

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
МО «ГОРОД МЕДНОГОРСК»  
НА ПЕРИОД ДО 2039 г.  
(актуализация на 2024 год)**



**Обосновывающие материалы  
к схеме теплоснабжения**

**Глава 11**

**Оценка надежности теплоснабжения**

## **СОСТАВ ПРОЕКТА**

Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения.

Глава 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения.

Часть 1. Функциональная структура теплоснабжения.

Часть 2. Источники тепловой энергии.

Часть 3. Тепловые сети, сооружения на них.

Часть 4. Зоны действия источников тепловой энергии.

Часть 5. Тепловые нагрузки потребителей тепловой энергии, групп потребителей тепловой энергии.

Часть 6. Балансы тепловой мощности и тепловой нагрузки.

Часть 7. Балансы теплоносителя.

Часть 8. Топливные балансы источников тепловой энергии и система обеспечения топливом.

Часть 9. Надежность теплоснабжения.

Часть 10. Техничко-экономические показатели теплоснабжающих и теплосетевых организаций.

Часть 11. Цены (тарифы) в сфере теплоснабжения.

Часть 12. Описание существующих технических и технологических проблем в системах теплоснабжения.

Часть 13. Экологическая безопасность теплоснабжения.

Глава 2. Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения.

Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения.

Глава 4. Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей.

Глава 5. Мастер-план развития систем теплоснабжения.

Глава 6. Существующие и перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей, в том числе в аварийных режимах.

Глава 7. Предложения по строительству, реконструкции, техническому перевооружению и (или) модернизации источников тепловой энергии.

Глава 8. Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей.

Глава 9. Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения.

Глава 10. Перспективные топливные балансы.

Глава 11. Оценка надежности теплоснабжения.

Глава 12. Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию, техническое пе-

ревооружение и (или) модернизацию.

Глава 13. Индикаторы развития систем теплоснабжения.

Глава 14. Ценовые (тарифные) последствия.

Глава 15. Реестр единых теплоснабжающих организаций.

Глава 16. Реестр мероприятий схемы теплоснабжения.

Глава 17. Замечания и предложения к проекту схемы теплоснабжения.

Глава 18. Сводный том изменений, выполненных в доработанной и (или) актуализированной схеме теплоснабжения.

Глава 19. Оценка экологической безопасности теплоснабжения.

Схема теплоснабжения.

Раздел 1. Показатели существующего и перспективного спроса на тепловую энергию (мощность) и теплоноситель в установленных границах территории города федерального значения.

Раздел 2. Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей.

Раздел 3. Существующие и перспективные балансы теплоносителя.

Раздел 4. Основные положения мастер-плана развития систем теплоснабжения.

Раздел 5. Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии.

Раздел 6. Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей.

Раздел 7. Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения.

Раздел 8. Перспективные топливные балансы.

Раздел 9. Инвестиции в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение.

Раздел 10. Решение об определении единой теплоснабжающей организации (организациям).

Раздел 11. Решения о распределении тепловой нагрузки между источниками тепловой энергии.

Раздел 12. Решения по бесхозным тепловым сетям.

Раздел 13. Синхронизация схемы теплоснабжения со схемой газоснабжения и газификации субъекта Российской Федерации и (или) поселения, схемой и программой развития электроэнергетики, а также со схемой водоснабжения и водоотведения поселения, городского округа, города федерального значения.

Раздел 14. Индикаторы развития систем теплоснабжения поселения, городского округа, города федерального значения.

Раздел 15. Ценовые (тарифные) последствия.

Раздел 16. Обеспечение экологической безопасности теплоснабжения.

## СОДЕРЖАНИЕ

СОСТАВ ПРОЕКТА.....	2
СОДЕРЖАНИЕ .....	4
СПИСОК ТАБЛИЦ.....	6
СПИСОК РИСУНКОВ .....	7
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	8
СОКРАЩЕНИЯ .....	10
Раздел 1. Обоснование метода и результатов обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения .....	11
Раздел 2. Обоснование метода и результатов обработки данных по восстановлению отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения .....	14
Раздел 3. Обоснование результатов оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам .	16
3.1. Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей Медногорской ТЭЦ .....	16
3.2. Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей котельной № 1 «Больничная» .....	18
3.3. Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей котельной № 4 «Тульская» .....	19
Раздел 4. Обоснование результатов оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки .....	21
Раздел 5. Обоснование результатов оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии.	22
Раздел 6. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения .....	23
6.1. Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих нормативную готовность энергетического оборудования.....	23
6.2. Установка резервного оборудования .....	23
6.3. Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть.....	23
6.4. Резервирование тепловых сетей смежных районов .....	24
6.5. Устройство резервных насосных станций.....	29
6.6. Установка баков-аккумуляторов .....	29

Раздел 7. Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей, и сооружений на них .....	30
Раздел 8. Анализ аварийных режимов работы тепловых сетей.....	31
8.1. Расчет предельного времени устранения аварий на тепловых сетях.....	31
8.2. Медногорская ТЭЦ .....	32
8.2.1. Моделирование аварии на магистральном тепловом выводе.....	32
8.2.2. Моделирование аварии на Медногорской ТЭЦ .....	35
8.3. Котельная № 4 «Никитино».....	37

## СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Количество повреждений на тепловых сетях в 2018-2019 годах.....	12
Продолжение таблицы 1. Количество повреждений на тепловых сетях в 2020-2021 годах...	12
Продолжение таблицы 1. Количество повреждений на тепловых сетях в 2022 году.....	12
Таблица 2. Интенсивность повреждений тепловых сетях в 2018-2019 годах.....	13
Продолжение таблицы 2. Интенсивность повреждений тепловых сетях в 2020-2021 годах..	13
Продолжение таблицы 2. Интенсивность повреждений тепловых сетях в 2022 году .....	13
Таблица 3. Статистика восстановлений тепловых сетей за 2018-2019 г. ....	15
Продолжение таблицы 3. Статистика восстановлений тепловых сетей за 2020-2021 г. ....	15
Продолжение таблицы 3. Статистика восстановлений тепловых сетей за 2022 г. ....	15
Таблица 4. Вероятность безотказной работы потребителей Медногорской ТЭЦ .....	16
Таблица 5. Результаты расчета вероятности безотказной работы участков теплосети новой БМК .....	17
Таблица 6. Вероятность безотказной работы трубопроводов котельной № 1 «Больничная»	18
Таблица 7. Результаты расчета вероятности безотказной работы участков теплосети котельной № 1 «Больничная».....	19
Таблица 8. Вероятность безотказной работы трубопроводов котельной № 4 «Никитино» ....	19
Таблица 9. Результаты расчета вероятности безотказной работы участков теплосети котельной № 4 «Никитино» .....	20
Таблица 10. Коэффициенты готовности источников тепловой энергии г. Медногорск .....	22
Таблица 11. Недоотпуск тепловой энергии по причине отказов и простоев тепловых сетей за 2018-2022 гг. ....	22
Таблица 12. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления.....	28
Таблица 13. Расчет времени снижения температуры внутри отапливаемого помещения для г. Медногорска .....	31
Таблица 14. Примерный темп падения температуры в отапливаемых помещениях (°С/ч) при полном отключении подачи тепла .....	35
Таблица 15. Итоговый расчет допустимого времени устранения аварий и инцидентов в системах отопления жилых домов .....	35

## СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1. Путь движения теплоносителя от новой БМК до ЦТП № 8.....	16
Рисунок 2. Тепловые сети котельной № 1 «Больничная».....	18
Рисунок 3. Тепловые сети котельной № 4 «Никитино».....	19
Рисунок 4. Отключаемый участок магистральной тепловой сети.....	32
Рисунок 5. Схема трассировки резервирующей тепловой магистрали от МТЭЦ до СК-23 .....	33
Рисунок 6. Зона ухудшения теплоснабжения потребителей при моделировании аварийного отключения на участке тепловой сети от СК-12 до СК-12а.....	34
Рисунок 7. Отключаемый участок магистральной тепловой сети.....	38
Рисунок 8. Зона ухудшения теплоснабжения потребителей при моделировании аварийного отключения на участке тепловой сети от ТК-11/38 до ТК-11/48.....	38

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей главе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Термины	Определения
Теплоснабжение	Обеспечение потребителей тепловой энергии тепловой энергией, теплоносителем, в том числе поддержание мощности.
Система теплоснабжения	Совокупность источников тепловой энергии и теплопотребляющих установок, технологически соединенных тепловыми сетями.
Схема теплоснабжения	Документ, содержащий предпроектные материалы по обоснованию эффективного и безопасного функционирования системы теплоснабжения, ее развития с учетом правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности
Источник тепловой энергии	Устройство, предназначенное для производства тепловой энергии
Тепловая сеть	Совокупность устройств (включая центральные тепловые пункты, насосные станции), предназначенных для передачи тепловой энергии, теплоносителя от источников тепловой энергии до теплопотребляющих установок.
Потребитель топлива (далее потребитель)	Лицо, приобретающее топливо для использования на, принадлежащих ему на праве собственности или ином законном основании, топливопотребляющих установках
Теплоснабжающая организация	Организация, осуществляющая продажу потребителям и (или) теплоснабжающим организациям произведенных или приобретенных тепловой энергии (мощности), теплоносителя и владеющая на праве собственности или ином законном основании источниками тепловой энергии и (или) тепловыми сетями в системе теплоснабжения, посредством которой осуществляется теплоснабжение потребителей тепловой энергии (данное положение применяется к регулированию сходных отношений с участием индивидуальных предпринимателей).
Теплосетевая организация	Организация, оказывающая услуги по передаче тепловой энергии (данное положение применяется к регулированию сходных отношений с участием индивидуальных предпринимателей).
Зона действия системы теплоснабжения	Территория городского округа или ее часть, границы которой устанавливаются по наиболее удаленным точкам подключения потребителей к тепловым сетям, входящим в систему теплоснабжения.
Котельно-печное топливо	Любое топливо, которое используется организацией, кроме моторного топлива
Коэффициент использования тепла топлива	Коэффициент, который определяет эффективность преобразования внутренней энергии углеродного топлива в электрическую и тепловую энергию при сжигании топлива в котлах ТЭС
Установленная мощность источника тепловой энергии	Сумма номинальных тепловых мощностей всего принятого по акту ввода в эксплуатацию оборудования, предназначенного для отпуска тепловой энергии потребителям на собственные и хозяйственные нужды
Располагаемая мощность источника тепловой энергии	Величина, равная установленной мощности источника тепловой энергии за вычетом объемов мощности, не реализуемой по техническим причинам, в том числе по причине снижения тепловой мощности оборудования в результате эксплуатации на продленном техническом ресурсе (снижение параметров пара перед турбиной, отсутствие рециркуляции в пиковых водогрейных котлоагрегатах и др.)
Мощность источника тепловой энергии нетто	Величина, равная располагаемой мощности источника тепловой энергии за вычетом тепловой нагрузки на собственные и хозяйственные нужды
Топливоно-энергетический баланс	Документ, содержащий взаимосвязанные показатели количественного соответствия поставок энергетических ресурсов на территорию субъекта Российской Федерации или муниципального образования и их потребления, устанавливающий распределение энергетических ресурсов между системами теплоснабжения, потребителями, группами потребителей и позволяющий определить эффективность использования энергетических ресурсов
Комбинированная выработка электрической и тепловой энергии	Режим работы теплоэлектростанций, при котором производство электрической энергии непосредственно связано с одновременным производством тепловой энергии
Неснижаемый норматив	Запас топлива, создаваемый на электростанциях и котельных организаций



Термины	Определения
ный запас топлива	электроэнергетики для поддержания плюсовых температур в главном корпусе, вспомогательных зданиях и сооружениях в режиме «выживания» с минимальной расчетной электрической и тепловой нагрузкой по условиям самого холодного месяца года
Нормативный эксплуатационный запас топлива	Запас топлива, необходимый для надежной и стабильной работы электростанций и котельных, обеспечивающий плановую выработку электрической и (или) тепловой энергии
Общий нормативный запас основного и резервного видов топлива	Общий нормативный запас основного и резервного видов топлива, определяемый по сумме объемов неснижаемого нормативного запаса топлива и нормативного эксплуатационного запаса топлива
Условное топливо	Принятая при расчетах единица учета органического топлива, которая используется для счисления полезного действия различных видов топлива в их суммарном учете
Энергетический ресурс	Носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии)
Элемент территориального деления	Территория городского округа или ее часть, установленная по границам административно-территориальных единиц.
Расчетный элемент территориального деления	Территория городского округа или ее часть, принятая для целей разработки схемы теплоснабжения в неизменяемых границах на весь срок действия схемы теплоснабжения.
Технологическая зона	Единица укрупненного деления территории города по зонально-технологическому принципу, объединяющая несколько тепловых районов или совпадающая с границами теплового района.
Тепловой район	Единица территориального деления, в границах которой осуществляются технологические процессы производства, передачи и потребления тепловой энергии.
Централизованное теплоснабжение	Теплоснабжение потребителей от источников тепла через общую тепловую сеть.

## СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей главе применяют следующие сокращения:

ВК – водогрейный котел;

ПВК – пиковая водогрейная котельная;

ПГУ – парогазовая установка;

ПСГ, ПСВ – подогреватель сетевой воды;

РОУ – редуционно-охладительная установка;

РСО – ресурсоснабжающая организация;

СН – собственные нужды;

ХН – хозяйственные нужды;

ТСЖ – товарищество собственников жилья;

ТСО – теплоснабжающая организация;

ТС – тепловые сети;

ТФУ – теплофикационная установка;

ТЭ – тепловая энергия;

ТЭК – топливно-энергетический комплекс;

ГВС – горячее водоснабжение;

ЕТО – единая теплоснабжающая организация;

ЖСК – жилищно-строительный кооператив;

ОИЭК – организации инженерно-энергетического комплекса;

МУП – муниципальное унитарное предприятие;

ЕГСТ – единая газотранспортная система;

КС – компрессорная станция;

МГ – магистральный газопровод;

АО – акционерное общество;

ОЗНТ – общий нормативный запас основного и резервного видов топлива;

ООО – общество с ограниченной ответственностью;

ННЗТ – неснижаемый нормативный запас топлива;

НЭЗТ – нормативный эксплуатационный запас топлива;

ПХГ – подземное хранилище газа;

РТХ – резервное топливное хозяйство;

ТЭБ – топливно-энергетический баланс;

ТЭР – топливно-энергетические ресурсы;

ТЭС – тепловая электростанция;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

УРУТ – удельный расход условного топлива;

ЭС – электростанция;

ЭЭ – электрическая энергия;

## **Раздел 1. Обоснование метода и результатов обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения**

Статистика повреждений тепловых сетей от источников теплоснабжения г. Медногорск за 2018-2022 гг. без учета повреждений, выявленных при гидравлических испытаниях, приведены в таблице1. Статистика интенсивности отказов в сетях за 2018-2022 гг. приведена в таблице2.

Таблица 1. Количество повреждений на тепловых сетях в 2018-2019 годах

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2018 году, ед.													Количество повреждений на тепловых сетях в 2019 году, ед.														
		Повреждения в магистральных тепловых сетях, в т.ч.:					Повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления в т.ч.:				Повреждения в сетях горячего водоснабжения в т.ч.:				Всего повреждений в тепловых сетях	Повреждения в магистральных тепловых сетях, в т.ч.:					Повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления в т.ч.:				Повреждения в сетях горячего водоснабжения в т.ч.:				Всего повреждений в тепловых сетях
		в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность	Всего	в отопительный период		в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность	Всего			
1	Медногорская ТЭЦ	3	0	0	3	0	0	11	11	0	6	0	6	20	4	0	0	4	0	0	10	10	0	9	0	9	23		
2	Котельная №1 (Больничная)	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	3			
3	Котельная №4 (Никитино)	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	1	4			

Продолжение таблицы 1. Количество повреждений на тепловых сетях в 2020-2021 годах

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2020 году, ед.													Количество повреждений на тепловых сетях в 2021 году, ед.														
		Повреждения в магистральных тепловых сетях, в т.ч.:					Повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления в т.ч.:				Повреждения в сетях горячего водоснабжения в т.ч.:				Всего повреждений в тепловых сетях	Повреждения в магистральных тепловых сетях, в т.ч.:					Повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления в т.ч.:				Повреждения в сетях горячего водоснабжения в т.ч.:				Всего повреждений в тепловых сетях
		в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность и проч. части (ГПА)	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность и проч. части (ГПА)	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность и проч. части (ГПА)	Всего	в отопительный период		в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность и проч. части (ГПА)	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность и проч. части (ГПА)	Всего							
1	Медногорская ТЭЦ	0	0	3	3	0	0	5	5	7	3	0	10	18	0	0	3	3	1	0	7	8	5	2	0	7	18		
2	Котельная №1 (Больничная)	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2		
3	Котельная №4 (Никитино)	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	1	4	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0	2	4		

Продолжение таблицы 1. Количество повреждений на тепловых сетях в 2022 году

[illegible]

Таблица 2. Интенсивность повреждений тепловых сетях в 2018-2019 годах

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2018 году, 1/км/год													Количество повреждений на тепловых сетях в 2019 году, 1/км/год												
		Повреждения в магистральных тепловых сетях, в т.ч.:				Повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления в т.ч.:				Повреждения в сетях горячего водоснабжения в т.ч.:				Всего повреждений в тепловых сетях	Повреждения в магистральных тепловых сетях, в т.ч.:				Повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления в т.ч.:				Повреждения в сетях горячего водоснабжения в т.ч.:				Всего повреждений в тепловых сетях
		в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность (ГИ)	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность (ГИ)	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность (ГИ)	Всего		в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность (ГИ)	Всего	в отопительный период	в межотопительный период (без ГИ)	в период испытаний на плотность и прочность (ГИ)	Всего					
1	Медногорская ТЭЦ	0,171	0,000	0,000	0,171	0,000	0,000	0,248	0,248	0,000	0,211	0,000	0,211	0,221	0,228	0,000	0,000	0,228	0,000	0,000	0,225	0,225	0,000	0,317	0,000	0,317	0,255
2	Котельная №1 (Больничная)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,295	1,295	0,000	0,000	0,000	0,000	1,295	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,555	0,555	0,000	0,000	0,000	0,000	0,555
3	Котельная №4 (Никитино)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,546	0,546	0,000	0,000	0,000	0,000	0,285	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,273	0,273	0,000	0,100	0,000	0,100	0,190

Продолжение таблицы 2. Интенсивность повреждений тепловых сетях в 2020-2021 годах

№ п/п	Наименование источника теп- лоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2020 году, 1/км/год													Количество повреждений на тепловых сетях в 2012 году, 1/км/год														
		Повреждения в магистральных тепловых сетях, в т.ч.:				Повреждения в распределитель- ных тепловых сетях систем отоп- ления в т.ч.:				Повреждения в сетях горячего водоснабжения в т.ч.:					Всего повреждений в тепловых сетях	Повреждения в магистральных тепловых сетях, в т.ч.:				Повреждения в распределитель- ных тепловых сетях систем отоп- ления в т.ч.:				Повреждения в сетях горячего водоснабжения в т.ч.:					Всего повреждённых в тепловых сетях
		в отопительный период	в межотопитель- ный период (без ГИ)	в период испы- таний на плот- ность и проч- ность (ГПА)	Всего	в отопительный период	в межотопитель- ный период (без ГИ)	в период испы- таний на плот- ность и проч- ность (ГПА)	Всего	в отопительный период	в межотопитель- ный период (без ГИ)	в период испы- таний на плот- ность и проч- ность (ГПА)	Всего	в отопительный период		в межотопитель- ный период (без ГИ)	в период испы- таний на плот- ность и проч- ность (ГПА)	Всего	в отопительный период	в межотопитель- ный период (без ГИ)	в период испы- таний на плот- ность и проч- ность (ГПА)	Всего							
1	Медногорская ТЭЦ	0,000	0,000	0,171	0,171	0,000	0,000	0,113	0,113	0,247	0,106	0,000	0,352	0,199	0,000	0,000	0,171	0,171	0,023	0,000	0,158	0,180	0,176	0,070	0,000	0,247	0,199		
2	Котельная №1 (Больничная)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,925	0,925	0,000	0,000	0,000	0,000	0,925	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,370	0,370	0,000	0,000	0,000	0,000	0,370		
3	Котельная №4 (Никитино)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,273	0,273	0,000	0,100	0,000	0,100	0,190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,091	0,000	0,091	0,182	0,100	0,100	0,000	0,199	0,190		

Продолжение таблицы 2. Интенсивность повреждений тепловых сетях в 2022 году

[illegible]

## **Раздел 2. Обоснование метода и результатов обработки данных по восстановлению отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения**

Статистика восстановлений (аварийно-восстановительных ремонтов) тепловых сетей и среднее время, затраченное на восстановление работоспособности тепловых сетей для источников теплоснабжения г. Медногорск за 2018-2022 гг. представлена в таблице 3.



### Раздел 3. Обоснование результатов оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам

Согласно СП 124.13330.2012 вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя должна быть больше или равной 0,9. Ввиду чего на некоторых участках тепловых сетей необходимо произвести капитальный ремонт.

#### 3.1. Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей Медногорской ТЭЦ

На рисунке 1 приведена трассировка теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

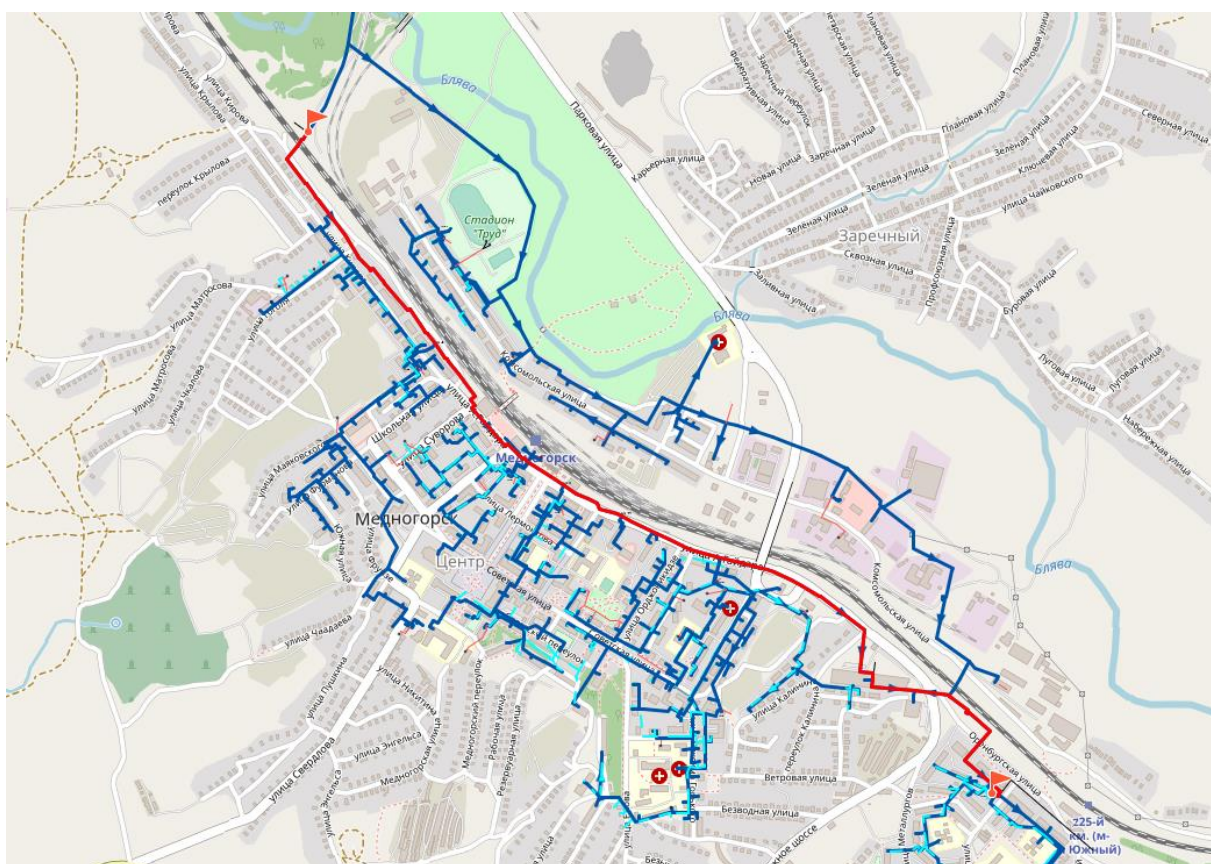


Рисунок 1. Путь движения теплоносителя от новой БМК до ЦТП № 8

Согласно Мастер-плану развития систем теплоснабжения муниципального образования «город Медногорск» на период до 2039 года, целевой сценарий предполагает закрытие МТЭЦ (с 2023 года) с переводом нагрузки на новую БМК.

Вероятность безотказной работы потребителей новой БМК представлена в таблице 4.

Таблица 4. Вероятность безотказной работы потребителей Медногорской ТЭЦ

Год	Минимальная	Максимальная	Средневзвешенная
Новая БМК			
2022 год	0,00000	0,99989	0,62465
2039 год	0,99499	0,99992	0,99907

В таблице 5 представлен результаты расчета вероятности безотказной работы участ-



ков тепловой сети новой БМК на существующее положение и на 2039 год с указанием диаметров, длин и способа прокладки этих участков.

Таблица 5. Результаты расчета вероятности безотказной работы участков теплосети новой БМК

№	Участок	Дата по- следней замены	Условный диаметр трубы, м	Длина трубы, м в д. и.	способ прокладки	Среднее время восстановления участка, час	Вероятность безотказной ра- боты участка	
							2019 г.	2039 г.
БМК № 1 путь 1								
1	БМК – К-25	2022	0,400	10	надземный	21,35	0,99989	0,99992
2	К-25 – СК-1б	1969	0,400	22,8	надземный	21,35	0,50803	0,99891
3	СК-1б – СК-1б/1-2	1969	0,400	0,5	надземный	21,35	0,35081	0,99831
4	СК-1б/1-2 – СК-1в	1969	0,400	23	надземный	21,35	0,40120	0,99853
5	СК-1в – СК-1г	1969	0,400	41,7	надземный	21,35	0,79930	0,99968
6	СК-1г – СК	1969	0,400	0,5	надземный	21,35	0,72502	0,99955
7	СК – СК-1	1969	0,400	80,1	надземный	21,35	0,85701	0,99978
8	СК-1 – СК-1/1-2	1969	0,400	0,5	надземный	21,35	0,95302	0,99993
9	СК-1/1-2 – СК-1-1	1969	0,400	36,5	надземный	21,35	0,48844	0,99899
10	СК-1-1 – ВК-26	1969	0,400	7,2	надземный	21,35	0,88206	0,99982
11	ВК-26 – СК-1-2	1969	0,400	7,7	надземный	21,35	0,19570	0,99771
12	СК-1-2 – СК-3г	1969	0,400	114,3	надземный	21,35	0,89696	0,99985
13	СК-3г – ВК-27	1969	0,400	8,8	надземный	21,35	0,93724	0,99991
14	ВК-27 – СК-3в	1969	0,400	9,2	надземный	21,35	0,99980	0,99490
15	СК-3в – СК-3б	1969	0,400	43,2	надземный	21,35	0,84154	0,99972
16	СК-3б – ВК-28	1969	0,400	7,5	надземный	21,35	0,51458	0,99968
17	ВК-28 – СК-3а	1969	0,400	7,3	надземный	21,35	0,94548	0,99992
18	СК-3а – СК-3	1969	0,400	30,9	надземный	21,35	0,90585	0,99891
19	СК-3 – СК-4г	1969	0,400	50,2	надземный	21,35	0,98512	0,99831
20	СК-4г – ВК-29	1969	0,400	6	надземный	21,35	0,93215	0,99853
21	ВК-29 – СК-4в	1969	0,400	6,1	надземный	21,35	0,74512	0,99968
22	СК-4в – СК-4б	1969	0,400	162,3	надземный	21,35	0,50803	0,99955
23	СК-4б – ВК-30	1969	0,400	6,5	надземный	21,35	0,35081	0,99978
24	ВК-30 – СК-4а	1969	0,400	6,5	надземный	21,35	0,40120	0,99993
25	СК-4а – СК-4	1969	0,400	34,5	надземный	21,35	0,79930	0,99899
26	СК-4 – СК-5б	1969	0,400	42,2	надземный	21,35	0,72502	0,99982
27	СК-5б – ВК-31	1969	0,400	6,8	надземный	21,35	0,85701	0,99771
28	ВК-31 – СК-5а	1969	0,400	7,4	надземный	21,35	0,95302	0,99985
29	СК-5а – СК-5	1969	0,400	42,4	надземный	21,35	0,48844	0,99991
30	СК-5 – К-33	1969	0,400	289,5	надземный	21,35	0,88206	0,99490
31	К-33 – СК-8	1969	0,350	40,6	надземный	8,59	0,19570	0,99972
32	СК-8 – К-34	1969	0,350	67,6	надземный	8,59	0,89696	0,99968
33	К-34 – СК-9	1969	0,300	42,1	надземный	5,58	0,93724	0,99992
34	СК-9 – К-35	1969	0,300	36,2	надземный	5,58	0,99980	0,99891
35	К-35 – СК-10	1969	0,300	33,6	надземный	5,58	0,84154	0,99831
36	СК-10 – СК10/1-2	1969	0,300	0,5	надземный	5,58	0,51458	0,99853
37	СК10/1-2 – К-36	1969	0,300	89,5	надземный	5,58	0,94548	0,99968
38	К-36 – СК-11	1969	0,300	15,1	надземный	5,58	0,90585	0,99955
39	СК-11 – К-37	1969	0,300	29,3	надземный	5,58	0,98512	0,99978
40	К-37 – СК-11а	1969	0,300	69	надземный	5,58	0,93215	0,99993
41	СК-11а – К-38	1969	0,300	36,6	надземный	5,58	0,74512	0,99899
42	К-38 – СК-12	1969	0,300	22,3	надземный	5,58	0,93724	0,99982
43	СК-12 – К-39	1969	0,300	51,3	надземный	5,58	0,99980	0,99771
44	К-39 – СК-12а	1969	0,300	69	надземный	5,58	0,84154	0,99985
45	СК-12а – К-40	1969	0,300	51	надземный	5,58	0,51458	0,99991
46	К-40 – К-12б	1969	0,300	35,2	надземный	5,58	0,94548	0,99490
47	К-12б – К-41	1969	0,300	54,1	надземный	5,58	0,90585	0,99972
48	К-41 – СК-12в	1969	0,300	51,1	надземный	5,58	0,98512	0,99968
49	СК-12в – ВК-42	1969	0,300	30,8	надземный	5,58	0,93217	0,99993
50	ВК-42 – СК-14	1969	0,200	51,1	надземный		0,86503	0,99899
51	СК-14 – СК14/1-2	1969	0,200	0,5	надземный		0,98512	0,99982
52	СК14/1-2 – Вр.-2.7	1969	0,200	304	надземный	2,91	0,95418	0,99771
53	Вр.-2.7 – СК-16	1969	0,200	128,4	надземный	2,91	0,81488	0,99985

№	Участок	Дата последней замены	Условный диаметр трубы, м	Длина трубы, м в д. и.	способ прокладки	Среднее время восстановления участка, час	Вероятность безотказной работы участка	
							2019 г.	2039 г.
54	СК-16 – СК23/1-2	1969	0,200	90,4	надземный	2,91	0,98512	0,99991
55	СК23/1-2 – СК-23	1969	0,400	0,5	надземный	21,35	0,93215	0,99490
56	СК-23 – СК23/1-2	1969	0,400	0,5	надземный	21,35	0,74512	0,99993
57	СК23/1-2 – ТК	1969	0,400	381,7	надземный	21,35	0,96588	0,99899
58	ТК – ТК	1969	0,400	11,6	надземный	21,35	0,90281	0,99982
59	ТК – ЦТП-8	1969	0,400	7,8	надземный	21,35	0,74845	0,99771

### 3.2. Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей котельной № 1 «Больничная»

Тепловые сети котельной № 1 «Больничная» представлены на рисунке 2.

Вероятность безотказной работы трубопроводов котельной № 1 «Больничная» (путь 1) представлена в таблице 6.

Таблица 6. Вероятность безотказной работы трубопроводов котельной № 1 «Больничная»

Год	Минимальная	Максимальная	Средневзвешенная
2022 год	0,00000	0,00000	0,00000
2039 год	0,99975	0,99998	0,99989

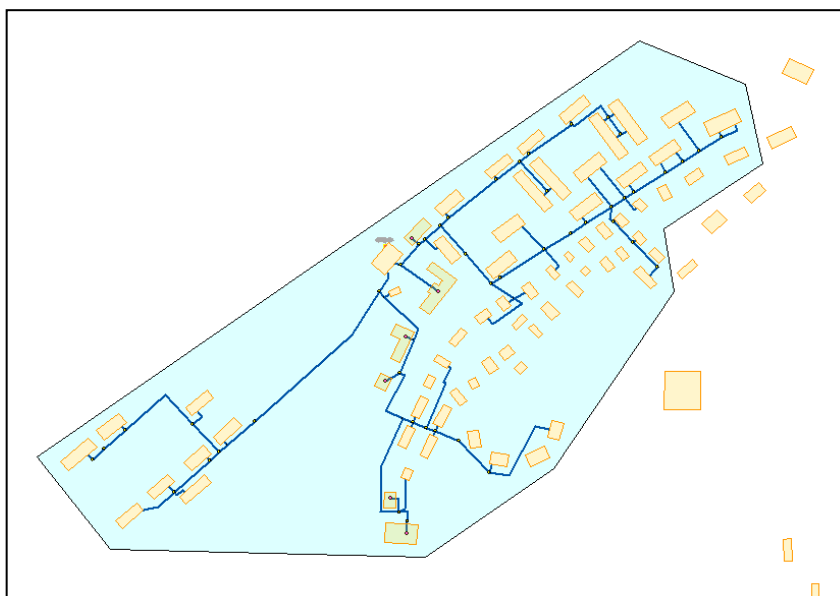


Рисунок 2. Тепловые сети котельной № 1 «Больничная»

В таблице 7 представлен результаты расчета вероятности безотказной работы участков тепловой сети котельной № 1 «Больничная» на существующее положение и на 2039 год с указанием диаметров, длин и способа прокладки этих участков, а также годом их предполагаемой замены. В графе «Дата последней замены» год реконструкции / капитального ремонта выделен синим цветом.

Таблица 7. Результаты расчета вероятности безотказной работы участков теплосети котельной № 1 «Больничная»

Котельная № 1 «Больничная»								
№	Участок	Дата по- следней замены	Условный диаметр трубы, м	Длина трубы, м в д. и.	способ прокладки	Среднее время восстановления участка, час	Вероятность безотказной ра- боты участка	
							2019 г.	2039 г.
Котельная "Больничная" путь 1								
1	Котельная ТК 20	1959	0,200	22,5	в канале	10,94	0,00000	0,99988
2	ТК 20-ТК 21	1959	0,200	39,6	в канале	10,94	0,00000	0,99980
3	ТК 21-ТК 22	1959	0,200	12,2	в канале	10,94	0,00000	0,99994
4	ТК 22-ТК 23	1959	0,150	29,7	в канале	8,59	0,00000	0,99989
5	ТК 23-ТК 32	1959	0,150	56,1	в канале	8,59	0,00000	0,99979
6	ТК 32-ТК 33	1959	0,150	57,4	в канале	8,59	0,00000	0,99978
7	ТК 33-ТК 34	1959	0,150	15,0	в канале	8,59	0,00000	0,99995
8	ТК 34-ТК 35	1959	0,150	75,3	в канале	8,59	0,00000	0,99975
9	ТК 35-ТК 36	1959	0,150	44,6	в канале	8,59	0,00000	0,99985
10	ТК 36-ТК 37	1959	0,150	26,8	в канале	8,59	0,00000	0,99991
11	ТК 37-ТК 38	1959	0,150	43,6	в канале	8,59	0,00000	0,99986
12	ТК 38-ТК 44	1959	0,100	22,7	в канале	6,40	0,00000	0,99996
13	ТК 44-ТК 45	1959	0,100	15,5	в канале	6,40	0,00000	0,99997
14	ТК 45-ТК 47	1959	0,100	55,2	в канале	6,40	0,00000	0,99990
15	ТК 47-ТК 48	1959	0,100	28,9	в канале	6,40	0,00000	0,99995
16	ТК 48-ТК 49	1959	0,080	27,8	в канале	5,58	0,00000	0,99997
17	ТК 48-ж.д.	1959	0,050	60,9	в канале	4,43	0,00000	0,99998

### 3.3. Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей котельной № 4 «Тульская»

Тепловые сети котельной № 4 «Никитино» представлены на рисунке 3.

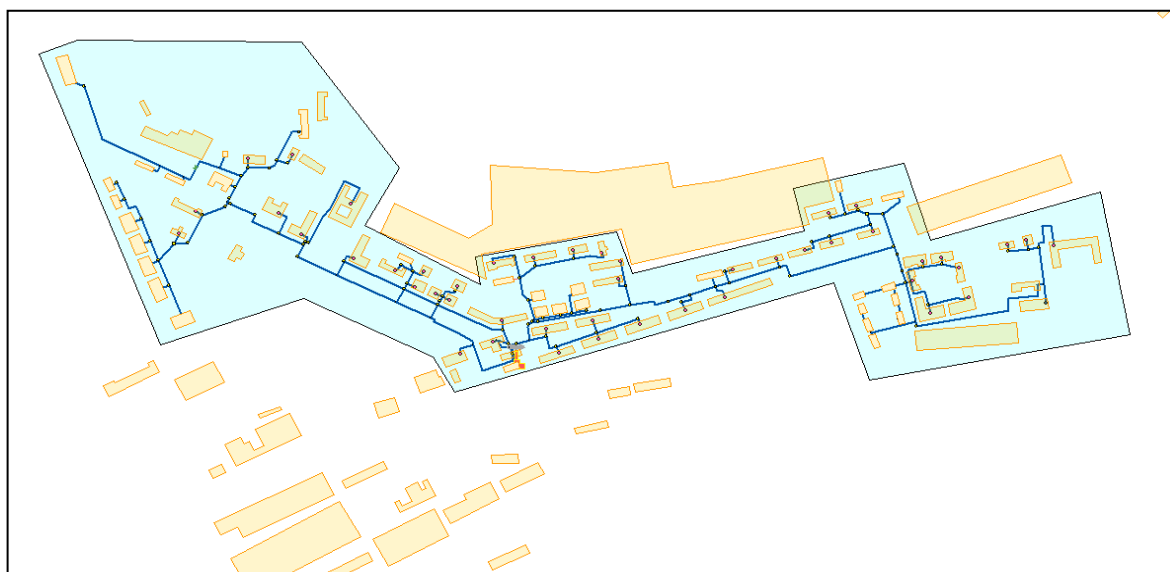


Рисунок 3. Тепловые сети котельной № 4 «Никитино»

Вероятность безотказной работы трубопроводов котельной № 4 «Никитино» представлена в таблице 8.

Таблица 8. Вероятность безотказной работы трубопроводов котельной № 4 «Никитино»

Год	Минимальная	Максимальная	Средневзвешенная
2019 год	0,14753	0,99988	0,86817
2039 год	0,99628	0,99999	0,99913

В таблице 9 представлен результаты расчета вероятности безотказной работы участ-

ков тепловой сети котельной № 4 «Никитино» на существующее положение и на 2039 год с указанием диаметров, длин и способа прокладки этих участков, а также годом их предполагаемой замены. В графе «Дата последней замены» год реконструкции / капитального ремонта выделен синим цветом.

Таблица 9. Результаты расчета вероятности безотказной работы участков теплосети котельной № 4 «Никитино»

№	Участок	Дата по- следней замены	Условный диаметр трубы, м	Длина трубы, м в д. и.	способ прокладки	Среднее время восстановления участка, час	Вероятность безотказной ра- боты участка	
							2019 г.	2039 г.
Котельная Никитино" путь 1								
1	Котельная - ЦТП 11	1969	0,200	28,67	в канале	10,94	0,85839	0,99985
2	ЦТП 11 - т.1	1969	0,200	8,94	в канале	10,94	0,95350	0,99995
3	т.1 - ВК 2	2000	0,200	30,33	в канале	10,94	0,99986	0,99583
4	ВК 2 - Вр. - 11.11	2000	0,200	25,71	в канале	10,94	0,99988	0,99646
5	Вр. - 11.11 - ТК 11/32	1965	0,200	33,49	в канале	10,94	0,14753	0,99983
6	ТК 11/32 - ТК 11/33	1969	0,200	9,08	в канале	10,94	0,95279	0,99996
7	ТК 11/33 - ТК 11/34	1969	0,200	10,9	в канале	10,94	0,94345	0,99995
8	ТК 11/34 - ТК 11/35	1969	0,200	12,3	в канале	10,94	0,93649	0,99994
9	ТК 11/35 - ТК 11/36	1969	0,200	33,6	в канале	10,94	0,83614	0,99985
10	ТК 11/36 - ТК 11/37	1969	0,200	21,2	в канале	10,94	0,89323	0,99990
11	ТК 11/37 - ТК 11/38	1969	0,200	37,1	в канале	10,94	0,82070	0,99983
12	ТК 11/38 - ТК 11/48	1969	0,200	82,8	в канале	10,94	0,64336	0,99963
13	ТК 11/48 - К-1	1969	0,200	82,9	в канале	10,94	0,64312	0,99963
14	К-1 - ТК-11/51	1969	0,200	44,1	в канале	10,94	0,79079	0,99980
15	ТК-11/51 - ТК-11/52	1969	0,200	53,0	в канале	10,94	0,75410	0,99976
16	ТК-11/52 - ТК-11/53	1969	0,200	23,0	в канале	10,94	0,88485	0,99990
17	ТК-11/53 - ТК-11/55	2006	0,200	107,5	в канале	10,94	0,99952	0,99673
18	ТК-11/55 - ТК-11/56	2006	0,200	38,7	в канале	10,94	0,99983	0,99882
19	ТК-11/56 - ТК	2006	0,200	122,3	в канале	10,94	0,99945	0,99628
20	ТК - ТК-11/65	2006	0,200	86,5	в канале	10,94	0,99961	0,99736
21	ТК-11/65 - ТК-11/72	1969	0,050	383,7	в канале	4,43	0,85347	0,99985
22	ТК-11/72 - ТК-11/71	1969	0,050	21,2	в канале	4,43	0,99127	0,99999
23	ТК-11/71 - ТК-11/70	1969	0,050	39,1	в канале	4,43	0,98397	0,99999
24	ТК-11/70 - ж.д.	1969	0,150	13,0	в канале	8,59	0,95068	0,99996

## **Раздел 4. Обоснование результатов оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки**

Надежность расчетного уровня теплоснабжения потребителей оценивается коэффициентом готовности  $K_j$ , представляющим собой вероятность того, что в произвольный момент времени будет обеспечен расчетный уровень теплоснабжения  $j$ -го потребителя (среднее значение доли отопительного сезона, в течение которой теплоснабжение  $j$ -го потребителя не нарушается).

В ТС без резервирования величина  $K_j$  имеет наибольшее значение по сравнению с резервированной сетью, а  $P_j$  наименьшее. Введение в сеть минимальной структурной избыточности и дальнейшее увеличение объема резервирования ведут к повышению надежности обеспечения пониженного уровня теплоснабжения (значение  $P_j$  растет), что обусловлено увеличением временного резерва потребителей при отказах элементов резервированной части сети.

Однако одновременно уменьшается надежность обеспечения расчетного уровня, т.е. значение  $K_j$  (при норме аварийной подачи тепла меньше единицы по отношению к расчетной, что чаще всего имеет место). Это связано с тем, что в резервированной сети расчетное теплоснабжение потребителя нарушается не только при отказах элементов, входящих в путь его теплоснабжения, но и элементов кольцевой части сети, гидравлически связанной с этим потребителем.

Таким образом, если в тупиковой сети значения  $P_j$  удовлетворяют нормативному значению, резервирования сети не требуется. В противном случае должен быть определен такой объем резервирования, при котором значения  $P_j$  удовлетворяют своему нормативу, а значения  $K_j$  своего норматива не нарушат.

Если в сети без резервирования величина показателя  $K_j$  меньше нормативного значения, это значит, что масштабы системы завышены и необходимо уменьшить радиус действия и общую длину сети от данного источника.

То же самое необходимо сделать, если при увеличении объема резервирования ТС величина показателя  $K_j$  становится меньше нормативного значения, а показатель  $P_j$  еще не достиг своего нормативного значения.

В программно-расчетном комплексе ZuluThermo с помощью модуля «Надежность» были рассчитаны показатели надежности, в том числе, коэффициенты готовности.

В зависимости от полученных показателей надежности системы теплоснабжения с точки зрения надежности могут быть оценены как:

- высоконадежные - более 0,9;
- надежные - 0,75 - 0,89;
- малонадежные - 0,5 - 0,74;
- ненадежные - менее 0,5.

Показатели коэффициентов готовности источников тепловой энергии г. Медногорск приведены в таблице 10.

Таблица 10. Коэффициенты готовности источников тепловой энергии г. Медногорск

Источник	К <sub>г</sub>
Медногорская ТЭЦ	0,916035
Котельная № 1 «Больничная»	0,905129
Котельная № 4 «Никитино»	0,988893

## **Раздел 5. Обоснование результатов оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии**

Показатели недоотпуска тепловой энергии по причине отказов и простоев тепловых сетей от источников тепловой энергии г. Медногорск за 2018-2022 гг. работы приведены в таблице 11.

Таблица 11. Недоотпуск тепловой энергии по причине отказов и простоев тепловых сетей за 2018-2022 гг.

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Наименование показателя				
		Средний недоотпуск тепловой энергии на отопление в системе теплоснабжения, Гкал/ отказ				
		2018	2019	2020	2021	2022
1	Медногорская ТЭЦ	0,044	0,052	0,014	0,014	0,014
2	Котельная №1 (Больничная)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	Котельная №4 (Никитино)	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000

## **Раздел 6. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения**

### **6.1. Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих нормативную готовность энергетического оборудования**

Применение рациональных тепловых схем, с дублированными связями, обеспечивающих готовность энергетического оборудования источников теплоты, выполняется на этапе их проектирования. При этом топливо-, электро- и водоснабжение источников теплоты, обеспечивающих теплоснабжение потребителей первой категории, предусматривается по двум независимым вводам от разных источников, а также использование запасов резервного топлива. Источники теплоты, обеспечивающие теплоснабжение потребителей второй и третьей категории, обеспечиваются электро- и водоснабжением по двум независимым вводам от разных источников и запасами резервного топлива. Кроме того, для теплоснабжения потребителей первой категории устанавливаются местные резервные (аварийные) источники теплоты (стационарные или передвижные). При этом допускается резервирование, обеспечивающее в аварийных ситуациях 100%-ную подачу теплоты от других тепловых сетей. При резервировании теплоснабжения промышленных предприятий, как правило, используются местные резервные (аварийные) источники теплоты.

### **6.2. Установка резервного оборудования**

Установка резервного оборудования не требуется.

### **6.3. Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть**

Организация совместной работы нескольких источников теплоты на единую тепловую сеть позволяет, в случае аварии на одном из источников, частично обеспечивать единые тепловые нагрузки за счет других источников теплоты. Прокладка резервных трубопроводных связей обеспечивает непрерывное теплоснабжение потребителей со значительным снижением недоотпуска теплоты во время аварий. Количество и диаметры перемычек определяются, исходя из нормальных и аварийных режимов работы сети, с учетом снижения расхода теплоносителя. Места размещения резервных трубопроводных соединений между смежными теплопроводами и их количество определяется расчетным путем с использованием в качестве критерия такого показателя надежности как вероятность безотказной работы. При обеспечении безотказности тепловых сетей определяются:

- предельно допустимые длины нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;
- места размещения резервных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;
- достаточность диаметров, выбираемых при проектировании новых или реконструируемых существующих теплопроводов, для обеспечения резервной подачи теплоты потре-

бителям при отказах.

Наличие автоматизированных тепловых пунктов, подключенных к тепловой сети по независимой схеме или с помощью смесительных насосов, позволяет почти в течение всего отопительного сезона компенсировать снижение расхода в тепловой сети повышением температуры сетевой воды, обеспечивая необходимую подачу тепла. В системах теплоснабжения от источников теплоты устраиваются узлы распределения с двухсторонним присоединением к тепловой сети, обеспечивающим в случае аварии подачу тепла через перемычки между магистралями, а в идеальном случае - путем подключения к двум магистралям. Наличие в тепловой сети узлов распределения позволяет получить управляемую систему теплоснабжения, т.е. обеспечить возможность точного распределения циркулирующей воды в нормальном и аварийном режимах, а при совместной работе теплоисточников - возможность изменения режима работы сети в широких пределах. Подключение центральных тепловых пунктов к распределительным тепловым сетям может выполняться аналогичным образом, то есть с двухсторонним подключением ЦТП и устройством соответствующих перемычек.

В актуализированной схеме теплоснабжения г. Медногорска не предусмотрена организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть.

#### **6.4. Резервирование тепловых сетей смежных районов**

В соответствии со СП 41-02-2003 «Тепловые сети» в системах теплоснабжения используются следующие способы резервирования:

- на источниках теплоты применяются рациональные тепловые схем, обеспечивающие заданный уровень готовности энергетического оборудования;
- на источниках теплоты устанавливается необходимое резервное оборудование;
- организуется совместная работа нескольких источников теплоты в единой системе транспортирования теплоты;
- прокладываются резервные трубопроводные связи, как в тепловых сетях одного района теплоснабжения, так и смежных теплосетевых районов города;
- устанавливаются резервные насосы и насосные станции;
- устанавливаются баки-аккумуляторы.

Применение рациональных тепловых схем, обеспечивающих заданный уровень готовности энергетического оборудования источников теплоты, выполняется на этапе их проектирования. При этом топливо-, электро- и водоснабжение источников теплоты, обеспечивающих теплоснабжение потребителей первой категории, предусматривается по двум независимым вводам от разных источников, а также использование запасов резервного топлива. Источники теплоты, обеспечивающие теплоснабжение потребителей второй и третьей категории, обеспечиваются электро- и водоснабжением по двум независимым вводам от разных источников и запасами резервного топлива. Кроме того, для теплоснабжения потребителей первой категории устанавливаются местные резервные



(аварийные) источники теплоты (стационарные или передвижные). При этом допускается резервирование, обеспечивающее в аварийных ситуациях 100%-ную подачу теплоты от других тепловых сетей. При резервировании теплоснабжения промышленных предприятий, как правило, используются местные резервные (аварийные) источники теплоты.

При реализации плана ликвидации мелких котельных, замене их крупными источниками теплоты мелкие котельные, находящиеся в технически исправном состоянии, как правило, оставляются в резерве.

Повышение надежности систем теплоснабжения может быть достигнуто путем использования передвижных котельных, которые при аварии на тепловой сети должны применяться в качестве резервных (аварийных) источников теплоты, обеспечивая подачу тепла как целым кварталам (через центральные тепловые пункты), так и отдельным зданиям, в первую очередь потребителям первой категории. Для целей аварийного теплоснабжения каждая теплоснабжающая организация должна иметь как минимум одну передвижную котельную. Подключение передвижной котельной к центральному тепловому пункту или тепловому пункту здания (потребителя первой категории) осуществляется через специальные вводы с фланцами, выведенными за пределы здания и отключаемыми от основной системы теплоснабжения задвижками, установленными внутри здания.

Кроме этого, указанные объекты оборудуются вводами для подключения передвижных котельных к источнику электроэнергии мощностью 10-50 кВт (в зависимости от типа котельной).

При авариях в системе электроснабжения надежность теплоснабжения потребителей значительно повышается при использовании в качестве резервных и аварийных источников передвижных электрических станций. Электрическая мощность станций соответствует мощности электрооборудования, включенного для обеспечения рабочего режима котельной и тепловой сети.

Основным преимуществом передвижных котельных при ликвидации аварий является быстрота ввода установок в работу, что в зимний период является решающим фактором. Время присоединения передвижной котельной к системе отопления и топливно-энергетическим коммуникациям бригадой из 4 человек (два слесаря, электрик, сварщик) составляет примерно 4-8 ч.

Необходимую теплопроизводительность мобильной котельной, применяемой для поддержания в помещениях минимально допустимой температуры воздуха, можно определить из выражений:

$$Q = q_x \cdot Q_p$$

или

$$Q = G_p \cdot c \cdot \rho \cdot (t_1^p - t_2^p) \cdot q_x \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/ч,}$$

где  $G_p$  - расчетный расход теплоносителя в системе отопления,  $\text{м}^3$ ;  $c$  - теплоемкость воды,  $\text{ккал}/(\text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $\rho$  - плотность воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $q_x$  - относительный расход тепла, необходимый для поддержания минимально допустимой температуры воздуха в помещениях;

$t_1^p$ ,  $t_2^p$  - расчетные температуры воды в подающем и обратном трубопроводах системы отопления ( $t_1^p=95^\circ\text{C}$ ;  $t_2^p=70^\circ\text{C}$ );  $Q_p$  - расчетный (максимальный) расход тепла в системе отопления, Гкал/ч.

Гидродинамические давления, создаваемое насосами мобильных котельных, не должны превышать допустимых значений давлений в системе отопления (не более 0,6 МПа по условиям сохранности отопительных приборов).

Мобильную котельную целесообразно подключать непосредственно к системе отопления здания (к патрубкам подающего и обратного трубопроводов после элеватора или подогревателя).

Для обеспечения требуемых температурных условий в зданиях при недостаточной подаче тепла от внешней сети либо при перерывах в подаче, вызванных аварийными ситуациями или плановой остановкой сети на профилактический ремонт, в тепловых пунктах могут устанавливаться пиковые теплоисточники. Используются следующие способы их подключения:

- подключение в тепловых пунктах зданий пиковых газовых котлов, догревающих воду, подаваемую в систему отопления,

- установка в тепловых пунктах зданий пиковых электрических емкостных (теплоаккумулирующих) водоподогревателей, потребляющих электроэнергию в ночные часы (при сниженном тарифе на электроэнергию). Тепловая энергия, накапливаемая в аккумуляторе, выдается в систему отопления в нужное время, обеспечивая дополнительный нагрев теплоносителя. Такое включение способствует выравниванию суточного режима электропотребления;

- установка непосредственно в отапливаемых помещениях электрических теплоинерционных доводчиков, потребляющих электроэнергию в ночные часы (при сниженном тарифе на электроэнергию);

- установка в тепловых пунктах тепловых насосов, повышающих температуру подаваемого теплоносителя за счет охлаждения теплоносителя, возвращаемого из абонентской установки.

Однако, возникают сложности с размещением газовых котлов в существующих зданиях. Наиболее приемлемый вариант технического решения - крышные котельные, меняющие архитектурный облик здания. Массовое внедрение данной схемы ограничивается лимитом пропускной возможности газовых сетей.

Использование проточных водоподогревательных установок сдерживается отсутствием резервных мощностей электроэнергии. Применение емкостных электрообогревателей влечет за собой увеличение потребления электроэнергии на 5÷10% за счёт увеличения теплотерь. Также резервы аккумулирования тепла ограничены размерами самого аккумулятора. Применение схем с тепловыми насосами (по сравнению с прямым электроподогревом) снижает потребление электроэнергии, но в этом случае наступает ограничение по теплосъему (температуре обратной воды тепловой сети) и по режимам работы тепловых насосов.

Нарушения в снабжении энергоносителями или нарушение работоспособности технологического оборудования приводят, как правило, только к частичным отказам источников теплоты, которые проявляются в виде снижения температуры или расхода теплоносителя. В случае снижения температуры теплоносителя гидравлические режимы тепловых сетей не изменяются (при условии отсутствия управляющих воздействий со стороны обслуживающего персонала и отсутствии внешних возмущающих воздействий на систему со стороны населения). При этом пропорционально недоотпуску тепла снижается температура в отапливаемых помещениях всех потребителей. Уменьшение же расхода теплоносителя приводит к разрегулировке тепловой сети.

Для предотвращения разрегулировки тепловой сети в аварийных ситуациях устанавливается лимитированная подача теплоносителя всем взаимно резервируемым потребителям. Лимиты подачи теплоносителя определяются по результатам сопоставления трех параметров: времени остывания представительного помещения здания до допустимой температуры, величины допустимого снижения температуры и длительности ремонта головного элемента тепловой сети - теплопровода, поскольку он имеет наибольшую длительность восстановления. При отказе элемента магистральной сети на всех ЦТП, гидравлически связанных с аварийным участком, автоматические регуляторы расхода, установленные на входных тепломагистралях, перестраивают подачу теплоносителя в сеть на лимитированную. Кроме того, для предотвращения гидравлической разрегулировки распределительных тепловых сетей и систем отопления на ЦТП включаются подмешивающие насосы, которые при снижении температуры теплоносителя доводят его расход в этих сетях до расчетного значения. В этот период отключение нагрузки горячего водоснабжения в ЦТП может поддерживать температуру теплоносителя на расчетном или близком к нему уровне. Для потребителей первой категории предусматривается индивидуальная регулировка в их местных тепловых пунктах. Организация совместной работы нескольких источников теплоты на единую тепловую сеть позволяет в случае аварии на одном из источников частично обеспечивать единые тепловые нагрузки за счет других источников теплоты. Расчет тепловых и гидравлических аварийных режимов тепловой сети выполняется разработчиком Схемы теплоснабжения, а их реализация - теплоснабжающими организациями.

Прокладка резервных трубопроводных связей как в тепловых сетях одного района теплоснабжения, так и смежных теплосетевых районов города обеспечивает непрерывное теплоснабжение потребителей со значительным снижением недоотпуска теплоты во время аварий. Количество и диаметры перемычек определяются, исходя из нормальных и аварийных режимов работы сети, с учетом снижения расхода теплоносителя в соответствии с данными, представленными в таблице 12. Места размещения резервных трубопроводных соединений между смежными теплопроводами и их количество определяется расчетным путем с использованием в качестве критерия такого показателя надежности как вероятность безотказной работы.

Таблица 12. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления

Показатель	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления*, °С				
	-10	-20	-30	-40	-50
Допустимое снижение подачи теплоты, %, до	78	84	87	89	91

Примечание: \*таблица соответствует температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

При обеспечении безотказности тепловых сетей определяются:

- предельно допустимые длины нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;
- места размещения резервных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;
- достаточность диаметров, выбираемых при проектировании новых или реконструируемых существующих теплопроводов, для обеспечения резервной подачи теплоты потребителям при отказах.

Наличие автоматизированных тепловых пунктов, подключенных к тепловой сети по независимой схеме или с помощью смесительных насосов, позволяет почти в течение всего отопительного сезона компенсировать снижение расхода в тепловой сети повышением температуры сетевой воды, обеспечивая необходимую подачу тепла.

В системах теплоснабжения от крупных источников теплоты (мощностью 300 Гкал/ч и более) устраиваются узлы распределения с двухсторонним присоединением к тепловой сети, обеспечивающим в случае аварии подачу тепла через перемычки между магистралями, а в идеальном случае - путем подключения к двум магистралям. Наличие в тепловой сети узлов распределения позволяет получить управляемую систему теплоснабжения, т.е. обеспечить возможность точного распределения циркулирующей воды в нормальном и аварийном режимах, а при совместной работе теплоисточников – возможность изменения режима работы сети в широких пределах. Подключение центральных тепловых пунктов к распределительным тепловым сетям может выполняться аналогичным образом, то есть с двухсторонним подключением ЦТП и устройством соответствующих перемычек.

Структурное резервирование разветвленных тупиковых тепловых сетей осуществляется делением последовательно соединенных участков теплопроводов секционирующими задвижками. К полному отказу тупиковой тепловой сети приводят лишь отказы головного участка и головной задвижки теплосети. Отказы других элементов основного ствола и головных элементов основных ответвлений теплосети приводят к существенным нарушениям ее работы, но при этом остальная часть потребителей получает тепло в необходимых количествах. Отказы на участках небольших ответвлений приводят только к незначительным нарушениям теплоснабжения, и отражается на обеспечении теплом небольшого количества потребителей. Возможность подачи тепла неотключенным потребителям в аварийных ситуациях обеспечивается использованием секционирующих задвижек. Задвижки устанавливаются по ходу теплоносителя в начале участка после ответвления к потребителю. Такое рас-

положение позволяет подавать теплоноситель потребителю по этому ответвлению при отказе последующего участка теплопровода.

### **6.5. Устройство резервных насосных станций**

Установка резервных насосных станций не требуется.

### **6.6. Установка баков-аккумуляторов**

Установка баков-аккумуляторов не требуется.

## **Раздел 7. Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей, и сооружений на них**

Показатели надежности теплоснабжения источников теплоснабжения и потребителей остаются на прежнем уровне, т. к. значительных изменений в схеме теплоснабжения г. Медногорска не производилось.

## Раздел 8. Анализ аварийных режимов работы тепловых сетей

### 8.1. Расчет предельного времени устранения аварий на тепловых сетях

С использованием данных о теплоаккумулирующей способности объектов теплопотребления (зданий) определяют время, за которое температура внутри отапливаемого помещения снизится до температуры, установленной в критериях отказа теплоснабжения. Отказ теплоснабжения потребителя – событие, приводящее к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже +12 °С, в промышленных зданиях ниже +8 °С (СП 124.13330.2012 Тепловые сети).

Для расчета времени снижения температуры в жилом здании используют формулу:

$$t_b = t_n + \frac{Q_o}{q_o V} + \frac{t'_b - t_n - \frac{Q_o}{q_o V}}{\exp(z/\beta)}$$

где  $t_b$  - внутренняя температура, которая устанавливается в помещении через время  $z$  в часах, после наступления исходного события, °С;  $z$  - время отсчитываемое после начала исходного события, ч;  $t'_b$  - температура в отапливаемом помещении, которая была в момент начала исходного события, °С;  $t_n$  - температура наружного воздуха, усредненная на периоде времени  $z$ , °С;  $Q_o$  - подача теплоты в помещение, Дж/ч;  $q_o V$  - удельные расчетные тепловые потери здания, Дж/(ч×°С);  $\beta$  - коэффициент аккумуляции помещения (здания), ч.

Для расчета времени снижения температуры в жилом здании до +12 °С при внезапном прекращении теплоснабжения эта формула при  $\frac{Q_o}{q_o V} = 0$  имеет следующий вид:

$$z = \beta \times \ln \frac{(t_b - t_n)}{(t_{b,a} - t_n)}$$

где  $t_{b,a}$  – внутренняя температура, которая устанавливается критерием отказа теплоснабжения (+12 °С для жилых зданий).

Расчет проводится для каждой градации повторяемости температуры наружного воздуха. Расчет времени снижения температуры внутри отапливаемого помещения для г. Медногорска при коэффициенте аккумуляции жилого здания  $\beta=60$  часов приведён в таблице 13. Таблица 13. Расчет времени снижения температуры внутри отапливаемого помещения для г. Медногорска

Температура наружного воздуха, °С	Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12 °С
8	54,97
3	30,65
-2	21,4
-7	16,47
-12	13,39
-17	11,28
-22	9,75
-27	8,59
-30	8,01

Для анализа аварийных режимов работы тепловых сетей от источников теплоснабжения г. Медногорска в электронной модели были смоделированы случаи прекращения подачи тепловой энергии по основным тепловым магистралям от крупных источников теплоснабжения, к которым относятся Медногорская ТЭЦ и котельная № 4 «Никитино».

## 8.2. Медногорская ТЭЦ

### 8.2.1. Моделирование аварии на магистральном тепловом выводе

Для моделирования аварийной ситуации на тепловой сети от Медногорской ТЭЦ был выбран участок магистральной тепловой сети от СК-12 до СК-12а, приведенный на рисунке 4. После отключения данного участка был выполнен гидравлический расчет тепловой сети рассматриваемого источника теплоснабжения в откалиброванной электронной модели в ПК ZuluThermo. По итогам расчета было установлено, что ввиду наличия резервирующей тепловой магистрали (Рисунок 5) теплоснабжение потребителей за тепловой камерой СК-12а сохранится, но качество теплоснабжения ухудшится. Температура внутреннего воздуха у отдаленных потребителей уменьшится до  $+10 - +15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Схема расположения данных потребителей приведена на рисунке 6.

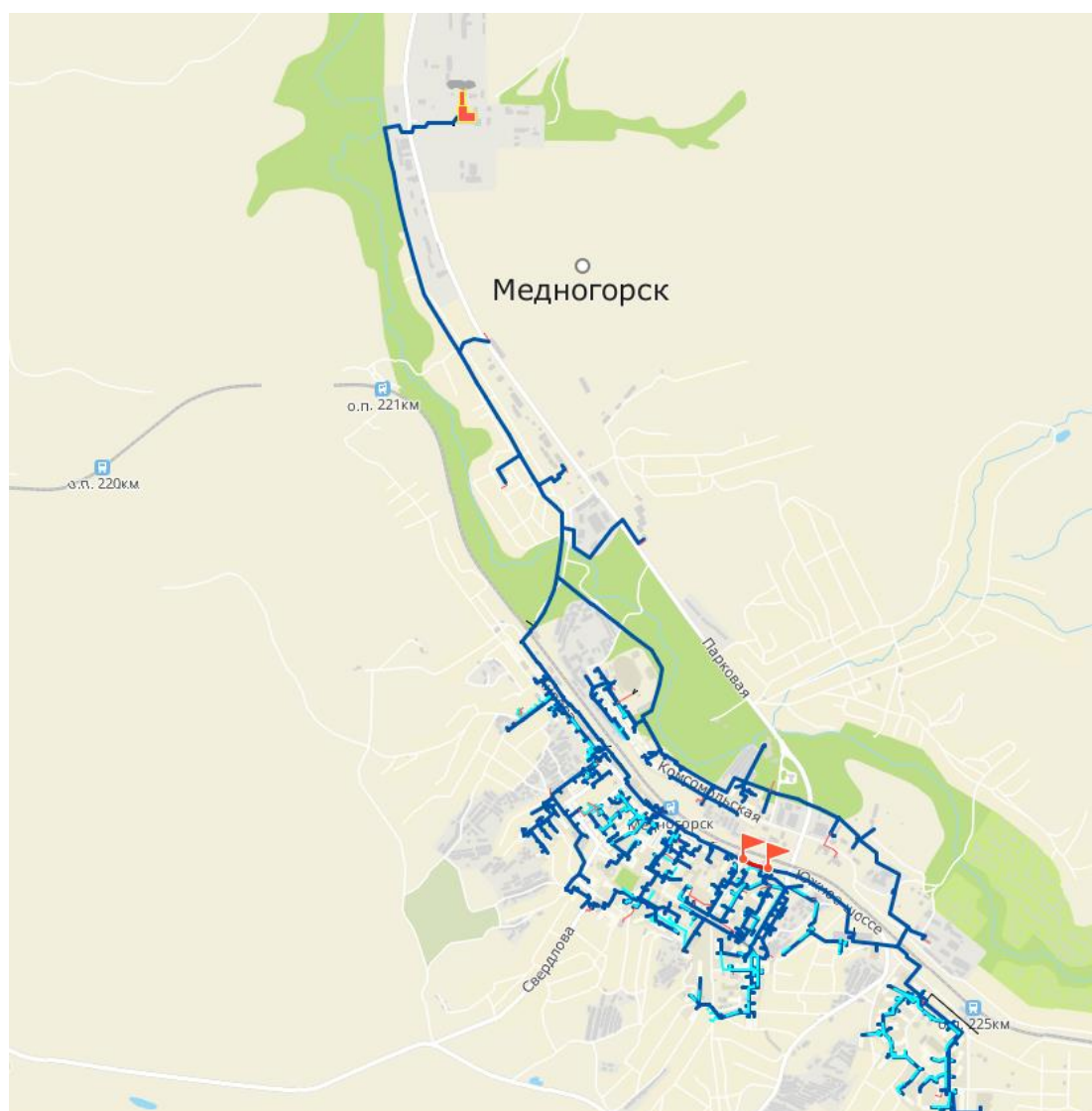


Рисунок 4. Отключаемый участок магистральной тепловой сети



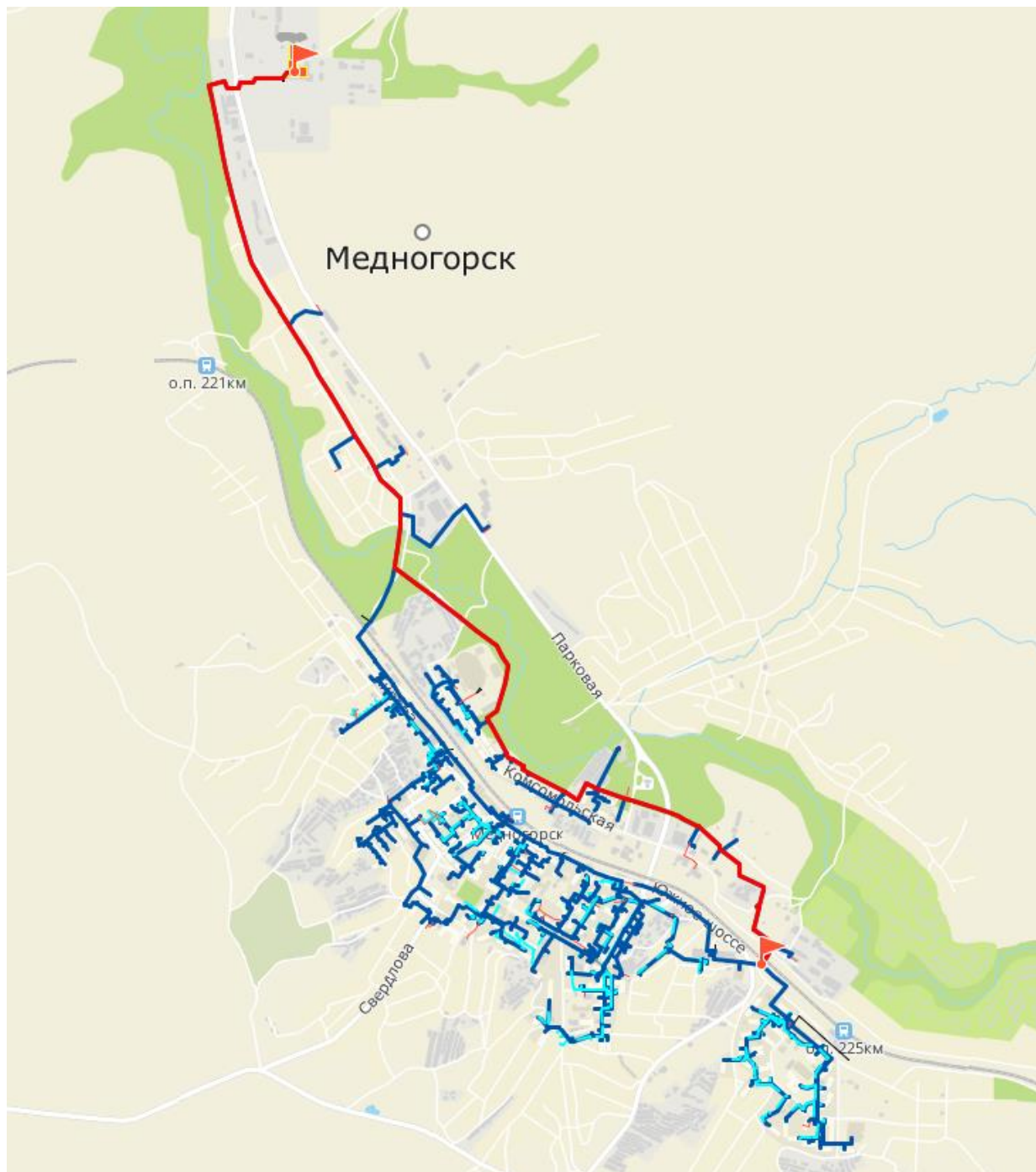


Рисунок 5. Схема трассировки резервирующей тепловой магистрали от МТЭЦ до СК-23

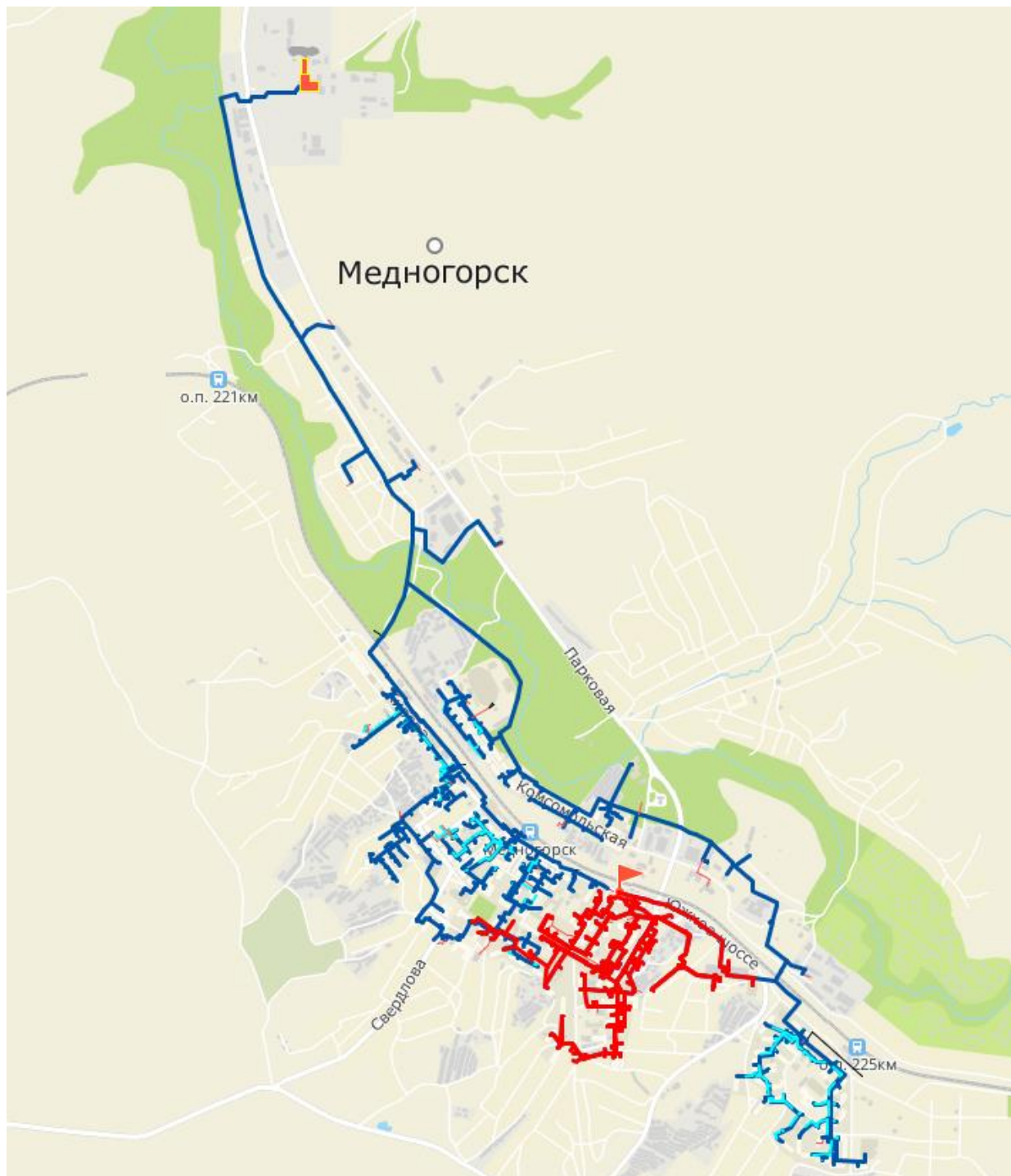


Рисунок 6. Зона ухудшения теплоснабжения потребителей при моделировании аварийного отключения на участке тепловой сети от СК-12 до СК-12а

## 8.2.2. Моделирование аварии на Медногорской ТЭЦ

### 8.2.2.1. Переключение тепловой нагрузки Медногорской ТЭЦ на другие источники теплоснабжения г. Медногорск

При отключении Медногорской ТЭЦ- отсутствует возможность переключения нагрузок теплоснабжения на другие источники г. Медногорска.

### 8.2.2.2. Расчет допустимого времени устранения аварий на Медногорской ТЭЦ

Расчеты допустимого времени устранения аварий и восстановления теплоснабжения производятся по методике, приведенной в Указаниях по повышению надежности систем коммунального теплоснабжения, разработанных АКХ им. К. Д. Памфилова и утвержденных ОАО «Роскоммунэнерго» 26.06.89, и в рекомендациях СНиП 41-02-2003.

Замораживание трубопроводов в подвалах, лестничных клетках и на чердаках зданий может произойти в случае прекращения подачи тепла при снижении температуры воздуха внутри жилых помещений до 8 °С. Примерный темп падения температуры в отапливаемых помещениях (°С/ч) при полном отключении подачи тепла приведен в таблице 14.

Таблица 14. Примерный темп падения температуры в отапливаемых помещениях (°С/ч) при полном отключении подачи тепла

Коэффициент аккумуляции	Темп падения температуры, оС/ч при температуре наружного воздуха			
	+/-0	-10	-20	-30
20	0,8	1,4	1,8	2,4
40	0,5	0,8	1,1	1,5
60	0,4	0,6	0,8	1,0
80	0,3	0,4	0,6	0,8
100	0,2	0,3	0,4	0,7

На основании приведенных данных можно оценить время, имеющееся для ликвидации аварии или принятия мер по предотвращению лавинообразного развития аварий, т.е. замерзания теплоносителя в системах отопления зданий, в которые прекращена подача тепла.

Итоговый расчет допустимого времени устранения аварий и инцидентов в системах отопления жилых домов приведен в таблице 15.

Таблица 15. Итоговый расчет допустимого времени устранения аварий и инцидентов в системах отопления жилых домов

Тнв	Допустимое время на устранение аварий и инцидентов, часов (время снижения температуры в квартирах с 18°С до 8°С) в зависимости от коэффициента аккумуляции				
	20	40	60	80	100
0	12,5	10	30	33,3	50
-10	7,1	12,5	20	25	33,3
-20	5,5	9	15	16,6	25
-30	4,2	6,6	12	12,5	14,3

На основе данных, приведенных в таблице 15, при коэффициенте аккумуляции 60 % и минимальной температуре наружного воздуха -30 °С, допустимое время на устранение аварий и инцидентов составляет **12 часов**.

За это время, в зависимости от вида аварий, для предотвращения разморозки системы должны быть выполнены следующие операции.

## Нарушение топливоснабжения

Для предотвращения аварии с полным сбросом нагрузки, с потерей питания с.н. из-за снижения давления газа оперативный персонал действует в соответствии с «Инструкцией по переводу станции с одного вида топлива на другое».

При срыве работы мазутных насосов из-за малого запаса мазута на электростанции, приведшем к останову котлов из-за понижения давления мазута следует:

- сосредоточить остатки мазута в одной из рабочих емкостей;
- включить мазутные насосы и приступить к растопке одного из котлов (если растопка на мазуте не удастся, необходимо перейти на растопку котла на газе);

При разрыве магистрального мазутопровода с обильным выходом мазута и опасностью его возгорания, сопровождающемся резким снижением давления и отключением котлов защитой при снижении давления мазута, оперативный персонал принимает меры к надежному отключению поврежденного мазутопровода задвижками со стороны котельной и мазутонасосной, вплоть до останова мазутонасосной, если это необходимо, и организует уборку пролитого мазута. В зоне разлива мазута немедленно прекращаются все виды огневых работ. Одновременно с выполнением неотложных работ вызывают пожарную команду (не дожидаясь возможного возгорания мазута). Техника пожаротушения разворачивается и находится в готовности к ликвидации возгорания до полной уборки пролитого мазута.

Растопка котла от второго магистрального мазутопровода начинается после отключения поврежденного мазутопровода и принятия мер по предупреждению вытекания мазута и его загорания.

Растопка котлов на газе разрешается с соблюдением всех мер безопасности в случае невозможности быстрой подачи мазута к котлам от второго резервного мазутопровода или вывода в ремонт на длительное время обоих магистральных мазутопроводов.

При повреждении магистрального мазутопровода, в результате чего произошло снижение давления мазута без отключения котлов, оперативный персонал:

- немедленно отключает поврежденный участок мазутопровода и принимает меры по предотвращению растекания и возгорания пролитого мазута;
- переводит газомазутные котлы на сжигание природного газа.
- сообщает начальнику смены электростанции о случившемся.

При разрыве мазутопровода в пределах котла (на участке мазутного кольца) оперативный персонал:

- немедленно отключает поврежденный участок мазутопровода задвижками, аварийно останавливает котел;
- приступает к уборке пролитого мазута, не допуская его растекания;
- вызывает пожарную команду, не дожидаясь загорания мазута и организывает тушение при загорании до прибытия пожарной команды;
- ограждает опасное место, не допуская посторонних лиц к месту повреждения;
- отключает на аварийном котле газопроводы, электродвигатели и кабели, оказавшие-

ся в зоне пожара.

### **Повреждение трубопроводов в пределах котлов**

Котел должен быть немедленно остановлен при появлении разрыва труб пароводяного тракта или обнаружения трещин, выпучин в основных элементах котла (барабане, коллекторах, выносных циклонах, паро-и водоперепускных, а также водо-опускных трубах), в паропроводах, питательных трубопроводах и пароводяной арматуре. Требуется немедленно принять меры к переводу максимально возможной нагрузки на другие котлы;

### **Повреждение трубопроводов питательной воды и главных паропроводов**

Аварии, связанные с повреждениями трубопроводов питательной воды (свищи, пробой прокладок, трещины, разрывы), относятся к разряду наиболее тяжелых аварий на электростанциях. Они могут привести к повреждениям основного и вспомогательного оборудования струей воды, поверхностей нагрева котла из-за прекращения или снижения расхода воды на котел, а также создать серьезную угрозу безопасности эксплуатационного персонала. Поэтому при ликвидации аварий на трубопроводах питательной воды эксплуатационный персонал проявляет особую оперативность и осторожность.

В случае дальнейшего развития повреждения и невозможности отключения поврежденного участка соответствующее оборудование (питательный насос, котел, турбина) останавливается.

При разрыве трубопроводов питательной воды на энергоблоке:

- останавливается котел;
- отключаются турбина и генератор;
- останавливается питательный насос;
- выводятся люди из помещения, где произошел разрыв;
- принимаются меры для обеспечения безопасности персонала и защиты оборудования от попадания на него струй воды;
- снижается давление в котле до нуля.

В случае невозможности проведения ликвидации аварии согласно инструкции по предупреждению и ликвидации аварий в тепловой части Медногорской ТЭЦ из-за превышения допустимого времени устранения аварий и инцидентов, произвести дренирование внутренней системы отопления жилых домов.

## **8.3. Котельная № 4 «Никитино»**

Для моделирования аварийной ситуации на тепловой сети от котельной № 4 был выбран участок магистральной тепловой сети от ТК-11/38 до ТК-11/48, приведенный на рисунке 7. После отключения данного участка был выполнен гидравлический расчет тепловой сети рассматриваемого источника теплоснабжения в ПК ZuluThermo. По итогам расчета было установлено, что ввиду отсутствия резервирующих тепловых магистралей теплоснабжение потребителей за тепловой камерой ТК-11/48 не может быть выполнено (Рисунок 8). Для



остальных потребителей теплоснабжение нарушено не будет.

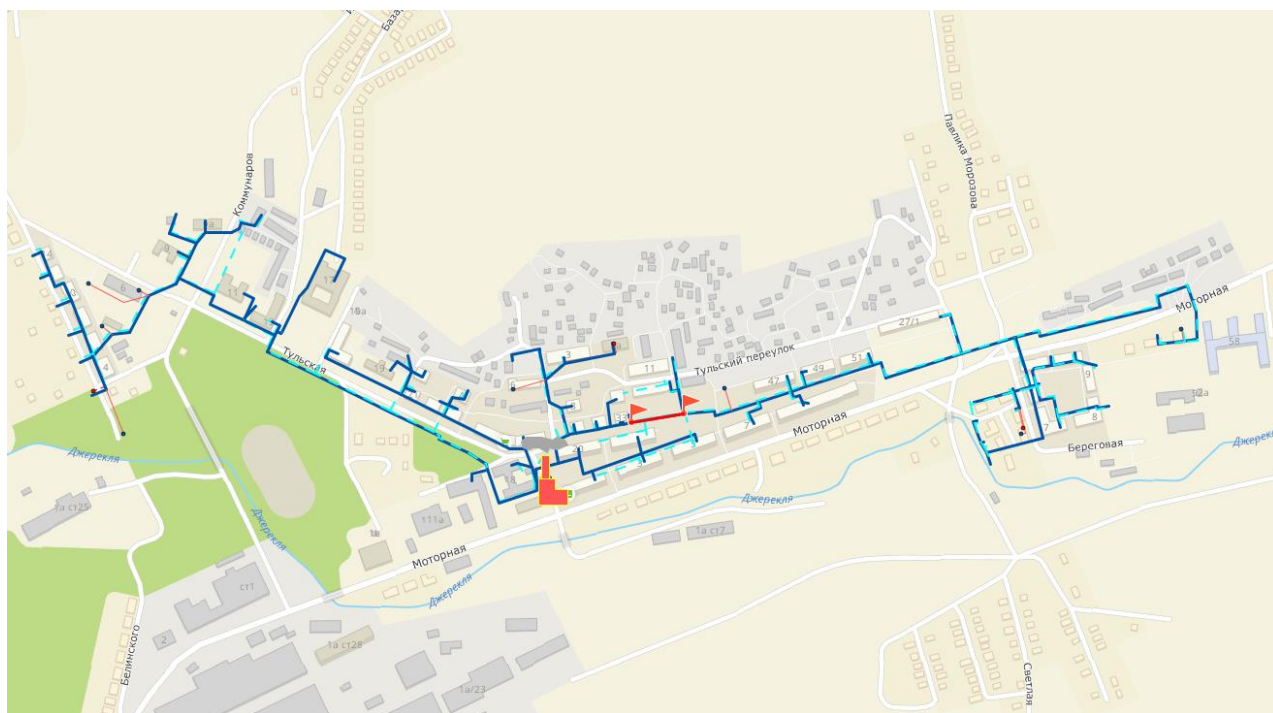


Рисунок 7. Отключаемый участок магистральной тепловой сети

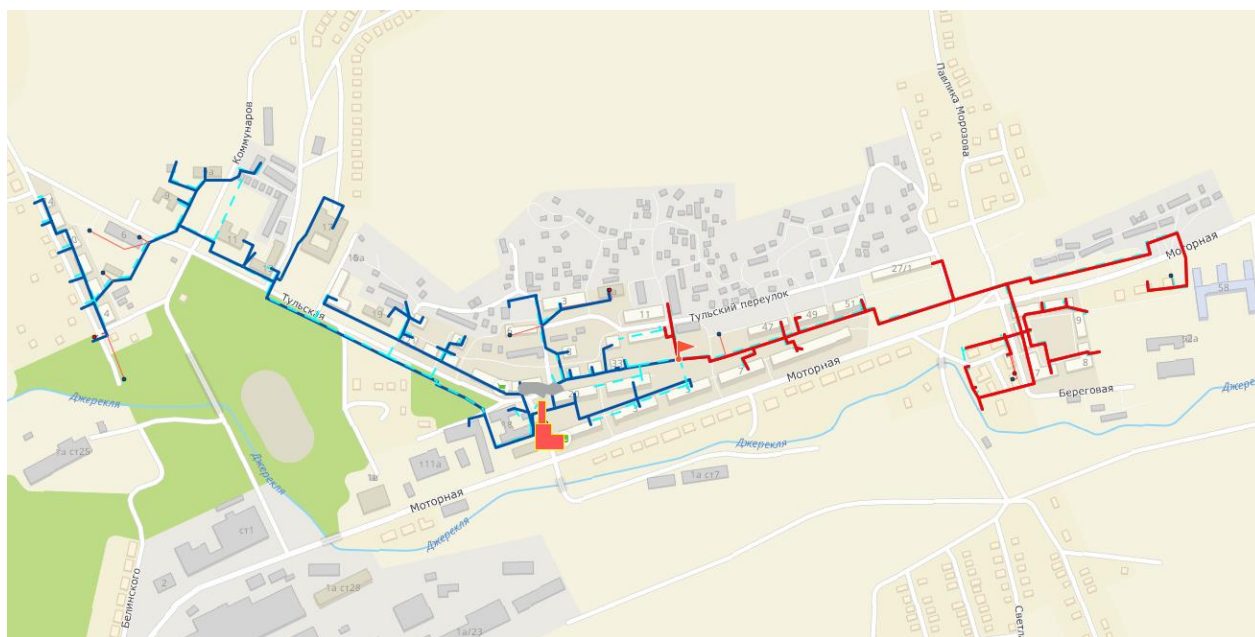


Рисунок 8. Зона ухудшения теплоснабжения потребителей при моделировании аварийного отключения на участке тепловой сети от ТК-11/38 до ТК-11/48