**Ибрагимов Энвер Валерьевич. Оптимизация устройства оснований и фундаментов в криолитозоне с использованием термостабилизации грунтов;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»], 2021**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**На правах рукописи**

**Ибрагимов Энвер Валерьевич**

**ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ**

**ГРУНТОВ**

**Специальность: 05.23.02 - Основания и фундаменты, подземные сооружения**

**Диссертация**

**на соискание ученой степени кандидата технических наук**

**Научный руководитель: кандидат технических наук, старший научный сотрудник Кроник Яков Александрович**

**Москва**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

**Введение 4**

**ГЛАВА 1. Основы устройства оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах 12**

**1.1 Особенности вечномерзлых грунтов как оснований сооружений 12**

**1.2 Деформации, возникающие в конструкциях зданий и сооружений 16**

**1.3 Фундаменты зданий и сооружений в криолитозоне 20**

**1.4 Способы и устройства оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах с**

**использованием термостабилизаторов грунта 23**

**1.5 Выводы по главе и постановка задач диссертационных исследований 36**

**ГЛАВА 2. Разработка методики определения теплопередающих характеристик парожидкостных термостабилизаторов грунта 38**

**2.1 Обзор существующих методик и нормативно-технической документации 38**

**2.2 Методика определения теплопередающих характеристик парожидкостных**

**термостабилизаторов грунта 41**

**2.3 Экспериментальная проверка положений методики определения теплопередающих характеристик парожидкостных термостабилизаторов грунта в лабораторных**

**условиях 51**

**2.3.1 Перечень используемого оборудования 52**

**2.3.2 Анализ результатов испытаний 55**

**2.4 Выводы по главе 58**

**ГЛАВА 3. Экспериментальные исследования существующих и усовершенствованных термостабилизаторов грунта 60**

**3.1 Способы интенсификации термостабилизаторов грунта 60**

**3.2 Изготовление партии труб для термостабилизаторов грунта 65**

**3.3 Лабораторные испытания горизонтальных термостабилизаторов грунта 66**

**3.4 Лабораторные испытания вертикальных термостабилизаторов грунта 74**

**3.5 Разработка новых конструкций термостабилизаторов грунта 83**

**3.6 Выводы по главе 87**

**ГЛАВА 4. Оптимизация устройства оснований и фундаментов нефтегазовых сооружений в криолитозоне с использованием систем термостабилизации грунтов 89**

**4.1 Применение тепловых насосов в качестве системы термостабилизации грунта 89**

**4.2 Сравнение технических характеристик применяемых и предлагаемых систем**

**температурной стабилизации 93**

**4.3 Прогноз изменений температурного режима грунтов 96**

**4.4 Существующие и инновационные технические решения 99**

**4.5 Технико-экономическое обоснование применения инновационного метода устройства**

**основания и фундамента резервуара РВС-20000 109**

**4.6 Выводы по главе 110**

**ГЛАВА 5. Численное моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния**

**грунтов 111**

**5.1 Решение температурно-влажностной задачи с помощью программного модуля**

**«Termoground» 111**

**5.2 Решение задачи НДС без учета и с учетом анизотропии морозного пучения грунтов ....116**

**5.3 Выводы по главе 123**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ 125**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 127**

**Приложение А. Алгоритм определения теплопередающих характеристик термостабилизатора**

**грунта 138**

**Приложение Б. Свидетельства на изобретения и полезные модели 141**

**Приложение В. Свидетельства о внедрении результатов диссертационных исследований 146**

**Приложение Г. Основные публикации по теме диссертации 149**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. **На основании анализа существующих конструкций, методик проектирования и расчета устройств и способов термостабилизации промерзающих, оттаивающих и пластично-мерзлых грунтов выявлены некоторые основные недостатки широкоприменяемых сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ) и предложены новые, позволяющие оптимизировать устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений в криолитозоне.**
2. **Разработана более совершенная методика определения теплопередающих характеристик термостабилизаторов, учитывающих как внутренний, так и внешний тепломассообмен этих устройств с грунтовым основанием. Результаты проведенных по ней расчетов являются теоретической и практической базой для выбора эффективных проектно­технических решений при применении технологии температурной стабилизации грунтов, а методы расчета их теплопередающих характеристик могут быть приняты в основу разработки специальной методической и нормативной документации.**
3. **Выполнены экспериментальные исследования работы существующих и инновационных конструкций термостабилизаторов грунта. По результатам выполненных работ разработаны усовершенствованные конструкции, защищенные патентами № 127091 (Колонка охлаждающая вертикальная) и № 155180 (Конструкция для термостатирования грунтов под зданиями и сооружениями).**
4. **Выполнены прогнозные температурные расчеты, а также технико -экономические и технологические расчеты по оценке эффективности применения разных способов термостабилизации. Показано, что применение системы комплексной круглогодичной термостабилизации с использованием холодильного оборудования вдвое технологичнее и практически в 3 раза дешевле общепринятого способа строительства с вентилируемым подпольем.**
5. **Проведено компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) термостабилизированного основания с учетом объемного силового воздействия морозного пучения на свайный фундамент резервуара. Показало, что решение только тепловой задачи не позволяет разработать мероприятия для безопасной эксплуатации сооружения, поэтому необходимо решать задачи напряженно-деформированного состояния грунтов площадки строительства с учетом изменения их температур во времени.**
6. **Предложенные методики практических расчетов для проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений в криолитозоне и предложенные в диссертации конструкции и способы термостабилизации многолетнемерзлых грунтов внедренны в производственной практике ОАО «Фундаментпроект», ООО «НПО «Север» и АО «Газпром СтройТЭК Салават».**
7. **В Приложении А представлен алгоритм определения теплопередающих характеристик термостабилизатора, которые необходимы для теплотехнического моделирования задач охлаждения и замораживания грунтов основания зданий и сооружений. Данный алгоритм рекомендуется применять для оценки работоспособности и эффективности парожидкостных сезоннодействующих охлаждающих устройств.**

**Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.** Проблемы повышения безопасности, надежности и эффективности фундаментостроения стали к настоящему времени наиболее актуальными для Российской Федерации. Учитывая, что применение активной термостабилизации грунтов гарантированно решает проблему достижения проектных температур и их поддержания на период эксплуатации зданий и сооружений в криолитозоне, необходимо более активно использовать данную технологию, в том числе и результаты выполненных научных работ.