 0.1 \cdot 8 + 0.1 \cdot 8 + 0.3 \cdot 9 + 0.2 \cdot 8 + 0.1 \cdot 8 + 0.1 \cdot 7 + 0.1 \cdot 7 = 8.1$$

Затем по той же формуле рассчитаем индекс эксплуатационно-технического уровня для аналога.

$$J_{анал} = 0.1 \cdot 8 + 0.1 \cdot 8 + 0.3 \cdot 5 + 0.2 \cdot 6 + 0.1 \cdot 7 + 0.1 \cdot 7 + 0.1 \cdot 7 = 6.4$$

$$\frac{J_{разр}}{J_{анал}} = \frac{8.1}{6.4} = 1.265 \quad (7.1)$$

В таблице 10, приведены показатели оценки эксплуатационно-технического уровня парожидкостного термостабилизатора типа ГЕТ-ВЕТ системы и продукта-аналога. В качестве продукта-аналога был взят жидкостной термостабилизатор стальной.

Таблица 10 – Эксплуатационно-технический уровень парожидкостного термостабилизатора типа ГЕТ-ВЕТ системы и жидкостного термостабилизатора.

Показатели оценки параметров.	Коэф-т весомости B_i	Парожидкостной термостабилизатор типа ГЕТ-ВЕТ системы		Жидкостной термостабилизатор	
		X_i	$B_i \cdot X_i$	X_i	$B_i \cdot X_i$
Надёжность	0.1	8	0.8	8	0.8
Время безотказной работы	0.1	9	0.9	8	0.8
Энергоэкономичность	0.3	9	2.7	5	1.5
Универсальность	0.2	8	1.6	6	1.2
Простота в обращении	0.1	8	0.8	7	0.7
Эргономичность	0.1	9	0.9	7	0.7
Масса габаритные параметры	0.1	8	0.8	7	0.7

По формуле (7) рассчитаем индекс эксплуатационно-технического уровня для устанавливаемого продукта.

$$J_{разр} = 0.1 \cdot 8 + 0.1 \cdot 9 + 0.3 \cdot 9 + 0.2 \cdot 8 + 0.1 \cdot 8 + 0.1 \cdot 9 + 0.1 \cdot 8 = 8.5$$

Затем по той же формуле рассчитаем индекс эксплуатационно-технического уровня для аналога.

$$J_{анал} = 0.1 \cdot 8 + 0.1 \cdot 8 + 0.3 \cdot 5 + 0.2 \cdot 6 + 0.1 \cdot 7 + 0.1 \cdot 7 + 0.1 \cdot 7 = 6.4$$

$$\frac{J_{разр}}{J_{анал}} = \frac{8.5}{6.4} = 1.328 \quad (7.2)$$

Из проведённых расчётов (7.1) и (7.2) можно сделать следующие выводы. Устанавливаемое оборудование является экономически эффективными, что следует из улучшения относительных показателей характеристики продукта. Разрабатываемый научно-технический продукт имеет более высокий показатель эксплуатационно-технического уровня по сравнению с продуктом-аналогом.

					Финансовый менеджмент	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 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, в качестве примера взята территория Олекминского района Республики Саха (Якутия). 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.

6.1 Профессиональная социальная 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

					<i>Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции в условиях многолетнемерзлых грунтов</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Колесов А.Н,			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Бурков П.В.				101	124
<i>Консульт.</i>					НИ ТПУ ИПР ТХНГ гр. 2БМ4А		
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко А.В.					
					<i>Социальная ответственность</i>		

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 12.0.003–74 (с измен. № 1, октябрь 1978 г., переиздание 1999 г.)». Название вредных и опасных производственных факторов в работе соответствуют приведенной классификации. Определены название характерных видов работ и вредных производственных факторов (ОВПФ).

Таблица 11 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении термостабилизации грунтов компрессорной станции в криолитозоне.

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Бурение скважин под сваи и термостабилизаторы	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны в темное время суток	1. Электрический ток	ГОСТ 12.0.003-74 [12]
Установка сваи и термостабилизатора на пробуренной скважине	2. Превышение уровней шума и вибрации	2. Электрическая дуга и металлические искры при сварке	ГОСТ 12.1.003-83 [14] ГОСТ 12.1.012-90 [16] ГОСТ 27409-97 [26]
Погрузочно-разгрузочные работы	3. Отклонение показателей климата	3. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [30] ГОСТ Р 22.0.06-95 [33]
Укладка теплоизолирующего материала на основании сооружения	4. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися	4. Пожароопасность	СП 1.13130.2009 [47] СП 2.13130.2012 [49] СП 51.13330.2011 [53]
Сварочно-монтажные работы установки каркаса на фундамент	5. Природные явления в условиях распространения многолетнемерзлых пород, такие как оползни и сели		СТО Газпром 18000.1-00 2014 [55]

Примечание: Пожароопасность описана в 3.1 как ЧС

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

1. Недостаточная освещенность рабочей в темное время суток

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:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{F \cdot \eta}$$

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;

$z = E_{\text{ср}} / E_{\text{мин}}$ - 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.

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

					Социальная ответственность	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 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.

2. Превышение уровней шума и вибрации

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 12.

					Социальная ответственность	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 12 – 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;

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

1. по способу передачи вибрации на человека;
2. по направлению действия вибрации;
3. по временной характеристике вибрации.

Защита от вибрации:

- применяют рукавицы или перчатки следующих видов: со специальными виброзащитными упруго-демпфирующими 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]

3. Отклонение показателей климата

Работы, выполняемые на установку термостабилизаторов происходят на открытых площадках. Климат на территории Республики Саха (Якутия) резко-континентальный, 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;
- 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.

					Социальная ответственность	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. 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. 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]

6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

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

					Социальная ответственность	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 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.

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.

					Социальная ответственность	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 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]

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]

6.2 Экологическая безопасность

Для организации охраны окружающей среды от негативного воздействия при строительстве компрессорной станции с применением технологии термостабилизации грунтов первоочередной задачей является определение

					Социальная ответственность	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

конкретных источников негативного воздействия на основные элементы окружающей природной среды рассматриваемой территории – на земельные ресурсы, растительность, атмосферный воздух.

В таблице 13 представлены источники негативного воздействия и природоохранные мероприятия

Таблица 13 – 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. Соблюдения 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 земли согласно
	Засорение почвы производственными отходами	Вывоз и захоронение производственных отходов
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)
Воздушный бассейн	Выбросы: - пыль при отсыпке грунтовых оснований; - выхлопные газы двигателей транспорта; - выбросы загрязняющих веществ при пусках установок при продувке аппаратов, технологического оборудования; - залповые выбросы загрязняющих веществ при сбросах на продувочные свечи и факела.	Мероприятия согласно пособию к СНИП 11-01-95 от 01.01.1970 [10]. Планировочные мероприятия: - размещение объектов и предприятия на площадке таким образом, чтобы исключалось попадание дымовых факелов на селитебную зону; - рациональное расположение заслона между жилым районом и предприятием в виде горно гряды, леса и т.д.; - устройство санитарно-защитной зоны. Технологические мероприятия: - кооперацию проектируемого объекта с другими предприятиями с целью уменьшения количества "грязных производств" на предприятии;

		<ul style="list-style-type: none"> - использование более прогрессивной технологии по сравнению с применяющейся в других предприятиях для получения той же продукции; - увеличение единичной мощности агрегатов при одинаковой суммарной производительности; - применение в производстве более "чистого" вида топлива; - применение рециркуляции дымовых газов; внедрение наиболее совершенной структуры газового баланса предприятия, обеспечивающей оптимизацию распределения топлива между технологическими агрегатами с целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сгорания и т.п. <p>Специальные мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сокращение неорганизованных выбросов; - очистка и обезвреживание вредных веществ из отходящих газов; - улучшение условий рассеивания выбросов.
--	--	--

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В районе деятельности возможно возникновение следующих видов чрезвычайных ситуаций:

1. техногенного характера:
 - 1) *пожары (взрывы);*
2. природного характера;
 - 1) 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]

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.

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

Для соблюдения противопожарной безопасности на территории строительства площадки необходимо выполнять требования:[49, 54]

- запрещается курить на территории проведения строительно-монтажных работ.

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.

6.4 Законодательное регулирование проектных решений

Эффективность любого производственного процесса будет тем выше, чем рациональнее будут рассчитаны необходимые затраты времени на

					Социальная ответственность	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

производство единицы продукции (выполнение работы) 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 и 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.

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:

					Социальная ответственность	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 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 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[2].

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].

					Социальная ответственность	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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;

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	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

На сегодняшний день одним из наиболее применяемых и эффективных методов инженерной защиты КС в криолитозоне является применение технологии и технических средств термостабилизации грунтов оснований. Однако методический подход к прогнозу и принятию оптимальных проектно-технических решений, а также теоретическое обоснование применения данной технологии и охлаждающих устройств для ее реализации в полной мере не отражены в современной научно-технической и нормативной литературе.

В процессе решения поставленными целями и задачами были сделаны следующие основные выводы:

1. Установлен подход к принятию оптимальных проектно-технических решений по обеспечению устойчивости оснований для повышения эксплуатационной надежности КС с применением технологии и технических средств термостабилизации грунтов оснований. Он основан на формировании единой базы данных всех объектов литотехнической системы, прогнозом моделировании их теплового и механического взаимодействия с учетом баз данных подсистем, а также расчетном и методическом обосновании решений по инженерной защите и термостабилизации грунтов.

2. По результатам моделирования теплового и механического

					<i>Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции в условиях многолетнемерзлых грунтов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Колесов А.Н.</i>			<i>Заключение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Бурков П.В.</i>					116	124
<i>Консульт.</i>						<i>НИ ТПУ</i>	<i>ИПР</i>	
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Рудаченко А.В.</i>				<i>ТХНГ</i>	<i>гр. 2БМ4А</i>	

взаимодействия в системе «опоры КС - ММГ» были выявлены следующие особенности:

а) «Теплые» сваи основы КС формируют ореол талых грунтов вокруг околосвайного пространства, внутри которого развивается процесс оттаивания грунтов, их разуплотнения и т.д. При наличии льдистых грунтов активизируется процесс термокарста с последующей осадкой грунтов и обводнением, что впоследствии ведет к искривлению сваи.

«Обратное» промораживание участков талых грунтов (при отрицательной температуре транспортируемого газа) приводит к развитию процесса пучения грунтов и выпучиванию сваи. При этом под нижней образующей трубы в зоне максимальной миграции влаги процесс пучения идет интенсивней, что приводит к выпучиванию сваи.

Вне зависимости от температуры сваи КС при сезонном промерзании-оттаивании грунтов возможны следующие изгибные деформации трубопровода:

- при промерзании сверху ледяной массив, образующийся и смерзающий с верхней образующей сваи, продавливает сваю в нижележащие талые слои грунта;
- при оттаивании в весенний период в условиях нахождения верхней образующей сваи в талых грунтах избыточное давление на нижнюю образующую сваю, формируемое за счет мерзлых грунтов, приводит к выдавливанию сваи на дневную поверхность.

б) 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.

в) При проводимых прогнозных расчетах необходимо наиболее полно учитывать всю ИГБД, в т.ч. наличие засоленности и содержание незамерзшей воды. Содержание незамерзшей воды в грунте увеличивается при наличии

					Заключение	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

засоления. Отсутствие данного параметра при проводимых расчетах может дать погрешность результатов в 1°С, что недопустимо при наличии засоленных мерзлых грунтов и «вялой» мерзлоты (состояние близкое к фазовому переходу).

Промораживание засоленных ММГ приводит к отжатию солей в нижележащие слои грунтов и формированию высоконапорных рассолов - криопэггов, крайне негативно влияющих на несущую способность фундаментов, что необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов обустройства ГТС.

г) Основными геокриологическими процессами, негативно влияющими на устойчивость оснований и эксплуатационную надежность КС, являются:

- термокарст;
- пучение грунтов и выпучивание свай.

д) Результаты расчетов максимального потенциального негативного воздействия геокриологических процессов на сваи показали, что максимальные напряжения в трубе могут значительно превышать предел текучести материала и находятся в зоне пластических деформаций.

Наиболее негативным процессом по напряжениям в трубе и ее перемещениям, проявляющимся в реальных условиях, является процесс пучения грунтов. Расчетные напряжения трубы при фактических природных нагрузках от пучения в 5 раз превышают аналогичные напряжения.

4. Рассмотрена сравнительная оценка эффективности технологии и технических средств термостабилизации грунтов оснований.

5. Обоснование оптимизационных проектных решений по инженерной защите с применением технологии и инновационных технических средств термостабилизации грунтов оснований основано на сравнительных теплотехнических прогнозных расчетах и должно учитывать весь спектр особенностей различных типов термостабилизаторов. Приведенные в работе практические примеры обоснования проектных решений и их реализация

					Заключение	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

имеют научную значимость для специалистов соответствующих областей проектирования.

Для оценки эффективности работы ТС-ДТ следует использовать следующие характеристики: внутреннее термическое сопротивление; наружное термическое сопротивление в зоне испарителя; термическое сопротивление зоны конденсации; время выхода на рабочий режим (время самозапуска); средний темп замораживания грунта в первый месяц работы; градиент температуры по длине ДТ; коэффициент эффективности охлаждения. Таким образом, для решения задач активной термостабилизации грунтовых и свайных оснований объектов, сооружаемых в районах распространения ММГ, можно рекомендовать использование только термостабилизаторов, изготавливаемых на основе двухфазных термосифонов.

Применение инновационных технологий и технических средств термостабилизации на засоленных многолетнемерзлых грунтах позволяет увеличивать несущую способность оснований в 1,5 - 2 раза и, тем самым, обеспечивает устойчивость системы и эксплуатационную надежность объектов ГТС.

					Заключение	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список литературы

1. 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
2. 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
3. Борисов А.Б. Комментарий к Трудовому Кодексу Российской Федерации. – М.: Книжный мир, 2013
4. Вааз С.Л., Седелкин В.М. Охлаждение и растепление грунта с помощью термосвай // Газовая промышленность. 2006. №11
5. Вайсбурд В.А. Экономика труда. – М.: Омега, 2011
6. Васильев Л.Л., Вааз С.Л. Замораживание и нагрев грунта с помощью охлаждающих устройств. Минск: Наука и техника
7. Гончаров Ю.М., Таргулян Ю.О., Вартанов С.Х. Производство свайных работ на вечномёрзлых грунтах. С.–Петербург. 2001
8. Роман Л.Т. «Механика мерзлых грунтов». М.: МАИК «Наука / Интерпериодика», 2002
9. Хрусталева Л.Н. «Основы геотехники в криолитозоне», МГУ, 2005
10. "Пособие к СНиП 11-01-95 по разработке раздела проектной документации "охрана окружающей среды"
11. «Руководства по бетонированию фундаментов и коммуникаций в вечномёрзлых грунтах с учетом твердения бетона при отрицательных температурах»

					<i>Термостабилизация грунтов при строительстве компрессорной станции в условиях многолетнемерзлых грунтов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Колесов А.Н.</i>				<i>Список литературы</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Бурков П.В.</i>					120	124	
<i>Консульт.</i>								
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Рудаченко А.В.</i>							
					НИ ТПУ		ИПР	
					ТХНГ		зр. 2БМ4А	

12. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
13. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
14. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности
15. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
16. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования
17. ГОСТ 12.1.030-96 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
18. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
19. ГОСТ 12.2.007-03 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
20. ГОСТ 12.4.002-74 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования
21. ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
22. ГОСТ 12.4.026-76* ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности
23. ГОСТ 12.4.046-78 ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты
24. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
25. ГОСТ 25100-95. «Грунты. Классификация»
26. ГОСТ 27409-97 Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования
27. ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований»
28. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»
29. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

					Список литературы	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

30. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатуры видов защиты
31. ГОСТ Р 12.4.296-2013. Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных)
32. ГОСТ Р 22.0.03. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации
33. ГОСТ Р 22.0.06-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы. Номенклатура параметров поражающих воздействий.
34. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности
35. ЕСУНТ. Единая система управления нормирование труда в ОАО «Газпром»
36. ЕСУОТ. Единая система управления охраной труда в ОАО «Газпром»
37. Постановление Правительства РФ от 30.06.2007 N 417 (ред. от 14.04.2014) "Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах"
38. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (в редакции от 06.04.2016 г.)
39. ПРИКАЗ от 9 декабря 2009 г. №970н «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением»
40. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
41. РСН 31-83 «Нормы производства инженерно-геологических изысканий для строительства на вечномёрзлых грунтах»
42. РСН 67-87 «Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномёрзлых грунтов численными методами»

					Список литературы	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

43. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
44. СНиП 11-4-79. Естественное и искусственное освещение
45. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах
46. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты
47. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы
48. СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»
49. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты
50. СП 22.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»
51. СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты»
52. СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов»
53. СП 51.13330.2011 Склады, требования пожарной безопасности
54. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Требования пожарной безопасности (с Изменением N 1)
55. СТО Газпром 18000.1-001-2014 Единая система управления охраной труда и промышленной безопасностью в ОАО «Газпром»
56. Баясан Р.М., Иванов С.И., Голубин С.И. Возведение фундаментов типа "полы по грунту" на засоленных грунтах Бованенковского НГКМ // Инженерная геология. 2010г.
57. Баясан Р.М., Баясан Т.В., Голубин С.И., Лялин А.В., Пустовойт Г.П. Применение инновационных технологий и технических средств термостабилизации на засоленных грунтах Бованенковского НГКМ полуострова Ямал // Материалы Четвертой конференции геокриологов России. Т.3. - МГУ, 2011 г.

					Список литературы	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

58. 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.

59. Баясан Р.М., Баясан Т.В., Пустовойт Г.П., Голубин С.И., Цеева А.Н. Инновационные технические решения по термостабилизации многолетнемерзлых пород при строительстве в криолитозоне // Материалы IX Международного симпозиума «Проблемы инженерного мерзлотоведения». 2011 г.

60. Баясан Р.М., Лобанов А.Д., Баясан Т.В., Лобанов М.А., Голубин С.И., Пустовойт Г.П. Разработка, создание и внедрение длинномерных составных двухфазных термосифонов. // VIII Minsk International Seminar “Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources”, Minsk, Belarus, 2011г.

					Список литературы	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А
(обязательное)

Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке

Thermal stabilization of soil during the construction of compressor stations in the conditions of permafrost

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4А	Колесов Александр Николаевич		

Консультант кафедры ТХНГ:

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

Консультант-лингвист кафедры ИЯП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИЯП	Уткина Анна Николаевна	к.ф.н., доцент		

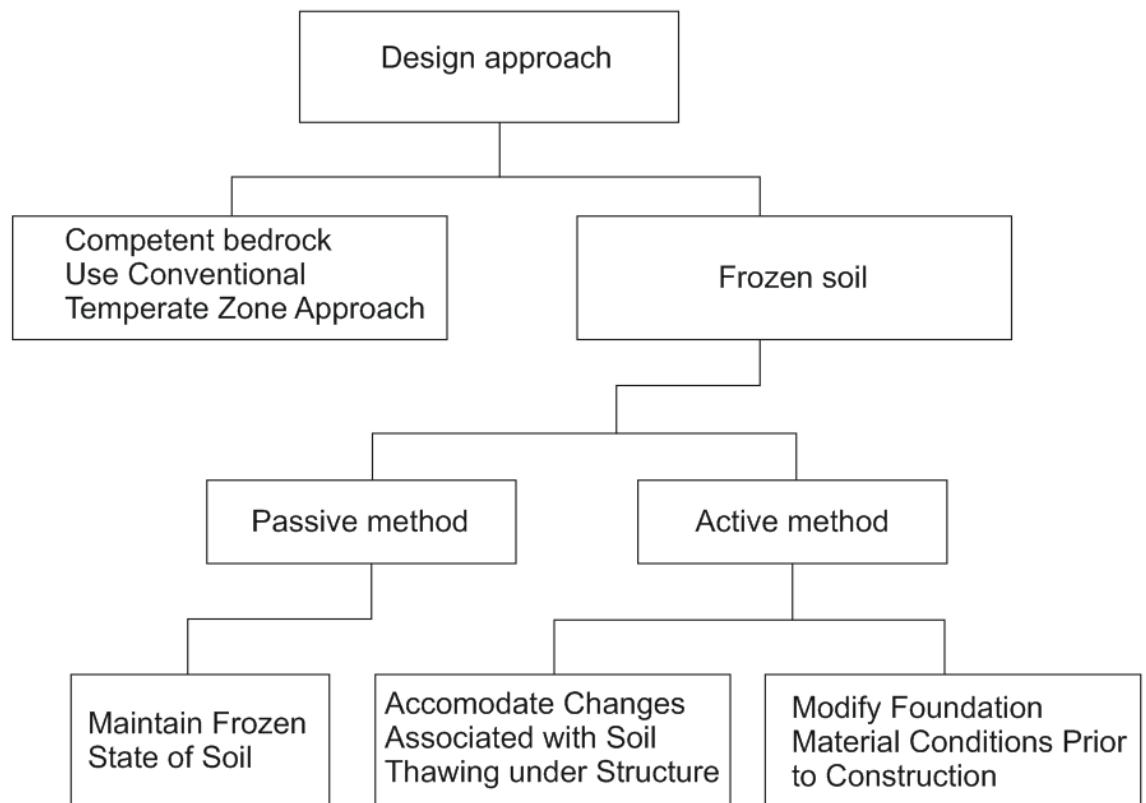
Climate Change and Foundations of Buildings in Permafrost Regions

Design Approaches for Permafrost Regions

The impact of climate change on the integrity of structures built on permafrost has been widely discussed (US Arctic Research Commission 2003; ACIA 2005). The problem is twofold. Firstly, it is a prediction of behavior of existing buildings, and secondly, it concerns approaches to design for future conditions. Both are very difficult for design engineers to solve, because of uncertainties involved in existing climatic models and the wide range of results predicted by different climate change models. To predict climate-change impact on existing buildings, it is necessary to assess the thermal regime of the permafrost beneath the buildings, the factor of safety implemented in the designs, and change in the bearing capacity of foundations during the service life of the buildings.

Design engineers do not operate with definitions like “possible, very likely, likely to” and so on. It would be easier for engineers if the result of climate-change discussion could produce a quantitative method which could be used for design. The discussion of climate-change impact on structures in permafrost regions requires a thorough analysis of existing design approaches and of existing methods of maintenance of conditions expected in design. It also requires an analysis of current causes of existing damage to infrastructure, and understanding of their relevance or irrelevance to climate change. The most extensive engineering studies of permafrost as a base for buildings and structures were accomplished in Russia and Northern America between the 1950s and the 1970s. They led to development of design approaches and supporting engineering means.

Fig. 25. Main design approaches for permafrost (based on Johnston 1981, Technical Manual 1983)



Although engineering means to control permafrost are constantly improving, the main approaches to design for permafrost conditions remain the same. These approaches are shown in Fig.25. The two main approaches, “passive” and “active”, bear names given in Russia in the 1930s and were brought to Western knowledge by Muller. In Russia they are known as Principle I (use of soil in the base of structures in its permanently frozen state) and Principle II (use of soil in thawing or thawed state). The Technical Manual calls them design alternatives. They are not. An alternative implies another choice. Unfortunately, in most cases accommodation of changes associated with soil thawing under structures can not be implemented as an alternative to maintenance of the frozen state of soil.

Passive Method - Maintain Frozen State of Soil

This method is the main one used in the permafrost regions, but it was not fully appreciated or widely used until the 1950s after a long period of unsuccessful attempts to accommodate changes associated with permafrost thawing under

structures. Numerous buildings on permafrost experienced substantial deformations because of thawing of permafrost and thaw subsidence of foundation bases. This has happened throughout the entire Russian permafrost region when methods based on accommodation of changes related to thawing permafrost were mainly applied. Even with the relatively low ice content of the silty clays in Vorkuta, many buildings have been destroyed. Engineering means used for preservation of permafrost under buildings greatly reduced the percentage of deformed buildings.

This method is the only one which can protect structures from excessive deformations associated with thawing of ice-rich fine soils. Foundations built according to this method bear heavy load, have minimal settlement, and can be easily protected from frost heave.

The method is generally recommended for areas with a permafrost temperature of -3°C and below. "As a rough guide, the situation should be critically evaluated when the mean ground temperature is warmer than about -3°C , if the ground is to be maintained in a frozen condition. The first Russian building code for survey, design, and construction of railroads and their infrastructure in the permafrost regions recommended the active method as technically sound and economical in areas with warm permafrost (temperature above -3°C). Permafrost in the town of Skovorodino was the first example of a place recommended for application of this method.

Successful applications of the passive method in areas with warm permafrost in Russia, such as Chita, Vorkuta, Igarka, and Skovorodino, and many others, showed that the passive method can be used in regions with warm permafrost.

There are several engineering means for maintaining frozen soil beneath buildings, and ventilated air space (crawl space) beneath elevated buildings is the most widely used. In Alaska and Canada this space is usually completely open, in Russia it is ventilated through relatively small openings (vents) in a foundation wall or a wall beam. The total area of openings is evaluated by using the so-called modulus of ventilation (MV), which is the ratio of the total area of openings to the footprint of a building. For buildings with the open crawl space, the MV is equal to the height of a crawl space multiplied by its perimeter. The Russian building code

and some other sources provide methods evaluating MV. Saltykov presented a table which can be used for preliminary evaluation of the MV (Table 14).

Design of ventilated crawl space in Russia has traditionally aimed at two goals. The first is to keep the soil beneath the buildings in the frozen state, and the second is to provide a comfortable temperature at the floor above the ventilated crawl space with minimal thermal insulation to reduce its cost. The MV approach reflects both these goals.

Table 14 – Recommended modulus of ventilation (based on Saltykov 1959)

Thermal resistance of structure above crawl space ($m^2h^{\circ}C\text{ kkai}^{-1}$)	Indoor air temperature ($^{\circ}C$)	Modulus of ventilation for permafrost zones		
		Northern	Central	Southern
1	15	0.0025-0.005	0.005-0.02	0.02-0.03
	30	0.0075-0.015	0.015-0.05	0.05-0.08
2	15	0.0015-0.003	0.003-0.01	0.01-0.015
	30	0.0035-0.007	0.007-0.02	0.02-0.03
3	15	0.0008-0.002	0.002-0.006	0.006-0.009
	30	0.002-0.0035	0.0035-0.01	0.01-0.015

In Norilsk (northern permafrost zone), ventilation of the crawl space is designed with an MV ranging from 0.00225 to 0.004. For example, for a building 50 m by 20 m in Norilsk, if thermal resistance over the crawl space is equal to $3\text{ m}^2\text{ h}^{\circ}C\text{ kkai}^{-1}$ and air temperature in rooms on the first floor is equal to $15^{\circ}C$, the total area of opening for ventilation of the crawl space can be between 0.8 m^2 and 2 m^2 .

Thermal resistance of insulation above ventilated crawl spaces in Russia is 3–5 times smaller than required in Alaska. As a result, mean air temperature in the crawl space is intentionally kept warmer than it could be in an open crawl space, and resources in chilling permafrost remain unused when MV depends on thermal resistance of the floor above the crawl space. Such an approach in reaching two competing goals has been implemented in Russian building codes for permafrost regions. This approach is at least questionable and some Russian arctic engineers do

not support it. According to Dokuchaev: "Preference should be given to an open crawl space because open crawl space guarantees low permafrost temperatures. Money saved on wall beams around the crawl space could be spent on increased thermal insulation".

There is one more disadvantage of the ventilated crawl space with small vents. It is not easy to observe and, thus, does not allow for easy inspection. Leaks in water or heating lines, which are usually attached to the ceiling of the crawl space, can remain undetected for a long time and badly damage frozen foundation soils before detection.

Fig. 26. Change in soil temperature under shoe factory in Yakutsk (based on Voytkovsky 1968)

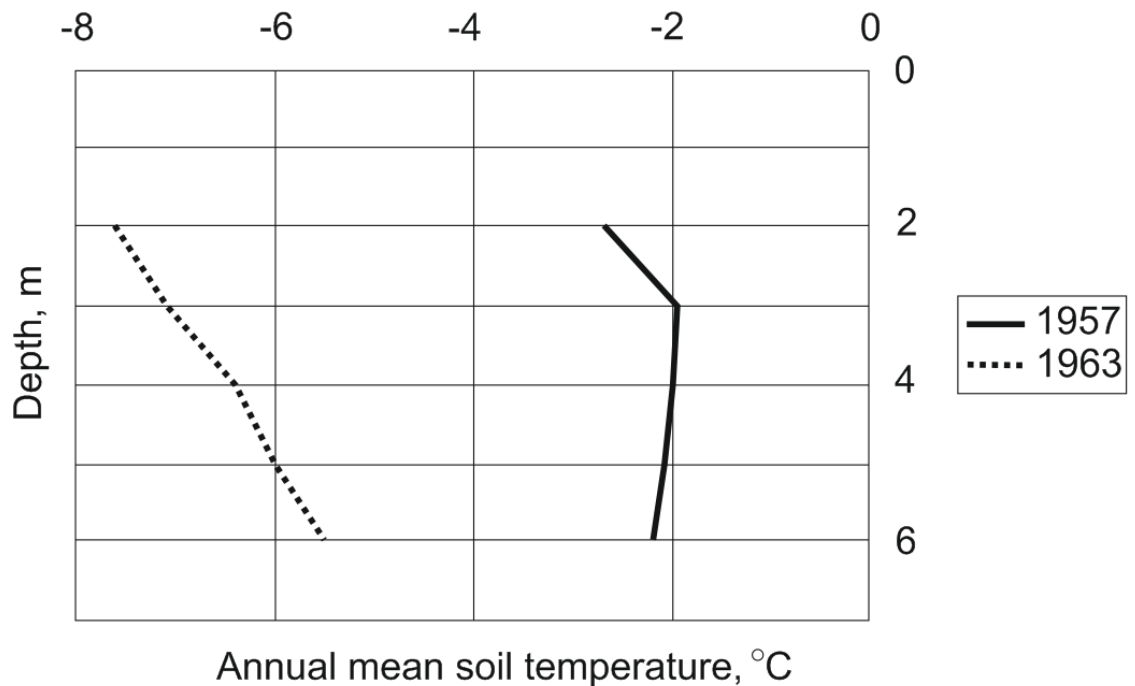


Figure 26. Shows a decrease in permafrost temperature in an effectively ventilated crawl space over a 6-year period in Yakutsk, Russia. The gradient in annual mean soil temperature in 1963 showed that the decrease in soil temperature continued.

An effectively ventilated crawl space reduces permafrost temperature by several degrees. It occurs during the years after construction, and can not be taken into account by design if preliminary cooling of soil prior to construction has not been

applied. Design relies on permafrost temperatures during construction. Decrease of permafrost temperature under a crawl space during the service life of a building increases the Factor of Safety for the bearing capacity of foundations.

Cooling of permafrost beneath a crawl space takes years, and consequently bearing capacity of soils and foundations increases with time. The Russian Building Code requires a decrease of soil temperature of plastic frozen soils to about -2 to -3°C . To take the advantage of such cooling into account, soil temperature should be reduced prior to construction or during construction of foundations. The simplest way is to plow snow from a site for several years prior to construction and thermally insulate the soil surface in summer. Soil can be also chilled through pipes used as piles or through holes used for the installation of piles.

A ventilated open crawl space provides a continuous decrease in permafrost temperatures and increases design bearing capacity of permafrost up to two-fold (Table 15). As a result, an increase permafrost temperature by several degrees due to climate change or other factors can take place without any impact on the structure integrity, and a potential climate change impact would affect buildings with open crawl spaces much later than buildings with crawl spaces with openings designed according to MV.

Table 15 – Increase in bearing capacity of piles during service life (based on Lukin 1966)

Design characteristics	Building 1		Building 2		Building 3	
	1950	1963	1959	1963	1958	1963
Embedding of piles in permafrost (m)	4	5	4	5	4	5
Average design temperature along a pile ($^{\circ}\text{C}$)	-2.8	-3.4	-1.2	-2.1	-1.5	-2.2
Design temperature at the tip of pile ($^{\circ}\text{C}$)	-3.6	-5	-1.6	-3.1	-2.1	3.2
Pile bearing capacity (T)	100	140	60	100	55	106
Increase in bearing capacity during service life (%)		40		67		92

Permafrost temperature under outer walls determines the properties of soils used in structural design, and it is a function of permafrost temperatures beneath and outside of the building. This temperature can be decreased by several methods, such as the use of thermal piles, thermal insulation of soil outside a building, snow-plowing around a building, and a combination of these methods. A combination of open crawl space with heat pipes associated with piles and summer seasonal thermal insulation can keep soil in a frozen state even when the mean annual air temperature is a few degrees above 0°C.

Contemporary methods of frozen ground engineering have powerful means to protect the frozen state of permafrost in a wide range of climatic conditions.

Although general approaches to design for permafrost conditions are identical, their applications are different in Russia and North America (Table 16). For comparison, a building with ventilated crawl space and pile foundations is considered. The differences are important when evaluating the potential climate-change impact on permafrost as a foundation for buildings. Comparison shows that a building designed with American standards can withstand greater climatic changes.

Table 16 – Comparison of North American and Russian approaches to designing foundations with ventilated crawl space

Characteristics	North America	Russia
Safety factor	2.5-3	1.05-1.56
Tip bearing capacity of pile	Usually not taken into account	Taken into account
Type of air space beneath building	Open	Often closed with openings whose area is calculated from modulus of ventilation (MV)
Central heating line in crawl space	Usually not installed	Often installed
Pile material	Steel	Concrete
Building construction	Light	Heavy

material		
----------	--	--

Active Method – Accommodate Changes Associated

with Permafrost Thawing Under Structure At first glance, this method looks attractive in cases of degrading permafrost, but in fact it has very few successful applications. Permafrost thawing is accompanied by thaw settlement of soil and foundations if frozen soil is thaw-unstable. Thaw susceptibility of soil is determined by thaw strain — the ratio of thaw settlement to thickness of the soil layer prior to thawing. It is important to define the borderline value of thaw strain below which soil can be considered as thaw-stable. One of the old Russian Building Codes (SN 91–60 1963) defined this value as 0.03 if thaw settlement was evaluated for a load of 100 kPa. Soil with thaw strain greater than 0.03 and smaller than 0.1 is considered thaw-unstable, and soil with thaw strain greater than 0.1 as highly thaw-unstable. According to Velly et al. (1977), even soils with thaw strain equal to 0.02 require special attention. Thaw strain equal to 0.02 and less is typical of gravelly and sandy soils with dry densities greater than 1,900 kg m⁻³ and water content less than 12%. To be thaw-stable, clayey soils should be well-consolidated, should not have visible ice, and should have dry densities more than 1,800 kg m⁻³ and water content not exceeding the plastic limit of soil. Most permafrost soils are highly thaw-unstable and have thaw strain exceeding 0.1.

Thaw settlement beneath a building and differential thaw settlement should be less than the tolerable limits for such a building. Most buildings can hardly tolerate thaw settlement greater than 10 cm, and even structurally enhanced buildings can not tolerate thaw settlement greater than 30 cm. This means, for example, that for soils with thaw strain equal to 0.1, thaw depth beneath foundations can not be greater than 3 m. It is costly and difficult to design buildings which can tolerate thaw settlement, and there are numerous examples of unsuccessful applications of this method. High thaw-susceptibility of most permafrost soils, and low tolerance of buildings to settlement, limit application of the method to especially favorable conditions.

Active Method – Modify Foundation Material Conditions Prior to Construction

A thin layer of thaw-unstable permafrost over bedrock or over thaw-stable soil can be replaced with thaw-stable soil. More often such replacement is not feasible or not economically justified. The other method of permafrost modification prior to construction is its preliminary thawing to a specific depth. Steam and water points and electrical heating have been applied for thawing. This method has been infrequently used in Alaska and Russia.

Preliminary thawing of foundation soils is most effective in the case of coarsegrained soils where settlement is practically complete during thawing. Ice-rich clayey soils reach 60–80% of their total settlement upon thawing, and their settlement continues during and after construction. Their water content upon thawing is greater than their liquid limit and shear strength is insufficient. Thus, preliminary thawing cannot be effectively applied to such soils.

There are successful and unsuccessful examples of application of the method. This method is the first to consider in areas of degrading coarse-grained perennially frozen soils.

Building Failures in Permafrost Regions

Deformations of buildings in permafrost regions are inexcusably numerous, especially in Russia. “The percentage of dangerous buildings in large villages and cities in 1992 ranged from 22% in the town of Tiksi to 80% in the city of Vorkuta, including 55% in Magadan, 60% in Chita, 35% in Dudinka, 10% in Norilsk, 50% in Pevek, 50% in Amderma, and 35% in Dikson”. Hundreds of buildings were demolished or went through serious reconstruction.

There have been many attempts to understand the causes of such numerous failures. Bondarev was possibly the first who classified these causes as poor assessment of soil conditions at the site, mistakes in choosing foundation design approach, mistakes in design, poor construction quality, and poor maintenance.

Many failures were caused by infiltration of hot water from broken heating pipes, which resulted in the formation of deep thaw zones and severe differential settlement. Poor drainage and ponding of water in crawl space also cause damage. Existing building codes on foundation design in permafrost regions are focused on a

separate building, and do not consider changes in permafrost conditions associated with the development of the entire area with streets, utilidors, and storm canalization.

Documented failures of building foundations constructed according to the passive method, which are attributed to changes in permafrost, very often do not directly relate to air and permafrost temperature. Such foundations failures are not caused by permafrost warming but by climatic effects on foundations material in the active layer and in a crawl space, unaccounted for thermal stresses, and low freeze–thaw resistance of concrete in piles. Concrete piles are the most widely used foundations in the Russian permafrost region. As was found in Norilsk, Yakutsk and some other places, the upper parts of piles and their connections with concrete grillage deteriorate, and cracks in walls are often caused by crushing of the upper parts of piles. Such processes can not be directly attributed to changes in permafrost, although wetting and drying of soil of the active layer are factors contributing to fast weathering of concrete.

Thus, there is no direct correlation between failures of structures and their location. Numerous failures have occurred both in continuous and discontinuous permafrost zones, and at sites with different soil conditions and permafrost temperatures. Some deformed buildings were constructed in accordance with the passive method, while others were built to accommodate thaw settlement.

Example see a two-phase thermosyphon. A natural circulation, closed loop thermosyphon can transfer heat over relatively large distances without any moving parts such as pumps and active controls. Such loops are thus considered suitable for nuclear reactor cooling applications where safety and high reliability are of paramount importance. A theoretical basis from which to predict the flow and heat transfer performance of such a loop is presented. A literature survey of the background theory is undertaken and the theoretical equations describing the single and two-phase flow as well as heat transfer behaviour are given. The major assumptions made in deriving these equations are that the working fluid flow is quasi-static and that its single, twophase flow and heat transfer behaviour may be captured by dividing the working fluid in the loop into a number of one dimensional

control volumes and then applying the equations of change to each of these control volumes. Theoretical simulations are conducted for single phase, single and two-phase and heat pipe operating modes, and a sensitivity analysis of the various variables is undertaken. It is seen that the theoretical results capture the single and two-phase flow operating modes well for a loop that includes an expansion tank, but not for the heat pipe operating mode. It is concluded that the theoretical model may be used to study transient and dynamic non-linear effects for single and two-phase modes of operation. To more accurately predict the heat transfer rate of the loop however, loop specific heat transfer coefficients need to be determined experimentally and incorporated into the theoretical model.

1. Introduction A closed loop thermosyphon is an energy-transfer device capable of transferring heat from a heat source to a separate heat sink over a relatively long distance, without the use of active control instrumentation and any mechanically moving parts such as pumps. These devices are thus particularly suitable for cooling applications (as in nuclear reactor technology, for example) where reliability and safety are of paramount importance.

The closed loop thermosyphon may be visualised as a long hollow pipe, bent and the ends joined to form a continuous loop, filled with working fluid and orientated in a vertical plane. If the one side of the loop is heated and the other side cooled, the average density of the fluid in the heated side is less than in the cooled side. An essentially hydrostatic pressure difference, as a result of the thermally induced temperature gradient between the hot and the cold sides, drives the fluid flows around the loop. The ‘buoyancy’ force, as it is often termed, driving the fluid is in turn counteracted by an opposing frictional force that tends to retard the flow.

The use of such a natural circulation closed loop thermosyphon is being considered for the cooling of the reactor cavity of a Pebble Bed Modular Reactor (PBMR). Loop thermosyphons exhibit complex transient flow behaviour during start-up, shut-down and other sudden changes in loop operating conditions. Capturing this complex behaviour analytically using a theoretically sound platform is required to

supplement the experimental verification of the loop's ability to perform its heat transfer duty reliably under all normal operating and postulated accident conditions.

In this paper, a theoretical basis on which to analyse and predict the flow and heat transfer performance of such a closed loop thermosyphon is presented. In particular, the rather complex transient and dynamic nature of the flow will be addressed. A limited literature study, giving a number of representative references supporting the theoretical modelling is undertaken. A number of simulated operating conditions are given, and finally, a discussion of the findings is given and conclusions drawn.

2. Background theory and literature survey

A relatively large amount of published literature is available relating to loop thermosyphons. To limit this section, only previous work undertaken to theoretically model the thermal hydraulic behaviour of the working fluid in the loop will be considered. Literature relating to purely experimental observations and demonstrations are considered in Part II of this paper.

Welander (1966) considered the fluid to be driven by the pressure difference and a buoyancy force, and is retarded by a frictional force. The assumptions made included:

- The Boussinesq approximation
- The tangential friction force on the fluid is proportional to the instantaneous flow rate
- The temperature of the fluid is uniform over each cross-sectional area
- The heat transfer rate between the pipe and the fluid is proportional to the difference between a prescribed wall temperature and the fluid

Applying these assumptions, the essentially onedimensional equations of change are obtained for a single phase fluid. Using analytical as well as numerical integration, a stability map was constructed in which stable and unstable operating conditions were plotted and the occurrence of transient and non-linear effects established. The reason why this article has been singled out is that it is one of the

earliest publications giving the assumptions on which most of the theoretical work to date has been based.

Grief (1988) gives a descriptive review of a number of single phase and two-phase thermosyphon loops but Knaai and Zvirin (1990, 1993) show how the single phase loop theory may be extended for the case of a two-phase loop by specifying suitable equations for the friction factor, the two-phase frictional multiplier, the single and two-phase heat transfer coefficients and a suitable relationship for the void and mass fractions. They solved their differential equations using a relatively involved combination of analytical and numerical stages. Dobson (1993), although only for a single phase laminar fluid, shows how a simple explicit finite difference discretisation formulation scheme is able to capture transients and the highly non-linear behaviour of the loop. Vincent and Kok (1992), using only ten differential equations, were able to capture the transient performance of a two-phase closed loop thermosyphon. They also emphasize the value of the control volume approach as being a powerful tool to describe the overall performance of the thermosyphon with a limited number of variables.

Yun et al. (2005) applied the theory, as outlined in the preceding two paragraphs, to an instability analysis in the natural circulation loops of the China Advanced Research Reactor (CARR). They used 54 control volumes to represent the loop and a Gear multi-value method to solve the total set of 72 equations. They compared the calculated results with experimental data and concluded that the theoretical model is capable of simulating the non-linear dynamics of the CARR loop. Lee and Pan (2005) modelled an advanced boiling water reactor natural circulation loop earmarked for construction in Taiwan. They give a number of stability maps, undertook a number of parametric studies and identified periodic as well as chaotic oscillations. Lee and Kim (1999) investigated the role of an expansion tank fitted to a two-phase natural circulation loop.

Lee and Rhi (2000) considered methods for computer simulation of two-phase loop thermosyphons. They compared the computer simulations with 5 different experimental loops' maximum heat transfer rates ranging from 60 to 100 000 W. It

was concluded that computer simulation alone could not give any meaningful results unless they are accompanied with empirical correlations using loop-specific experimental test results.

3. Closed loop thermosyphon theory

Three loop operating modes have been considered. The first is a single phase loop in which the pressure of the working fluid never exceeds the saturated vapour pressure associated with its temperature. In this case, the loop is provided with an expansion tank into which the excess fluid, as a result of thermal expansion, can flow. This prevents unnecessary high pressures. The second is a two-phase loop in which the working fluid is allowed to boil and condense. In this mode, the loop is also provided with an expansion tank to control the pressure in the loop. Thirdly, the loop is partially filled with liquidphase working fluid but is not provided with an expansion tank. In this case, the working fluid not only boils and condenses, but also a significant amount of splashing and geysering occurs; this will be called for convenience, the heat pipe operating mode.

The physical layout of the loop to be theoretically modelled in this paper is shown in Figure 27, whilst the important dimensional parameters are given in Figure 28. This is an experimental loop (Dobson and Ruppertsberg, 2007) that has been constructed to represent a small-scale version of a possible full-size loop that is capable of cooling the concrete containment structure surrounding a nuclear reactor (Dobson, 2006). The heater plate heats the fins attached to the heated portion of the loop by radiation and convection. The heat is then transferred by conduction through the fins, to the inside surface of the pipe and by convection to the working fluid. In the cooled portion of the loop, heat is transferred from the working fluid to the water in the tank. The lower density of the fluid in the heated portion and the higher density in the cooled portion results in a pressure difference between the two legs of the loop. This results in fluid flows around the loop, upwards in the hot leg and downwards in the cooled leg.

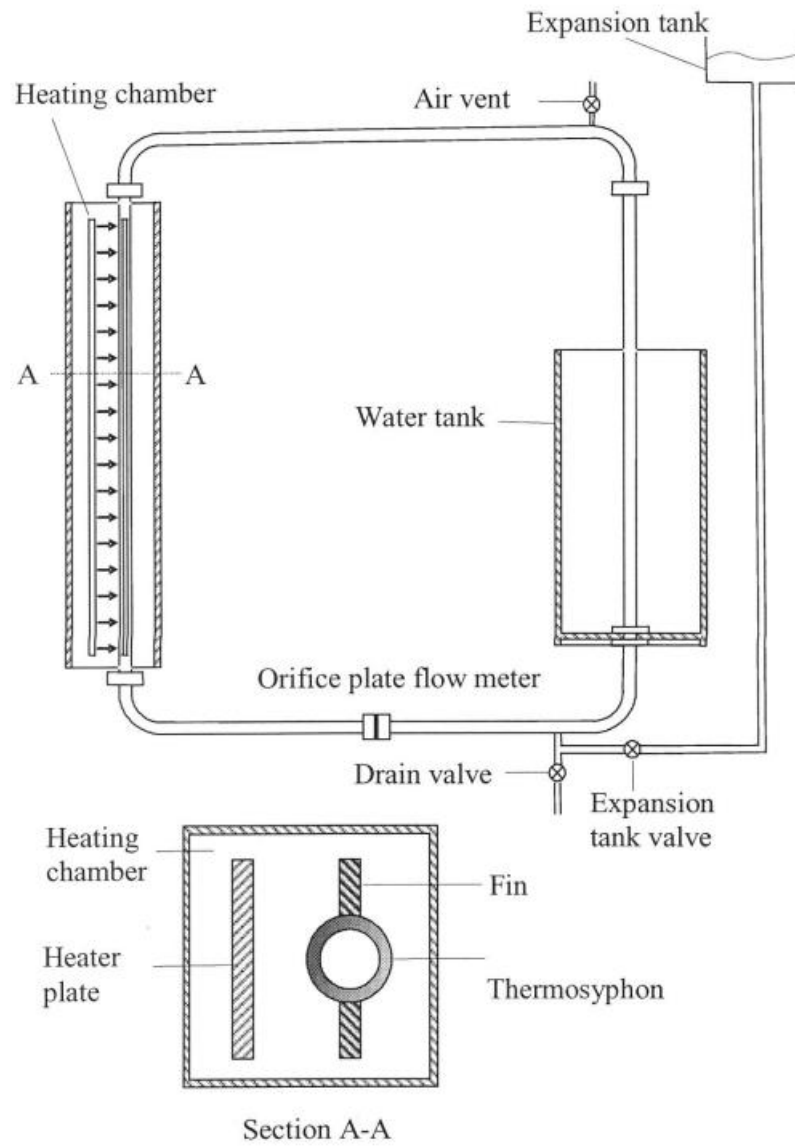


Figure 27: Schematic representation of a closed loop thermosyphon to be used in a reactor cavity cooling system.

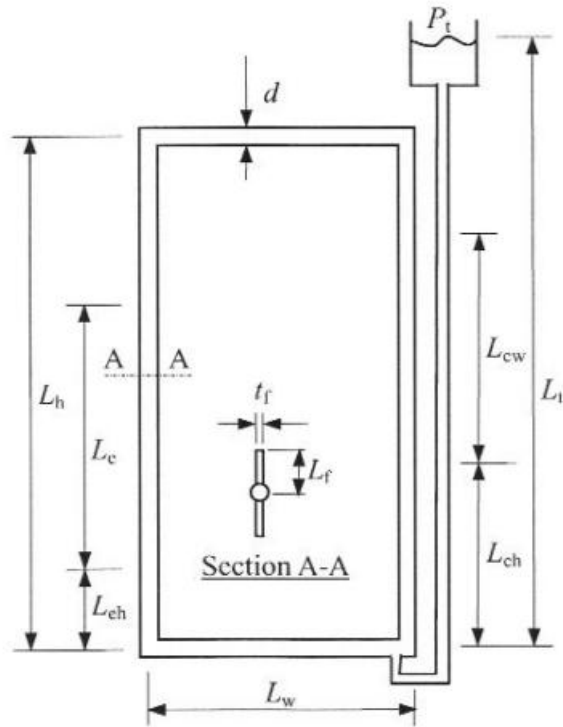


Figure 28: Basic dimensions of the loop closed loop thermosyphon.

To theoretically model the heat transferred, the loop is divided into a number of cylindrical control volumes. The equations of change are then applied: continuity, motion and energy; with appropriate state equations for closure. The most important assumptions made being one dimensional control volumes and quasi-static motion. The quasi-static assumption is motivated by the fact that the average velocity of the working fluid in the loop is two to three orders of magnitude less than the speed of sound in the fluid. This means that the rate at which pressure waves are propagated through the working fluid are much faster than the rate at which mass and heat moves in the loop; hence it is safe to assume a quasi-static solution for the equation of motion.

Given a heating plate temperature-time profile, heat is transferred from the heating plate to the fins according to:

$$Q_{p,f} = \frac{(T_p - T_f)}{R_{p,f}}$$

$$\text{where } R_{p,f} = R_{r,p,f} + R_{c,p,f}$$

$$R_{r,p,f} = \frac{\frac{1 - \varepsilon_p}{A_p \varepsilon_p} + \frac{1}{F_{pf} A_p} + \frac{1 - \varepsilon_f}{A_f \varepsilon_f}}{\sigma((273 + T_p)^2 + (273 + T_f)^2)((273 + T_p) + (273 + T_f))}$$

$$R_{c,p,f} = \frac{1}{h_{p,f} A_p} \text{ and } A_p = A_f = L_f L \quad (1)$$

and where L is the length of the control volume. The temperature of the fin is given by:

$$\frac{dT_f}{dt} = \frac{(Q_{p,f} - Q_{f,hp})}{(m_f c_{v,f})}$$

where $Q_{f,hp} = \frac{T_f - T_{hp}}{R_{f,hp}}$, $m_f = \rho_f L_f t_f L$ and

$$R_{f,hp} = \frac{L_f/2}{k_f t_f L} + \frac{\ln\left(\frac{r_{0,hp}}{r_{1,hp}}\right)}{2\pi k_{hp} L} + \frac{1}{2\pi r_{i,hp} L h_{i,hp}} \quad (2)$$

The internal energy of the fluid in the heat pipe for each control volume in the heated section of the loop is given by:

$$\frac{du}{dt} = (2Q_{f,hp} + m i_{in} - m i_{out}) / (mc)$$

where $m = \pi r_{i,hp}^2 L_i \rho$ (3)

The temperature and mass fraction are then determined, depending on whether the fluid is boiling (or condensing) by:

$$\text{if } u^{t+\Delta t} < u_f \text{ then } T_{hp}^{t+\Delta t} = u^{t+\Delta t} / c_v$$

$$\text{and } x^{t+\Delta t} = 0$$

$$\text{If } u^{t+\Delta t} > u_f \text{ then } T_{hp}^{t+\Delta t} = T_{sat}$$

$$\text{and } x^{t+\Delta t} = u^{t+\Delta t} - u_f^{t+\Delta t} / u_{fg}^{t+\Delta t}$$

where $u_{hp} = u_f + x u_{fg}$, $i = i_f + x i_{fg}$,

$$u_f = c_v T_{hp} \text{ and } i_f = c_p T_{hp}$$

The internal energy of the fluid in the heat pipe for each control volume of the cooled section of the loop is given by:

$$\frac{du}{dt} = (Q_{hp,cw} + m i_{in} - m i_{out}) / (mc) \quad (4)$$

In the cooled portion of the loop the temperature, mass fraction of fluid and properties are determined using the same identities as applicable for boiling except

that now condensation takes place and the heat transfer rate will depend on the rate at which heat is transferred to the heat sink cooling water - i.e.:

$$Q_{hp,cw} = \frac{T_{hp} - T_{cw}}{R_{hp,cw}}, \text{ and}$$

$$R_{hp,cw} = \frac{1}{2\pi r_{i, hp} h_{i, hp}} + \frac{\ln\left(\frac{r_{o, hp}}{r_{i, hp}}\right)}{2\pi k_{hp} L} + \frac{1}{2\pi r_{o, hp} h_{o, hp}}$$

The mass flow rate of the fluid circulating in the heat pipe is determined by conducting a momentum balance around the loop and is given by (Dobson, 2006):

$$\frac{dm}{dt} = - \frac{\sum_{k=1}^{N_k} \rho_k L_k g \sin \varphi_k}{\sum_{k=1}^{N_k} \frac{L_k}{A_{x,k}}} - \frac{\sum_{k=1}^{N_k} \frac{C_{f,l0,k} \varphi_{l0,k}^2 L_k + L_{f,equiv,k} m^2}{\rho_k r_{i, hp} A_{x,k}^2}}{\sum_{k=1}^{N_k} \frac{L_k}{A_{x,k}}} \quad (5)$$

In equation (5) φ_k is the angle between the flow direction and the horizontal and $\varphi_{l0,k}^2$ is the twophase liquid only frictional multiplier (Whalley, 1990). The first term on the right hand is the buoyancy term tending to force the fluid around the loop, while the last term is the friction term tending to retard the flow. L_k is the length of the k'th of N_k control volume and $L_{f,equiv,k}$ is the equivalent length of pipe taking the minor losses associated with the k'th control volume into account (for example, entrance, exit, contraction, expansion and bend losses).

Suitable closure relationships, equations and/or correlations are required for the working fluid properties, for example, the density ρ , viscosity μ , thermal conductivity k , specific heat c , and the coefficient of friction C_f , heat transfer coefficients h , and void fraction α . Many existing closure correlations are available but as explained by Lee and Rhi (2000), it is doubtful whether they are accurate enough unless they are experimentally verified using the same physical loop that is being theoretically modelled. Indeed they suggest that a simple lumped method, that does not necessarily distinguish between the different flow patterns that are commonly used to describe two-phase flow regimes, can be used.

The above theory applies to the single and single and two-phase operating modes. To theoretically simulate the heat pipe mode of operation is more problematic due to the considerably more complex behaviour of the working fluid in the loop. The

simultaneous occurrence of special two-phase phenomenon such as geysering, splashing and counter current flow, as yet, defies a rigid mathematical and theoretical basis. To overcome this problem the entire loop is considered as a single control volume. With these approximating assumptions the heat transfer rate from the average fin at temperature, T_f , to the working fluid at temperature, T_{hp} , in the loop must equal the heat transfer rate from the cooled portion of the loop to the cooling water:

$$Q_{f, hp} = \frac{T_f - T_{hp}}{R_{f, hp}} = Q_{hp, cw} = \frac{T_{hp} - T_{cw}}{R_{hp, cw}} \quad (6)$$

On rearranging equation (6) the working fluid temperature is given by

$$T_{hp} = \frac{T_f R_{hp, cw} + T_{cw} R_{f, hp}}{R_{hp, cw} + R_{f, hp}} \quad (7)$$

where the thermal resistances have already been defined in equations (2) and (4).

Reassessment of existing approaches to building construction in permafrost regions has been triggered recently by concerns associated with the potential impact of climate change on permafrost. At sites with ice-rich soils, preservation of permafrost beneath buildings remains the main approach. Most permafrost soils are highly thaw-unstable, and their thaw settlement can not practically be accommodated. Preliminary thawing of permafrost prior to construction has not found wide application so far. As long as the mean annual temperature remains below 0°C, means of permafrost protection without artificial thermosyphon could be applied. Numerous building failures in permafrost regions are related to changes in permafrost due to poor design, and to poor maintenance of buildings, which are more powerful factors than the natural change in permafrost temperature.