

На правах рукописи

Майна

Майны Шончалай Борисовна

**ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОКЛАДКИ
КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
(НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА)**

Специальность 2.1.4. Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Терехов Лев Дмитриевич

Официальные оппоненты: **Матюшенко Анатолий Иванович**,
доктор технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», кафедра «Инженерные системы зданий и сооружений», заведующий кафедрой;

Шлычков Дмитрий Иванович,
кандидат технических наук,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), кафедра «Водоснабжение и водоотведение», доцент.

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет».**

Защита диссертации состоится «12» декабря 2023 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.380.03 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д.4, аудитория 220. Тел./факс (812) 316-58-73; E-mail: rector@spbgasu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте <https://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/maynu-shonchalay-borisovna>

Автореферат разослан «23» октября 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



В. А. Пухкал

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Более 60 % территорий Российской Федерации характеризуются суровыми природно-климатическими условиями, холодными зимами продолжительностью до 7–8 месяцев. К этим территориям относится и Республика Тыва, расположенная на юге Восточной Сибири. В настоящее время на территории республики проживает более 310 тысяч человек, столицей является г. Кызыл. Республика располагает богатейшими запасами полезных ископаемых, энергетическими ресурсами и представляет огромный интерес для развития промышленного потенциала страны. Развитие промышленности республики связано с созданием производственных комплексов, населенных мест и современных бытовых условий для ее населения. Однако, интенсивное освоение ресурсов республики затруднено в связи с суровыми климатическими условиями, в частности с глубоким сезонным промерзанием грунтов, осложняющим решение инженерных задач при строительстве и эксплуатации зданий, сооружений и инженерных коммуникаций.

Глубокое сезонное промерзание грунта, составляющее в Республике Тыва 3,2 м, удорожает проектирование и эксплуатацию канализационных сетей, которые прокладываются на глубине до 6 м и более.

Канализационные трубопроводы являются одним из основных элементов системы водоотведения, определяющих ее надёжность и экономичность. По капитальным затратам на канализационные трубопроводы приходится более 50% сметной стоимости всей системы водоотведения. Значительная доля затрат идет на их эксплуатацию. В практике эксплуатации установлено, что нарушение надежной работы водоотводящих систем связано, в основном, с авариями. Ликвидация аварий при низких температурах воздуха от –25 °С до –54 °С значительно затягивается, требуется дорогостоящая мощная землеройная техника при выполнении трудоемких земляных работ на мёрзлых грунтах, что в ряде случаев технически невыполнимо.

Снизить строительные расходы и затраты на эксплуатацию канализационной сети можно за счёт уменьшения глубины заложения трубопроводов. Для этого в первую очередь нужно уменьшить глубину заложения трубы на начальном участке, которым является канализационный выпуск из здания. В этом случае определяющим фактором является назначение минимальной глубины заложения канализационного выпуска из здания, который является начальным участком. Уменьшение глубины на начальном участке подразумевает автоматическое снижение глубины заложения на всех последующих участках канализационной сети. Снижение глубины заложения канализационных выпусков из зданий при сохранении надёжности работы в эксплуатационном режиме и обеспечении незамерзаемости в возможных аварийных ситуациях является

актуальной задачей. Мелкое заложение трубопроводов имеет ряд технических и экономических преимуществ: повышение безопасности труда при строительстве, уменьшение трудоёмкости ремонтных и восстановительных работ, быстрое обнаружение и устранение аварий, сокращение сроков и строительной стоимости за счёт уменьшения объёма земляных работ.

Степень разработанности темы исследования. Теоретической основой диссертационного исследования являются работы российских учёных Г. В. Порхаева, С. Н. Аронова, М. М. Андрияшева, П. А. Богословского, В. П. Стеганцева, В. И. Карпова, И. И. Золотова, Л. П. Семенова, Б. Л. Кривошеина, А. Л. Ястребова, А. А. Коновалова, Н. Ф. Федорова, А. В. Лютова, О. В. Заборщикова, Н. П. Заборщиковой, Л. Д. Терехова, М.И. Алексеева, Ю.А. Феофанова, А. И. Матюшенко, В. Ф. Кардымон, М. Ю. Юдина, О. В. Акимова, А. В. Гинзбурга, Д. И. Шлычкова и других, посвященные вопросам прокладки трубопроводов в суровых климатических условиях. Из зарубежных исследований следует отметить работы, выполненные К. Koch, G. S. N. Lock., R. Gilpin, T. Hirata, S. B. Thomason, Y. Noriuchi и др.

Однако, в связи с недостаточной изученностью данной темы и отсутствием методик теплотехнического расчёта по прокладке канализационных сетей в зоне сезонного промерзания грунта необходимо дальнейшее изучение данной проблемы, что делает тему исследования актуальной.

Цель исследования: повышение технико-экономической эффективности и надёжности проектирования, строительства и эксплуатации канализационных трубопроводов за счёт обоснованного уменьшения глубины их заложения в суровых климатических условиях.

Задачи исследования:

– провести обзор и анализ опыта проектирования и эксплуатации канализационных трубопроводов в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов в различных регионах Российской Федерации;

– выполнить в зимний период натурные исследования теплового режима канализационного выпуска и по длине действующей канализационной сети, включая дворовый и уличный участки;

– выполнить экспериментальные исследования оттаивания мёрзлого грунта вокруг трубопровода для определения размеров талой зоны при пропуске по трубопроводу воды с разной температурой и с различной степенью заполнения водой;

– получить экспериментальные зависимости для определения новых параметров, регламентирующие действия службы эксплуатации при возникновении аварий на канализационных трубопроводах;

– разработать методику и программу для ЭВМ по расчёту минимальной глубины заложения на начальном участке канализационных трубопроводов, обеспечивающей бесперебойную работу системы водоотведения;

– определить экономическую эффективность прокладки канализационных трубопроводов в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов за счёт уменьшения глубины заложения.

Объект исследования – канализационные трубопроводы, прокладываемые в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов.

Предмет исследования – повышение эффективности прокладки канализационных трубопроводов за счёт уменьшения глубины заложения в суровых климатических условиях.

Методология и методы исследования. В работе использованы основные положения строительных нормативов и правил по прокладке канализационных трубопроводов в суровых климатических условиях, проанализированы труды отечественных и зарубежных учёных по изучаемой теме, рассмотрены методы планирования и проведения натурных и экспериментальных исследований, методики теплотехнических расчётов канализационных трубопроводов, обработаны полученные натурные и экспериментальные данные с применением программного комплекса Microsoft Office Excel, Mathcad.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК: 2.1.4. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов, а именно: п. 12 «Экономическая, технологическая и экологическая эффективность систем водного хозяйства городов, промышленных комплексов и производственных предприятий, оптимизация проектных решений строительства новых, технического перевооружения и реконструкции существующих систем, оптимизации режима работы систем и их отдельных элементов в соответствии с фактическим режимом водопотребления и отведения отработанной воды».

Научная новизна исследования:

– по результатам натурных исследований на действующих канализационных сетях в зимний период установлены фактические значения температуры сточной воды на канализационном выпуске в течение суток и ее изменение по длине канализационной сети;

– на разработанном автором лабораторном стенде экспериментально определены размеры талика в мёрзлом грунте при пропуске по трубопроводу воды с разной температурой, с различной степенью наполнения трубопровода. Сравнение фактического значения талика с расчётным по формуле профессора Порхаева Г.В. показало, что фактический размер талика на 8-12% больше расчётного;

– введен новый параметр «защитное время», включающий в себя продолжительность периода, в течение которого происходит промерзание талика и остывание воды в трубопроводе до 0 °С;

– предложен новый параметр «время восстановления», учитывающий промежуток времени, необходимый службе эксплуатации для выполнения ремонтно-восстановительных работ на канализационном трубопроводе.

Теоретическая значимость работы заключается в оценке аварийности канализационных трубопроводов в г. Кызыл, проложенных в слое сезонного промерзания грунтов, в установлении диапазона расчетных значений температур сточной воды в канализационном выпуске, в разработке новых эксплуатационных параметров канализационной сети.

Практическая значимость работы состоит в следующем: разработана методика и составлена программа для ЭВМ по расчёту минимальной глубины заложения канализационных трубопроводов для районов с глубоким сезонным промерзанием грунтов.

Положения, выносимые на защиту:

– результаты натурного исследования теплового режима канализационного выпуска в зимний период;

– результаты экспериментальных исследований по определению размера талика при пропуске по трубопроводу воды с разной температурой и степенью наполнения трубопровода;

– экспериментальные зависимости для определения новых параметров «защитное время» и «время восстановления» участков канализационной сети;

– методика и программа для ЭВМ по расчёту минимальной глубины заложения канализационных трубопроводов, обеспечивающие бесперебойную работу системы водоотведения;

– результаты экономической оценки прокладки канализационных трубопроводов за счёт уменьшения глубины заложения в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов подтверждается проведением натуральных и экспериментальных исследований, использованием натуральных и экспериментальных данных в качестве исходной информации для разработанной методики; применением современных измерительных приборов и оборудования; удовлетворительной сходимостью расчётных и экспериментальных результатов исследований, выполненных в лабораторных условиях, обеспечена апробацией и представлением этапов работы на научных конференциях и семинарах.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались: на 61, 62, 63-й международных научно-технических конференциях молодых учёных «Актуальные проблемы современного строительства», Санкт-Петербург, 2008 г., 2009 г., 2010 г.; на 66 и 67-й научных конференциях профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета, Санкт-Петербург, 2009 г., 2010 г.; на ежегодных научно-практических

конференциях преподавателей, сотрудников и аспирантов ТывГУ», Кызыл, 2008 г., 2010 г., 2011 г., 2018 г., 2019 г.; на III Республиканской научно-практической конференции студентов «Молодежь и инновации: опыт, проблемы, перспективы» с межрегиональным участием, Кызыл, 2012 г.; на международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию юбилею ТувГУ, Кызыл, 2015 г.; на всероссийской конференции с международным участием II Юдахинские чтения «Проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивое развитие арктических территорий», Архангельск, 2019 г.; на XXI международной научно-практической конференции «Водные ресурсы – основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке», Тюмень, 2019 г.; на XV международной научно-технической конференции «Яковлевские чтения», Москва, 2020 г.

Результаты исследования подтверждаются актами о внедрении Министерства строительства и ЖКХ Республики Тыва, ООО «Водоканал-Сервис» г. Кызыла Республики Тыва (приложения А, Б диссертации).

Результаты диссертационной работы использованы в учебном процессе ФГБОУ ВО ТувГУ и ФГБОУ ВО ПГУПС (приложения В, Г диссертации).

Диссертантом выполнен грант Главы – Председателя Правительства Республики Тыва для поддержки молодых учёных в 2015–2016 гг. по теме «Проектирование сетей водоотведения в особых природных и климатических условиях».

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 22 печатных работах общим объёмом 7,34 п.л. и лично автором 4,41 п.л., в том числе 6 работ опубликованы в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов, утверждённых ВАК РФ, 3 из которых выполнены автором без соавторов, 2 работы опубликованы в издании, индексируемом в международной реферативной базе Scopus, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, имеется 1 патент на изобретение.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы (143 наименования) и 5 приложений. Диссертация содержит 133 страницы машинописного текста, 33 таблицы, 38 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель и поставлены задачи исследования, отмечена научная новизна исследования, а также представлены практическая и теоретическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ опыта проектирования и эксплуатации канализационных трубопроводов в районах с глубоким сезонным промерзанием грунтов в различных регионах Российской Федерации. Установлена

значимость влияния природно-климатических условий г. Кызыл на эксплуатацию и на аварийность канализационных сетей. Проведен анализ аварий на трубопроводах в г. Кызыл. На основании проведенного анализа сделан вывод, что ликвидация аварий на канализационных трубопроводах глубокого заложения в зимний период является одним из наиболее сложных, трудоёмких и дорогостоящих процессов.

Во второй главе представлены описания объектов и методика проведения натуральных и экспериментальных исследований; проведены натурные исследования теплового режима канализационных выпусков из жилых зданий с разной этажностью; получены фактические значения температуры сточной воды в канализационных выпусках в течении суток и по длине действующей канализационной сети в зимнее время; представлены на разработанном автором лабораторном стенде экспериментальные исследования по определению размеров талика при пропуске по трубопроводу воды с разной температурой и степенью наполнения трубопровода в зимний период; выполнено сравнение экспериментальных исследований и аналитического расчёта по существующей методике профессора Г.В. Порхаева.

В третьей главе предложены новые параметры «защитное время» (ЗВ) «время восстановления» (ВВ) для канализационных трубопроводов, разработана методика по определению минимально допустимой глубины заложения канализационных трубопроводов, обеспечивающей бесперебойную работу системы; составлена программа для ЭВМ по расчёту минимальной глубины заложения канализационных трубопроводов в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов.

В четвертой главе выполнено технико-экономическое сравнение вариантов, определена экономическая оценка прокладки канализационных трубопроводов в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов при применении предложенной методики определения допустимой глубины их заложения.

В заключении приведены основные выводы диссертационного исследования.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Результаты натурального исследования теплового режима канализационного выпуска в зимний период.

Были проведены натурные исследования теплового режима канализационных выпусков в зимний период для жилых зданий разной этажности (2 и 5 этажей), а также для общежития № 3 ФГБОУ ВО ТувГУ.

Проведенные натурные исследования по определению изменения температуры сточных вод на канализационном выпуске в наиболее холодный

период года при глубине заложения 1,9 м показали, что температура сточной воды в течение суток находится в пределах от $+8,4$ до $+22,3$ °С.

На рисунке 1 показан график почасового изменения температуры сточной воды общежития № 3 ФГБОУ ВО ТувГУ в течение суток в феврале 2021 года.

Для измерения температуры сточной воды на канализационном выпуске использовался тепловизор марки *Testo 872*.

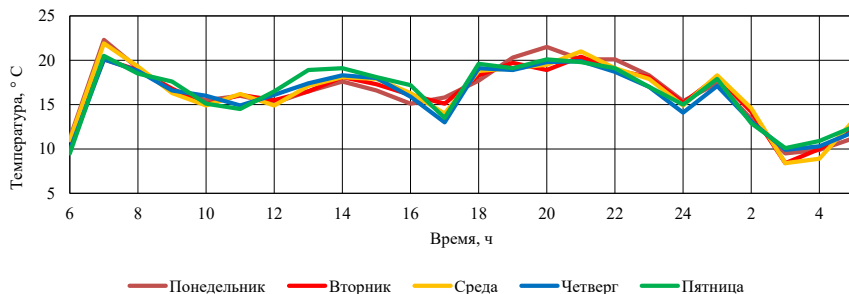


Рисунок 1 – График изменения температуры сточной воды на канализационном выпуске общежития № 3 ФГБОУ ВО ТувГУ в течение суток в феврале 2021 года

Проведенные фактические измерения температуры сточных вод позволяют сделать следующие выводы. Изменение температуры сточной воды в течение суток в зимний период носит волновой характер и имеет три выраженных пиковых значения: первое приходится на утро (7:00–8:00) – 22,3 °С, на обеденное время (13:00–14:00) – 19,1 °С и на вечер (20:00– 22:00) – 21,5 °С. Форма графика суточной температуры изменяется циклично, ход температуры одного дня недели повторяет температуру другого дня недели. Для этих дней недели пики минимальной и максимальной температур приходятся на одно и тоже время.

Проведены натурные исследования изменения температуры сточной воды по длине действующей канализационной сети в зимнее время. В качестве объекта натурального исследования для определения температуры сточной воды на действующей канализационной сети был выбран участок восточного района города с централизованными системами водоснабжения и водоотведения. План исследуемого участка канализационной сети, выбранного для исследования, приведен на рисунке 2. Минимальная глубина канализационного выпуска составляет 1,8 м. Измерения температуры осуществлялись последовательно: начиная с 7 ч утра в первом колодце КК1, через 4 мин во втором колодце КК2, затем через 6 мин в третьем колодце СК3 и через 10 мин в четвертом СК4.

Такая последовательность измерений была выбрана с целью проследить изменение температуры потока сточной воды по длине исследуемого участка.



Рисунок 2 – План исследуемого участка

На рисунке 3 представлены фотографии проведения измерений температуры сточной воды в колодце с использованием тепловизора.

Измерения тепловизором температуру сточных вод внутри колодца последовательно по ходу движения сточной воды позволили проследить изменение температуры транспортируемых сточных вод на участке канализационной сети в различные периоды суток.

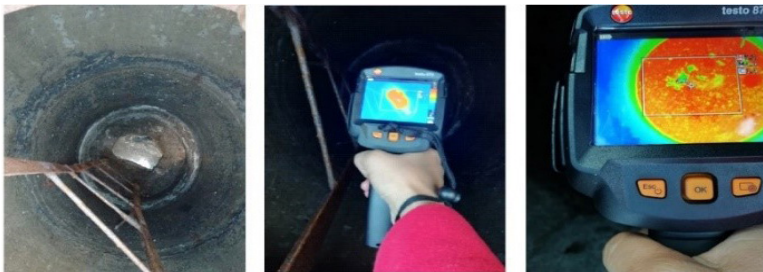


Рисунок 3 – Натурные измерения температуры сточной воды в колодцах

Натурные исследования по длине участка проводились в течение суток через каждые 2–6 часов. При этом измерялись и фиксировались следующие параметры: температура сточной воды и глубина заложения колодцев.

На рисунке 4 представлены термограммы поверхности сточной воды со значением температур сточной воды в отдельных колодцах в ночное время.

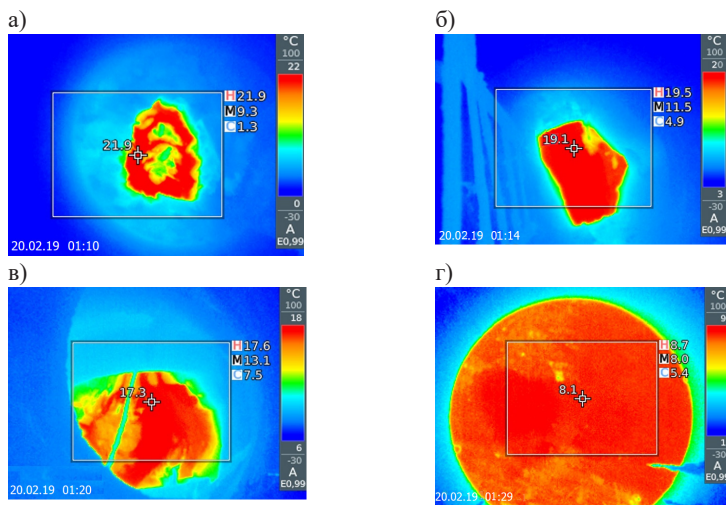


Рисунок 4 – Температура сточной воды внутри колодцев по трассе канализационной сети в ночное время: а) KK1; б) KK2; в) СК3; г) СК4

Установлено, что температура сточной воды на выпуске в колодце KK1 в 1:00 ч. составляла 21,9 °C, на выпуске в колодце KK2 – 19,1 °C на дворовой сети СК3 – 17,3 °C и на уличной сети СК4 – 8,1 °C.

Зависимость температуры сточной воды от времени суток на действующей системе канализации на разных участках представлены на рисунке 5.

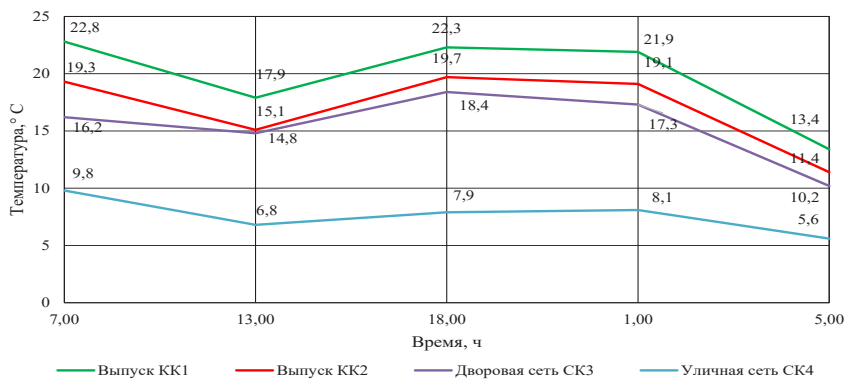


Рисунок 5 – Зависимость температуры сточной воды от времени суток на действующей системе канализации на разных участках

Из графика следует, что в колодцах КК1 и КК2 температура сточных вод достаточно высокая и в течение суток она меняется в пределах 22,8–11,4 °С, на дворовой канализации она снижается от 16,2 до 10,2 °С и на уличной от 9,8 до 5,6 °С.

При движении воды по трубам, уложенным в мёрзлый грунт, вокруг трубопровода образуется область талого грунта (талика). На основе результатов натурного исследования для определения размера талика более детально проводились экспериментальные исследования в лабораторных условиях.

2. Результаты экспериментальных исследований по определению размера талика при пропуске по трубопроводу воды с разной температурой и степенью наполнения трубопровода.

Эксперимент проводился на базе учебной лаборатории ФГБОУ ВО ТувГУ. Экспериментальная установка состояла из следующих основных элементов: монолитного блока из мёрзлого грунта размерами 315×222×270 мм, внутрь которого укладывался стальной трубопровод диаметром 20 мм с уклоном 0,01, бака с погружным насосом, подающего шланга и отводящего шланга. На основании теплотехнических расчётов по определению размеров талика для разных грунтов, был выбран для эксперимента песок. Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Лабораторная экспериментальная установка: 1 – блок мёрзлого грунта из песка; 2 – трубопровод; 3 – бак с погружным насосом; 4 – подающий шланг; 5 – отводящий шланг

Температура в подвальном помещении в период проведения опытов поддерживался в пределах от –3 до –6 °С. Для определения тепловых параметров использовался тепловизор марки *Testo 872*, позволяющий измерять температуру воды и талика.

Движение воды происходило по замкнутому циклу: бак (резервуар) → насос → шланг → трубопровод → блок мёрзлого грунта из песка → шланг → резервуар.

На основе метеорологических данных для г. Кызыл глубина промерзания грунта составляет 3,2 м. При глубине прокладки трубопровода 2 м температура грунта на этом уровне находится в пределах от -4 до -6 °С, поэтому температура исследуемого мёрзлого грунта в эксперименте назначена -4 °С.

По результатам разовых измерений установлено, что температура сточной воды на канализационных выпусках находится в пределах $8,4...23$ °С, поэтому в эксперименте для более полного учёта возможных условий работы трубопровода принято значение температуры воды $40, 20$ и 1 °С.

Величина образующегося вокруг трубопровода талика зависит от температуры транспортируемой воды, степени наполнения трубопровода и температуры грунта. В эксперименте принимаем движение воды полным сечением и со степенью заполнения трубопровода $h/d = 0,5$, (здесь h – высота слоя воды в трубопроводе, а d – диаметр трубопровода).

Изображение талика, образующегося вокруг трубы при проведении опытов, показано на рисунке 7.



Рисунок 7 – Внешний вид талика, полученного на экспериментальной установке

Было проведено две серии опытов: первая – для полного заполнения трубопровода при $h/d = 1$, вторая – неполного заполнения $h/d = 0,5$.

Продолжительность проведения одного опыта составляла в среднем от 20 до 30 минут до стабилизации размеров талика. Через определенные промежутки времени тепловизором снимались и записывались термограммы, на основе которых определялись значения температуры и размеры талика (рисунок 8).

На рисунке 8 приведены термограммы теплового состояния грунта для шести серий опытов, и каждая серия проводилась для двух значений h/d .

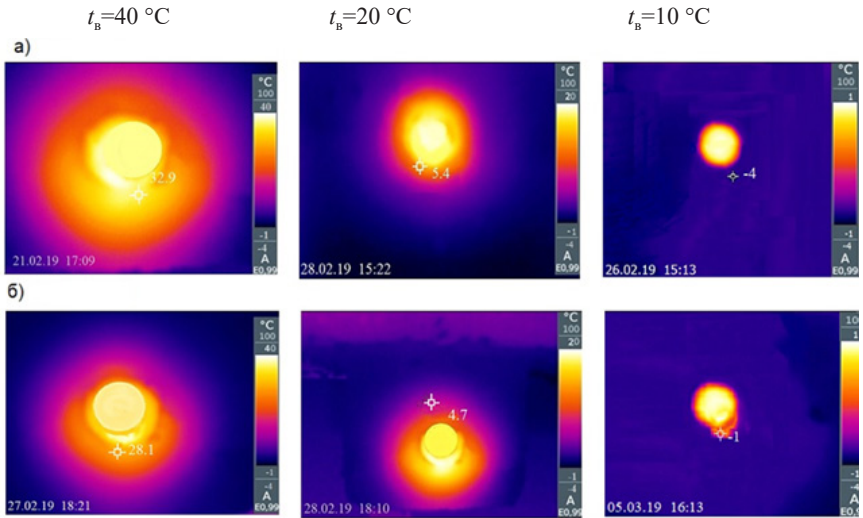


Рисунок 8 – Термограммы опытов при различных температурах воды и $h/d=1$ (а), $h/d=0,5$ (б)

По термограммам определены фактические значения размеров талика. Расчётные значения талика для этих же условий определены по формулам профессора Г.В. Порхаева.

Для удобства сравнения фактических величин талика с теоретическими значениями талика, рассчитанными по методике профессора Г.В. Порхаева составлена таблица 1.

Таблица 1 – Сравнение значений талика, полученных экспериментально и с рассчитанными по методике профессора Г.В. Порхаева

Номер опыта	Температура воды, °C	Радиус зоны талика, мм			
		над трубой r_{TB}		под трубой r_{TH}	
		по данным эксперимента	по методике Г. В. Порхаева	по данным эксперимента	по методике Г. В. Порхаева
1	2	3	4	5	6
Движение воды с полным заполнением, $h/d = 1$					
1	40	45	40	58	49
2	20	24	21	29	25
3	1	2,7	2	3	2,2

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Движение воды с неполным заполнением, $h/d = 0,5$					
4	40	21	19	33	28
5	20	15	13	21	18
6	1	2,6	2	3	2,2

На основе анализа представленных в таблице 1 следует, что экспериментальные значения талика отличаются от его значений, полученных по существующей методике профессора Г.В. Порхаева.

Так при транспортировании воды с температурой 20 °С толщина талика под трубой больше, чем над трубой на 16 %, а при температуре воды 40 °С это расхождение возрастает до 22 %. Для трубопровода, работающего при наполнении $h/d = 0,5$, соотношение толщины оттаявшего грунта сверху и снизу трубы возрастает: при температуре воды 40 °С оно составляет 32 %, для температуры 20 °С – 27 %, для температуры 1 °С – 9 %.

3. Экспериментальные зависимости для определения новых параметров «защитное время» и «время восстановления» участков канализационной сети.

Для регламентирования действий службы эксплуатации при возникновении аварий на канализационных трубопроводах предполагается взаимовязывать инерционность замерзания сточной воды в канализационном трубопроводе и продолжительность проведения мероприятий, связанных с возобновлением движения сточной воды в трубопроводе.

Предложены новые параметры «защитное время» (ЗВ) «время восстановления» (ВВ) для канализационных трубопроводов и методика по определению минимально допустимой глубины заложения канализационных трубопроводов, обеспечивающей бесперебойную работу системы.

Защитное время (ЗВ) – это промежуток времени, который состоит из времени промерзания талика вокруг трубопровода $\tau_{\text{пром.тал}}$ и времени остывания воды в трубопроводе до 0 °С $\tau_{\text{ост}}$.

Время восстановления (ВВ) – это время от остановки движения воды в трубопроводе до восстановления службой эксплуатации его работы. Значение ВВ нормируется и назначается индивидуально для каждого трубопровода в зависимости от климатических условий, технической оснащенности службы эксплуатации, протяженности трубопровода, образования снежных заносов и т.д. Без специального нормирования значение ВВ должно приниматься не менее 8 часов.

ZB складывается из времени промерзания талика $\tau_{\text{пром.тал}}$ (зависит от размеров талика, теплофизических характеристик грунта и его температуры на глубине заложения) и времени остывания сточной воды в трубопроводе до 0°C $\tau_{\text{ост}}$.

ZB зависит от многих факторов, и в первую очередь от температуры грунта на глубине заложения трубопровода, температуры транспортируемой сточной воды, степени наполнения трубопровода и теплофизических характеристик грунта, которые определяются по формулам (1) и (2).

$$\tau_{\text{пром.тал}} = -\frac{D}{3600} \frac{\sigma r_0 v}{\lambda_M t_T}, \quad (1)$$

где D – коэффициент, определяемый по номограмме, на рис. 12 в рекомендациях по теплотехническим расчётам и прокладке трубопроводов в районах с глубоким сезонным промерзанием грунтов Г.В. Порхаева по значению

$$Z = h_0/r_0 \text{ и относительному радиусу талой зоны } r_T/r_0, \text{ с учётом } A_2 = \frac{\sigma}{C_M \cdot t_{\text{ж}} v};$$

$$B_2 = 9 \cdot 10^2 \frac{\lambda_T}{C_T \cdot r_0^2};$$

t_T – температура грунта на глубине оси трубы, $^\circ\text{C}$;

r_0 – радиус трубы, м;

v – степень заполнения труб при работе сети;

λ_M – коэффициент теплопроводности мёрзлого грунта, Вт/(м·К);

λ_T – коэффициент теплопроводности талого грунта, Вт/(м·К);

C_M – удельная теплоёмкость мёрзлого грунта, Дж/(кг·К);

C_T – удельная теплоёмкость талого грунта, Дж/(кг·К);

$t_{\text{ж}}$ – температура жидкости, $^\circ\text{C}$;

σ – удельная теплота замерзания воды в единице объёма грунта;

$$\tau_{\text{ост}} = \frac{d_1^2 \gamma c v}{8 \lambda_T} \ln\left(\frac{2h}{d_2} + \sqrt{\frac{4h^2}{d_2^2} - 1}\right) \ln \frac{\lambda_T t_{\text{нач}} - \lambda_M t_T}{\lambda_T t_{\text{кон}} - \lambda_M t_T}, \quad (2)$$

где d_1 – внутренний диаметр трубопровода, м;

d_2 – внешний диаметр трубы, м;

γ – объёмный вес жидкости, Н/м³;

c – удельная теплоёмкость жидкости, Дж/(кг·К);

λ_T и λ_M – коэффициенты теплопроводности талого и мёрзлого грунтов, Вт/(м·К);

$t_{\text{нач}}$ – температура сточной воды в момент начала остывания, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{кон}}$ – конечная температура сточной воды, $^\circ\text{C}$;

h – глубина заложения трубы, м;

t_T – температура грунта на глубине заложения оси трубы, $^\circ\text{C}$.

Проведенные экспериментальные исследования позволили уточнить размер талика, используемый в методике Порхаева Г.В.

Сравнение фактических значений талика с расчётным по существующей методике (формуле профессора Порхаева Г.В.) показало, что фактический размер талика отличаются от расчётного на 8–12 %.

4. Методика и программа для ЭВМ по расчёту минимальной глубины заложения канализационных трубопроводов, обеспечивающие бесперебойную работу системы водоотведения.

Расчет ЗВ для канализационных трубопроводов по определению минимально допустимой глубины заложения, обеспечивающей бесперебойную работу системы, с использованием программ Mathcad. Диапазон варьирования отдельных параметров приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Виды и значения варьируемых параметров

№ п/п	Параметры	Значения		
1	Температура грунта t_r , °C	-9,0	-6,0	-3,0
2	Температура транспортируемой воды t_w , °C	40	20	1
3	Диаметр трубопровода d , мм	50	100	150
4	Глубина заложения h , м	1	1,5	2

С учётом предложенного параметра ЗВ и на основе формул, разработанных авторами В.Г. Порхаевым и А.Л. Ястребовым (1, 2) определяются значения $\tau_{\text{пром.тал}}$ и $\tau_{\text{ост}}$, предлагаются рекомендации по определению минимальной глубины заложения для трубопроводов разных диаметров, обеспечивающей их бесперебойную работу.

За расчётный участок канализационной сети принимается канализационной выпуск из здания, т.к. он имеет наименьшую глубину заложения, наиболее высоко расположен и его окружает грунт, который имеет наиболее низкую температуру. Подобрал условия, обеспечивающие его незамерзаемость при заданных параметрах (диаметр трубопровода, температура воды), устанавливают температуру грунта и соответствующую ей глубину заложения трубопровода, при которой обеспечивается безопасное значение ЗВ.

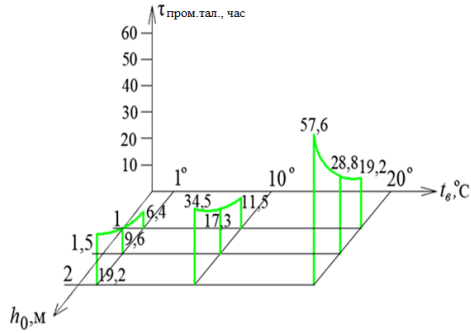
Выполненные многовариантные расчёты по определению ЗВ при наложении трубопровода $h/d = 0,5$ сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Продолжительность защитного времени (ЗВ) при $h/d = 0,5$

h , м	t_2 , °C									
	D , мм	1 °C			10 °C			20 °C		
		$\tau_{\text{пром.тал}}$, ч	$\tau_{\text{ост}}$, ч	$\tau_{\text{ЗВ}}$, ч	$\tau_{\text{пром.тал}}$, ч	$\tau_{\text{ост}}$, ч	$\tau_{\text{ЗВ}}$, ч	$\tau_{\text{пром.тал}}$, ч	$\tau_{\text{ост}}$, ч	$\tau_{\text{ЗВ}}$, ч
1	100	6,4	0,77	7,17	11,52	2,58	14,09	19,2	4,52	23,7
1,5	100	9,6	1,31	10,91	17,3	3,91	21,2	28,8	6,57	35,36
2	100	19,2	2,87	22,07	34,56	6,50	41,05	57,6	10,12	67,71

На рисунке 9 на основе данных таблицы 3 построены зависимости $\tau_{\text{пром.тал}}$ и $\tau_{\text{ост}}$ от температуры транспортируемой сточной воды и глубины заложения трубы.

а)



б)

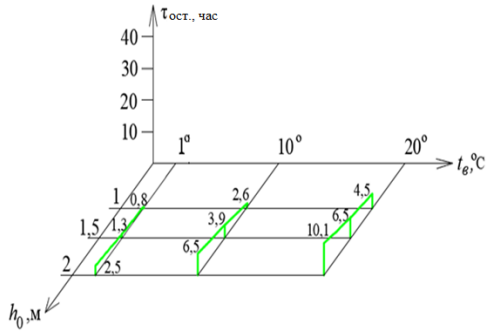


Рисунок 9 – Зависимости а) $\tau_{\text{пром.тал}}$ б) $\tau_{\text{ост}}$ от температуры сточной воды $t_{\text{б}}$ и глубины заложения h для трубопровода диаметром 100 мм при $h/d = 0,5$

Анализ графика показывает, что при глубине заложения 1,5 м и температуре сточной воды 10 °С $\tau_{\text{пром.тал}} = 17,3$ ч, $\tau_{\text{ост}} = 3,9$ ч.

Критерий ЗВ является наиболее важным. Значение ЗВ в каждом случае должно быть не меньше 8 ч. Поэтому подбираются параметры, а именно глубина заложения и температура транспортируемой воды такими, чтобы общая величина ЗВ была не меньше 8 ч. Это гарантирует незамерзаемость трубопровода в течение указанного времени и правильное назначение минимальной глубины заложения. Например, при значениях $h = 1,5$ м и $t_{\text{б}} = 10$ °С среднее значение $\tau_{\text{ЗВ}}$ будет равно 21,2 ч, что превышает ВВ.

$$\tau_{\text{ЗВ}} = \tau_{\text{пром.тал}} + \tau_{\text{ост}} = 17,3 + 3,9 = 21,2 \text{ ч.}$$

Зависимость ЗВ от температуры транспортируемой воды t_b 1, 10, 20 °С для трубопровода $d = 100$ мм, глубины заложения трубопровода и степени его наполнения h/d представлена на рисунке 10.

Определяющим параметром для назначения глубины заложения трубы является критерий ЗВ. Он должен быть больше продолжительности времени восстановления ВВ.

Главным фактором для увеличения ЗВ является время промерзания талика. Значительное превышение $\tau_{\text{пром.тал}}$ над $\tau_{\text{ост}}$ связано с наполнением трубы и зависит от температуры транспортируемой воды.

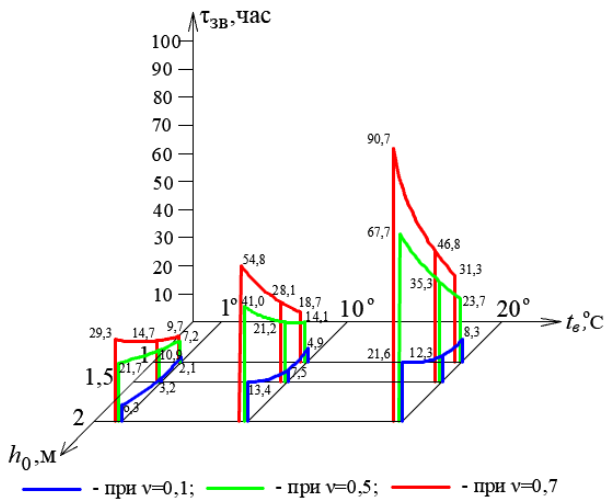


Рисунок 10 – Зависимость продолжительности ЗВ от температуры транспортируемой воды, глубины заложения трубопровода и степени его наполнения h/d для трубопровода $d = 100$ мм

На основе предложенных параметров ЗВ и ВВ разработана и составлена программа для ЭВМ по определению минимальной глубины заложения канализационных трубопроводов в районах с глубоким сезонным промерзанием грунтов с учётом времени промерзания талика и остывания воды в случае остановки ее движения. Получено свидетельство о государственной регистрации данной программы для ЭВМ.

5. Результаты экономической оценки прокладки канализационных трубопроводов за счёт уменьшения глубины заложения в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов.

Приведены результаты расчётов экономической эффективности по предлагаемой методике расчёта глубины прокладки канализационных

трубопроводов в сравнении с базовой (существующей). Экономический эффект достигается за счёт уменьшения строительных затрат, снижения стоимости аварийно-восстановительных работ трубопроводов.

Для выявления экономического эффекта при прокладке канализационных трубопроводов в зависимости от уменьшения глубины заложения в суровых климатических условиях была проведена серия расчётов.

Расчёт производился на 1 км трубопровода диаметром 300 мм для предлагаемого и базового вариантов расчёта (таблица 4). Глубина заложения до верха трубопровода составляла в базовом варианте – 3,2 м, в предлагаемом – 1,5 м.

В таблице 4 приведена полная стоимость земляных работ и общая стоимость прокладки канализационного трубопровода, длиной 1 км, в зависимости от глубины заложения.

Таблица 4 – Полная стоимость строительства канализационного трубопровода и земляных работ для г. Кызыла

Диаметр трубопровода, мм	Протяжённость, км	Варианты			
		Предлагаемый		Базовый	
		Стоимость земляных работ, тыс. руб.	Полная стоимость, тыс. руб.	Стоимость земляных работ, тыс. руб.	Полная стоимость, тыс. руб.
300	1	756,12	6007,53	1186,82	6692,56

Из полученных данных видно, что стоимость земляных работ составляет 30 % от общей стоимости работ по строительству канализационного трубопровода, что объясняется большой глубиной заложения трубопровода.

Исходные данные для расчёта годового экономического эффекта от применения мелкозаглубленной прокладки канализации диаметром трубы 300 мм с глубиной заложения трубопровода 1,5 м вместо традиционной прокладки трубопроводов того же диаметра с глубиной заложения 3,2 м приведены в таблице 5.

Базовый вариант – это трубопровод длиной 1 км и диаметром трубопровода 300 мм.

Таблица 5 – Техничко-экономическое сравнение вариантов

Показатель	Варианты	
	Базовый	Предлагаемый
Диаметр и материал труб	300 мм, чугун	300 мм, чугун
Глубина заложения трубы, м	3,2	1,5
Прямые затраты, тыс. руб. / км	6035,42	5747,11
Трудовые затраты на земляные работы, чел.-дн./км	533,42	304,15
Накладные расходы, тыс. руб. / км	527,33	330,48
Себестоимость строительно-монтажных работ, тыс. руб. / км	6562,76	6077,6

Окончание табл. 5

Показатель	Варианты	
	Базовый	Предлагаемый
Полная сметная стоимость прокладки системы канализации, тыс. руб. / км	6692,56	6007,53
Срок службы трубопровода, лет	50	50

Экономический эффект при прокладке чугунного трубопровода диаметром 300 мм по предложенной методике составляет 685,03 тыс. руб. на 1 км по сравнению с базовым вариантом.

Для комплексной оценки принятого проектного решения приведена система основных технико-экономических показателей проекта (таблица 6).

Таблица 6 – Оценка эффективности инвестиционного проекта (сравнение вариантов)

Базовый вариант Прокладка канализационных с трубопроводов с $h = 3,2$ м	Предлагаемый вариант Прокладка канализационных с трубопроводов с $h = 1,5$ м
Годовая производительность системы $Q = 10,57$ млн м ³	Годовая производительность системы $Q = 10,57$ млн м ³
Капитальные вложения в строительство системы $K = 6692,56$ тыс. руб. в том числе НДС 20 %	Капитальные вложения в строительство системы $K = 6007,53$ тыс. руб. в том числе НДС 20 %
Удельные капитальные вложения $K_{уд} = 0,63$ руб. / м ³ воды	Удельные капитальные вложения $K_{уд} = 0,56$ руб. / м ³ воды
Стоимость строительства сети канализации 6692,26 тыс. руб.	Стоимость строительства сети водовода 6007,53 тыс. руб.
Протяжённость сети 1,0 км	Протяжённость сети 1,0 км
Стоимость строительства 1 пог. м сети 6,6 тыс. руб.	Стоимость строительства 1 пог. м сети 6,07 тыс. руб.
Годовые эксплуатационные расходы системы канализации 669,25 тыс. руб.	Годовые эксплуатационные расходы системы канализации 600,75 тыс. руб.

¹ Учётная ставка рефинансирования (ключевая ставка) ЦБ России на 21.06.2021 г.

² Уровень инфляции на 21.06.2021 г.

На основе полученных расчётов вариант мелкозаглубленной прокладки экономически более эффективен, поскольку все показатели экономической эффективности удовлетворяют требованиям инвестора. При прокладке чугунного трубопровода диаметром 300 мм экономический эффект по предложенной методике составляет 685 тыс. руб. на 1 км по сравнению с базовым вариантом.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ опыта строительства и эксплуатации канализационных сетей в различных регионах РФ с глубоким сезонным промерзанием грунтов показывает возможность применения мелкозаглубленных канализационных трубопроводов.

2. На основе натуральных исследований, проведённых на действующей канализационной сети в Кызыле в зимний период, установлено, что значения температуры сточной воды в канализационном выпуске из здания в течение суток меняются от 8,4 до 22,3 °С, самая высокая температура приходится на утренние часы (7:00–8:00).

3. Проведенные натурные исследования температурного режима трубопровода по длине действующей канализационной сети, показали, что в конечной точке исследуемой трассы температура сточной воды имеет положительную температуру в пределах 5,6–9,8 °С, что свидетельствует о достаточном тепловом потенциале и запасе надежности трассы от промерзания при эксплуатации.

4. Новизна выполненной работы состоит в принципиально новом комплексном подходе к исследованию вопросов, посвященных обоснованию уменьшению глубины заложения канализационных выпусков в условиях с глубоким сезонным промерзанием грунтов, заключающееся в методике проведения натуральных исследований по определению фактических значений температуры сточной воды в канализационном выпуске в зимний период и её изменений по длине действующей канализационной сети, а также экспериментальных исследований в лабораторных условиях по определению размеров талика в мерзлом грунте, с применением современных приборов, прежде не применявшихся для аналогичных условий.

5. Экспериментально в лабораторных условиях определены размеры талика при пропуске по трубопроводу воды с разной температурой, с различной степенью его заполнения. Установлено, что для трубопровода, работающего при степени заполнения $h/d = 0,5$, соотношение толщины оттаявшего грунта сверху и снизу трубы возрастает при температуре воды 40 °С на 32 %, при 20 °С – на 27 %, при 1°С – на 9%. Сравнение размеров талика, полученных по результатам эксперимента и с расчётными данными, показало, что экспериментальные размеры талика превышают расчётные на 8–12 %.

6. Проведенные экспериментальные исследования размеров талика, образующегося при пропуске по трубопроводу, уложенному в мерзлом грунте, показали, что расчётные значения размеров талика, выполненные для условий эксперимента по формуле профессора Порхаева Г.В., имеют фактическое расхождение в сторону уменьшения размеров талика на 8-12 %.

Таким образом, на основе эксперимента можно утверждать, что используемые проектировщиками формулы профессора Порхаева Г.В. имеют запас от промерзания до 12%, и проектировщиками можно не закладывать дополнительные мероприятия для увеличения времени промерзания талика.

7. Установлено, что глубину заложения канализационного выпуска из здания в условиях г. Кызыл и аналогичных ему природных условиях следует принимать равной 1,5 м, то есть, в сравнении с нормируемой, глубина заложения уменьшается на 1,7 м.

8. Получены экспериментальные зависимости для определения новых параметров «защитное время» (ЗВ) и «время восстановления» (ВВ) участков канализационной сети, которые позволяют определить минимальные величины начальной глубины их заложения при сохранении надежности работы сети, сокращать сроки и стоимость ремонтно-восстановительных работ. Установлено, что основная часть ЗВ обусловлена временем промерзания талика, которая по сравнению со временем остывания сточной воды выше на 60 %. Значительная продолжительность времени промерзания талика обусловлена температурой сточной воды и наполнением трубы h/d .

9. Разработаны методика и программа для ЭВМ по определению минимальной глубины заложения канализационных трубопроводов, обеспечивающей бесперебойную работу системы водоотведения.

10. Определена экономическая эффективность прокладки канализационных трубопроводов за счет уменьшения глубины заложения в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов, что позволяет снизить строительную стоимость и сократить сроки строительства за счет уменьшения объема земляных работ; минимизировать трудоемкость ремонтных и восстановительных работ. Предложенный способ прокладки повышает безопасность строительства и эксплуатации сети; дает возможность быстро обнаруживать и устранять аварии, уменьшать объемы и сокращать сроки ремонтных и аварийно-восстановительных работ.

11. Экономия от прокладки для чугунного трубопровода диаметром 300 мм при глубине заложения 1,5 м вместо базового варианта 3,2 м на 1 км составляет 685 тыс. руб.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

1. Разработанную методику по расчёту минимальной глубины заложения канализационных трубопроводов в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов адаптировать для использования в регионах с многолетне-мёрзлыми грунтами.

2. Включить материалы исследования в редакцию СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения» при дальнейшей актуализации в части проектирования уменьшения глубины заложения канализационных выпусков в районах с глубоким сезонным промерзанием грунтов.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. **Майны, Ш.Б.** Температурный режим сезоннопромерзающих грунтов (на примере г. Кызыла) / Ш.Б. Майны // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 10. – С. 50–51. (0,125 п. л.).

2. **Майны, Ш.Б.** Проблемы бесканальной прокладки трубопроводов в горных регионах (на примере Республики Тыва) // Естественные и технические науки. – 2014 – № 7. – С. 114–118. (0,3 п. л.).

3. **Майны, Ш.Б.** Анализ аварий канализационных трубопроводов (на примере г. Кызыла) / Ш.Б. Майны // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 3(50). – С. 197–201. (0,3 п. л.).

4. **Майны, Ш.Б.** Методика определения минимальной глубины заложения начального участка канализационных трубопроводов в суровых климатических условиях / Ш.Б. Майны, Л.Д. Терехов, Н.П. Заборщикова // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 3(56). – С. 116–122. (0,44 п. л./0,15 п. л.).

5. **Майны, Ш.Б.** Проблемы эксплуатации канализационных трубопроводов в районах глубокого сезонного промерзания грунтов (на примере г. Кызыла) / Ш.Б. Майны, Терехов Л.Д. // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 4. – С. 307–309. (0,19 п. л. /0,09 п. л.).

6. **Майны, Ш.Б.** Исследование изменения теплового режима канализационных сетей в зимний период / Л.Д. Терехов, Ш.Б. Майны // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 12. – С. 42–47. (0,4 п. л. /0,2 п. л.).

Статьи в журналах, входящих в Scopus

7. **Майны, Ш.Б.** Экспериментальное исследование оттаивания грунта вокруг канализационных трубопроводов мелкого заложения в зимнее время / Л.Д. Терехов, Ш.Б. Майны, Н.А. Черников // Вода и экология: проблемы и решения – № 4(80) – 2019. – С. 71–78 (0,5 п. л. /0,25 п. л.).

8. **Mauny Sh.** Wastewater temperature changes in sewer outlets under severe climatic conditions /L. Terekhov, N. Tvardovskaya, Sh. Mauny // International Scientific Conference Transport Technologies in the 21st Century (TT21C-2023) «Actual Problems of Decarbonization of Transport and Power Engineering: Ways of heir Innovative Solution». E3S Web of Conferences. – 2023. –№ 02002. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338302002> (0,4 п. л. /0,13 п. л.).

Статьи в других изданиях

9. **Майны, Ш.Б.** Анализ опыта строительства и эксплуатации канализационных трубопроводов в районах глубокого сезонного промерзания грунтов / Ш.Б. Майны, О.В. Заборщиков // Актуальные проблемы современного

строительства: сб. материалов 62-ой Междунар. науч.-технич. конф. молодых учёных. – СПб: СПбГАСУ. – Ч. IV. – 2009. – С. 13–17. (0,3 п.л. /0,15 п. л.).

10. **Майны, Ш.Б.** О теплотехническом расчёте канализационных сетей в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов / Ш.Б. Майны, О.В. Заборщиков // Актуальные проблемы современного строительства: сб. материалов 63-й Междунар. науч.-технич. конф. молодых учёных. – СПб: СПбГАСУ. – Ч. IV. – 2010. – С. 13–17. (0,3 п. л. /0,15 п. л.).

11. **Майны, Ш.Б.** Анализ существующей системы канализации г. Кызыла / Ш.Б. Майны // Материалы III Республ. науч.-практ. конф. студентов «Молодежь и инновации: опыт, проблемы, перспективы» с межрегиональным участием. – Кызыл: ТувГУ. – 2012. – С. 18–19. (0,125 п. л.).

12. **Майны, Ш.Б.** Зависимость времени остановки работы канализационного трубопровода от глубины заложения (на примере г. Кызыл) / Ш.Б. Майны, Л.Д. Терехов // Вестник ТувГУ. – 2015. – С. 41–45. (0,3 п. л. /0,15 п. л.).

13. **Майны, Ш.Б.** Тепловой режим систем водоотведения / Ш.Б. Майны // Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию юбилею ТувГУ. – ТувГУ. – 2015. – С. 189–190. (0,125 п. л.).

14. **Майны, Ш.Б.** Влияние неравномерности притока сточных вод на теплотехнический расчёт канализационной сети / Ш.Б. Майны // Вестник ТувГУ. – 2016. – № 3(30). – С. 96–100. (0,3 п. л.).

15. **Майны, Ш.Б.** Техническое обслуживание канализационной сети в современных условиях / Ш.Б. Майны // Сб. материалов: Научные труды ТувГУ. Материалы ежегодной науч.-практ. конф. преподавателей, сотрудников и аспирантов ТувГУ, посвященной Году экологии в Российской Федерации и Году молодежных инициатив в Туве, 2017. – С. 128–129. (0,125 п. л.).

16. **Майны, Ш.Б.** Влияние характера местности на прокладку канализационных трубопроводов / Ш.Б. Майны // Вестник ТувГУ. – 2017. – №3(34). – С. 33–38. (0,37 п. л.).

17. **Майны, Ш.Б.** Особенности эксплуатации канализационных выпусков в условиях сурового климата / Л.Д. Терехов, Ш.Б. Майны // Яковлевские чтения: сб. докл. XV Междунар. науч.-техн. конф., посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. М.: Изд-во АСВ. – 2020. С.161–165. (0,3 п. л. /0,15 п. л.).

18. **Майны, Ш.Б.** Пути решения проблем при эксплуатации канализационных выпусков в г. Кызыл / Л.Д. Терехов, Ш.Б. Майны // Вестник ТувГУ. – 2020. – № 1(58). – С. 50–56. (0,44 п. л. /0,22 п. л.).

19. **Майны, Ш.Б.** Определение диаметров начальных участков канализационной сети г. Кызыла / Ш.Б. Майны // Вестник ТувГУ. – 2020. – №2(62). – С. 62–69. (0,5 п.л.).

20. **Майны, Ш. Б.** Особенности реконструкции систем водоснабжения и водоотведения в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов / Ш. Б. Майны // Вестник ТувГУ. – 2022. – № 2(94). – С. 6–13. (0,5 п. л.).

**Патенты, базы данных и программы для ЭВМ,
имеющие госрегистрацию**

21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020614814. Математическое моделирование глубины заложения канализационного трубопровода в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов / Майны Ш.Б. Терехов Л.Д.; дата гос. рег. 25.04.2020 г.

22. Пат. 2802728 Российская Федерация, МПК F17D5/00, E03B7/12. Устройство защиты трубопровода в грунте от промерзания / Майны Ш.Б., Терехов Л.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ТувГУ; заявл. 14.06.22; опубл. 31.08.23.

Компьютерная верстка *М. В. Смирновой*

Подписано к печати 29.09.2023. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 1,3. Тираж 120 экз. Заказ 139.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.