

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА
МАГНИТОГОРСКА НА ПЕРИОД 2024-2034 ГОДОВ
(АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2027г.)**

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

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. Технико-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

первооружение 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 (организаций).

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	8
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	10
СОКРАЩЕНИЯ	12
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	13
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	19
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.....	22
3.1. Результаты расчета вероятности безотказной работы теплопроводов.....	22
3.1.1. Существующее состояние на 2025 г.....	22
3.1.2. Перспективное состояние на 2034 г.	53
3.2. Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения потребителей	84
3.2.1. Существующее состояние на 2025 г.....	84
3.2.2. Перспективное состояние на 2042 г.	88
Раздел 4. Обоснование результатов оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки	91
Раздел 5. Обоснование результатов оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии.....	93
Раздел 6. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения	94
6.1. Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих нормативную готовность энергетического оборудования.....	94
6.2. Установка резервного оборудования	94
6.3. Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть.....	94
6.4. Резервирование тепловых сетей смежных районов города	95
6.5. Устройство резервных насосных станций.....	100
6.6. Установка баков-аккумуляторов	100

Раздел 7. Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий разработке схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей и сооружений на них	102
Раздел 8. Моделирование запроектных режимом работы систем теплоснабжения, связанные аварийными ситуациями на основных тепломагистралях базовых источников тепловой энергии и с аварийным остановом базовых источников тепловой энергии на длительное время при погодных условиях, близких к расчетным	103
8.1. ЦЭС ПАО «ММК»	104
8.1.1. Моделирование аварийной ситуации на магистральных тепловых выводах ЦЭС ПАО «ММК»	104
8.1.2. Моделирование аварийной ситуации на источнике теплоснабжения ЦЭС ПАО «ММК»	104
8.2. ТЭЦ ПАО «ММК»	105
8.2.1. Моделирование аварийной ситуации на магистральных тепловых выводах ТЭЦ ПАО «ММК»	105
8.2.2. Моделирование аварийной ситуации на источнике теплоснабжения ТЭЦ ПАО «ММК»	106

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Статистика повреждений тепловых сетей от источников централизованного теплоснабжения за 2023 г.....	15
Таблица 2. Статистика повреждений тепловых сетей от источников централизованного теплоснабжения за 2024 г.....	16
Таблица 3. Статистика повреждений тепловых сетей от источников централизованного теплоснабжения за 2025 г.....	17
Таблица 4. Показатели восстановления на источниках теплоснабжения Магнитогорск за 2023 г.....	19
Таблица 5. Показатели восстановления на источниках теплоснабжения Магнитогорск за 2024-2025 гг.	21
Таблица 6 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ пб до врезки на у.у.	23
Таблица 7 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1	29
Таблица 8 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70)	33
Таблица 9 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84	37
Таблица 10 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28).....	41
Таблица 11.Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от Центральной котельной до Индивидуального дома	45
Таблица 12 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)	50
Таблица 13 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ пб до врезки на у.у.	54
Таблица 14 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1.....	60
Таблица 15 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70)	64
Таблица 16 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84	68
Таблица 17 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28).....	72
Таблица 18 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от Центральной котельной до Индивидуального дома	76
Таблица 19 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)	81

Таблица 20. Расчет вероятности безотказной работы потребителей.....	84
Таблица 21 Расчет вероятности безотказной работы потребителей.....	88
Таблица 22. Коэффициент готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки.....	91
Таблица 23. Недоотпуск тепловой энергии на отопление в системе теплоснабжения.....	93
Таблица 24. Допустимое снижение подачи теплоты для потребителей второй и третьей категорий в % нормативной величины при аварийных режимах теплоснабжения	99
Таблица 25. Мероприятия по повышению надежности теплоснабжения тепловых сетей МП трест "Теплофикация"	100
Таблица 26. Время снижения температуры внутри отапливаемого помещения.....	103

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ пб до врезки на у.у.	22
Рисунок 2 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ пб до врезки на у.у.	27
Рисунок 3 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1	28
Рисунок 4 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1	31
Рисунок 5 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70).....	32
Рисунок 6 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70).....	35
Рисунок 7 Путь движения теплоносителя от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84	36
Рисунок 8 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84	39
Рисунок 9 Путь движения теплоносителя от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28)	40
Рисунок 10 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28).....	43
Рисунок 11. Путь движения теплоносителя от Центральной котельной до Индивидуального дома	44
Рисунок 12 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от Центральной котельной до Индивидуального дома	48
Рисунок 13 Путь движения теплоносителя от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28).....	49
Рисунок 14 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)	52
Рисунок 15 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ пб до врезки на у.у.	53
Рисунок 16 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ пб до врезки на у.у.	58
Рисунок 17 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1	59
Рисунок 18 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1	62
Рисунок 19 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70).....	63
Рисунок 20 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70).....	66
Рисунок 21 Путь движения теплоносителя от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84	67
Рисунок 22 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84	70
Рисунок 23 Путь движения теплоносителя от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28)	71

Рисунок 24 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28).....	74
Рисунок 25. Путь движения теплоносителя от Центральной котельной до Индивидуального дома	75
Рисунок 26 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от Центральной котельной до Индивидуального дома	79
Рисунок 27 Путь движения теплоносителя от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28).....	80
Рисунок 28 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)	83
Рисунок 29 Зоны ненормативной надежности ТЭЦ ПАО «ММК»	85
Рисунок 30 Зоны ненормативной надежности ЦЭС ПАО «ММК»	86
Рисунок 31 Зоны ненормативной надежности Пиковой котельной	86
Рисунок 32 Зоны ненормативной надежности Центральной котельной	87
Рисунок 33 Зоны ненормативной надежности ТЭЦ ПАО «ММК»	89
Рисунок 34 Зоны ненормативной надежности ЦЭС ПАО «ММК»	90
Рисунок 35 Зоны ненормативной надежности Пиковой котельной	90
Рисунок 36. Отключаемый участок на магистральном тепловом выводе	104
Рисунок 37. Отключаемый участок на магистральном тепловом выводе	105
Рисунок 38. Отключаемый участок на магистральном тепловом выводе	106

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
Топливо-энергетический баланс	Документ, содержащий взаимосвязанные показатели количественного соответствия поставок энергетических ресурсов на территорию субъекта

Термины	Определения
	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 нормативный запас топлива	Запас топлива, создаваемый на электростанциях и котельных организаций 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;
- ФГБУ «ЦЖКУ» Минобороны России – федеральное государственное бюджетное учреждение "Центральное жилищно-коммунальное управление" министерства обороны;
- ЭС – электростанция;
- ЭЭ – электрическая энергия;
- ОАО «РЖД» – открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

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

В теплоснабжающих организациях ведется отчетность по техническому состоянию трубопроводов водяных тепловых сетей г. Магнитогорск.

В таблицах 1, 2, 3 приведена статистика по количеству повреждения на тепловых сетях в эксплуатационном режиме (без учета испытаний) за период с 2023 г. по 2025 г., в результате которых произошло отключение потребителей.

Интенсивности отказов i -того участка тепловых сетей должны определяться в соответствии с формулой 1.

$$\lambda_i = \lambda_{\text{нач}} \left(0.1 \tau_i^{\text{экс}} \right)^{\alpha_i - 1}, 1/\text{км}/\text{год} \quad (1)$$

где, i - номер участка тепловой сети;

λ_i - интенсивность отказов i -того участка тепловой сети, 1/км/год;

$\lambda_{\text{нач}}$ - интенсивность отказов теплопровода, соответствующая начальному периоду эксплуатации, 1/км/год;

$\tau_i^{\text{экс}}$ - продолжительность эксплуатации участка, лет;

α_i - коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации i -того участка теплопровода.

Значение начальной интенсивности отказов теплопровода $\lambda_{\text{нач}}$ должно приниматься равным $5,7 \times 10^{-6}$ 1/км/ч (0,05 1/км/год). Начальная интенсивность отказов должна соответствовать периоду нормальной эксплуатации нового теплопровода после периода приработки.

Коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации i -того участка теплопровода α_i , должен определяться по формуле (2):

$$\alpha_i = \begin{cases} 0.8 - \text{при } 0 < \tau_i^{\text{экс}} \leq 3 \\ 1,0 - \text{при } 3 < \tau_i^{\text{экс}} \leq 17 \\ 0.5 \exp\left(\tau_i^{\text{экс}} / 20\right) - \text{при } \tau_i^{\text{экс}} > 17 \end{cases} \quad (2)$$

Основная причина повреждений квартальных тепловых сетей от источников централизованного теплоснабжения - наружная коррозия, которую вызывают:

- подтопления каналов ливневыми и канализационными стоками, грунтовыми водами и водопроводной водой;
- непосредственным контактом трубопроводов с грунтом;
- пересечением с электрическими кабелями (отсутствует электрохимическая защита трубопроводов);

- нарушением гидроизоляции трубопроводов при бесканальной прокладке;
- разрушением каналов, в том числе нарушением и отсутствием гидроизоляции канала, отсутствием плит перекрытия и т. п.

Таблица 1. Статистика повреждений тепловых сетей от источников централизованного теплоснабжения за 2023 г.

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2023 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
		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	ТЭЦ ПАО «ММК»	0	0	10	10	2	0	18	20	34	0	0	34	
2	ЦЭС ПАО «ММК»	0	0	12	12	2	0	17	19	35	0	0	35	66
3	ПСЦ (котельная №5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Пиковая котельная	0	0	3	3	0	0	1	1	5	0	0	5	9
5	Центральная котельная	0	0	1	1	1	0	17	18	22	0	0	22	41
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2
7	Котельная «Западная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	0	0	2	2	1	0	0	1	2	0	0	2	5
9	Котельная в 71 квартале	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2
11	Котельная пос. Приуральский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Котельная Очистных сооружений правого берега	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Котельная «Восточная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Котельная «Школьная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Котельная «Заготовительная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Котельная «Менжинского»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Котельная «Бестужева»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2023 году, ед.												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.:				
		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	
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2. Статистика повреждений тепловых сетей от источников централизованного теплоснабжения за 2024 г.

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2024 году, ед.												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.:				
		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	ТЭЦ ПАО «ММК»	0	0	8	8	1	0	11	12	21	0	0	21	41
2	ЦЭС ПАО «ММК»	0	0	12	12	2	0	30	32	47	0	0	47	91
3	ПСС (котельная №5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Пиковая котельная	0	0	8	8	1	0	7	8	17	0	0	17	33
5	Центральная котельная	0	0	1	1	1	0	22	23	26	0	0	26	50
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Котельная «Западная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	2	4
9	Котельная в 71 квартале	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	0	0	0	0	0	0	5	5	6	0	0	6	11
11	Котельная пос. Приуральский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Котельная Очистных сооружений правого берега	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2
13	Котельная «Восточная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2024 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
		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	
14	Котельная «Школьная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Котельная «Заготовительная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Котельная «Менжинского»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Котельная «Бестужева»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3. Статистика повреждений тепловых сетей от источников централизованного теплоснабжения за 2025 г.

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2025 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
		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	ТЭЦ ПАО «ММК»	0	0	18	18	2	0	21	23	50	0	0	50	
2	ЦЭС ПАО «ММК»	0	0	8	8	1	0	17	18	32	0	0	32	58
3	ПСЦ (котельная №5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Пиковая котельная	0	0	3	3	1	0	11	12	18	0	0	18	33
5	Центральная котельная	0	0	2	2	1	0	22	23	31	0	0	31	56

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Количество повреждений на тепловых сетях в 2025 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
		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	
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Котельная «Западная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Котельная в 71 квартале	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2
11	Котельная пос. Приуральский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Котельная Очистных сооружений правого берега	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Котельная «Восточная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Котельная «Школьная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Котельная «Заготовительная»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Котельная «Менжинского»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Котельная «Бестужева»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

Показатели восстановления на источниках теплоснабжения г. Магнитогорск за период 2023 – 2025 гг. представлены в таблицах 4, 5.

Среднее время до восстановления *i*-того участка теплопровода, содержащего ЗРА должно вычисляться по формуле (3):

$$z_i^B = a \times \left[1 + (b + cL_{c3})d_i^{1.2} \right], \text{ ч} \quad (3)$$

где, L_{c3} – расстояние между секционирующими задвижками, км;

d_i – диаметр *i*-того участка тепловой сети, м.

Значение коэффициентов:

- $a = 2,91$;
- $b = 20,89$;
- $c = -1,88$

Значения коэффициентов формулы (3) получены на основе численных значений времени восстановления теплопроводов в зависимости от их диаметров, рекомендуемых СП 124.13330-2012.

Таблица 4. Показатели восстановления на источниках теплоснабжения Магнитогорск за 2023 г.

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	2023			
		Наименование показателя, час			
		Среднее время восстановления теплоснабжения после повреждения в магистральных тепловых сетях в отопительный период	Среднее время восстановления отопления после повреждения в распределительных системах отопления	Среднее время восстановления горячего водоснабжения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия)	Всего среднее время восстановления отопления после повреждения в магистральных и распределительных тепловых сетях
1	ТЭЦ ПАО «ММК»	0,00	0,00	0,00	0,00
2	ЦЭС ПАО «ММК»	0,00	0,00	0,00	0,00
3	ПСЦ (котельная №5)	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Пиковая котельная	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Центральная котельная	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Котельная «Западная»	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Котельная в 71 квартале	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Котельная пос. Приуральский	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Котельная Очистных сооружений правого берега	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Котельная «Восточная»	0,00	0,00	0,00	0,00
14	Котельная «Школьная»	0,00	0,00	0,00	0,00
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Котельная «Заготовительная»	0,00	0,00	0,00	0,00
17	Котельная «Менжинского»	0,00	0,00	0,00	0,00
18	Котельная «Бестужева»	0,00	0,00	0,00	0,00

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	2023			
		Наименование показателя, час			
		Среднее время восстановления теплоснабжения после повреждения в магистральных тепловых сетях в отопительный период	Среднее время восстановления отопления после повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления	Среднее время восстановления горячего водоснабжения после повреждения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия)	Всего среднее время восстановления отопления после повреждения в магистральных и распределительных тепловых сетях
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	0,00	0,00	0,00	0,00
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/8	0,00	0,00	0,00	0,00
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица 5. Показатели восстановления на источниках теплоснабжения Магнитогорск за 2024-2025 гг.

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	2024				2025			
		Наименование показателя, час				Наименование показателя, час			
		Среднее время восстановления теплоснабжения после повреждения в магистральных тепловых сетях в отопительный период	Среднее время восстановления отопления после повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления	Среднее время восстановления горячего водоснабжения после повреждения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия)	Всего среднее время восстановления отопления после повреждения в магистральных и распределительных тепловых сетях	Среднее время восстановления теплоснабжения после повреждения в магистральных тепловых сетях в отопительный период	Среднее время восстановления отопления после повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления	Среднее время восстановления горячего водоснабжения после повреждения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия)	Всего среднее время восстановления отопления после повреждения в магистральных и распределительных тепловых сетях
1	ТЭЦ ПАО «ММК»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	ЦЭС ПАО «ММК»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	ПСЦ (котельная №5)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Пиковая котельная	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Центральная котельная	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Котельная «Западная»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Котельная в 71 квартале	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Котельная пос. Приуральский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Котельная Очистных сооружений правого берега	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Котельная «Восточная»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	Котельная «Школьная»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Котельная «Заготовительная»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	Котельная «Менжинского»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	Котельная «Бестужева»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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

3.1. Результаты расчета вероятности безотказной работы теплопроводов

3.1.1. Существующее состояние на 2025 г.

3.1.1.1. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей ТЭЦ ПАО «ММК»

ТЭЦ ПАО «ММК» имеет четыре магистральных тепловых вывода:

- 2 вывода ТЭЦ пб;
- ТЭЦ Бетонострой;
- ТЭЦ - 1000.

Ниже представлен расчет по каждому из них.

На рисунке 1 приведена трассировка магистрального теплопровода ТЭЦ - 1000 от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 6 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 2 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$) благодаря наличию резервирующих перемычек между двумя тепломагистралями от ТЭЦ, по которым производится теплоснабжение города.

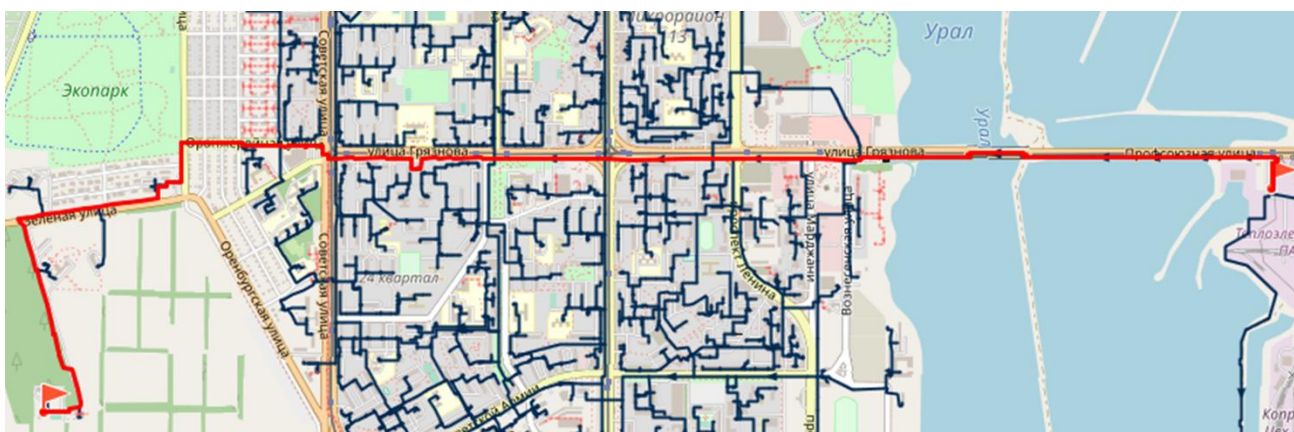


Рисунок 1 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ пб до врезки на у.у.

Таблица 6 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ пб до врезки на у.у.

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) от-каза участка, 1/км/ч	Среднее время вос-становления участка, ч	Параметр по-тока отказов теплоснабже-ния при отказе участка, 1/час	Параметр по-тока отказов теплоснабже-ния накоплен-ным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного по-требителя
Резервированный участок тепломагистрали												
1	ТЭЦпб	-	0,700	56	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000386	0,00003862	1,0000000
2	-	-	0,700	126	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000874	0,00012602	1,0000000
3	-	КНС2	0,700	170	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0001180	0,00024405	1,0000000
4	КНС2	КНС3	0,700	179	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0001242	0,00036823	1,0000000
5	КНС3	КНС4	0,700	202	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0001399	0,00050814	1,0000000
6	КНС4	-	0,700	199	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0001385	0,00064662	1,0000000
7	-	КНС	0,700	103	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000713	0,00071792	1,0000000
8	КНС	НО Ё7	0,700	96	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000664	0,00078432	1,0000000
9	НО Ё7	выход из ка-нала	0,600	49	1980	2	45	0,000694	26,97	0,0000343	0,00081861	1,0000000
10	Выход из ка-нала	вход в канал	0,600	203	1980	2	45	0,000694	26,97	0,0001411	0,00095969	1,0000000
11	вход в ка-нал	НО Ё5	0,600	49	1980	2	45	0,000694	26,97	0,0000343	0,00099399	1,0000000
12	НО Ё5	ТК	0,600	107	1980	2	45	0,000694	26,97	0,0000743	0,00106825	1,0000000
13	ТК	НО Ё3	0,700	94	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000650	0,00113329	1,0000000
14	НО Ё3	КНС Ё8	0,700	108	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000751	0,00120843	1,0000000
15	КНС Ё8	стена КП2	0,700	96	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000664	0,00127480	1,0000000
16	стена КП2	врезка	0,700	6	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000040	0,00127879	1,0000000
17	врезка	задвижка	0,700	7	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000045	0,00128333	1,0000000
18	задвижка	врезка в коллектор	0,800	2	1980	2	45	0,000694	36,89	0,0000012	0,00128449	1,0000000
19	врезка в коллектор	врезка в коллектор	1,000	1	1980	2	45	0,000694	36,38	0,0000007	0,00128515	1,0000000
20	врезка в коллектор	врезка в коллектор	1,000	2	1980	2	45	0,000694	36,38	0,0000013	0,00128644	1,0000000
21	врезка в коллектор	врезка в коллектор	1,000	2	1980	2	45	0,000694	36,38	0,0000016	0,00128805	1,0000000
22	врезка в коллектор	-	0,800	3	1980	2	45	0,000694	36,89	0,0000022	0,00129027	1,0000000
23	-	1 (ТК-2)	0,800	59	1980	2	45	0,000694	36,89	0,0000412	0,00133150	1,0000000
24	1 (ТК-2)	переход	0,800	1	1980	2	45	0,000694	36,89	0,0000007	0,00133220	1,0000000
25	переход	2(КНС-3)	0,700	92	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000640	0,00139619	1,0000000
26	2(КНС-3)	3(ТК-4)	0,700	75	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000517	0,00144793	1,0000000
27	3(ТК-4)	4(ТК-5)	0,700	93	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000648	0,00151270	1,0000000
28	4(ТК-5)	5(ТК-6)	0,700	177	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0001229	0,00163565	1,0000000
29	5(ТК-6)	задвижка с эл.приводом	0,700	79	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000546	0,00169028	1,0000000

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отката участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
30	задвижка с эл.приводом	6(ТК-1)	0,700	1	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000007	0,00169097	1,0000000
31	6(ТК-1)	задвижка с эл. приводом	0,700	1	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000007	0,00169167	1,0000000
32	задвижка с эл. приводом	7(ТК-7)	0,700	100	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000695	0,00176115	1,0000000
33	7(ТК-7)	8(ТК-8)	0,700	208	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0001444	0,00190560	1,0000000
34	8(ТК-8)	9(ТК-21)	0,700	112	1980	2	45	0,000694	31,86	0,0000778	0,00198339	1,0000000
35	9(ТК-21)	затвор KMS	0,600	1	1980	2	45	0,000694	26,97	0,0000007	0,00198408	1,0000000
36	затвор KMS	10(ТК-9)	0,600	96	1980	2	45	0,000694	26,97	0,0000664	0,00205050	1,0000000
37	10(ТК-9)	11(ТК-10)	0,600	218	1980	2	45	0,000694	26,97	0,0001510	0,00220153	1,0000000
38	11(ТК-10)	12(ТК-22)	0,600	120	1980	2	45	0,000694	26,97	0,0000833	0,00228487	1,0000000
39	12(ТК-22)	стена здания ТНС 5	0,500	365	1980	2	45	0,000694	25,82	0,0002537	0,00253860	1,0000000
40	стена здания ТНС 5	задвижка	0,500	2	1980	2	45	0,000694	25,82	0,0000017	0,00254031	1,0000000
41	задвижка	врезка	0,500	3	1980	2	45	0,000694	25,82	0,0000022	0,00254249	1,0000000
42	врезка	задвижка	0,500	1	1980	2	45	0,000694	25,82	0,0000009	0,00254336	1,0000000
Не резервированный участок тепломагистрали												
43	задвижка	ТНС Ё 5	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000020	0,00582304	0,9999583
44	ТНС Ё 5	задвижка	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000020	0,00582505	0,9999166
45	задвижка	врезка	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000020	0,00582705	0,9998749
46	врезка	врезка на у.у.	0,500	3	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000040	0,00582905	0,9997909
47	врезка на у.у.	стена здания ТНС 5	0,500	2	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000037	0,00583106	0,9997135
48	стена здания ТНС 5	-	0,500	10	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000159	0,00583510	0,9993827
49	-	13(ТК-11)	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000016	0,00583882	0,9993496
50	13(ТК-11)	задвижка с эл. приводом	0,500	348	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0005530	0,00585472	0,9878496
51	задвижка с эл. приводом	14(ТК-23)	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000016	0,00585631	0,9878169
52	14(ТК-23)	задвижка с эл. приводом	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000016	0,00640927	0,9877842

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) от-каза участка, 1/км/ч	Среднее время вос-становления участка, ч	Параметр по-тока отказов теплоснабже-ния при отказе участка, 1/час	Параметр по-тока отказов теплоснабже-ния накоплен-ным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного по-требителя
53	задвижка с эл. приводом	-	0,500	28	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000445	0,00641086	0,9868690
54	-	16(ТК-1)	0,300	201	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0003204	0,00641245	0,9827999
55	16(ТК-1)	затвор	0,250	1	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000016	0,00645697	0,9827830
56	затвор	17(ТК-2)	0,250	62	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000979	0,00677736	0,9817434
57	17(ТК-2)	18(ТК-3)	0,250	154	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0002442	0,00677895	0,9791533
58	18(ТК-3)	задвижка	0,250	1	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000016	0,00687688	0,9791365
59	задвижка	19(ТК-4)	0,250	276	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0004387	0,00712111	0,9744967
60	19(ТК-4)	стена ТНС Ё7	0,250	250	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0003975	0,00712270	0,9703129
61	стена ТНС Ё7	задвижка	0,250	1	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000018	0,00756139	0,9702942
62	задвижка	врезка	0,250	7	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000105	0,00795884	0,9701844
63	врезка	ТНС Ё 7 ул.Зеле-ная,4	0,250	4	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000071	0,00796062	0,9701104
64	ТНС Ё 7 ул.Зеле-ная,4	врезка	0,250	8	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000132	0,00797110	0,9699719
65	врезка	стена ТНС Ё7	0,250	5	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000079	0,00797816	0,9698895
66	стена ТНС Ё7	21(ТК-5/1)	0,250	294	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0004682	0,00799137	0,9649845
67	21(ТК-5/1)	задвижка	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000016	0,00799924	0,9649738
68	задвижка	22	0,250	232	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0003690	0,00846742	0,9611278
69	22	задвижка	0,200	1	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000018	0,00846901	0,9611124
70	задвижка	23	0,200	114	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0001820	0,00883799	0,9595702
71	23	подъем наземной трассы	0,200	2	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000037	0,00883980	0,9595390
72	подъем наземной трассы	врезка 24	0,200	217	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0003454	0,00902182	0,9566171
73	врезка 24	врезка	0,150	1	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000012	0,00902551	0,9566093
74	врезка	опуск назем-ной трассы	0,150	272	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0004319	0,00937092	0,9537473
75	опуск наземной трассы	-	0,150	2	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000037	0,00937209	0,9537231
76	-	26	0,150	2	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000032	0,00980396	0,9537021

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) от-каза участка, 1/км/ч	Среднее время вос-становления участка, ч	Параметр по-тока отказов теплоснабже-ния при отказе участка, 1/час	Параметр по-тока отказов теплоснабже-ния накоплен-ным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного по-требителя
77	26	подъем наземной трассы	0,125	2	1980	1	45	0,001590	7,48	0,0000032	0,00980763	0,9536838
78	подъем наземной трассы	-	0,125	2	1980	1	45	0,001590	7,48	0,0000037	0,00981081	0,9536627
79	-	опуск наземной трассы	0,125	80	1980	1	45	0,001590	7,48	0,0001277	0,00981399	0,9529289
80	опуск наземной трассы	-	0,125	2	1980	1	45	0,001590	7,48	0,0000037	0,00981766	0,9529079
81	-	подъем наземной трассы	0,125	4	1980	1	45	0,001590	7,48	0,0000064	0,00994532	0,9528714
82	подъем наземной трассы	-	0,125	2	1980	1	45	0,001590	7,48	0,0000037	0,00994897	0,9528504
83	-	опуск наземной трассы	0,125	240	1980	1	45	0,001590	7,48	0,0003817	0,00995533	0,9506581
84	опуск наземной трассы	30(ТК)	0,125	2	1980	1	45	0,001590	7,48	0,0000037	0,00995899	0,9506372
85	30(ТК)	ТК-9	0,125	16	1980	2	45	0,001590	7,48	0,0000260	0,01034069	0,9504880
86	ТК-9	ТК-10	0,100	146	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0002327	0,01034434	0,9493460
87	ТК-10	стена бой-лерной	0,100	17	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000270	0,01037037	0,9492135
88	стена бой-лерной	теплосчет-чик	0,100	2	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000024	0,01060310	0,9492016
89	теплосчет-чик	Отель "Ев-ропа"-бой-лерная	0,100	4	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000071	0,01063013	0,9491667
90	Отель "Ев-ропа"-бой-лерная	врезка на у.у.	0,100	5	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000081	0,01063254	0,9491270

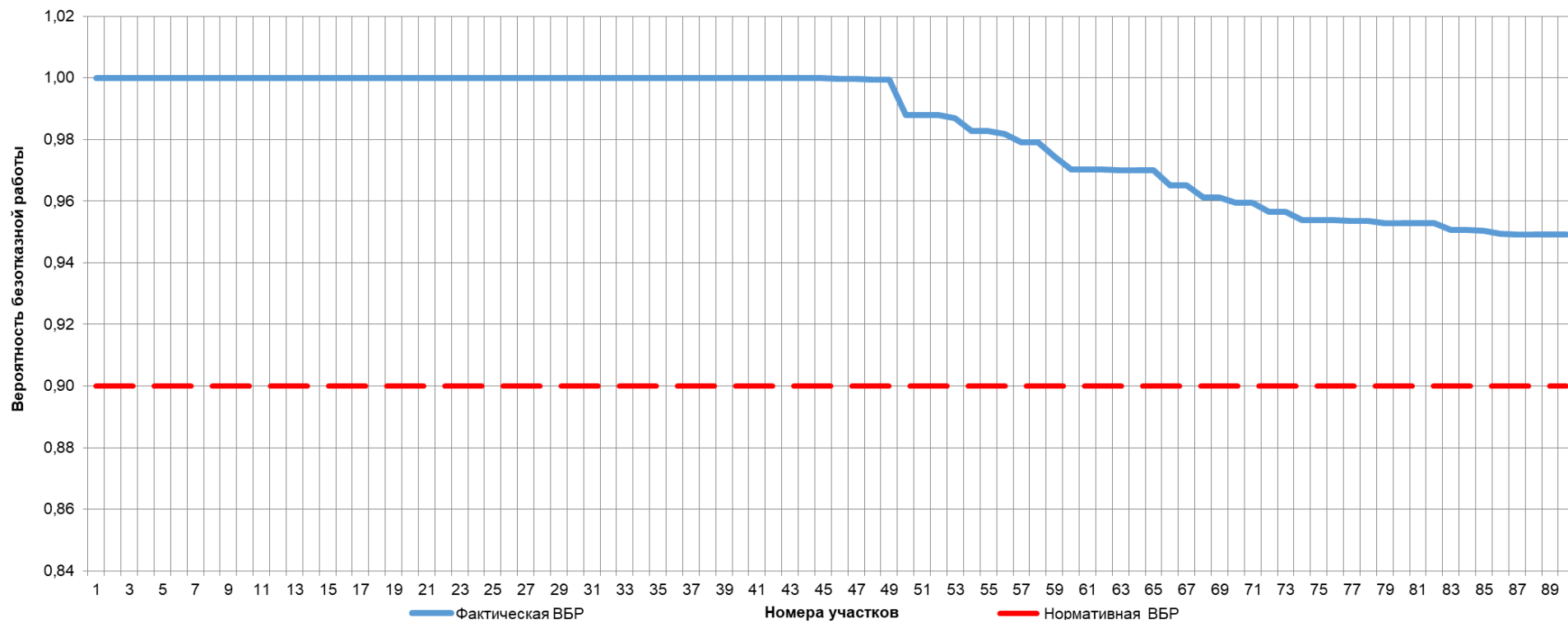


Рисунок 2 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ пб до врезки на у.у.

Таблица 7 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Нерезервированный участок тепломагистрали												
1	ТЭЦ(Бетонострой)	ТК	0,400	531	1980	1	45	0,001590	20,44	0,0008439	0,00084393	0,9836881
2	ТК	-	0,200	60	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000956	0,00093956	0,9827151
3	-	ТК	0,200	103	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0001645	0,00110410	0,9810425
4	ТК	ТК	0,200	5	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000080	0,00111205	0,9809619
5	ТК	ТК	0,200	43	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000684	0,00118042	0,9802681
6	ТК	-	0,200	127	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0002020	0,00138244	0,9782197
7	-	врезка	0,200	5	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000080	0,00139039	0,9781392
8	врезка	опуск наземной трассы	0,200	146	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0002316	0,00162197	0,9757962
9	опуск наземной трассы	ТК-2	0,200	2	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000027	0,00162470	0,9757686
10	ТК-2	стена здания ТНСЕ12-БИС	0,200	69	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0001097	0,00173440	0,9746614
11	стена здания ТНСЕ12-БИС	задвижка	0,200	1	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000016	0,00173599	0,9746453
12	задвижка	Е 12-БИС	0,200	2	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000035	0,00173944	0,9746105
13	Е 12-БИС	задвижка	0,200	2	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000035	0,00174294	0,9745753
14	задвижка	стена здания ТНС Е12-БИС	0,200	1	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000019	0,00174488	0,9745557
15	стена здания ТНС Е12-БИС	-	0,200	2	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000024	0,00174730	0,9745314
16	-	ТК-3	0,200	119	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0001893	0,00193656	0,9726235
17	ТК-3	-	0,200	93	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0001486	0,00208514	0,9711287
18	-	врезка	0,200	85	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0001355	0,00222064	0,9697675
19	врезка	ТК-4	0,200	115	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0001829	0,00240352	0,9679331
20	ТК-4	задвижка	0,200	1	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000010	0,00240452	0,9679231
21	задвижка	врезка	0,200	131	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0002075	0,00261202	0,9658455
22	врезка	-	0,200	497	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0007908	0,00340286	0,9579446
23	-	ТК-7	0,150	2	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000032	0,00340603	0,9579200
24	ТК-7	ТК-8	0,150	20	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000318	0,00343783	0,9576723
25	ТК-8	ТК-9	0,150	64	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0001020	0,00353986	0,9568781
26	ТК-9	ТК-10	0,150	48	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000770	0,00361684	0,9562794
27	ТК-10	ТК-11	0,150	17	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000270	0,00364387	0,9560693
28	ТК-11	ТК-12	0,150	30	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000477	0,00369157	0,9556986

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
29	ТК-12	подъем подземной трассы	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000020	0,00369357	0,9556830
30	подъем подземной трассы	опуск наземной трассы	0,150	55	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000882	0,00378174	0,9549981
31	опуск наземной трассы	ТК-13	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000020	0,00378376	0,9549824
32	ТК-13	задвигка	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000016	0,00378535	0,9549701
33	задвигка	ТК-1	0,150	47	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000747	0,00386009	0,9543900
34	ТК-1	подъем наземной трассы	0,150	2	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000030	0,00386312	0,9543664
35	подъем наземной трассы	подъем	0,150	131	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0002078	0,00407088	0,9527548
36	подъем	подъем	0,150	1	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000016	0,00407252	0,9527421
37	подъем	опуск	0,150	5	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000080	0,00408047	0,9526805
38	опуск	опуск	0,150	1	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000016	0,00408211	0,9526679
39	опуск	врезка	0,150	17	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000276	0,00410973	0,9524540
40	врезка	задвигка	0,150	1	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000016	0,00411132	0,9524417
41	задвигка	т.врезки	0,150	52	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000834	0,00419475	0,9517958
42	т.врезки	переход	0,150	85	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0001345	0,00432925	0,9507552
43	переход	ТК-4	0,100	40	1980	1	45	0,001590	6,41	0,0000635	0,00439277	0,9503893
44	ТК-4	ТК-5	0,150	84	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0001335	0,00452632	0,9493577
45	ТК-5	врезка	0,150	28	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000449	0,00457124	0,9490110
46	врезка	врезка	0,150	37	1980	1	45	0,001590	8,59	0,0000587	0,00462995	0,9485582
47	врезка	ТК	0,100	28	1980	1	45	0,001590	6,41	0,0000445	0,00467449	0,9483023
48	ТК	-	0,100	43	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000683	0,00474275	0,9479101
49	-	ТК-9	0,100	39	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000621	0,00480487	0,9475534
50	ТК-9	ТК-10	0,100	59	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000938	0,00489870	0,9470148
51	ТК-10	задвигка	0,050	1	1980	2	45	0,001590	4,43	0,0000016	0,00490029	0,9470085
52	задвигка	стена д.5	0,050	4	1980	2	45	0,001590	4,43	0,0000057	0,00490595	0,9469860
53	стена д.5	ул. Магнитная, д.1	0,050	3	1980	2	45	0,001590	4,43	0,0000048	0,00491072	0,9469671

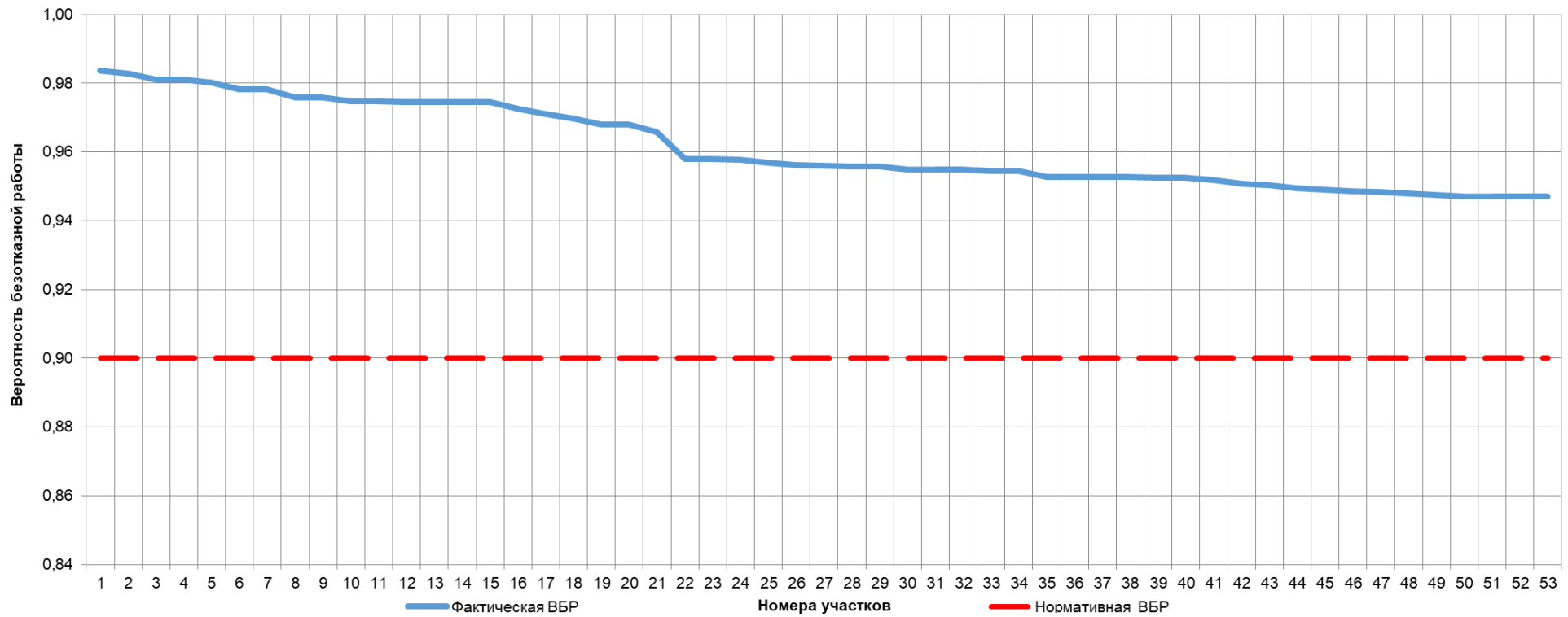


Рисунок 4 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1

На рисунке 5 приведена трассировка магистрального теплопровода ТЭЦ 1000 от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 8 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 6 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$).

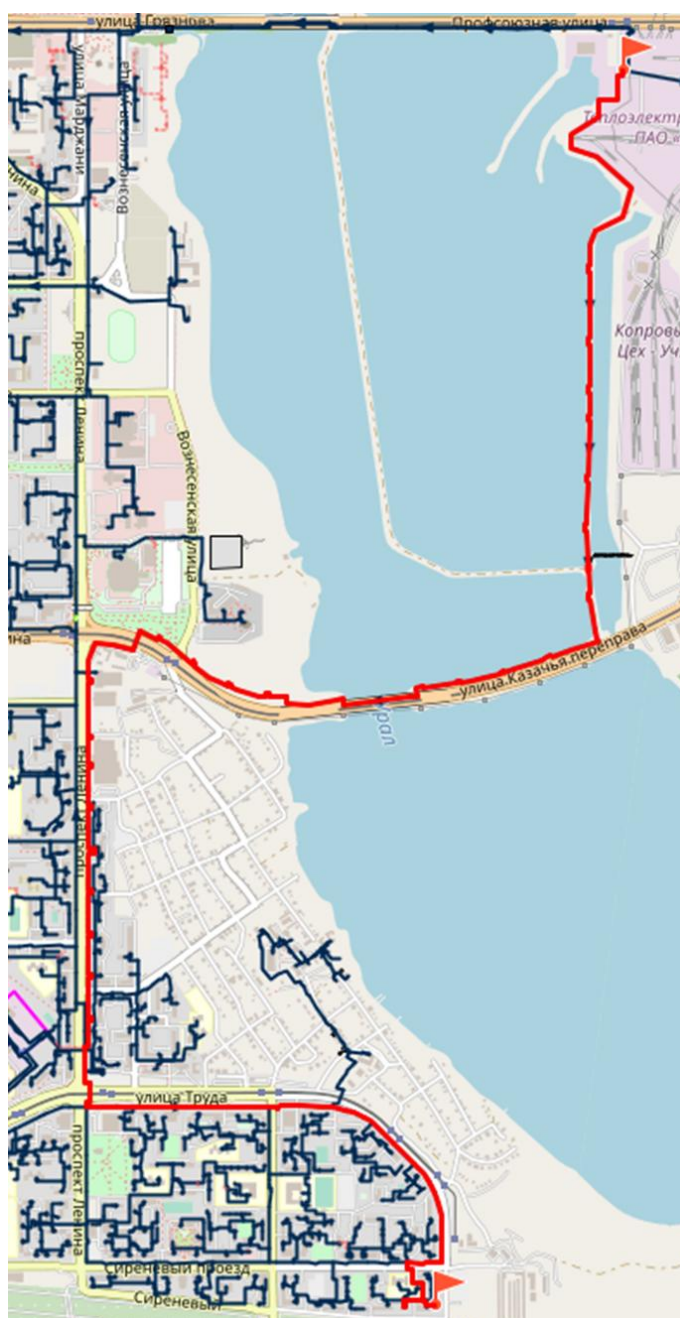


Рисунок 5 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70)

Таблица 8 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70)

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Нерезервированный участок тепломагистрали												
1	ТЭЦ (1000)	павильон 5	1,000	834	1990	1	35	0,000048	36,38	0,0000398	0,00003983	0,9987366
2	павильон 5	-	1,000	1420	1990	1	35	0,000048	36,38	0,0000678	0,00010766	0,9974748
3	-	задвижка	1,000	1	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0000010	0,00010869	0,9953286
4	задвижка	-	1,000	680	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0007059	0,00081462	0,9952958
5	-	-	1,000	3	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0000028	0,00081745	0,9730082
6	-	-	1,000	48	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0000498	0,00086727	0,9729208
7	-	-	1,000	2	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0000021	0,00086936	0,9713831
8	-	павильон 6	1,000	25	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0000262	0,00089557	0,9713188
9	павильон 6	-	1,000	221	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0002291	0,00112465	0,9705113
10	-	-	1,000	3	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0000028	0,00112748	0,9634589
11	-	УТ-1 правого берега	1,000	234	1980	1	45	0,001038	36,38	0,0002429	0,00137040	0,9633723
12	УТ-1 правого берега	УТ-2	1,000	611	1990	2	35	0,000048	36,38	0,0000292	0,00139956	0,9559487
13	УТ-2	УТ-3	1,000	66	1980	2	45	0,001038	36,38	0,0000684	0,00146796	0,9550645
14	УТ-3	СК-1	1,000	128	1980	2	45	0,001038	36,38	0,0001324	0,00160038	0,9529921
15	СК-1	СК-1	1,000	225	1980	2	45	0,001038	36,38	0,0002339	0,00183431	0,9489893
16	СК-1	УТ-4	1,000	549	1990	2	35	0,000048	36,38	0,0000262	0,00186054	0,9419470
17	УТ-4	задвижка	1,000	1	1980	2	45	0,001038	36,38	0,0000010	0,00186157	0,9411634
18	задвижка	УТ-5	1,000	376	1980	2	45	0,001038	36,38	0,0003901	0,00225169	0,9411325
19	УТ-5	УТ-6а	1,000	341	1990	2	35	0,000048	36,38	0,0000163	0,00226799	0,9294859
20	УТ-6а	ТК-98	0,700	24	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000248	0,00229281	0,9290052
21	ТК-98	СК-2	0,700	73	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000761	0,00236886	0,9283646
22	СК-2	-	0,700	17	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000171	0,00238598	0,9264031
23	-	ТК-99	0,700	20	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000206	0,00240658	0,9259625
24	ТК-99	ТК	0,700	28	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000295	0,00243611	0,9254327
25	ТК	задвижка	0,700	84	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000872	0,00252327	0,9246735
26	задвижка	ТК-100	0,700	1	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000010	0,00252431	0,9224344
Резервированный участок тепломагистрали												
27	ТК-100	ТК-100а	0,700	30	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000311	0,00255544	0,9224344
28	ТК-100а	задвижка	0,700	1	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000010	0,00255647	0,9224344
29	задвижка	КНС-23а	0,700	123	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0001272	0,00268369	0,9224344
30	КНС-23а	КНС-24	0,700	295	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0003060	0,00298965	0,9224344
31	КНС-24	ТК-101	0,700	156	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0001616	0,00315129	0,9224344

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отката участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
32	ТК-101	ТК-101а	0,700	51	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000527	0,00320398	0,9224344
33	ТК-101а	КНС-25	0,700	61	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000634	0,00326736	0,9224344
34	КНС-25	УТ-1	0,700	109	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0001130	0,00338039	0,9224344
35	УТ-1	КНС-26	0,700	40	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000416	0,00342199	0,9224344
36	КНС-26	КНС-27	0,700	67	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000700	0,00349200	0,9224344
37	КНС-27	УТ-102	0,700	34	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000350	0,00352704	0,9224344
38	УТ-102	КНС-28	0,700	103	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0001069	0,00363391	0,9224344
39	КНС-28	УТ -103	0,700	92	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000950	0,00372892	0,9224344
40	УТ -103	КНС-29	0,700	86	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000892	0,00381815	0,9224344
41	КНС-29	КНС-30	0,700	76	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0000788	0,00389699	0,9224344
42	КНС-30	УТ-104	0,700	192	1980	2	45	0,001038	31,86	0,0001989	0,00409592	0,9224344
43	УТ-104	задвижка	0,300	1	1980	2	45	0,001038	15,97	0,0000010	0,00409696	0,9224344
Нерезервированный участок тепломагистрали												
44	задвижка	УТ-104а	0,300	123	1980	2	45	0,001038	15,97	0,0001271	0,00422407	0,9208020
45	УТ-104а	задвижка	0,200	1	1980	2	45	0,001038	10,94	0,0000010	0,00422510	0,9207929
46	задвижка	стена х/б 66	0,200	247	1980	2	45	0,001038	10,94	0,0002564	0,00448154	0,9185410
47	стена х/б 66	х/б Ё66, 137м-он	0,200	10	1980	2	45	0,001038	10,94	0,0000107	0,00449224	0,9184473
48	х/б Ё66, 137м-он	-	0,200	5	1980	2	45	0,001038	10,94	0,0000051	0,00449738	0,9184023
49	-	стена х/б 66	0,200	4	1980	2	45	0,001038	10,94	0,0000042	0,00450156	0,9183657
50	стена х/б 66	ТК-137-66-1	0,200	12	1980	2	45	0,001038	10,94	0,0000121	0,00451369	0,9182595
51	ТК-137-66-1	задвижка	0,150	1	1980	2	45	0,001038	8,59	0,0000010	0,00451472	0,9182523
52	задвижка	ТК-137-66-4	0,150	77	1980	2	45	0,001038	8,59	0,0000797	0,00459440	0,9177041
53	ТК-137-66-4	-	0,080	1	1980	2	45	0,001038	5,59	0,0000010	0,00459543	0,9176994
54	-	стена д. 18-1-й ввод	0,080	16	1980	2	45	0,001038	5,59	0,0000164	0,00461184	0,9176261
55	стена д. 18-1-й ввод	врезка на у.у.	0,100	5	1980	2	45	0,001038	6,41	0,0000052	0,00461703	0,9175995
56	врезка на у.у.	здание скорой помощи (70)	0,050	25	1980	2	45	0,001038	4,43	0,0000261	0,00464310	0,9175071

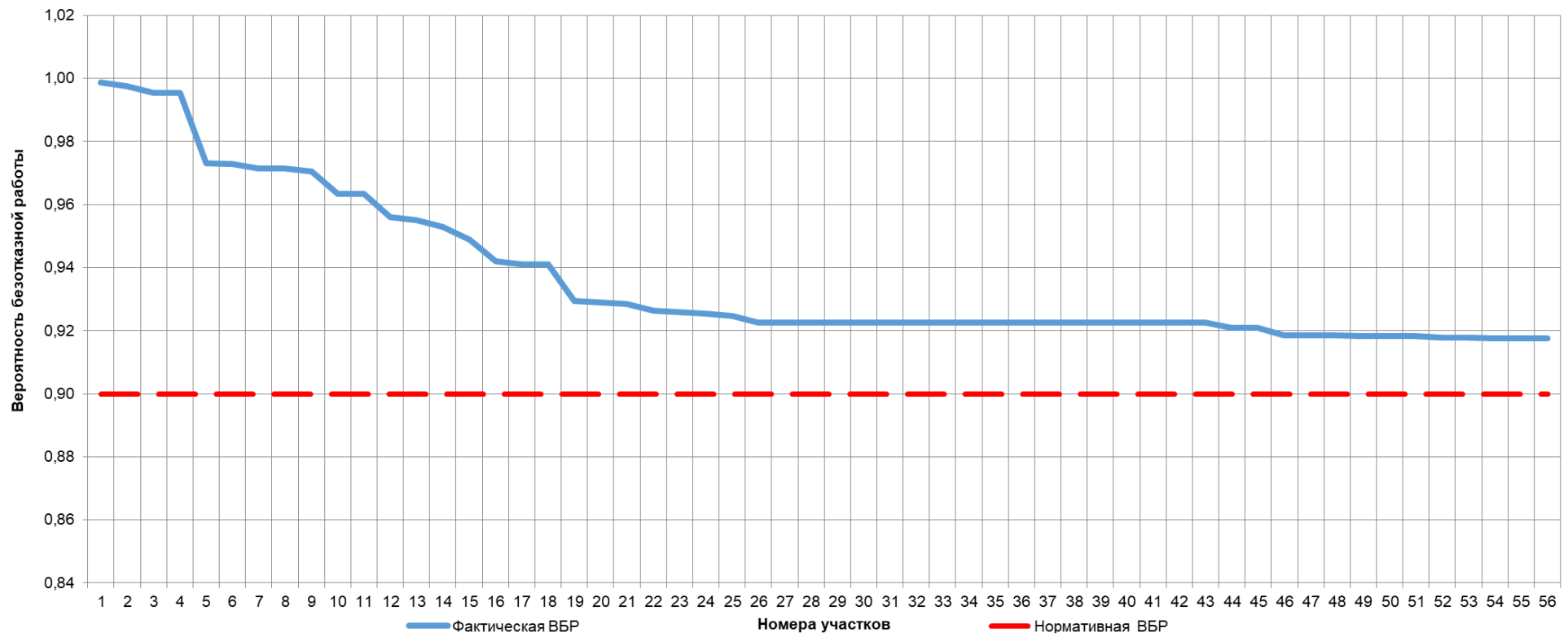


Рисунок 6 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70)

3.1.1.2. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей ЦЭС ПАО «ММК»

На рисунке 7 приведена трассировка магистрального теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 9 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 8 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$) благодаря наличию резервного магистрального теплопровода.



Рисунок 7 Путь движения теплоносителя от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84

Таблица 9 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Резервированный участок тепломагистрали												
1	ЦЭС пб	задвижка	0,700	2002	1997	2	28	0,000016	31,86	0,0000329	0,00003288	1,0000000
2	задвижка	-	0,700	2	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000025	0,00003540	1,0000000
3	-	врезка	0,700	3	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000048	0,00004021	1,0000000
4	врезка	задвижка	0,500	2	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000038	0,00004397	1,0000000
5	задвижка	ТК-10	0,500	216	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0003429	0,00038687	1,0000000
6	ТК-10	-	0,500	129	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0002053	0,00059220	1,0000000
7	-	ТК-12	0,500	167	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0002662	0,00085844	1,0000000
8	ТК-12	ТК-13	0,400	77	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0001217	0,00098013	1,0000000
9	ТК-13	задвижка	0,400	1	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000016	0,00098172	1,0000000
10	задвижка	ТК-13а	0,400	90	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0001431	0,00112484	1,0000000
11	ТК-13а	ТК-14	0,400	90	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0001425	0,00126739	1,0000000
12	ТК-14	врезка в ТК-15	0,400	383	1980	1	45	0,001590	20,44	0,0006088	0,00187615	1,0000000
13	врезка в ТК-15	ТК-15/1	0,400	56	1980	1	45	0,001590	20,44	0,0000895	0,00196567	1,0000000
14	ТК-15/1	задвижка	0,400	1	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000016	0,00196726	1,0000000
15	задвижка	задвижка Ё1	0,400	91	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0001450	0,00211224	1,0000000
16	задвижка Ё1	ТК	0,400	2	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000036	0,00211587	1,0000000
17	ТК	задвижка Ё1	0,400	4	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000066	0,00212248	1,0000000
18	задвижка Ё1	ТК-9	0,400	6	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000089	0,00213137	1,0000000
19	ТК-9	задвижка Ё1	0,600	3	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000043	0,00213565	1,0000000
20	задвижка Ё1	ТК	0,700	2	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000036	0,00213927	1,0000000
21	ТК	задвижка Ё1	0,700	2	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000037	0,00214295	1,0000000
22	задвижка Ё1	-	0,700	67	1980	1	45	0,001590	31,86	0,0001063	0,00224924	1,0000000
23	-	ТКа	0,700	2	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000035	0,00225273	1,0000000
24	ТКа	ТК	0,700	38	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000612	0,00231391	1,0000000
25	-	стена ТНС Ё1-БИС	0,700	27	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000430	0,00235694	1,0000000
26	стена ТНС Ё1-БИС	задвижка	0,700	5	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000086	0,00236557	1,0000000
27	-	врезка	0,600	5	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000075	0,00237309	1,0000000
28	врезка	ТНС Ё 1-БИС	0,300	5	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0000082	0,00238131	1,0000000
29	-	частотный регулятор	0,300	3	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0000053	0,00238659	1,0000000

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
30	частотный регулятор	врезка	0,300	1	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0000021	0,00238874	1,0000000
31	-	врезка	0,600	6	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000094	0,00239818	1,0000000
32	врезка	врезка	0,700	12	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000186	0,00241680	1,0000000
33	-	стена ТНС Ё1-БИС	0,700	1	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000020	0,00241881	1,0000000
34	стена ТНС Ё1-БИС	ТК-6	0,700	58	1980	1	45	0,001590	31,86	0,0000923	0,00251110	1,0000000
35	-	ТК-7	0,700	57	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000904	0,00260148	1,0000000
36	ТК-7	задвижка	0,700	1	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000022	0,00260367	1,0000000
37	-	ТК-7А(ТК14)	0,700	112	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001780	0,00278166	1,0000000
38	ТК-7А(ТК14)	ТК-8	0,700	163	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0002595	0,00304116	1,0000000
39	-	ТК-9	0,700	124	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001964	0,00323755	1,0000000
40	ТК-9	задвижка	0,700	187	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0002980	0,00353551	1,0000000
41	-	ТК-10 (КНС на Т1)	0,700	1	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000017	0,00353726	1,0000000
42	ТК-10 (КНС на Т1)	ТК-11	0,500	149	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0002367	0,00377391	1,0000000
43	-	ТК-11/1	0,500	48	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000761	0,00384998	1,0000000
44	ТК-11/1	ТК-12	0,500	70	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0001113	0,00396129	1,0000000
45	-	ТК-12А	0,500	91	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0001446	0,00410594	1,0000000
46	ТК-12А	ТК-13	0,500	110	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0001755	0,00428140	1,0000000
47	-	задвижка	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000016	0,00428299	1,0000000
48	задвижка	задвижка	0,500	16	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000249	0,00430792	1,0000000
49	-	ТК-27	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000018	0,00430969	1,0000000
50	ТК-27	ТК-14	0,500	101	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0001603	0,00446997	1,0000000
51	-	задвижка	0,500	235	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0003743	0,00484422	1,0000000
52	задвижка	ТК-28	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000015	0,00484576	1,0000000
53	-	ТК-28а	0,500	5	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000083	0,00485403	1,0000000
Нерезервированный участок тепломгистрали												
54	ТК-28а	ТК-15	0,500	117	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0001856	0,00503959	0,9958785
55	-	ТК	0,500	3	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000041	0,00504373	0,9957870
56	ТК	ТК-16	0,300	305	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0004843	0,00552806	0,9891624
57	-	ТК-17	0,350	11	1980	2	45	0,001590	18,62	0,0000172	0,00554524	0,9888903
58	ТК-17	ТК-18	0,350	258	1980	2	45	0,001590	18,62	0,0004105	0,00595571	0,9823885
59	-	задвижка	0,300	1	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0000018	0,00595749	0,9823645
60	задвижка	ТК-19	0,300	109	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0001727	0,00613016	0,9800346

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
61	-	задвижка	0,300	1	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0000016	0,00613175	0,9800132
62	задвижка	задвижка	0,200	359	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0005707	0,00670242	0,9747509
63	-	ТК-20	0,200	1	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000016	0,00670405	0,9747361
64	ТК-20	ТК-20а	0,200	62	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000981	0,00680214	0,9738364
65	-	ТК-21	0,200	127	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0002024	0,00700457	0,9719816
66	ТК-21	ТК-22	0,200	44	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000695	0,00707402	0,9713464
67	-	задвижка	0,125	1	1980	2	45	0,001590	7,48	0,0000016	0,00707561	0,9713364
68	задвижка	ТК-69-2	0,125	108	1980	2	45	0,001590	7,48	0,0001718	0,00724742	0,9702628
69	-	задвижка	0,065	1	1980	2	45	0,001590	5,00	0,0000016	0,00724901	0,9702562
70	задвижка	стена д.84	0,065	72	1980	2	45	0,001590	5,00	0,0001137	0,00736270	0,9697822
71	-	теплосчетчик	0,065	2	1980	2	45	0,001590	5,00	0,0000032	0,00736588	0,9697689

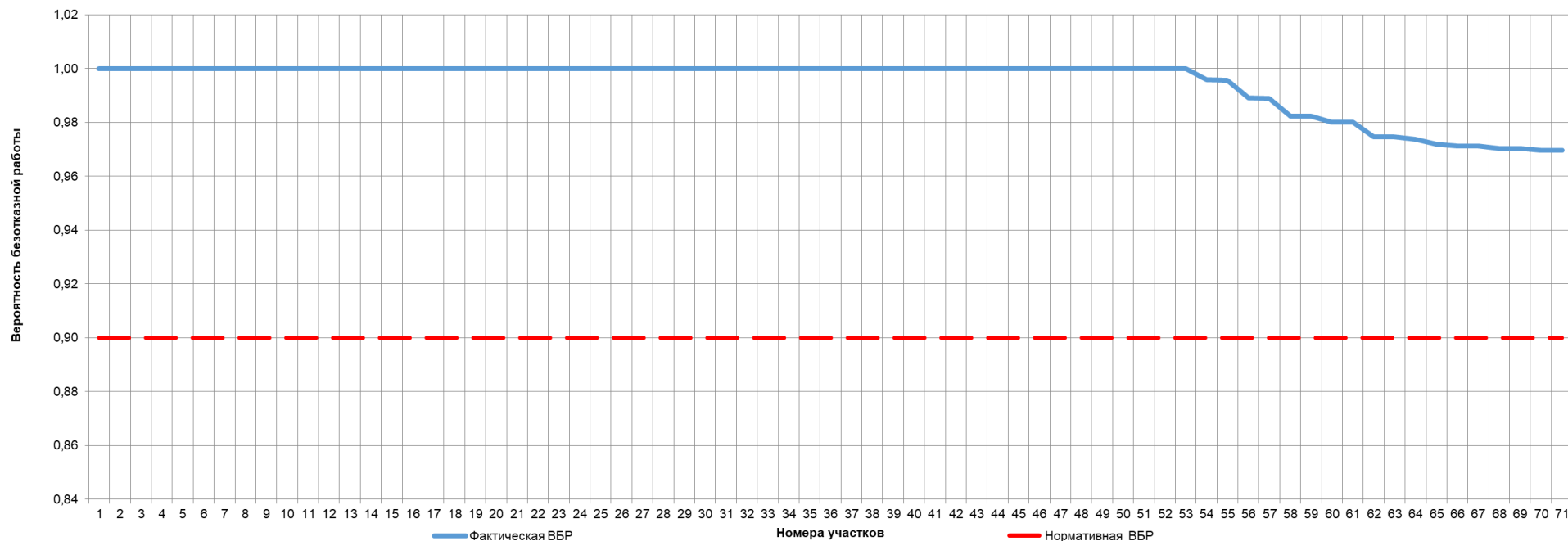


Рисунок 8 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84

3.1.1.3. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей Пиковой котельной

На рисунке 9 приведена трассировка магистрального теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 10 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 10 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$).

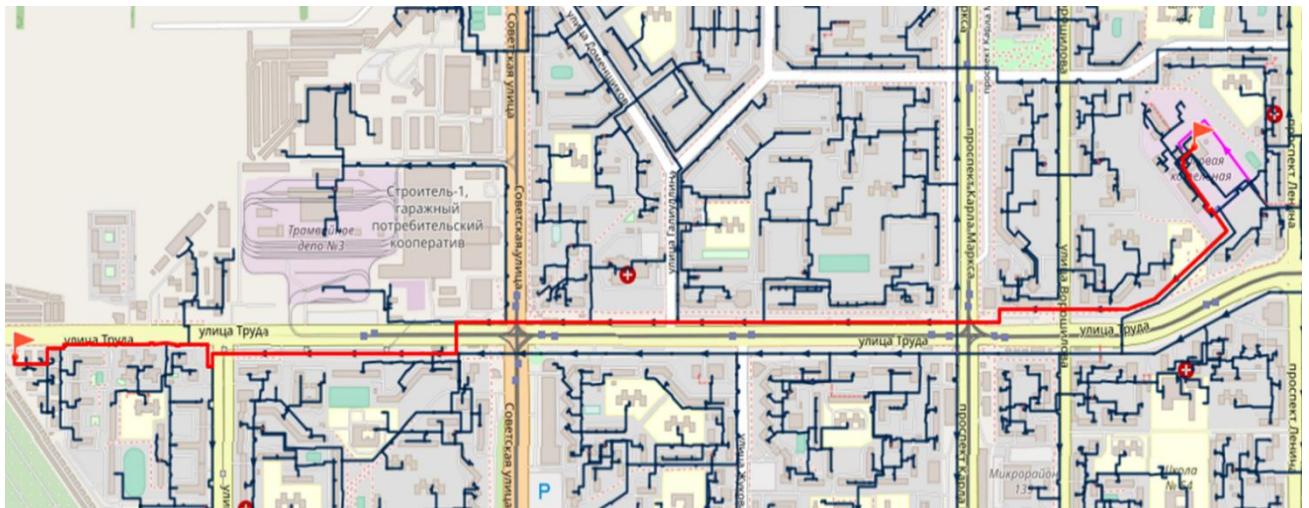


Рисунок 9 Путь движения теплоносителя от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28)

Таблица 10 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28)

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отпуске участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Нерезервированный участок тепломагистрали												
1	ПК	врезка	1,000	15	1980	2	45	0,001590	36,38	0,0000237	0,00002368	0,9992507
2	врезка	-	1,000	3	1980	1	45	0,001590	36,38	0,0000053	0,00002896	0,9990838
3	-	стена павильона задвижек	1,000	8	1980	1	45	0,001590	36,38	0,0000128	0,00004171	0,9986806
4	стена павильона задвижек	врезка	1,000	5	1980	2	45	0,001590	36,38	0,0000079	0,00004964	0,9984298
5	врезка	врезка	1,000	11	1980	2	45	0,001590	36,38	0,0000172	0,00006681	0,9978872
Резервированный участок тепломагистрали												
6	врезка	-	1,000	7	1980	2	45	0,001590	36,38	0,0000116	0,00007839	0,9978872
7	-	врезка	1,000	5	1980	2	45	0,001590	36,38	0,0000073	0,00008566	0,9978872
8	врезка	задвижка	0,700	1	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000019	0,00008757	0,9978872
9	задвижка	стена павильона задвижек	0,700	4	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000063	0,00009383	0,9978872
10	стена павильона задвижек	ТК-1	0,700	77	1980	1	45	0,001590	31,86	0,0001223	0,00021615	0,9978872
11	ТК-1	врезка	0,700	77	1980	1	45	0,001590	31,86	0,0001230	0,00033916	0,9978872
12	врезка	врезка	0,700	2	1980	1	45	0,001590	31,86	0,0000028	0,00034194	0,9978872
13	врезка	ТК-2	0,700	8	1980	1	45	0,001590	31,86	0,0000126	0,00035457	0,9978872
14	ТК-2	СК-1	0,700	21	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000328	0,00038734	0,9978872
15	СК-1	КНС-1	0,700	134	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0002136	0,00060090	0,9978872
16	КНС-1	КНС-2	0,700	123	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001953	0,00079623	0,9978872
17	КНС-2	КНС-3	0,700	217	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0003444	0,00114067	0,9978872
18	КНС-3	КНС-4	0,700	214	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0003399	0,00148056	0,9978872
19	КНС-4	задвижка	0,700	82	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001297	0,00161031	0,9978872
20	задвижка	ТК-26	0,700	1	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000018	0,00161216	0,9978872
21	ТК-26	задвижка	0,600	1	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000017	0,00161389	0,9978872
22	задвижка	-	0,600	139	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0002213	0,00183515	0,9978872
23	-	КНС-6	0,600	260	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0004134	0,00224855	0,9978872
24	КНС-6	ТК-25	0,600	68	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0001083	0,00235683	0,9978872
25	ТК-25	КНС-7	0,600	101	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0001606	0,00251748	0,9978872
26	КНС-7	ТК-24	0,600	108	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0001714	0,00268884	0,9978872
27	ТК-24	задвижка	0,600	1	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000015	0,00269037	0,9978872
28	задвижка	КНС-8	0,600	124	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0001967	0,00288706	0,9978872
29	КНС-8	ТК-31	0,600	85	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0001350	0,00302204	0,9978872
30	ТК-31	КНС-9	0,600	143	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0002281	0,00325010	0,9978872

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отклазе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
31	КНС-9	ТК-32	0,600	20	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000318	0,00328192	0,9978872
32	ТК-32	ТК-33	0,600	43	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000683	0,00335026	0,9978872
33	ТК-33	ТК-33а	0,500	94	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0001487	0,00349895	0,9978872
34	ТК-33а	задвижка	0,500	1	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000021	0,00350105	0,9978872
35	задвижка	ТК-33б	0,500	26	1980	2	45	0,001590	25,82	0,0000419	0,00354290	0,9978872
36	ТК-33б	задвижка	0,600	1	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000016	0,00354452	0,9978872
37	задвижка	задвижка	0,600	67	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0001059	0,00365039	0,9978872
38	задвижка	ТК-59	0,600	1	1980	2	45	0,001590	26,97	0,0000016	0,00365198	0,9978872
39	ТК-59	задвижка	0,700	1	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000016	0,00365357	0,9978872
40	задвижка	КНС-10	0,700	90	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001431	0,00379667	0,9978872
41	КНС-10	СК-1	0,700	90	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001438	0,00394043	0,9978872
42	СК-1	СК-2	0,700	12	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000197	0,00396015	0,9978872
43	СК-2	КНС-11	0,700	116	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001848	0,00414498	0,9978872
44	КНС-11	КНС-12	0,700	101	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001606	0,00430558	0,9978872
45	КНС-12	КНС-13	0,700	117	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001860	0,00449161	0,9978872
46	КНС-13	СК-3	0,700	16	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0000258	0,00451737	0,9978872
47	СК-3	УТ-1	0,700	76	1980	2	45	0,001590	31,86	0,0001204	0,00463782	0,9978872
48	УТ-1	-	0,200	1	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000016	0,00463941	0,9978872
49	-	ТК-142а-12	0,300	103	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0001643	0,00480373	0,9978872
50	ТК-142а-12	задвижка	0,300	1	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0000016	0,00480532	0,9978872
Нерезервированный участок тепломагистрали												
51	задвижка	ТК-142а-11(УТ4)	0,300	62	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0000985	0,00490386	0,9965214
52	ТК-142а-11(УТ4)	задвижка	0,300	1	1980	2	45	0,001590	15,97	0,0000016	0,00490545	0,9964994
53	задвижка	-	0,250	281	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0004467	0,00535213	0,9913102
54	-	задвижка	0,100	1	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000016	0,00535372	0,9913014
55	задвижка	УТ1а	0,100	38	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000602	0,00541390	0,9909690
56	УТ1а	врезка	0,100	26	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000415	0,00545545	0,9907396
57	врезка	ТК-142а-2 (УТ1)	0,100	1	1980	2	45	0,001590	6,41	0,0000012	0,00545664	0,9907330
58	ТК-142а-2 (УТ1)	задвижка	0,065	1	1980	2	45	0,001590	5,00	0,0000016	0,00545820	0,9907263
59	задвижка	ТК-142а-5 (УТ2)	0,065	53	1980	2	45	0,001590	5,00	0,0000835	0,00554174	0,9903666
60	ТК-142а-5 (УТ2)	задвижка	0,040	1	1980	2	45	0,001590	4,08	0,0000016	0,00554333	0,9903610
61	задвижка	ж/д ул.Труда,69	0,040	37	1980	2	45	0,001590	4,08	0,0000583	0,00560167	0,9901562
62	ж/д ул.Труда,69	теплосчетчик	0,040	2	1980	2	45	0,001590	4,08	0,0000032	0,00560485	0,9901450
63	теплосчетчик	индивидуальный ж/д (28)	0,040	3	1980	2	45	0,001590	4,08	0,0000050	0,00560985	0,9901275

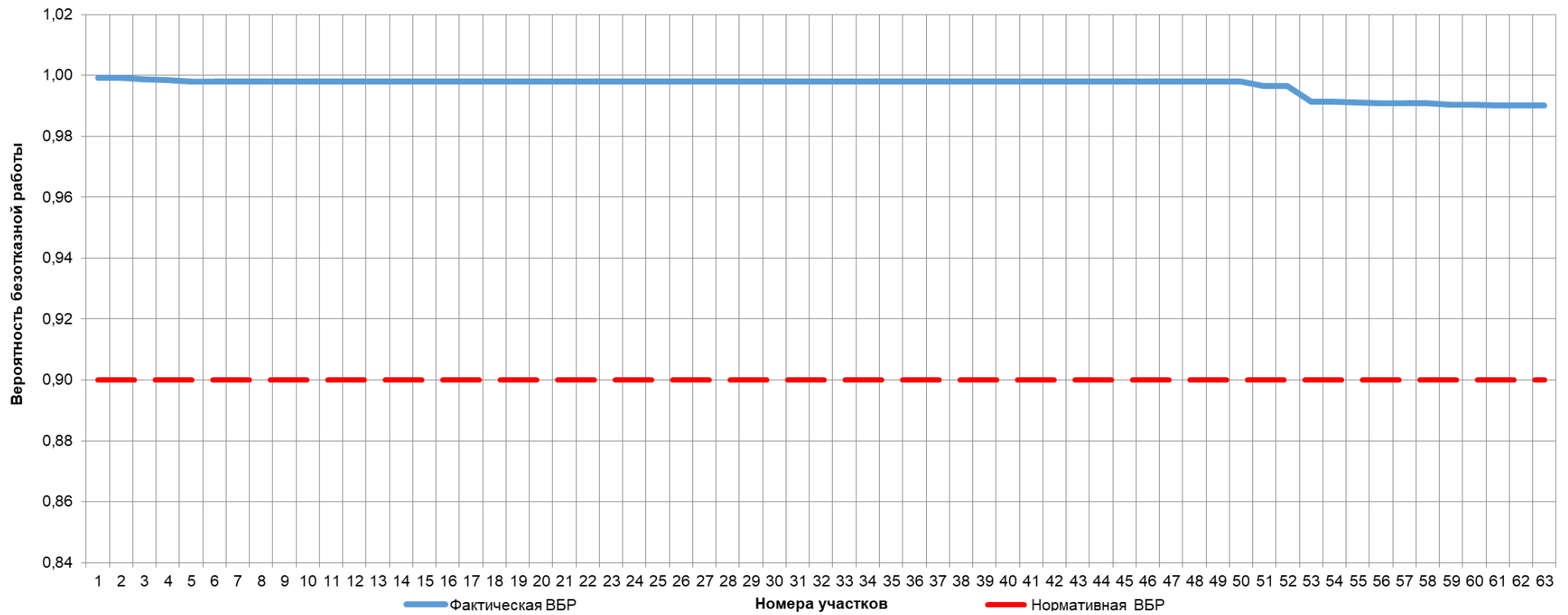


Рисунок 10 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28)

3.1.1.4. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей Центральной котельной

На рисунке 11 приведена трассировка магистрального теплопровода Центральной котельной от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 11 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 12 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$).

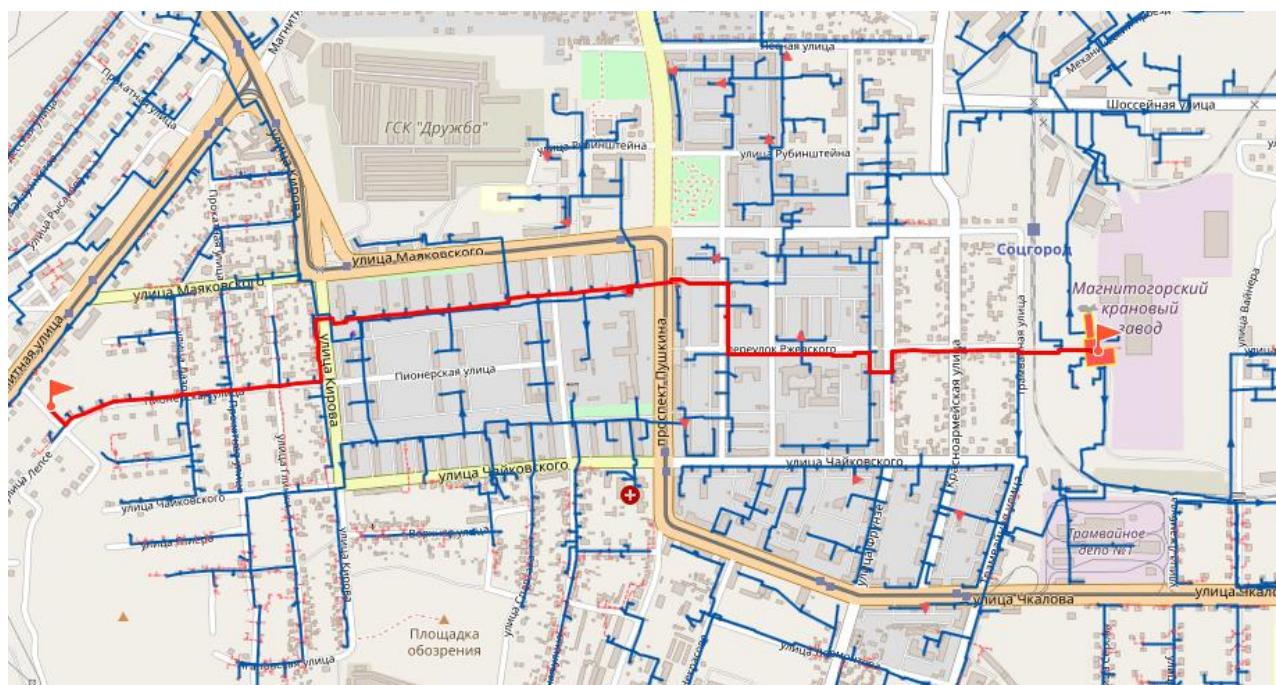


Рисунок 11. Путь движения теплоносителя от Центральной котельной до Индивидуального дома

Таблица 11. Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от Центральной котельной до Индивидуального дома

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Резервированный участок тепломагистрали												
1	ЦК	врезка	0,700	16	1980	1	45	0,001590	31,86	0,0000252	0,00002517	0,9992403
2	врезка	-	0,500	3	1980	1	45	0,001590	25,82	0,0000053	0,00003051	0,9992403
3	врезка	ТК	0,500	62	1980	1	45	0,001590	25,82	0,0000981	0,00012860	0,9992403
4	ТК	-	0,400	94	1980	1	45	0,001590	20,44	0,0001499	0,00027850	0,9992403
5	опуск наземной трассы	ТК	0,400	2	1980	1	45	0,001590	20,44	0,0000027	0,00028120	0,9992403
6	ТК	-	0,400	1	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000016	0,00028279	0,9992403
7	-	ТК	0,400	16	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000246	0,00030744	0,9992403
8	ТК	-	0,400	46	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000731	0,00038058	0,9992403
9	ТК	ТК	0,400	112	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0001778	0,00055834	0,9992403
10	ТК	-	0,400	44	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000698	0,00062813	0,9992403
11	ТК	ТК	0,400	86	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0001375	0,00076560	0,9992403
12	ТК	-	0,400	43	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000689	0,00083445	0,9992403
13	-	ТК	0,400	1	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000016	0,00083604	0,9992403
14	ТК	-	0,400	38	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000604	0,00089647	0,9992403
15	ТК	-	0,400	1	1980	2	45	0,001590	20,44	0,0000016	0,00089806	0,9992403
16	-	-	0,400	148	1980	1	45	0,001590	20,44	0,0002359	0,00113393	0,9992403
17	ТК	опуск наземной трассы	0,400	160	1980	1	45	0,001590	20,44	0,0002540	0,00138792	0,9992403
18	опуск наземной трассы	-	0,400	2	1980	1	45	0,001590	20,44	0,0000027	0,00139063	0,9992403
19	ТК	ТК	0,200	67	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0001057	0,00149637	0,9992403
20	ТК	-	0,200	43	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000684	0,00156477	0,9992403
21	ТК	ТК	0,200	46	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000731	0,00163792	0,9992403
22	ТК	-	0,200	35	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000549	0,00169277	0,9992403
23	подъем наземной трассы	-	0,200	2	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000027	0,00169548	0,9992403
24	-	-	0,200	40	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000636	0,00175908	0,9992403
25	опуск наземной трассы	-	0,200	2	1980	1	45	0,001590	10,94	0,0000027	0,00176178	0,9992403
26	-	-	0,200	30	1980	2	45	0,001590	10,94	0,0000477	0,00180950	0,9992403
27	врезка	-	0,250	3	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000055	0,00181500	0,9992403
28	-	-	0,250	15	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000241	0,00183912	0,9992403
29	ТК	-	0,250	69	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0001103	0,00194941	0,9992403
30	-	-	0,250	1	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000016	0,00195100	0,9992403

№ участка пути	Начальная ка- мера участка	Конечная ка- мера участка	Диаметр трубопро- вода на участке, м	Длина тру- бопровода на участке, м	Год про- кладки ре- монта	Тип про- кладки (1 - надземная; 2 - подзем- ная)	Продолжи- тельность эксплуата- ции участка без капи- тального ре- монта (ре- конструк- ции), лет	Частота (интенсив- ность) от- каза участка, 1/км/ч	Среднее время вос- становле- ния участка, ч	Параметр потока отка- зов тепло- снабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отка- зов тепло- снабжения накоплен- ным итогом, 1/ч	Вероят- ность без- отказной работы пути отно- сительно конечного потреби- теля
31	ТК	ТК	0,250	11	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000175	0,00196854	0,9992403
32	ТК	-	0,250	5	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000080	0,00197649	0,9992403
33	ТК	ТК	0,250	4	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000067	0,00198315	0,9992403
34	ТК	-	0,250	4	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000061	0,00198927	0,9992403
35	стена бойлер- ной	бойлерная	0,250	3	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000054	0,00199463	0,9992403
36	бойлерная	-	0,250	4	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000058	0,00200045	0,9992403
37	стена бойлер- ной	-	0,250	13	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000209	0,00202133	0,9992403
38	-	-	0,250	36	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000572	0,00207857	0,9992403
39	ТК	ТК	0,250	45	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000716	0,00215012	0,9992403
40	ТК	-	0,250	17	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000274	0,00217755	0,9992403
41	ТК	ТК	0,250	25	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000402	0,00221773	0,9992403
42	ТК	-	0,250	45	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000713	0,00228906	0,9992403
43	ТК	ТК	0,250	25	1980	2	45	0,001590	13,40	0,0000398	0,00232882	0,9992403
44	ТК	-	0,150	19	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000300	0,00235884	0,9992403
45	ТК	ТК	0,150	41	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000654	0,00242428	0,9992403
46	ТК	-	0,150	89	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0001414	0,00256569	0,9992403
47	ТК	ТК	0,150	44	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000700	0,00263565	0,9992403
48	ТК	-	0,150	45	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000716	0,00270721	0,9992403
49	ТК	ТК	0,150	45	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000716	0,00277876	0,9992403
50	ТК	-	0,150	45	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000716	0,00285031	0,9992403
51	ТК	-	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000016	0,00285190	0,9992403
52	-	ТК	0,150	50	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000795	0,00293141	0,9992403
53	ТК	врезка	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000015	0,00293287	0,9992403
Нерезервированный участок тепломагистрали												
54	врезка	ТК	0,150	26	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000415	0,00297434	0,9989029
55	ТК	-	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000415	0,00297593	0,9988900
56	-	ТК	0,150	79	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000016	0,00310095	0,9978732
57	ТК	-	0,150	134	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0001250	0,00331425	0,9961404
58	-	ТК	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0002133	0,00331560	0,9961295
59	ТК	ТК	0,150	13	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000014	0,00333627	0,9959618
60	ТК	ТК	0,150	58	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000207	0,00342819	0,9952165
61	ТК	ТК	0,150	18	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000919	0,00345681	0,9949846
62	ТК	ТК	0,150	19	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000286	0,00348744	0,9947365
63	ТК	ТК	0,150	43	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000306	0,00355581	0,9941828
64	ТК	ТК	0,150	38	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000684	0,00361631	0,9936931

№ участка пути	Начальная ка- мера участка	Конечная ка- мера участка	Диаметр трубопро- вода на участке, м	Длина тру- бопровода на участке, м	Год про- кладки ре- монта	Тип про- кладки (1 - надземная; 2 - подзем- ная)	Продолжи- тельность эксплуата- ции участка без капи- тального ре- монта (ре- конструк- ции), лет	Частота (интенсив- ность) от- каза участка, 1/км/ч	Среднее время вос- становле- ния участка, ч	Параметр потока отка- зов тепло- снабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отка- зов тепло- снабжения накоплен- ным итогом, 1/ч	Вероят- ность без- отказной работы пути отно- сительно конечного потреби- теля
65	ТК	ТК	0,150	69	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000605	0,00372611	0,9928048
66	ТК	0	0,150	19	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0001098	0,00375632	0,9925607
67	0	ТК	0,150	1	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000302	0,00375792	0,9925477
68	ТК	ТК	0,150	6	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000016	0,00376824	0,9924643
69	ТК	ТК	0,150	9	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000103	0,00378176	0,9923551
70	ТК	0	0,070	11	1980	2	45	0,001590	8,59	0,0000135	0,00379850	0,9922734
71	0	ТК	0,070	54	1980	2	45	0,001590	5,19	0,0000167	0,00388381	0,9918573
72	ТК	ТК	0,070	44	1980	2	45	0,001590	5,19	0,0000853	0,00395360	0,9915171
73	ТК	ТК	0,070	34	1980	2	45	0,001590	5,19	0,0000698	0,00400691	0,9912572
74	ТК	ТК	0,070	25	1980	2	45	0,001590	5,19	0,0000533	0,00404612	0,9910661
75	ТК	ТК	0,070	43	1980	2	45	0,001590	5,19	0,0000392	0,00411496	0,9907308
76	ТК	ТК	0,050	26	1980	2	45	0,001590	5,19	0,0000688	0,00415695	0,9905561
77	ТК	ТК	0,050	18	1980	2	45	0,001590	4,43	0,0000420	0,00418630	0,9904340
78	ТК	ТК	0,050	49	1980	2	45	0,001590	4,43	0,0000294	0,00426357	0,9901127
79	ТК	инд.дом	0,050	4	1980	2	45	0,001590	4,43	0,0000773	0,00426983	0,9900866

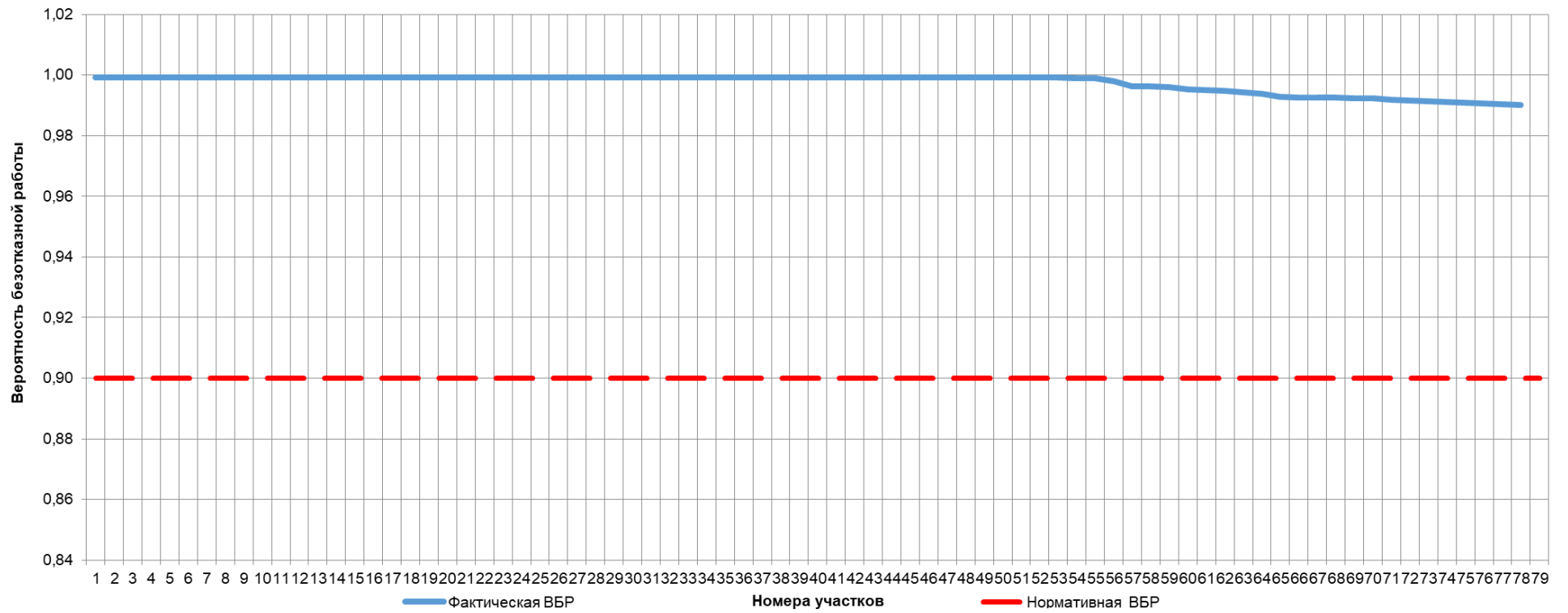


Рисунок 12 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от Центральной котельной до Индивидуального дома

3.1.1.5. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей котельной Железнодорожников

На рисунке 13 приведена трассировка магистрального теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 10 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 14 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$).

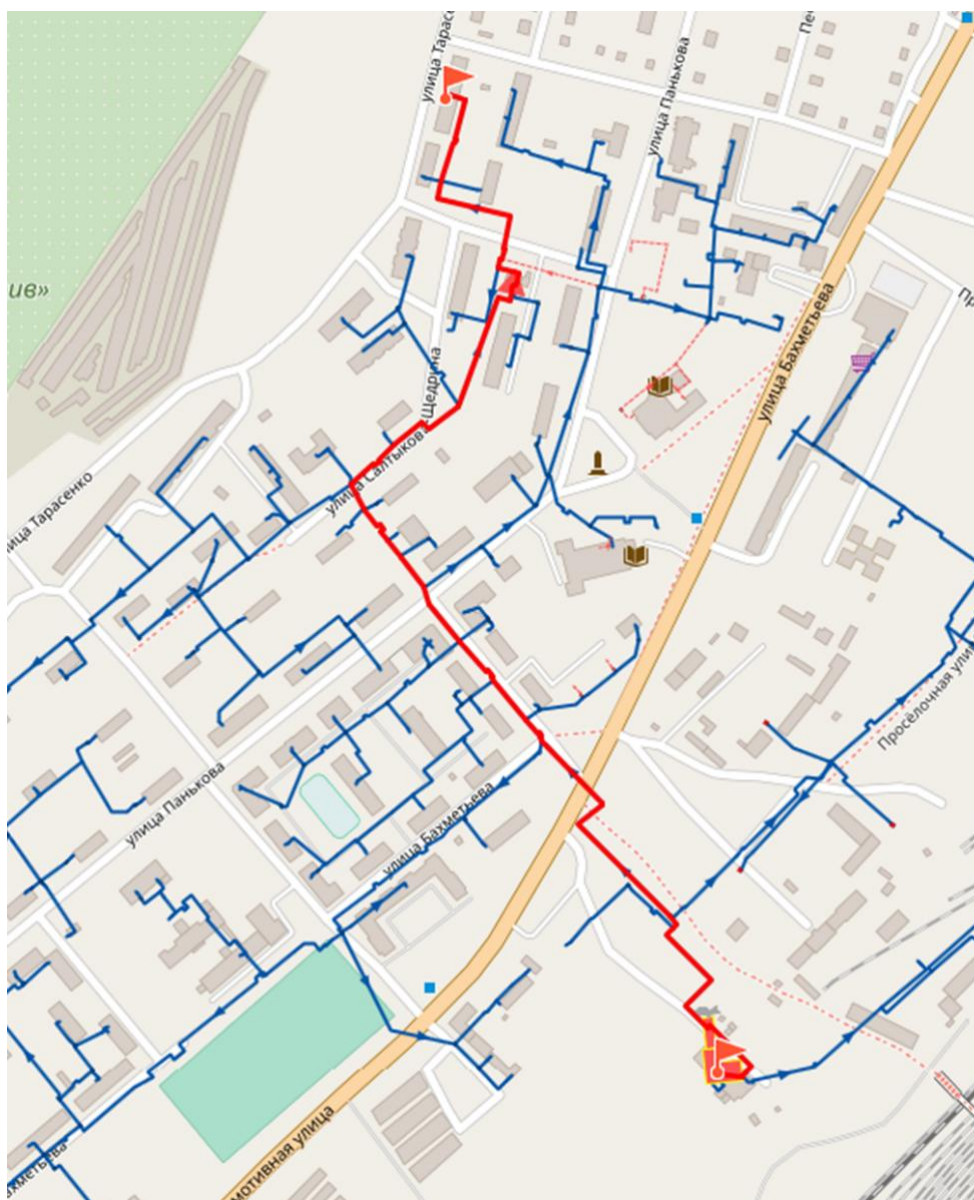


Рисунок 13 Путь движения теплоносителя от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)

Таблица 12 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Нерезервированный участок тепломагистрали												
1	Кот. Железнодорожников	стена здания котельной	20,320	1	1980	2	45	0,001590	1245,00	0,0000008	0,00000080	0,9990834
2	стена здания котельной	-	1,780	1	1980	2	45	0,001590	69,77	0,0000008	0,00000159	0,9990321
3	-	-	2,980	1	1980	2	45	0,001590	126,99	0,0000008	0,00000239	0,9989387
4	-	УТ-2	0,720	1	1980	2	45	0,001590	32,86	0,0000008	0,00000318	0,9989145
5	УТ-2	подъем наземной трассы	1,700	1	1980	2	45	0,001590	66,18	0,0000008	0,00000398	0,9988659
6	подъем наземной трассы	-	184,470	1	1980	1	45	0,001590	17531,86	0,0000008	0,00000477	0,9859735
7	-	врезка	12,810	1	1980	1	45	0,001590	716,92	0,0000008	0,00000557	0,9854531
8	врезка	опуск наземной трассы	132,740	0	1980	1	45	0,001590	11812,83	0,0000006	0,00000620	0,9785970
9	опуск наземной трассы	УТ-4	1,700	0	1980	1	45	0,001590	66,18	0,0000006	0,00000684	0,9785588
10	УТ-4	-	1,000	0	1980	2	45	0,001590	36,38	0,0000006	0,00000747	0,9785378
11	-	УТ-5	71,000	0	1980	2	45	0,001590	5576,76	0,0000006	0,00000811	0,9753238
12	УТ-5	-	1,120	0	1980	2	45	0,001590	41,26	0,0000005	0,00000859	0,9753061
13	-	УТ-6	24,880	0	1980	2	45	0,001590	1586,58	0,0000005	0,00000906	0,9746225
14	УТ-6	УТ-7	41,980	0	1980	2	45	0,001590	2969,76	0,0000005	0,00000954	0,9733440
15	УТ-7	УТ-8	46,040	0	1980	2	45	0,001590	3317,33	0,0000005	0,00001002	0,9719177
16	УТ-8	УТ-9	40,000	0	1980	2	45	0,001590	2802,65	0,0000005	0,00001049	0,9707145
17	УТ-9	УТ-10	14,000	0	1980	2	45	0,001590	797,24	0,0000005	0,00001097	0,9703727
18	УТ-10	УТ-11	32,020	0	1980	2	45	0,001590	2146,55	0,0000004	0,00001137	0,9696059
19	УТ-11	УТ-12	17,000	0	1980	2	45	0,001590	1005,64	0,0000004	0,00001177	0,9692470
20	УТ-12	УТ-13	37,000	0	1980	2	45	0,001590	2552,60	0,0000004	0,00001216	0,9683363
21	УТ-13	УТ-14	24,000	0	1980	2	45	0,001590	1519,61	0,0000004	0,00001256	0,9677946
22	УТ-14	-	1,000	0	1980	2	45	0,001590	36,38	0,0000004	0,00001296	0,9677816
23	-	УТ-15	50,990	0	1980	2	45	0,001590	3749,42	0,0000004	0,00001336	0,9664459
24	УТ-15	УТ-17	69,930	0	1980	2	45	0,001590	5476,11	0,0000004	0,00001375	0,9644978
25	УТ-17	ТК	114,580	0	1980	2	45	0,001590	9901,55	0,0000004	0,00001415	0,9609824
26	ТК	бойлерная	2,500	0	1980	2	45	0,001590	103,41	0,0000004	0,00001455	0,9609458
27	бойлерная	ТК	2,500	0	1980	2	45	0,001590	103,41	0,0000003	0,00001487	0,9609166
28	ТК	ТК	2,910	0	1980	2	45	0,001590	123,50	0,0000002	0,00001511	0,9608904
29	ТК	УТ-22	26,000	0	1980	2	45	0,001590	1672,51	0,0000002	0,00001534	0,9605354

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
30	УТ-22	подъем наземной трассы	1,700	0	1980	2	45	0,001590	66,18	0,0000001	0,00001546	0,9605289
31	подъем наземной трассы	-	6,600	0	1980	1	45	0,001590	325,09	0,0000001	0,00001557	0,9604967
32	-	ТК	1,380	0	1980	1	45	0,001590	52,17	0,0000001	0,00001568	0,9604915
33	ТК	подъем наземной трассы	1,700	0	1980	2	45	0,001590	66,18	0,0000002	0,00001584	0,9604822
34	подъем наземной трассы	опуск наземной трассы	9,680	0	1980	1	45	0,001590	513,06	0,0000002	0,00001600	0,9604096
35	опуск наземной трассы	-	1,700	0	1980	1	45	0,001590	66,18	0,0000002	0,00001616	0,9604002
36	-	переход d 108-133	5,400	0	1980	2	45	0,001590	256,14	0,0000002	0,00001631	0,9603640
37	переход d 108-133	УТ-10.7	98,140	0	1980	2	45	0,001590	8222,69	0,0000002	0,00001651	0,9589106
38	УТ-10.7	УТ-10.8	73,980	0	1980	2	45	0,001590	5858,66	0,0000001	0,00001664	0,9582489
39	УТ-10.8	-	1,000	0	1980	2	45	0,001590	36,38	0,0000001	0,00001677	0,9582448
40	-	стена д.18	13,000	0	1980	2	45	0,001590	729,65	0,0000001	0,00001689	0,9581624
41	стена д.18	жилой дом	8,000	0	1980	2	45	0,001590	408,75	0,0000001	0,00001702	0,9581163

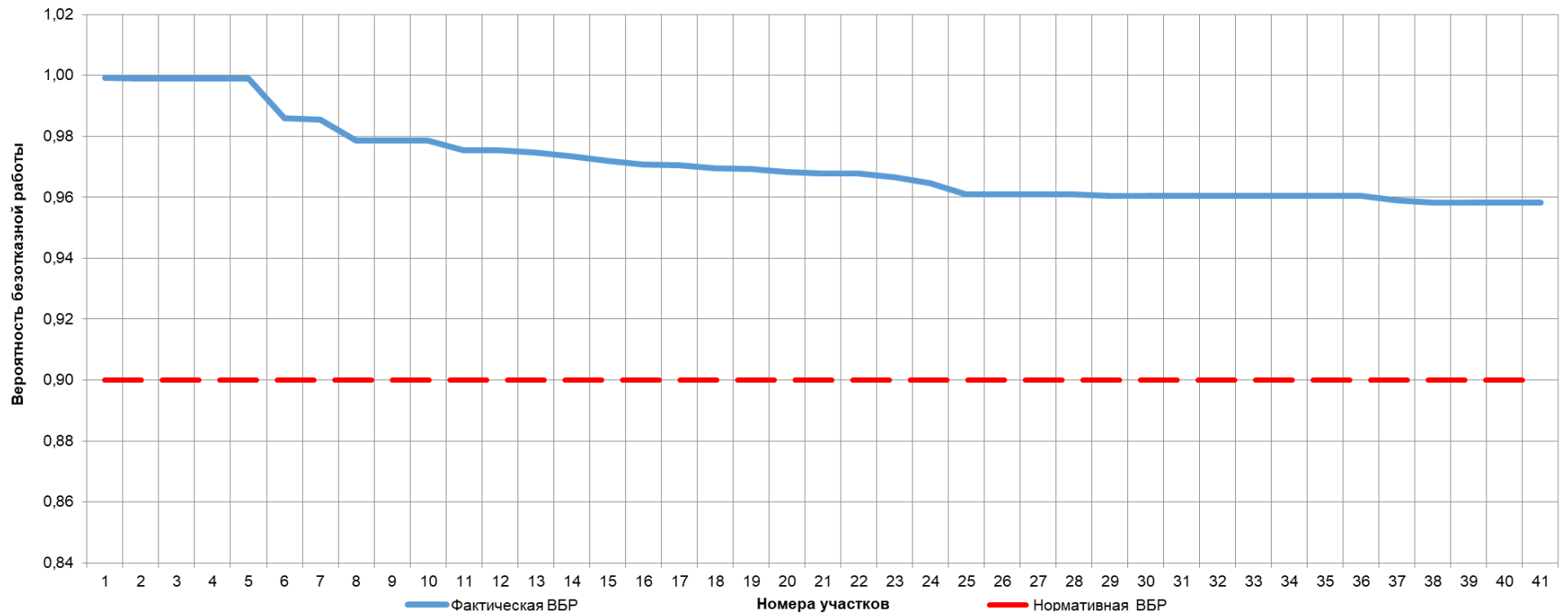


Рисунок 14 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)

3.1.2. Перспективное состояние на 2034 г.

3.1.2.6. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей ТЭЦ ПАО «ММК»

ТЭЦ ПАО «ММК» имеет четыре магистральных тепловых вывода:

- 2 вывода ТЭЦ пб;
- ТЭЦ Бетонострой;
- ТЭЦ - 1000.

Ниже представлен расчет по каждому из них.

На рисунке 15 приведена трассировка магистрального теплопровода ТЭЦ - 1000 от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 13 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 16 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$).

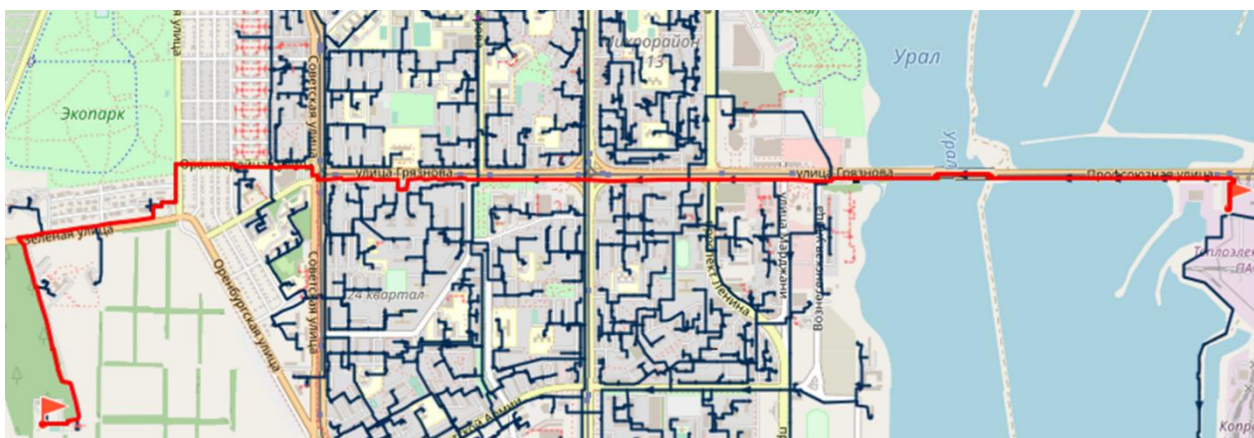


Рисунок 15 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ пб до врезки на у.у.

Таблица 13 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ пб до врезки на у.у.

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отклае участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Резервированный участок тепломагистрали												
1	ТЭЦпб	-	0,700	56	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0006458	0,00064581	1,0000000
2	-	-	0,700	126	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0014615	0,00210726	1,0000000
3	-	КНС2	0,700	170	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0019735	0,00408079	1,0000000
4	КНС2	КНС3	0,700	179	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0020765	0,00615729	1,0000000
5	КНС3	КНС4	0,700	202	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0023394	0,00849674	1,0000000
6	КНС4	-	0,700	199	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0023156	0,01081238	1,0000000
7	-	КНС	0,700	103	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0011921	0,01200451	1,0000000
8	КНС	НО Ё7	0,700	96	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0011103	0,01311479	1,0000000
9	НО Ё7	выход из канала	0,600	49	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0005735	0,01368828	1,0000000
10	выход из канала	вход в канал	0,600	203	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0023589	0,01604723	1,0000000
11	вход в канал	НО Ё5	0,600	49	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0005735	0,01662071	1,0000000
12	НО Ё5	ТК	0,600	107	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0012418	0,01786252	1,0000000
13	ТК	НО Ё3	0,700	94	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0010875	0,01895005	1,0000000
14	НО Ё3	КНС Ё8	0,700	108	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0012564	0,02020650	1,0000000
15	КНС Ё8	стена КП2	0,700	96	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0011098	0,02131632	1,0000000
16	стена КП2	врезка	0,700	6	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000668	0,02138307	1,0000000
17	врезка	задвижка	0,700	7	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000758	0,02145887	1,0000000
18	задвижка	врезка в коллектор	0,800	2	1985	2	49	0,011609	36,89	0,0000195	0,02147838	1,0000000
19	врезка в коллектор	врезка в коллектор	1,000	1	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0000110	0,02148941	1,0000000
20	врезка в коллектор	врезка в коллектор	1,000	2	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0000215	0,02151088	1,0000000
21	врезка в коллектор	врезка в коллектор	1,000	2	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0000269	0,02153781	1,0000000
22	врезка в коллектор	-	0,800	3	1985	2	49	0,011609	36,89	0,0000371	0,02157496	1,0000000
23	-	1 (ТК-2)	0,800	59	1985	2	49	0,011609	36,89	0,0006895	0,02226442	1,0000000
24	1 (ТК-2)	переход	0,800	1	1985	2	49	0,011609	36,89	0,0000116	0,02227603	1,0000000
25	переход	2(КНС-3)	0,700	92	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0010700	0,02334603	1,0000000
26	2(КНС-3)	3(ТК-4)	0,700	75	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0008652	0,02421125	1,0000000
27	3(ТК-4)	4(ТК-5)	0,700	93	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0010831	0,02529437	1,0000000
28	4(ТК-5)	5(ТК-6)	0,700	177	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0020557	0,02735009	1,0000000

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отклазе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
29	5(ТК-6)	задвижка с эл.приводом	0,700	79	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0009135	0,02826360	1,0000000
30	задвижка с эл.приводом	6(ТК-1)	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000116	0,02827521	1,0000000
31	6(ТК-1)	задвижка с эл.приводом	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000116	0,02828682	1,0000000
32	задвижка с эл.приводом	7(ТК-7)	0,700	100	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0011619	0,02944876	1,0000000
33	7(ТК-7)	8(ТК-8)	0,700	208	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0024154	0,03186413	1,0000000
34	8(ТК-8)	9(ТК-21)	0,700	112	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0013007	0,03316480	1,0000000
35	9(ТК-21)	затвор KMS	0,600	1	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0000116	0,03317641	1,0000000
36	затвор KMS	10(ТК-9)	0,600	96	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0011106	0,03428704	1,0000000
37	10(ТК-9)	11(ТК-10)	0,600	218	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0025254	0,03681246	1,0000000
38	11(ТК-10)	12(ТК-22)	0,600	120	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0013934	0,03820589	1,0000000
39	12(ТК-22)	стена здания ТНС 5	0,500	365	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0042427	0,04244863	1,0000000
40	стена здания ТНС 5	задвижка	0,500	2	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000287	0,04247730	1,0000000
41	задвижка	врезка	0,500	3	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000363	0,04251364	1,0000000
42	врезка	задвижка	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000146	0,04252827	1,0000000
Не резервированный участок тепломагистрали												
43	задвижка	ТНС Ё 5	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000146	0,04251364	0,9998516
44	ТНС Ё 5	задвижка	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000146	0,04252827	0,9997031
45	задвижка	врезка	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000146	0,04254289	0,9995547
46	врезка	врезка на у.у.	0,500	3	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000295	0,04255752	0,9992556
47	врезка на у.у.	стена здания ТНС 5	0,500	2	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000272	0,04257215	0,9989802
48	стена здания ТНС 5	-	0,500	10	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0001161	0,04260163	0,9978032
49	-	13(ТК-11)	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000116	0,04262880	0,9976857
50	13(ТК-11)	задвижка с эл.приводом	0,500	348	2030*	2	4	0,000006	25,82	0,0000020	0,04274489	0,9976656
51	задвижка с эл.приводом	14(ТК-23)	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000116	0,04275650	0,9975481
52	14(ТК-23)	задвижка с эл.приводом	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000116	0,04275848	0,9974306

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отклазе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
53	задвижка с эл. приводом	-	0,500	28	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0003251	0,04277009	0,9941403
54	-	16(ТК-1)	0,300	201	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0023391	0,04278170	0,9795465
55	16(ТК-1)	затвор	0,250	1	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000116	0,04310675	0,9794866
56	затвор	17(ТК-2)	0,250	62	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0007150	0,04544585	0,9757975
57	17(ТК-2)	18(ТК-3)	0,250	154	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0017831	0,04545746	0,9666320
58	18(ТК-3)	задвижка	0,250	1	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000116	0,04617245	0,9665729
59	задвижка	19(ТК-4)	0,250	276	2030*	2	4	0,000006	13,40	0,0000016	0,04795559	0,9665649
60	19(ТК-4)	стена ТНС Ё7	0,250	250	2030*	2	4	0,000006	13,40	0,0000014	0,04796720	0,9665576
61	стена ТНС Ё7	задвижка	0,250	1	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000130	0,04796878	0,9664914
62	задвижка	врезка	0,250	7	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000765	0,04797020	0,9661019
63	врезка	ТНС Ё 7 ул.Зеленая,4	0,250	4	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000515	0,04798320	0,9658396
64	ТНС Ё 7 ул.Зеленая,4	врезка	0,250	8	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000965	0,04805971	0,9653488
65	врезка	стена ТНС Ё7	0,250	5	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000575	0,04811125	0,9650566
66	стена ТНС Ё7	21(ТК-5/1)	0,250	294	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0034182	0,04820772	0,9476804
67	21(ТК-5/1)	задвижка	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000116	0,04826518	0,9476432
68	задвижка	22	0,250	232	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0026939	0,05168334	0,9341960
69	22	задвижка	0,200	1	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000132	0,05169495	0,9341429
70	задвижка	23	0,200	114	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0013289	0,05438881	0,9288061
71	23	подъем наземной трассы	0,200	2	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0000269	0,05440205	0,9286986
72	подъем наземной трассы	врезка 24	0,200	217	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0025218	0,05573093	0,9186302
73	врезка 24	врезка	0,150	1	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0000086	0,05575786	0,9186035
74	врезка	опуск наземной трассы	0,150	272	2030*	1	4	0,000006	8,59	0,0000015	0,05827968	0,9185987
75	опуск наземной трассы	-	0,150	2	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0000268	0,05828827	0,9185155
76	-	26	0,150	2	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0000232	0,05828982	0,9184434
77	26	подъем наземной трассы	0,125	2	1985	1	49	0,011609	7,48	0,0000232	0,05831664	0,9183807
78	подъем наземной трассы	-	0,125	2	1985	1	49	0,011609	7,48	0,0000268	0,05833986	0,9183084

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отклазе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
79	-	опуск наземной трассы	0,125	80	1985	1	49	0,011609	7,48	0,0009320	0,05836307	0,9157928
80	опуск наземной трассы	-	0,125	2	1985	1	49	0,011609	7,48	0,0000267	0,05838989	0,9157209
81	-	подъем наземной трассы	0,125	4	1985	1	49	0,011609	7,48	0,0000464	0,05932186	0,9155959
82	подъем наземной трассы	-	0,125	2	1985	1	49	0,011609	7,48	0,0000267	0,05934856	0,9155241
83	-	опуск наземной трассы	0,125	240	1985	1	49	0,011609	7,48	0,0027867	0,05939500	0,9080249
84	опуск наземной трассы	30(ТК)	0,125	2	1985	1	49	0,011609	7,48	0,0000267	0,05942170	0,9079536
85	30(ТК)	ТК-9	0,125	16	1985	2	49	0,011609	7,48	0,0001900	0,06220844	0,9074464
86	ТК-9	ТК-10	0,100	146	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0016991	0,06223514	0,9035645
87	ТК-10	стена бойлерной	0,100	17	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0001974	0,06242518	0,9031155
88	стена бойлерной	теплосчетчик	0,100	2	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0000176	0,06412427	0,9030754
89	теплосчетчик	Отель "Европа"-бойлерная	0,100	4	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0000520	0,06432162	0,9029571
90	Отель "Европа"-бойлерная	врезка на у.у.	0,100	5	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0000592	0,06433927	0,9028225

Примечание: *на данных участках тепловых сетей предлагается выполнить реконструкцию без изменения диаметра с целью повышения показателей надежности теплоснабжения. Срок реализации и объем мероприятий может быть скорректирован при последующих актуализациях схемы теплоснабжения

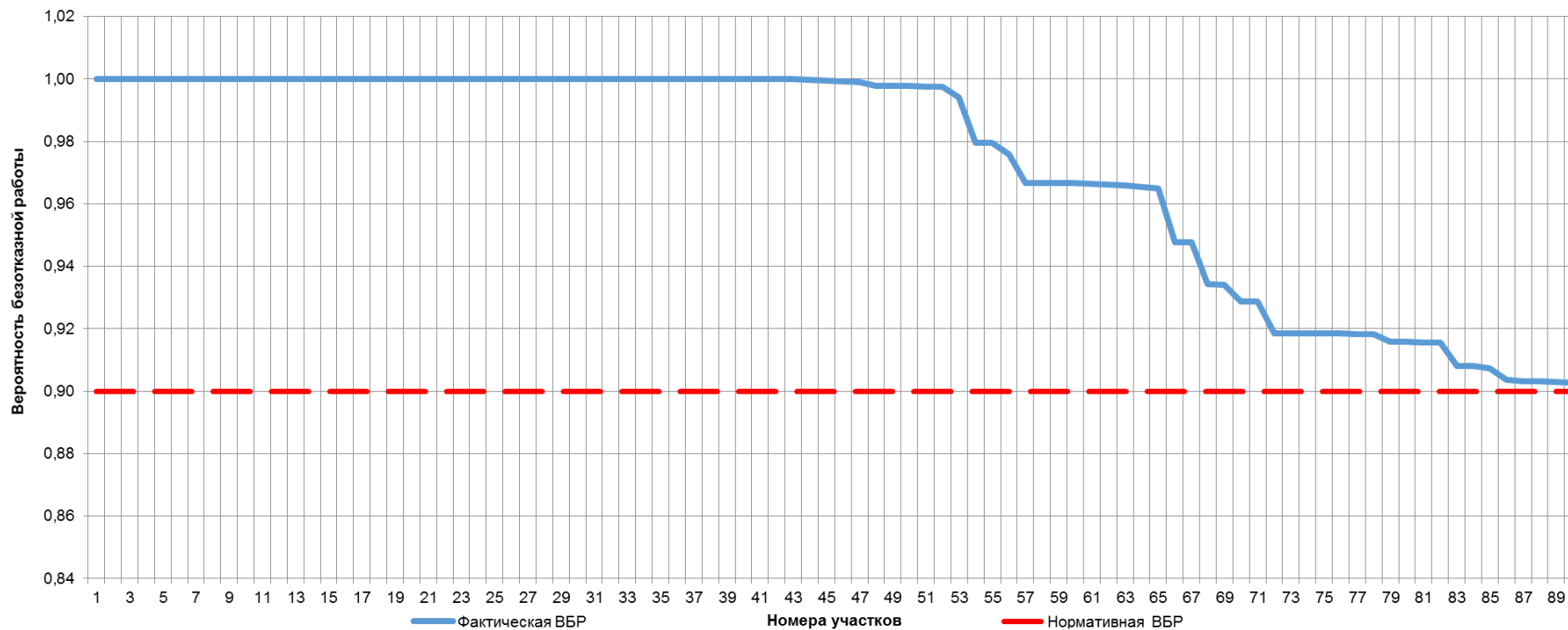


Рисунок 16 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ пб до врезки на у.у.

На рисунке 17 приведена трассировка магистрального теплопровода ТЭЦ Бетонострой от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 14 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 18 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$).



Рисунок 17 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1

Таблица 14 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ Бетонстрой до ул. Магнитная, д.1

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при откае участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Нерезервированный участок тепломагистрали												
1	ТЭЦ(Бетонстрой)	ТК	0,400	531	2030*	1	4	0,000006	20,44	0,0000030	0,00000303	0,9999440
2	ТК	-	0,200	60	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000003	0,00000337	0,9999406
3	-	ТК	0,200	103	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000006	0,00000396	0,9999347
4	ТК	ТК	0,200	5	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0000580	0,00006200	0,9993595
5	ТК	ТК	0,200	43	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0004992	0,00056119	0,9944157
6	ТК	-	0,200	127	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000007	0,00056191	0,9944086
7	-	врезка	0,200	5	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0000580	0,00061996	0,9938366
8	врезка	опуск наземной трассы	0,200	146	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000008	0,00062079	0,9938284
9	опуск наземной трассы	ТК-2	0,200	2	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000200	0,00064076	0,9936317
10	ТК-2	стена здания ТНСЕ12-БИС	0,200	69	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0008009	0,00144166	0,9857452
11	стена здания ТНСЕ12-БИС	задвижка	0,200	1	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000116	0,00145327	0,9856318
12	задвижка	Е 12-БИС	0,200	2	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000252	0,00147846	0,9853858
13	Е 12-БИС	задвижка	0,200	2	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000255	0,00150400	0,9851364
14	задвижка	стена здания ТНС Е12-БИС	0,200	1	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000142	0,00151816	0,9849981
15	стена здания ТНС Е12-БИС	-	0,200	2	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0000176	0,00153581	0,9848258
16	-	ТК-3	0,200	119	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000007	0,00153649	0,9848192
17	ТК-3	-	0,200	93	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000005	0,00153702	0,9848140
18	-	врезка	0,200	85	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0009893	0,00252634	0,9751587
19	врезка	ТК-4	0,200	115	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000007	0,00252699	0,9751523
20	ТК-4	задвижка	0,200	1	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0000073	0,00253431	0,9750817
21	задвижка	врезка	0,200	131	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000007	0,00253505	0,9750745
22	врезка	-	0,200	497	2030*	1	4	0,000006	10,94	0,0000028	0,00253789	0,9750471
23	-	ТК-7	0,150	2	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000231	0,00256099	0,9748717
24	ТК-7	ТК-8	0,150	20	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0002322	0,00279317	0,9731090
25	ТК-8	ТК-9	0,150	64	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0007449	0,00353812	0,9674638
26	ТК-9	ТК-10	0,150	48	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0005620	0,00410011	0,9632298
27	ТК-10	ТК-11	0,150	17	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0001974	0,00429746	0,9617494

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отклае участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
28	ТК-11	ТК-12	0,150	30	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0003483	0,00464573	0,9591410
29	ТК-12	подъем подземной трассы	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000146	0,00466036	0,9590318
30	подъем подземной трассы	опуск наземной трассы	0,150	55	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0006437	0,00530408	0,9542243
31	опуск наземной трассы	ТК-13	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000147	0,00531882	0,9541147
32	ТК-13	задвижка	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000116	0,00533043	0,9540285
33	задвижка	ТК-1	0,150	47	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0005456	0,00587605	0,9499748
34	ТК-1	подъем наземной трассы	0,150	2	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000222	0,00589823	0,9498108
35	подъем наземной трассы	подъем	0,150	131	2030*	1	4	0,000007	8,59	0,0000009	0,00589917	0,9498038
36	подъем	подъем	0,150	1	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0000120	0,00591113	0,9497153
37	подъем	опуск	0,150	5	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0000580	0,00596918	0,9492860
38	опуск	опуск	0,150	1	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0000120	0,00598113	0,9491976
39	опуск	врезка	0,150	17	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0002016	0,00618278	0,9477071
40	врезка	задвижка	0,150	1	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0000116	0,00619439	0,9476214
41	задвижка	т.врезки	0,150	52	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0006091	0,00680351	0,9431264
42	т.врезки	переход	0,150	85	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0009820	0,00778552	0,9359141
43	переход	ТК-4	0,100	40	1985	1	49	0,011609	6,41	0,0004638	0,00824930	0,9333949
44	ТК-4	ТК-5	0,150	84	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0009750	0,00922434	0,9263076
45	ТК-5	врезка	0,150	28	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0003280	0,00955229	0,9239419
46	врезка	врезка	0,150	37	1985	1	49	0,011609	8,59	0,0004286	0,00998089	0,9208581
47	врезка	ТК	0,100	28	1985	1	49	0,011609	6,41	0,0003252	0,01030606	0,9191202
48	ТК	-	0,100	43	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0004984	0,01080444	0,9164616
49	-	ТК-9	0,100	39	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0004536	0,01125800	0,9140491
50	ТК-9	ТК-10	0,100	59	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0006850	0,01194305	0,9104149
51	ТК-10	задвижка	0,050	1	1985	2	49	0,011609	4,43	0,0000116	0,01195466	0,9103725
52	задвижка	стена д.5	0,050	4	1985	2	49	0,011609	4,43	0,0000413	0,01199598	0,9102214
53	стена д.5	ул. Магнитная, 1	0,050	3	1985	2	49	0,011609	4,43	0,0000348	0,01203081	0,9100940

Примечание: *на данных участках тепловых сетей предлагается выполнить реконструкцию без изменения диаметра с целью повышения показателей надежности теплоснабжения. Срок реализации и объем мероприятий может быть скорректирован при последующих актуализациях схемы теплоснабжения

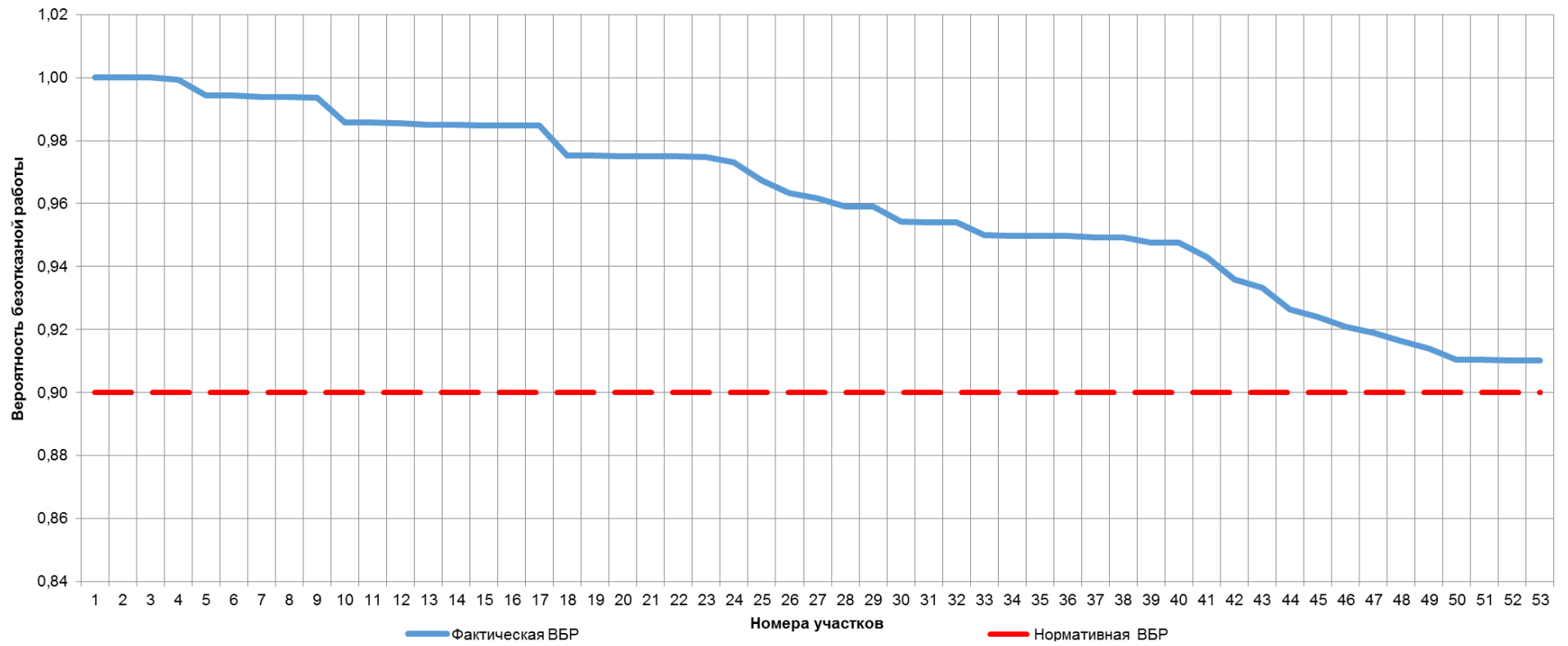


Рисунок 18 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ Бетонострой до ул. Магнитная, д.1

На рисунке 19 приведена трассировка магистрального теплопровода ТЭЦ 1000 от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 15 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 20 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

В актуализированной схеме теплоснабжения г. Магнитогорск к 2034 г. предлагается произвести перекладку тепловых сетей тепловой магистрали ТМ-3 для повышения показателей надежности теплоснабжения потребителей, подключенных к данной тепловой магистрали.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$).



Рисунок 19 Путь движения теплоносителя от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70)

Таблица 15 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70)

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Нерезервированный участок тепломагистрали												
1	ТЭЦ (1000)	павильон 5	1,000	834	2030*	1	4	0,000006	36,38	0,0000048	0,00000475	0,9999002
2	павильон 5	-	1,000	1420	2030*	1	4	0,000006	36,38	0,0000081	0,00001285	0,9998004
3	-	задвижка	1,000	1	1985	1	49	0,011609	36,38	0,0000116	0,00002446	0,9996305
4	задвижка	-	1,000	680	2030*	1	4	0,000006	36,38	0,0000039	0,00002834	0,9993869
5	-	-	1,000	3	1985	1	49	0,011609	36,38	0,0000317	0,00006003	0,9993056
6	-	-	1,000	48	2030*	1	4	0,000006	36,38	0,0000003	0,00006030	0,9986408
7	-	-	1,000	2	1985	1	49	0,011609	36,38	0,0000233	0,00008364	0,9986350
8	-	павильон 6	1,000	25	1985	1	49	0,011609	36,38	0,0002932	0,00037688	0,9981459
9	павильон 6	-	1,000	221	2030*	1	4	0,000006	36,38	0,0000013	0,00037814	0,9920017
10	-	-	1,000	3	1985	1	49	0,011609	36,38	0,0000317	0,00040983	0,9919755
11	-	УТ-1 правого берега	1,000	234	2030*	1	4	0,000006	36,38	0,0000013	0,00041117	0,9913156
12	УТ-1 правого берега	УТ-2	1,000	611	2030*	2	4	0,000006	36,38	0,0000035	0,00041465	0,9912878
13	УТ-2	УТ-3	1,000	66	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0007654	0,00118003	0,9912154
14	УТ-3	СК-1	1,000	128	2030*	2	4	0,000006	36,38	0,0000007	0,00118075	0,9752902
15	СК-1	СК-1	1,000	225	2030*	2	4	0,000006	36,38	0,0000013	0,00118204	0,9752753
16	СК-1	УТ-4	1,000	549	2030*	2	4	0,000006	36,38	0,0000031	0,00118517	0,9752490
17	УТ-4	задвижка	1,000	1	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0000116	0,00119678	0,9751849
18	задвижка	УТ-5	1,000	376	2030*	2	4	0,000006	36,38	0,0000021	0,00119892	0,9749473
19	УТ-5	УТ-6а	1,000	341	2030*	2	4	0,000006	36,38	0,0000019	0,00120087	0,9749034
20	УТ-6а	ТК-98	0,700	24	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0002777	0,00147855	0,9748636
21	ТК-98	СК-2	0,700	73	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0008509	0,00232949	0,9698868
22	СК-2	-	0,700	17	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0001915	0,00252104	0,9547140
23	-	ТК-99	0,700	20	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0002304	0,00275148	0,9513519
24	ТК-99	ТК	0,700	28	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0003304	0,00308187	0,9473216
25	ТК	задвижка	0,700	84	2030*	2	4	0,000009	31,86	0,0000008	0,00308263	0,9415675
26	задвижка	ТК-100	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000116	0,00309424	0,9415544
Резервированный участок тепломагистрали												
27	ТК-100	ТК-100а	0,700	30	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0003483	0,00344251	0,9415544
28	ТК-100а	задвижка	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000116	0,00345412	0,9415544
29	задвижка	КНС-23а	0,700	123	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0014234	0,00487750	0,9415544
30	КНС-23а	КНС-24	0,700	295	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0034234	0,00830087	0,9415544
31	КНС-24	ТК-101	0,700	156	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0018086	0,01010944	0,9415544
32	ТК-101	ТК-101а	0,700	51	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0005896	0,01069906	0,9415544

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отката участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
33	ТК-101а	КНС-25	0,700	61	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0007091	0,01140814	0,9415544
34	КНС-25	УТ-1	0,700	109	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0012647	0,01267282	0,9415544
35	УТ-1	КНС-26	0,700	40	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0004655	0,01313834	0,9415544
36	КНС-26	КНС-27	0,700	67	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0007833	0,01392160	0,9415544
37	КНС-27	УТ-102	0,700	34	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0003922	0,01431375	0,9415544
38	УТ-102	КНС-28	0,700	103	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0011957	0,01550948	0,9415544
39	КНС-28	УТ -103	0,700	92	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0010630	0,01657251	0,9415544
40	УТ -103	КНС-29	0,700	86	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0009984	0,01757089	0,9415544
41	КНС-29	КНС-30	0,700	76	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0008822	0,01845305	0,9415544
42	КНС-30	УТ-104	0,700	192	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0022258	0,02067884	0,9415544
43	УТ-104	задвижка	0,300	1	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000116	0,02069045	0,9415544
Нерезервированный участок тепломагистрали												
44	задвижка	УТ-104а	0,300	123	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0014222	0,02211267	0,9292177
45	УТ-104а	задвижка	0,200	1	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000116	0,02212428	0,9291496
46	задвижка	стена х/б 66	0,200	247	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0028693	0,02499356	0,9123250
47	стена х/б 66	х/б Ё66, 137м-он	0,200	10	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0001197	0,02511325	0,9116359
48	х/б Ё66, 137м-он	-	0,200	5	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000575	0,02517071	0,9113053
49	-	стена х/б 66	0,200	4	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000468	0,02521750	0,9110362
50	стена х/б 66	ТК-137-66-1	0,200	12	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0001357	0,02535321	0,9102559
51	ТК-137-66-1	задвижка	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000116	0,02536481	0,9102035
52	задвижка	ТК-137-66-4	0,150	77	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0008915	0,02625627	0,9061797
53	ТК-137-66-4	-	0,080	1	1985	2	49	0,011609	5,59	0,0000116	0,02626788	0,9061458
54	-	стена д.18- 1-й ввод	0,080	16	1985	2	49	0,011609	5,59	0,0001835	0,02645142	0,9056099
55	стена д.18-1-й ввод	врезка на у.у.	0,100	5	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0000580	0,02650946	0,9054156
56	врезка на у.у.	здание скорой помощи (70)	0,050	25	1985	2	49	0,011609	4,43	0,0002917	0,02680120	0,9047400

Примечание: *на данных участках тепловых сетей предлагается выполнить реконструкцию без изменения диаметра с целью повышения показателей надежности теплоснабжения. Срок реализации и объем мероприятий может быть скорректирован при последующих актуализациях схемы теплоснабжения

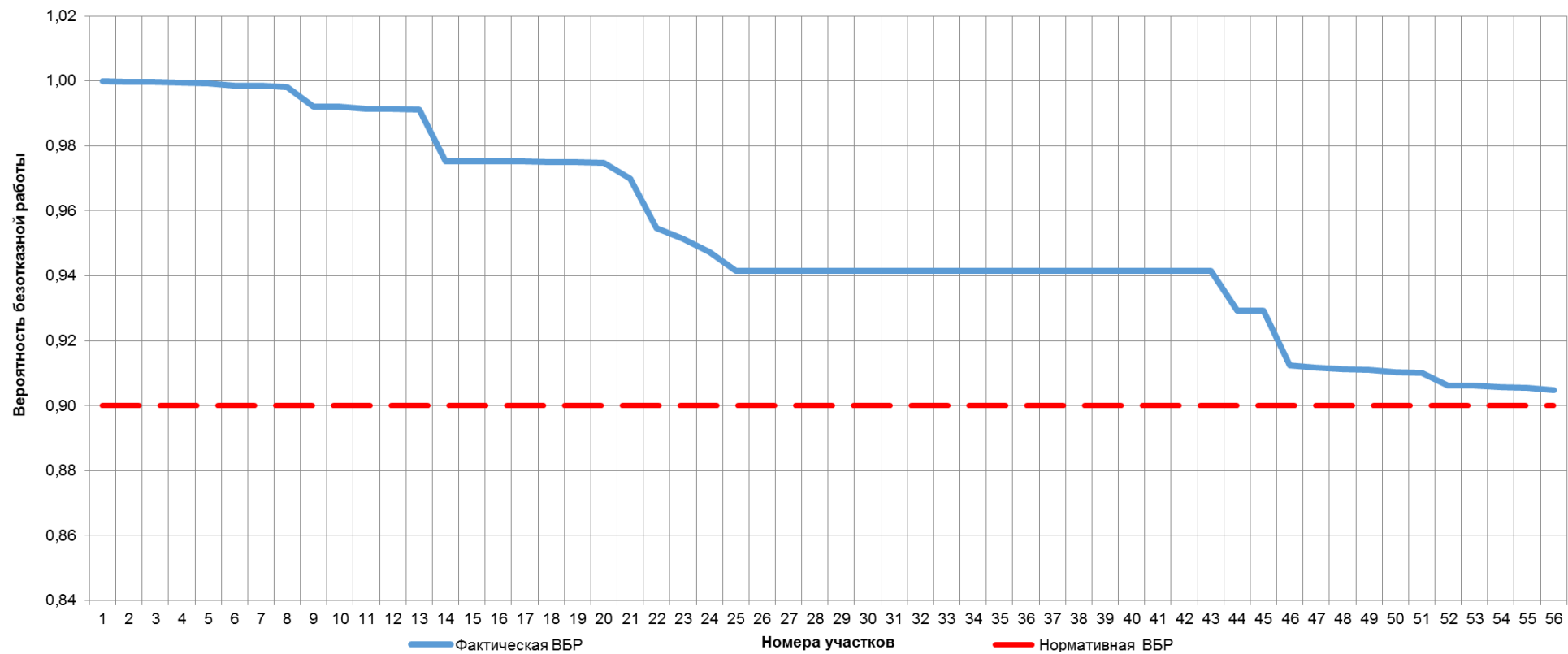


Рисунок 20 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ТЭЦ 1000 до здания скорой помощи (70)

3.1.2.7. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей ЦЭС ПАО «ММК»

На рисунке 21 приведена трассировка магистрального теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 16 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 22 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$) благодаря наличию резервного магистрального теплопровода.



Рисунок 21 Путь движения теплоносителя от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84

Таблица 16 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Резервированный участок тепломагистрали												
1	ЦЭС пб	задвижка	0,700	2002	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0232434	0,02324341	1,0000000
2	задвижка	-	0,700	2	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000185	0,02326187	1,0000000
3	-	врезка	0,700	3	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000351	0,02329693	1,0000000
4	врезка	задвижка	0,500	2	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000275	0,02332444	1,0000000
5	задвижка	ТК-10	0,500	216	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0025035	0,02582792	1,0000000
6	ТК-10	-	0,500	129	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0014991	0,02732699	1,0000000
7	-	ТК-12	0,500	167	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0019438	0,02927080	1,0000000
8	ТК-12	ТК-13	0,400	77	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0008884	0,03015923	1,0000000
9	ТК-13	задвижка	0,400	1	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000116	0,03017084	1,0000000
10	задвижка	ТК-13а	0,400	90	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0010449	0,03121577	1,0000000
11	ТК-13а	ТК-14	0,400	90	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0010407	0,03225651	1,0000000
12	ТК-14	врезка в ТК-15	0,400	383	1985	1	49	0,011609	20,44	0,0044445	0,03670102	1,0000000
13	врезка в ТК-15	ТК-15/1	0,400	56	1985	1	49	0,011609	20,44	0,0006536	0,03735460	1,0000000
14	ТК-15/1	задвижка	0,400	1	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000116	0,03736621	1,0000000
15	задвижка	задвижка Ё1	0,400	91	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0010585	0,03842472	1,0000000
16	задвижка Ё1	ТК	0,400	2	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000265	0,03845119	1,0000000
17	ТК	задвижка Ё1	0,400	4	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000483	0,03849948	1,0000000
18	задвижка Ё1	ТК-9	0,400	6	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000649	0,03856438	1,0000000
19	ТК-9	задвижка Ё1	0,600	3	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0000312	0,03859560	1,0000000
20	задвижка Ё1	ТК	0,700	2	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000265	0,03862207	1,0000000
21	ТК	задвижка Ё1	0,700	2	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000268	0,03864889	1,0000000
22	задвижка Ё1	-	0,700	67	1985	1	49	0,011609	31,86	0,0007761	0,03942495	1,0000000
23	-	ТКа	0,700	2	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000254	0,03945037	1,0000000
24	ТКа	ТК	0,700	38	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0004467	0,03989709	1,0000000
25	-	стена ТНС Ё1-БИС	0,700	27	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0003141	0,04021123	1,0000000
26	стена ТНС Ё1-БИС	задвижка	0,700	5	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000630	0,04027426	1,0000000
27	-	врезка	0,600	5	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0000549	0,04032917	1,0000000
28	врезка	ТНС Ё 1-БИС	0,300	5	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000600	0,04038919	1,0000000
29	-	частотный регулятор	0,300	3	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000385	0,04042773	1,0000000

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
30	частотный регулятор	врезка	0,300	1	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000157	0,04044341	1,0000000
31	-	врезка	0,600	6	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0000690	0,04051236	1,0000000
32	врезка	врезка	0,700	12	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0001359	0,04064831	1,0000000
33	-	стена ТНС Ё1-БИС	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000146	0,04066293	1,0000000
34	стена ТНС Ё1-БИС	ТК-6	0,700	58	1985	1	49	0,011609	31,86	0,0006738	0,04133672	1,0000000
35	-	ТК-7	0,700	57	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0006599	0,04199657	1,0000000
36	ТК-7	задвижка	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000160	0,04201259	1,0000000
37	-	ТК-7А(ТК14)	0,700	112	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0012995	0,04331210	1,0000000
38	ТК-7А(ТК14)	ТК-8	0,700	163	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0018946	0,04520669	1,0000000
39	-	ТК-9	0,700	124	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0014338	0,04664052	1,0000000
40	ТК-9	задвижка	0,700	187	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0021754	0,04881593	1,0000000
41	-	ТК-10 (КНС на Т1)	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000128	0,04882870	1,0000000
42	ТК-10 (КНС на Т1)	ТК-11	0,500	149	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0017278	0,05055646	1,0000000
43	-	ТК-11/1	0,500	48	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0005554	0,05111184	1,0000000
44	ТК-11/1	ТК-12	0,500	70	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0008126	0,05192447	1,0000000
45	-	ТК-12А	0,500	91	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0010561	0,05298054	1,0000000
46	ТК-12А	ТК-13	0,500	110	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0012811	0,05426159	1,0000000
47	-	задвижка	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000116	0,05427320	1,0000000
48	задвижка	задвижка	0,500	16	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0001820	0,05445523	1,0000000
49	-	ТК-27	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000129	0,05446811	1,0000000
50	ТК-27	ТК-14	0,500	101	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0011702	0,05563830	1,0000000
51	-	задвижка	0,500	235	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0027324	0,05837071	1,0000000
52	задвижка	ТК-28	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000113	0,05838197	1,0000000
53	-	ТК-28а	0,500	5	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000604	0,05844234	1,0000000
Нерезервированный участок тепломгистрали												
54	ТК-28а	ТК-15	0,500	117	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0013548	0,05979711	0,9880171
55	-	ТК	0,500	3	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000302	0,05982729	0,9877533
56	ТК	ТК-16	0,300	305	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0035361	0,06336339	0,9686481
57	-	ТК-17	0,350	11	1985	2	49	0,011609	18,62	0,0001254	0,06348877	0,9678734
58	ТК-17	ТК-18	0,350	258	1985	2	49	0,011609	18,62	0,0029969	0,06648563	0,9493717
59	-	задвижка	0,300	1	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000130	0,06649863	0,9493042
60	задвижка	ТК-19	0,300	109	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0012606	0,06775925	0,9427583

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
61	-	задвижка	0,300	1	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000116	0,06777086	0,9426984
62	задвижка	задвижка	0,200	359	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0041665	0,07193733	0,9279814
63	-	ТК-20	0,200	1	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000118	0,07194917	0,9279403
64	ТК-20	ТК-20а	0,200	62	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0007162	0,07266533	0,9254502
65	-	ТК-21	0,200	127	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0014779	0,07414327	0,9203253
66	ТК-21	ТК-22	0,200	44	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0005071	0,07465035	0,9185766
67	-	задвижка	0,125	1	1985	2	49	0,011609	7,48	0,0000116	0,07466196	0,9185493
68	задвижка	ТК-69-2	0,125	108	1985	2	49	0,011609	7,48	0,0012544	0,07591631	0,9155976
69	-	задвижка	0,065	1	1985	2	49	0,011609	5,00	0,0000116	0,07592792	0,9155794
70	задвижка	стена д.84	0,065	72	1985	2	49	0,011609	5,00	0,0008300	0,07675796	0,9142788
71	-	теплосчетчик	0,065	2	1985	2	49	0,011609	5,00	0,0000232	0,07678118	0,9142425

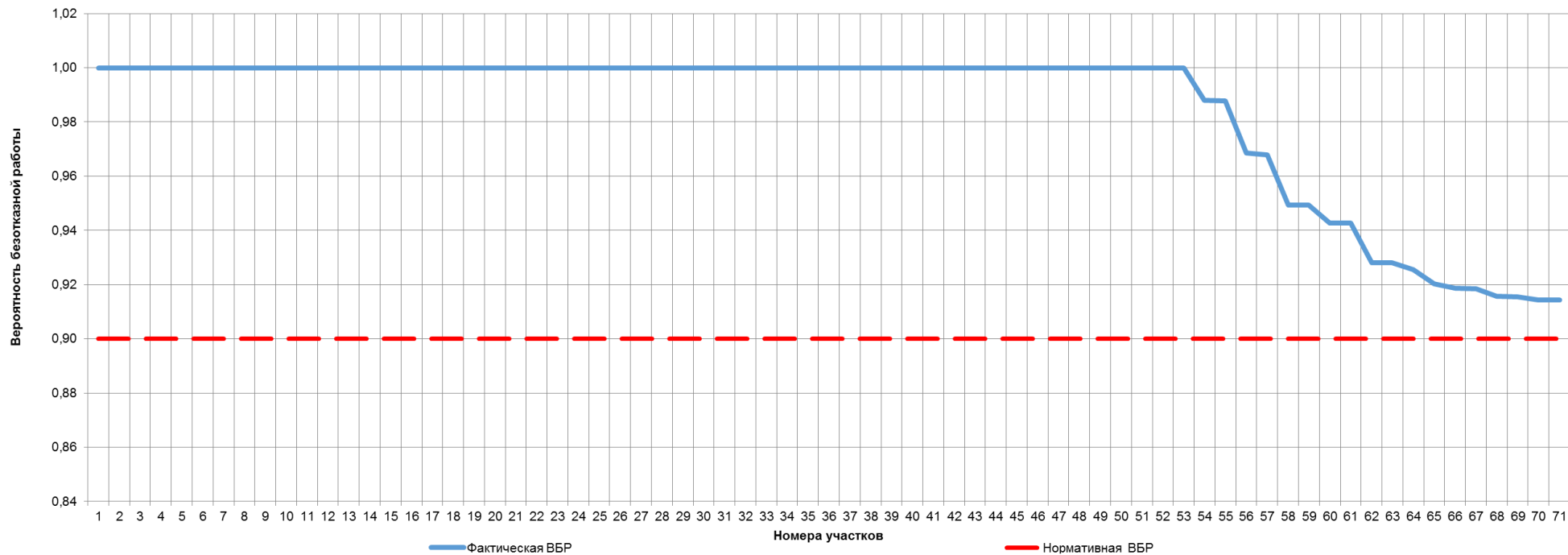


Рисунок 22 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от ЦЭС ПАО «ММК» до теплосчетчика д.84

Таблица 17 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28)

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отпуске участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Нерезервированный участок тепломагистрали												
1	ПК	врезка	1,000	15	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0001729	0,00017286	0,9969941
2	врезка	-	1,000	3	1985	1	49	0,011609	36,38	0,0000385	0,00021140	0,9963259
3	-	стена павильона задвижек	1,000	8	1985	1	49	0,011609	36,38	0,0000931	0,00030450	0,9947128
4	стена павильона задвижек	врезка	1,000	5	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0000579	0,00036243	0,9937107
5	врезка	врезка	1,000	11	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0001254	0,00048781	0,9915442
Резервированный участок тепломагистрали												
6	врезка	-	1,000	7	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0000845	0,00057232	0,9915442
7	-	врезка	1,000	5	1985	2	49	0,011609	36,38	0,0000531	0,00062538	0,9915442
8	врезка	задвижка	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000139	0,00063931	0,9915442
9	задвижка	стена павильона задвижек	0,700	4	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000457	0,00068505	0,9915442
10	стена павильона задвижек	ТК-1	0,700	77	1985	1	49	0,011609	31,86	0,0008931	0,00157813	0,9915442
11	ТК-1	врезка	0,700	77	1985	1	49	0,011609	31,86	0,0008981	0,00247620	0,9915442
12	врезка	врезка	0,700	2	1985	1	49	0,011609	31,86	0,0000203	0,00249651	0,9915442
13	врезка	ТК-2	0,700	8	1985	1	49	0,011609	31,86	0,0000922	0,00258869	0,9915442
14	ТК-2	СК-1	0,700	21	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0002393	0,00282795	0,9915442
15	СК-1	КНС-1	0,700	134	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0015592	0,00438715	0,9915442
16	КНС-1	КНС-2	0,700	123	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0014260	0,00581320	0,9915442
17	КНС-2	КНС-3	0,700	217	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0025147	0,00832794	0,9915442
18	КНС-3	КНС-4	0,700	214	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0024815	0,01080948	0,9915442
19	КНС-4	задвижка	0,700	82	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0009473	0,01175677	0,9915442
20	задвижка	ТК-26	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000135	0,01177024	0,9915442
21	ТК-26	задвижка	0,600	1	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0000127	0,01178289	0,9915442
22	задвижка	-	0,600	139	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0016154	0,01339829	0,9915442
23	-	КНС-6	0,600	260	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0030182	0,01641651	0,9915442
24	КНС-6	ТК-25	0,600	68	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0007906	0,01720708	0,9915442
25	ТК-25	КНС-7	0,600	101	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0011729	0,01837994	0,9915442
26	КНС-7	ТК-24	0,600	108	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0012511	0,01963104	0,9915442
27	ТК-24	задвижка	0,600	1	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0000111	0,01964218	0,9915442
28	задвижка	КНС-8	0,600	124	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0014360	0,02107821	0,9915442
29	КНС-8	ТК-31	0,600	85	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0009855	0,02206370	0,9915442
30	ТК-31	КНС-9	0,600	143	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0016651	0,02372878	0,9915442

№ участка пути	Начальная ка- мера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопро- вода на участке, м	Длина тру- бопровода на участке, м	Год про- кладки ре- монта	Тип про- кладки (1 - надзем- ная; 2 - подзем- ная)	Продолжи- тельность эксплуата- ции участка без капи- тального ре- монта (ре- конструк- ции), лет	Частота (интенсив- ность) от- каза участка, 1/км/ч	Среднее время вос- становле- ния участка, ч	Параметр потока от- казов теп- лоснабже- ния при от- казе участка, 1/час	Параметр потока от- казов теп- лоснабже- ния накоп- ленным итогом, 1/ч	Вероят- ность без- отказной работы пути отно- сительно конечного потреби- теля
31	КНС-9	ТК-32	0,600	20	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0002323	0,02396108	0,9915442
32	ТК-32	ТК-33	0,600	43	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0004990	0,02446003	0,9915442
33	ТК-33	ТК-33а	0,500	94	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0010856	0,02554559	0,9915442
34	ТК-33а	задвижка	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000153	0,02556091	0,9915442
35	задвижка	ТК-33б	0,500	26	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0003055	0,02586646	0,9915442
36	ТК-33б	задвижка	0,600	1	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0000118	0,02587830	0,9915442
37	задвижка	задвижка	0,600	67	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0007729	0,02665123	0,9915442
38	задвижка	ТК-59	0,600	1	1985	2	49	0,011609	26,97	0,0000116	0,02666284	0,9915442
39	ТК-59	задвижка	0,700	1	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0000116	0,02667445	0,9915442
40	задвижка	КНС-10	0,700	90	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0010448	0,02771925	0,9915442
41	КНС-10	СК-1	0,700	90	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0010496	0,02876882	0,9915442
42	СК-1	СК-2	0,700	12	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0001440	0,02891278	0,9915442
43	СК-2	КНС-11	0,700	116	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0013494	0,03026220	0,9915442
44	КНС-11	КНС-12	0,700	101	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0011725	0,03143471	0,9915442
45	КНС-12	КНС-13	0,700	117	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0013583	0,03279296	0,9915442
46	КНС-13	СК-3	0,700	16	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0001881	0,03298103	0,9915442
47	СК-3	УТ-1	0,700	76	1985	2	49	0,011609	31,86	0,0008794	0,03386041	0,9915442
48	УТ-1	-	0,200	1	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000116	0,03387202	0,9915442
49	-	ТК-142а-12	0,300	103	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0011997	0,03507169	0,9915442
50	ТК-142а-12	задвижка	0,300	1	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000116	0,03508330	0,9915442
Нерезервированный участок тепломагистрали												
51	задвижка	ТК-142а-11(УТ4)	0,300	62	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0007194	0,03580271	0,9861001
52	ТК-142а-11(УТ4)	задвижка	0,300	1	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000116	0,03581432	0,9860128
53	задвижка	-	0,250	281	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0032612	0,03907552	0,9654144
54	-	задвижка	0,100	1	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0000116	0,03908713	0,9653801
55	задвижка	УТ1а	0,100	38	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0004394	0,03952653	0,9640813
56	УТ1а	врезка	0,100	26	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0003033	0,03982987	0,9631859
57	врезка	ТК-142а-2 (УТ1)	0,100	1	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0000087	0,03983858	0,9631602
58	ТК-142а-2 (УТ1)	задвижка	0,065	1	1985	2	49	0,011609	5,00	0,0000114	0,03984995	0,9631340
59	задвижка	ТК-142а-5 (УТ2)	0,065	53	1985	2	49	0,011609	5,00	0,0006099	0,04045989	0,9617313
60	ТК-142а-5 (УТ2)	задвижка	0,040	1	1985	2	49	0,011609	4,08	0,0000116	0,04047150	0,9617095
61	задвижка	ж/д ул.Труда,69	0,040	37	1985	2	49	0,011609	4,08	0,0004259	0,04089743	0,9609115
62	ж/д ул.Труда,69	теплосчетчик	0,040	2	1985	2	49	0,011609	4,08	0,0000232	0,04092065	0,9608681
63	теплосчетчик	индивидуальный ж/д (28)	0,040	3	1985	2	49	0,011609	4,08	0,0000365	0,04095710	0,9607998

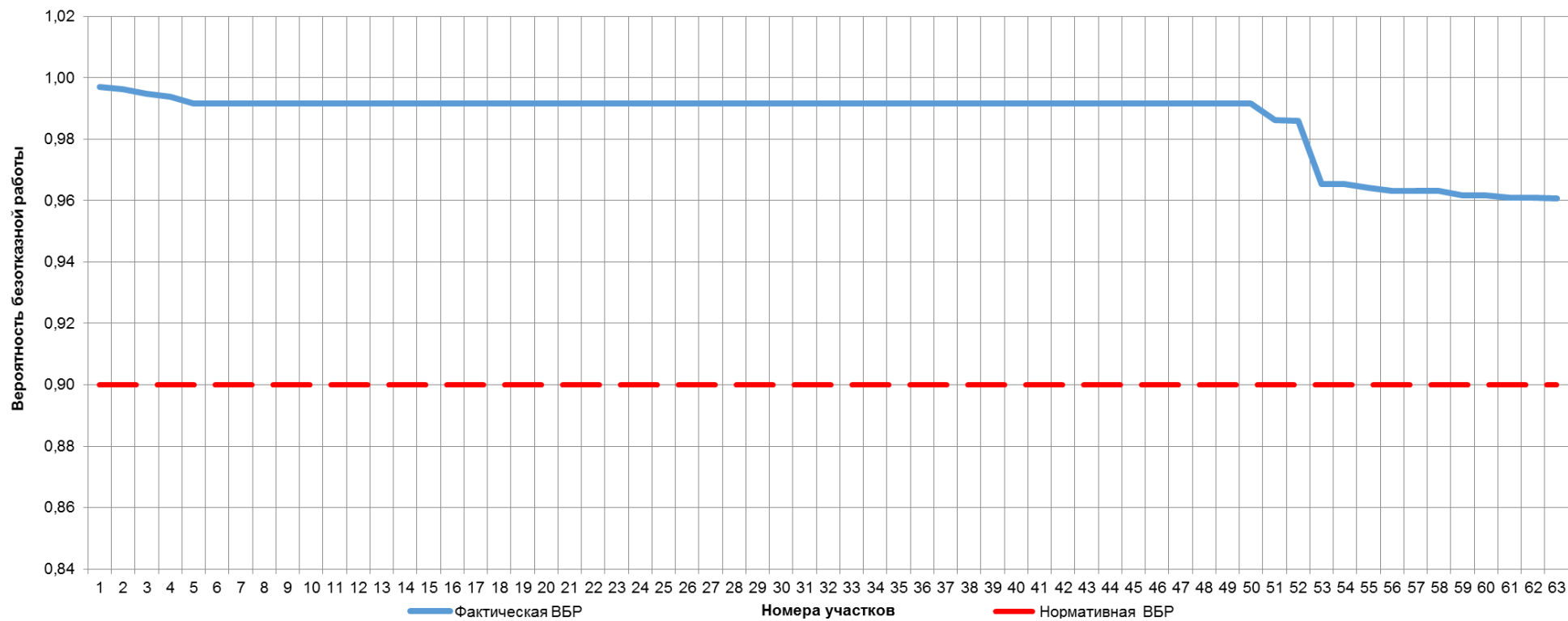


Рисунок 24 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от Пиковой котельной до индивидуального ж/д (28)

3.1.2.9. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей Центральной котельной

На рисунке 25 приведена трассировка магистрального теплопровода Центральной котельной от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя.

В таблице 18 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 26 представлена иллюстрация расчетов вероятности безотказной работы теплопровода относительно тепловых камер, входящих в состав теплопровода, которые формируют данные о ВБР на входе в ответвление от этой камеры.

Результаты расчета показывают, что вероятность безотказной работы теплоснабжения данного присоединенного потребителя выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$).

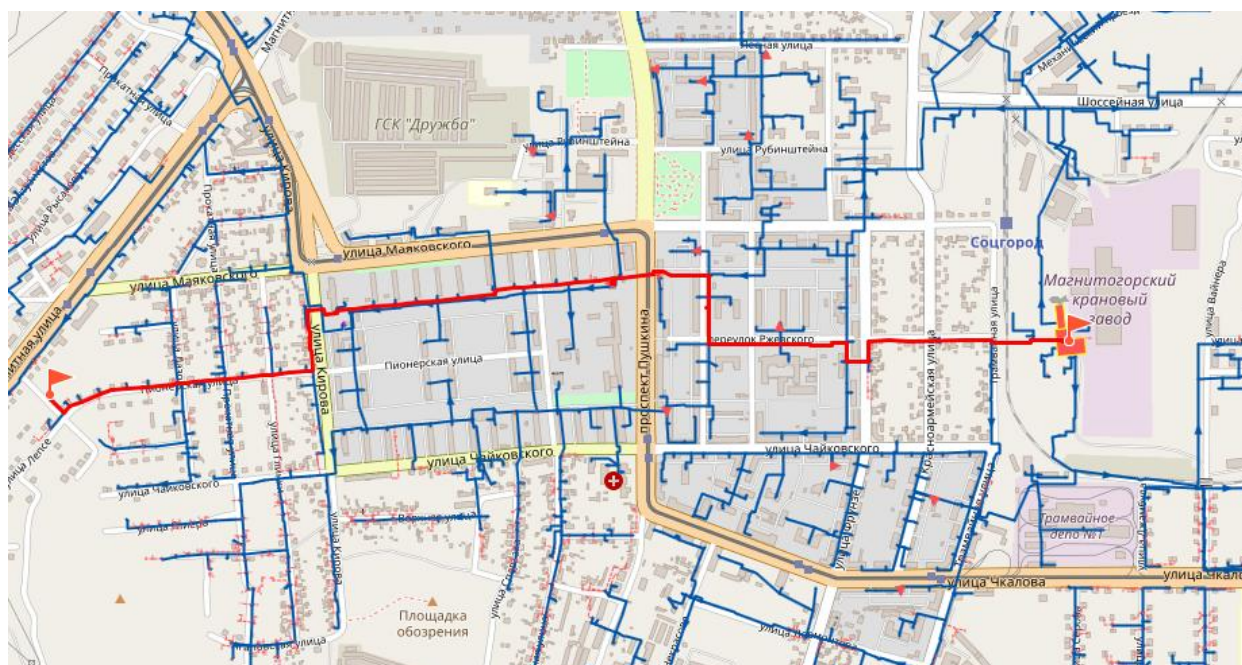


Рисунок 25. Путь движения теплоносителя от Центральной котельной до Индивидуального дома

Таблица 18 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от Центральной котельной до Индивидуального дома

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Резервированный участок тепломагистрали												
1	ЦК	врезка	0,700	16	1985	1	49	0,011609	31,86	0,0001838	0,00018377	0,9958375
2	врезка	-	0,500	3	1985	1	49	0,011609	25,82	0,0000390	0,00022278	0,9958375
3	врезка	ТК	0,500	62	1985	1	49	0,011609	25,82	0,0007162	0,00093894	0,9958375
4	ТК	-	0,400	94	1985	1	49	0,011609	20,44	0,0010944	0,00203331	0,9958375
5	опуск наземной трассы	ТК	0,400	2	1985	1	49	0,011609	20,44	0,0000197	0,00205305	0,9958375
6	ТК	-	0,400	1	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000116	0,00206466	0,9958375
7	-	ТК	0,400	16	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0001799	0,00224460	0,9958375
8	ТК	-	0,400	46	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0005340	0,00277861	0,9958375
9	ТК	ТК	0,400	112	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0012978	0,00407638	0,9958375
10	ТК	-	0,400	44	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0005095	0,00458590	0,9958375
11	ТК	ТК	0,400	86	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0010037	0,00558961	0,9958375
12	ТК	-	0,400	43	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0005027	0,00609228	0,9958375
13	-	ТК	0,400	1	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000116	0,00610389	0,9958375
14	ТК	-	0,400	38	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0004411	0,00654503	0,9958375
15	ТК	-	0,400	1	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000116	0,00655664	0,9958375
16	-	-	0,400	148	1985	1	49	0,011609	20,44	0,0017221	0,00827872	0,9958375
17	ТК	опуск наземной трассы	0,400	160	1985	1	49	0,011609	20,44	0,0018544	0,01013314	0,9958375
18	опуск наземной трассы	-	0,400	2	1985	1	49	0,011609	20,44	0,0000197	0,01015288	0,9958375
19	ТК	ТК	0,200	67	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0007720	0,01092487	0,9958375
20	ТК	-	0,200	43	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0004994	0,01142429	0,9958375
21	ТК	ТК	0,200	46	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0005340	0,01195831	0,9958375
22	ТК	-	0,200	35	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0004005	0,01235882	0,9958375
23	подъем наземной трассы	-	0,200	2	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0000197	0,01237855	0,9958375
24	-	-	0,200	40	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0004644	0,01284291	0,9958375
25	опуск наземной трассы	-	0,200	2	1985	1	49	0,011609	10,94	0,0000197	0,01286265	0,9958375
26	-	-	0,200	30	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0003484	0,01321103	0,9958375
27	врезка	-	0,250	3	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000402	0,01325120	0,9958375
28	-	-	0,250	15	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0001761	0,01342731	0,9958375
29	ТК	-	0,250	69	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0008052	0,01423251	0,9958375
30	-	-	0,250	1	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000116	0,01424412	0,9958375

№ участка пути	Начальная ка- мера участка	Конечная ка- мера участка	Диаметр трубопро- вода на участке, м	Длина тру- бопровода на участке, м	Год про- кладки ре- монта	Тип про- кладки (1 - надземная; 2 - подзем- ная)	Продолжи- тельность эксплуата- ции участка без капи- тального ре- монта (ре- конструк- ции), лет	Частота (интенсив- ность) от- каза участка, 1/км/ч	Среднее время вос- становле- ния участка, ч	Параметр потока отка- зов тепло- снабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отка- зов тепло- снабжения накоплен- ным итогом, 1/ч	Вероят- ность без- отказной работы пути отно- сительно конечного потреби- теля
31	ТК	ТК	0,250	11	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0001280	0,01437216	0,9958375
32	ТК	-	0,250	5	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000580	0,01443021	0,9958375
33	ТК	ТК	0,250	4	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000486	0,01447885	0,9958375
34	ТК	-	0,250	4	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000447	0,01452355	0,9958375
35	стена бойлер- ной	бойлерная	0,250	3	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000391	0,01456267	0,9958375
36	бойлерная	-	0,250	4	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000425	0,01460516	0,9958375
37	стена бойлер- ной	-	0,250	13	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0001524	0,01475758	0,9958375
38	-	-	0,250	36	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0004179	0,01517551	0,9958375
39	ТК	ТК	0,250	45	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0005224	0,01569791	0,9958375
40	ТК	-	0,250	17	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0002003	0,01589817	0,9958375
41	ТК	ТК	0,250	25	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0002934	0,01619153	0,9958375
42	ТК	-	0,250	45	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0005208	0,01671231	0,9958375
43	ТК	ТК	0,250	25	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0002902	0,01700253	0,9958375
44	ТК	-	0,150	19	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0002192	0,01722171	0,9958375
45	ТК	ТК	0,150	41	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0004778	0,01769953	0,9958375
46	ТК	-	0,150	89	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0010324	0,01873192	0,9958375
47	ТК	ТК	0,150	44	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0005108	0,01924272	0,9958375
48	ТК	-	0,150	45	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0005224	0,01976512	0,9958375
49	ТК	ТК	0,150	45	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0005224	0,02028753	0,9958375
50	ТК	-	0,150	45	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0005224	0,02080993	0,9958375
51	ТК	-	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000116	0,02082154	0,9958375
52	-	ТК	0,150	50	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0005804	0,02140199	0,9958375
53	ТК	врезка	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000107	0,02141267	0,9958375
Нерезервированный участок тепломагистрали												
54	врезка	ТК	0,150	26	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0003028	0,02171543	0,9939954
55	ТК	-	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0003028	0,02172704	0,9939249
56	-	ТК	0,150	79	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000116	0,02263986	0,9883816
57	ТК	-	0,150	134	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0009128	0,02419709	0,9789778
58	-	ТК	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0015572	0,02420695	0,9789188
59	ТК	ТК	0,150	13	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000099	0,02435787	0,9780161
60	ТК	ТК	0,150	58	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0001509	0,02502899	0,9740059
61	ТК	ТК	0,150	18	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0006711	0,02523795	0,9727623
62	ТК	ТК	0,150	19	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0002090	0,02546154	0,9714335
63	ТК	ТК	0,150	43	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0002236	0,02596072	0,9684706
64	ТК	ТК	0,150	38	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0004992	0,02640245	0,9658569

№ участка пути	Начальная ка- мера участка	Конечная ка- мера участка	Диаметр трубопро- вода на участке, м	Длина тру- бопровода на участке, м	Год про- кладки ре- монта	Тип про- кладки (1 - надземная; 2 - подзем- ная)	Продолжи- тельность эксплуата- ции участка без капи- тального ре- монта (ре- конструк- ции), лет	Частота (интенсив- ность) от- каза участка, 1/км/ч	Среднее время вос- становле- ния участка, ч	Параметр потока отка- зов тепло- снабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отка- зов тепло- снабжения накоплен- ным итогом, 1/ч	Вероят- ность без- отказной работы пути отно- сительно конечного потреби- теля
65	ТК	ТК	0,150	69	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0004417	0,02720405	0,9611265
66	ТК	0	0,150	19	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0008016	0,02742462	0,9598312
67	0	ТК	0,150	1	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0002206	0,02743634	0,9597625
68	ТК	ТК	0,150	6	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000117	0,02751169	0,9593206
69	ТК	ТК	0,150	9	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000753	0,02761036	0,9587423
70	ТК	0	0,070	11	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000987	0,02773261	0,9583099
71	0	ТК	0,070	54	1985	2	49	0,011609	5,19	0,0001222	0,02835543	0,9561081
72	ТК	ТК	0,070	44	1985	2	49	0,011609	5,19	0,0006228	0,02886495	0,9543110
73	ТК	ТК	0,070	34	1985	2	49	0,011609	5,19	0,0005095	0,02925420	0,9529407
74	ТК	ТК	0,070	25	1985	2	49	0,011609	5,19	0,0003892	0,02954047	0,9519344
75	ТК	ТК	0,070	43	1985	2	49	0,011609	5,19	0,0002863	0,03004303	0,9501696
76	ТК	ТК	0,050	26	1985	2	49	0,011609	5,19	0,0005026	0,03034962	0,9492515
77	ТК	ТК	0,050	18	1985	2	49	0,011609	4,43	0,0003066	0,03056392	0,9486105
78	ТК	ТК	0,050	49	1985	2	49	0,011609	4,43	0,0002143	0,03112800	0,9469242
79	ТК	инд.дом	0,050	4	1985	2	49	0,011609	4,43	0,0005641	0,03117374	0,9467878

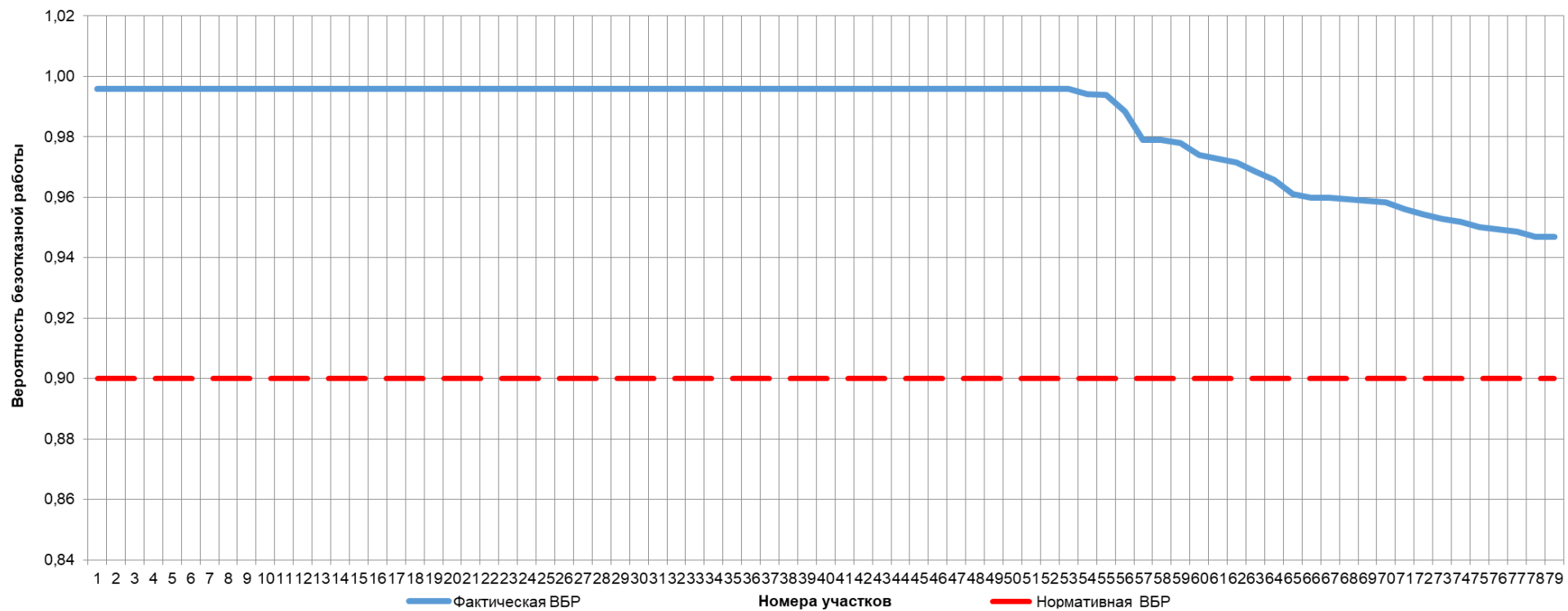


Рисунок 26 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от Центральной котельной до Индивидуального дома

Таблица 19 Расчет вероятности безотказной работы теплопровода от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отката участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
Нерезервированный участок тепломагистрали												
1	Кот. Железнодорожников	стена здания котельной	0,500	20	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0002359	0,00023589	0,9945304
2	стена здания котельной	-	0,500	2	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000207	0,00025656	0,9940539
3	-	-	0,500	3	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000346	0,00029115	0,9932565
4	-	УТ-2	0,500	1	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000084	0,00029951	0,9930640
5	УТ-2	подъем наземной трассы	0,500	2	1985	2	49	0,011609	25,82	0,0000197	0,00031925	0,9926096
6	подъем наземной трассы	-	0,500	184	2025	1	9	0,000006	25,82	0,0000011	0,00032030	0,9925854
7	-	врезка	0,500	13	1985	1	49	0,011609	25,82	0,0001487	0,00046901	0,9891628
8	врезка	опуск наземной трассы	0,400	133	2025	1	9	0,000006	20,44	0,0000008	0,00046977	0,9891491
9	опуск наземной трассы	УТ-4	0,400	2	1985	1	49	0,011609	20,44	0,0000197	0,00048950	0,9887908
10	УТ-4	-	0,400	1	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0000116	0,00050111	0,9885801
11	-	УТ-5	0,400	71	1985	2	49	0,011609	20,44	0,0008242	0,00132535	0,9736247
12	УТ-5	-	0,300	1	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0000130	0,00133835	0,9734432
13	-	УТ-6	0,300	25	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0002888	0,00162718	0,9694116
14	УТ-6	УТ-7	0,300	42	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0004873	0,00211453	0,9626373
15	УТ-7	УТ-8	0,300	46	2026	2	8	0,000006	15,97	0,0000003	0,00211479	0,9626337
16	УТ-8	УТ-9	0,300	40	2026	2	8	0,000006	15,97	0,0000002	0,00211502	0,9626305
17	УТ-9	УТ-10	0,300	14	1985	2	49	0,011609	15,97	0,0001625	0,00227754	0,9603872
18	УТ-10	УТ-11	0,250	32	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0003717	0,00264926	0,9560906
19	УТ-11	УТ-12	0,250	17	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0001974	0,00284662	0,9538197
20	УТ-12	УТ-13	0,250	37	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0004295	0,00327615	0,9488889
21	УТ-13	УТ-14	0,250	24	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0002786	0,00355477	0,9457071
22	УТ-14	-	0,250	1	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000116	0,00356638	0,9455749
23	-	УТ-15	0,250	51	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0005919	0,00415832	0,9388385
24	УТ-15	УТ-17	0,250	70	2027	2	7	0,000006	13,40	0,0000004	0,00415872	0,9388340
25	УТ-17	ТК	0,250	115	2027	2	7	0,000006	13,40	0,0000007	0,00415937	0,9388266
26	ТК	бойлерная	0,250	3	1985	2	49	0,011609	13,40	0,0000290	0,00418839	0,9384987
27	бойлерная	ТК	0,200	3	1985	2	49	0,011609	10,94	0,0000290	0,00421741	0,9382311

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Год прокладки ремонта	Тип прокладки (1 - надземная; 2 - подземная)	Продолжительность эксплуатации участка без капитального ремонта (реконструкции), лет	Частота (интенсивность) отката участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/ч	Вероятность безотказной работы пути относительно конечного потребителя
28	ТК	ТК	0,150	3	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0000338	0,00425120	0,9379865
29	ТК	УТ-22	0,150	26	1985	2	49	0,011609	8,59	0,0003018	0,00455303	0,9358013
30	УТ-22	подъем наземной трассы	0,070	2	1985	2	49	0,011609	5,19	0,0000197	0,00457277	0,9357152
31	подъем наземной трассы	-	0,070	7	1985	1	49	0,011609	5,19	0,0000766	0,00464938	0,9353811
32	-	ТК	0,070	1	1985	1	49	0,011609	5,19	0,0000160	0,00466541	0,9353112
33	ТК	подъем наземной трассы	0,100	2	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0000197	0,00468514	0,9352051
34	подъем наземной трассы	опуск наземной трассы	0,100	10	1985	1	49	0,011609	6,41	0,0001124	0,00479752	0,9346005
35	опуск наземной трассы	-	0,100	2	1985	1	49	0,011609	6,41	0,0000197	0,00481725	0,9344944
36	-	переход d 108-133	0,100	5	1985	2	49	0,011609	6,41	0,0000627	0,00487994	0,9341574
37	переход d 108-133	УТ-10.7	0,125	98	1985	2	49	0,011609	7,48	0,0011393	0,00601925	0,9270099
38	УТ-10.7	УТ-10.8	0,080	74	1985	2	49	0,011609	5,59	0,0008588	0,00687808	0,9230168
39	УТ-10.8	-	0,080	1	1985	2	49	0,011609	5,59	0,0000116	0,00688969	0,9229630
40	-	стена д.18	0,080	13	1985	2	49	0,011609	5,59	0,0001509	0,00704061	0,9222644
41	стена д.18	жилой дом	0,080	8	1985	2	49	0,011609	5,59	0,0000929	0,00713348	0,9218348

Примечание: *на данных участках тепловых сетей предлагается выполнить реконструкцию без изменения диаметра с целью повышения показателей надежности теплоснабжения. Срок реализации и объем мероприятий может быть скорректирован при последующих актуализациях схемы теплоснабжения

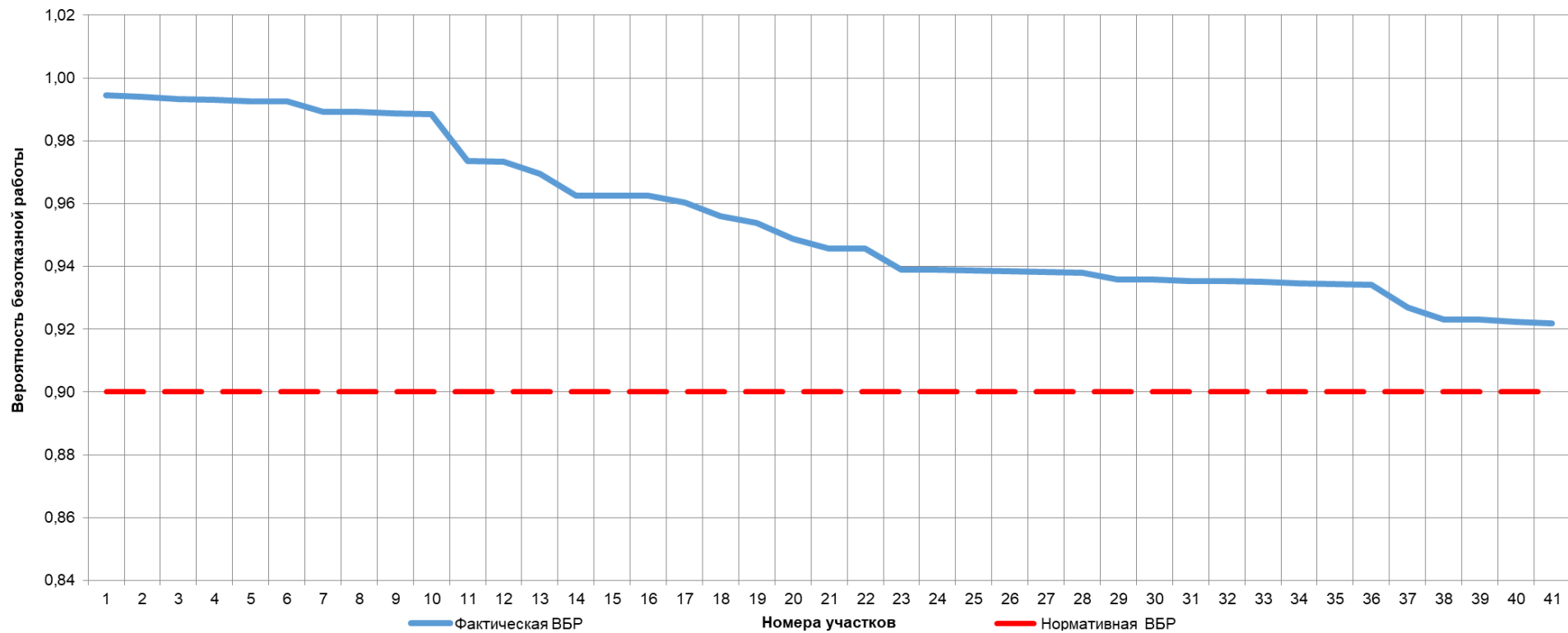


Рисунок 28 Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя от котельной Железнодорожников до индивидуального ж/д (28)

3.2. Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

3.2.1. Существующее состояние на 2025 г.

Расчет показателя надежности потребителей производился в программном комплексе Zulu Thermo 2021.

Надежность пониженного уровня теплоснабжения потребителей оценивается вероятностями безотказной работы, определяемыми для каждого потребителя и представляющими собой вероятности того, что в течение отопительного периода температура воздуха в зданиях не опустится ниже граничного значения.

Результаты расчета показателей надёжности потребителей тепловой энергии представлены в таблице 20. В таблице представлены минимальные и максимальные показатели вероятности безотказной работы потребителя для каждого источника тепловой энергии, а также количество потребителей, для которых данный показатель ниже нормированного.

На рисунках 29 - 32 показаны зоны ненормативной надежности теплоснабжения потребителей.

Таблица 20. Расчет вероятности безотказной работы потребителей

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей		Количество потребителей, значение вероятности безотказного теплоснабжения которых ниже нормированного
		Min	Max	
1	ТЭЦ ПАО «ММК»	0.708275	1	441
2	ЦЭС ПАО «ММК»	0.590003	1	379
3	ПСЦ (котельная №5)	-	-	-
4	Пиковая котельная	0.607708	0.993358	290
5	Центральная котельная	0.883059	1	7
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	0.933125	0.999854	0
7	Котельная «Западная»	0.999008	1	0
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	0.993357	1	0
9	Котельная в 71 квартале	1	1	0
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	0.970851	1	0
11	Котельная пос. Приуральский	0.980487	1	0
12	Котельная Правобережных очистных сооружений	0.993330	1	0
13	Котельная «Восточная»	1	1	0
14	Котельная «Школьная»	1	1	0
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	1	1	0
16	Котельная «Заготовительная»	1	1	0
17	Котельная «Менжинского»	1	1	0
18	Котельная «Бестужева»	-	-	-
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	-	-	-
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	-	-	-
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	-	-	-
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	-	-	-

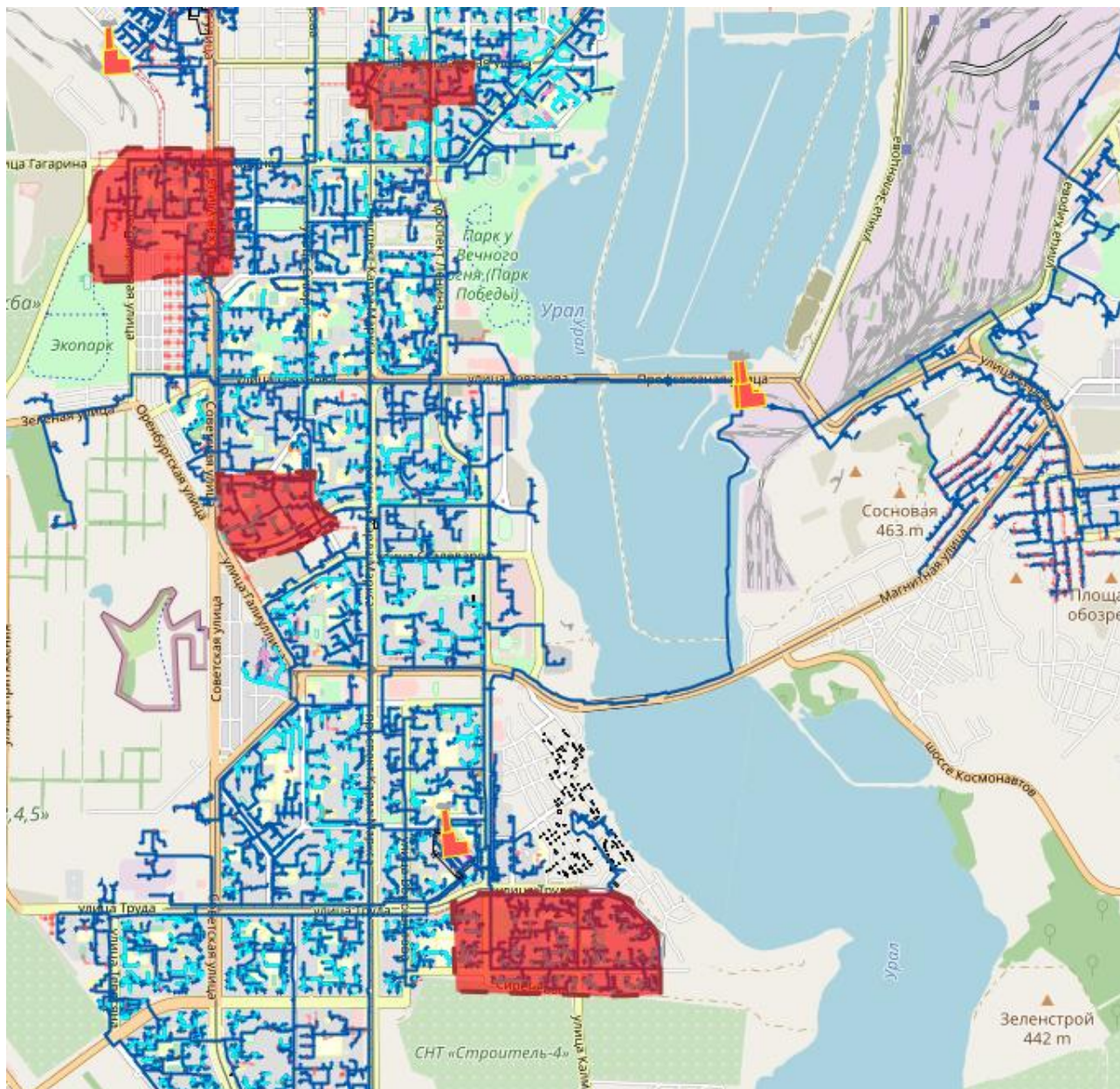


Рисунок 29 Зоны ненормативной надежности ТЭЦ ПАО «ММК»

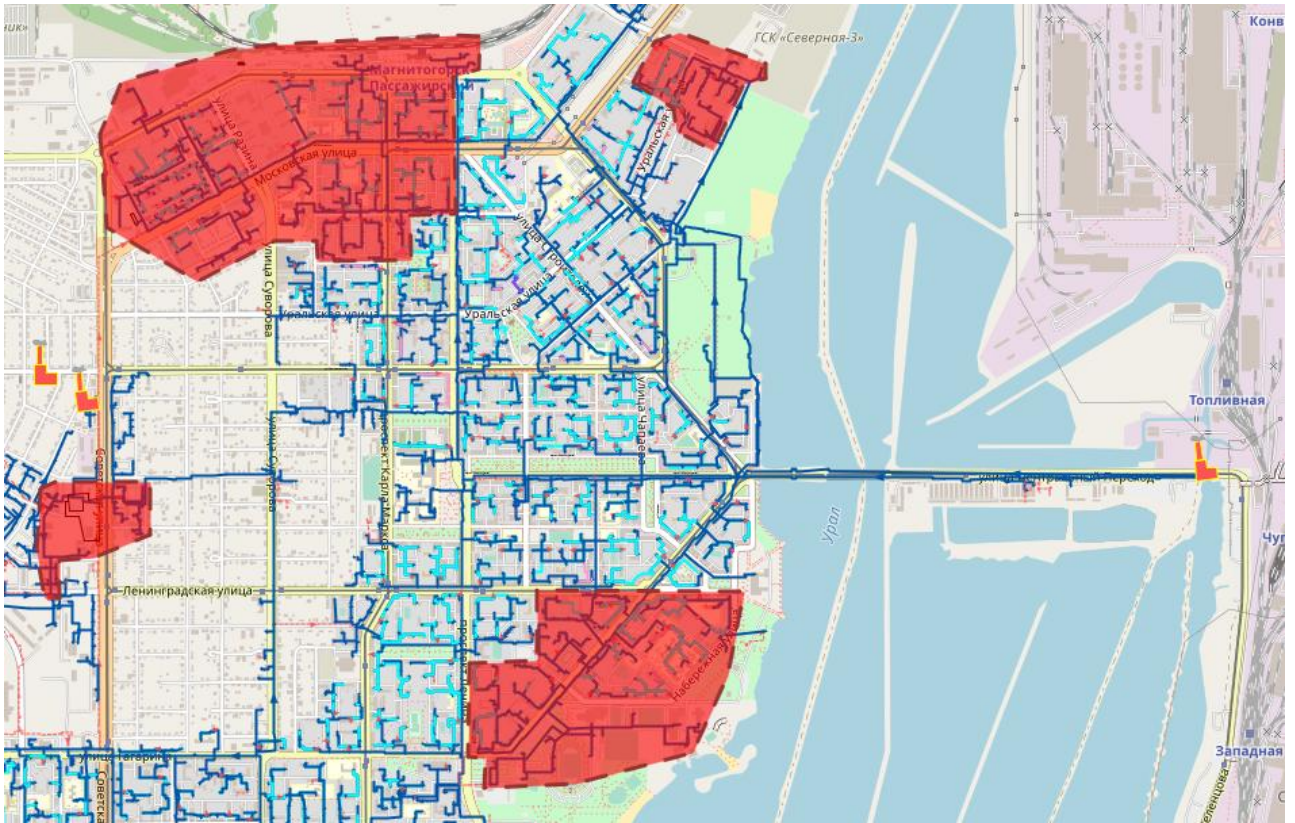


Рисунок 30 Зоны ненормативной надежности ЦЭС ПАО «ММК»

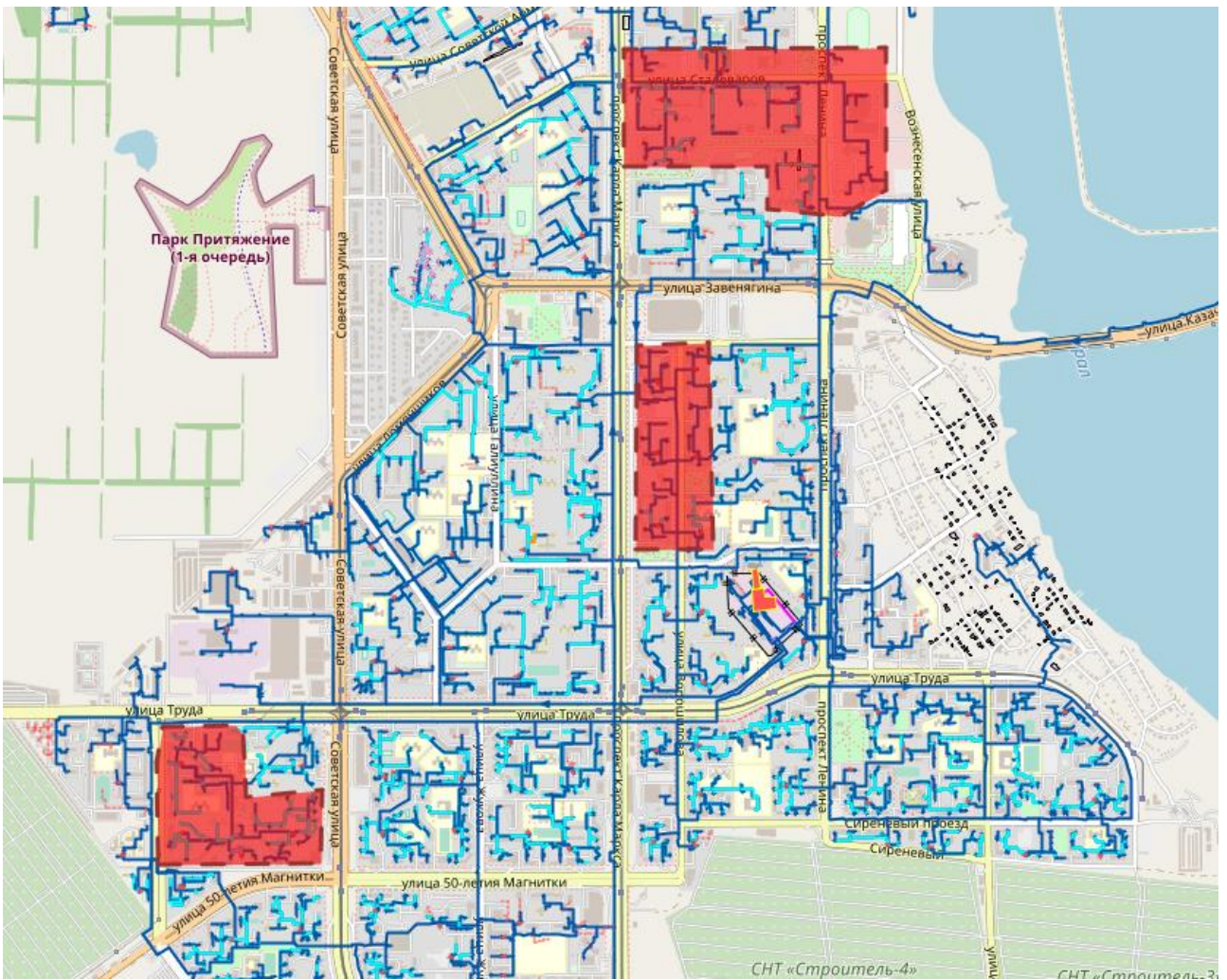


Рисунок 31 Зоны ненормативной надежности Пиковой котельной

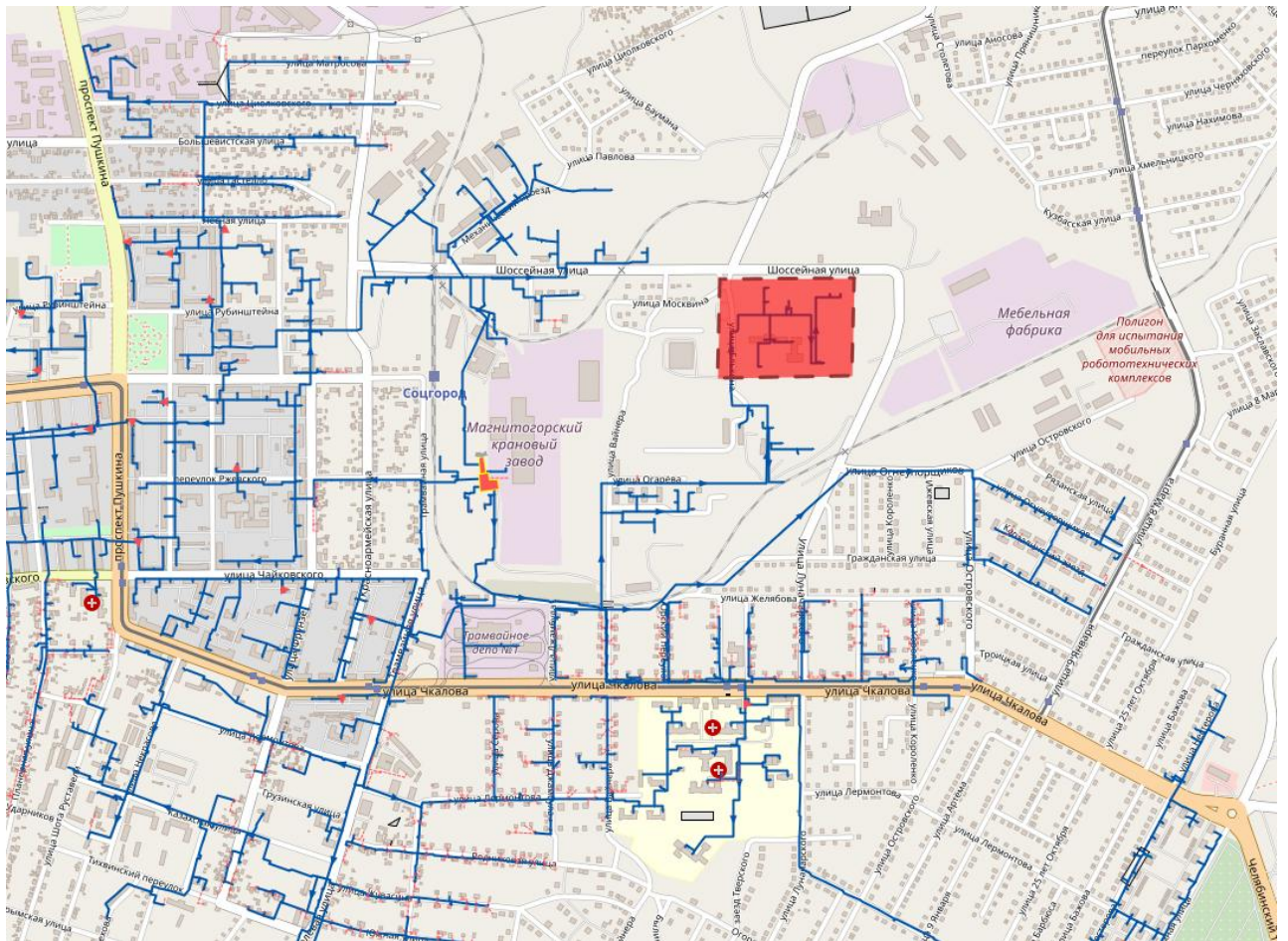


Рисунок 32 Зоны ненормативной надежности Центральной котельной

3.2.2. Перспективное состояние на 2042 г.

Расчет показателя надежности потребителей производился в программном комплексе Zulu Thermo 2021. В расчете учитываются запланированные объемы переключений тепловых сетей, планы по децентрализации и объединению существующих систем теплоснабжения в г. Магнитогорск.

Результаты расчета показателей надёжности потребителей тепловой энергии представлены в таблице 21. В таблице представлены минимальные и максимальные показатели вероятности безотказной работы потребителя для каждого источника тепловой энергии, а также количество потребителей, для которых данный показатель ниже нормированного.

На рисунках 33-35 показаны зоны ненормативной надежности теплоснабжения потребителей, выделенные красным цветом.

Таблица 21 Расчет вероятности безотказной работы потребителей

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей		Количество потребителей, значение вероятности безотказного теплоснабжения которых ниже нормированного
		Min	Max	
1	ТЭЦ ПАО «ММК»	0.670246	1	230
2	ЦЭС ПАО «ММК»	0.747946	1	215
3	ПСЦ (котельная №5)	-	-	-
4	Пиковая котельная	0.780943	0.997241	96
5	Центральная котельная	0.967309	1	0
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	0.900236	0.999854	0
7	Котельная «Западная»	0.998636	1	0
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	0.991262	1	0
9	Котельная в 71 квартале	1	1	0
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	0.964891	1	0
11	Котельная пос. Приуральский	0.969332	1	0
12	Котельная Правобережных очистных сооружений	0.998849	1	0
13	Котельная «Восточная»	1	1	0
14	Котельная «Школьная»	1	1	0
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	1	1	0
16	Котельная «Заготовительная»	1	1	0
17	Котельная «Менжинского»	1	1	0
18	Котельная «Бестужева»	1	1	0
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	1	1	0
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	1	1	0
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	1	1	0
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	1	1	0

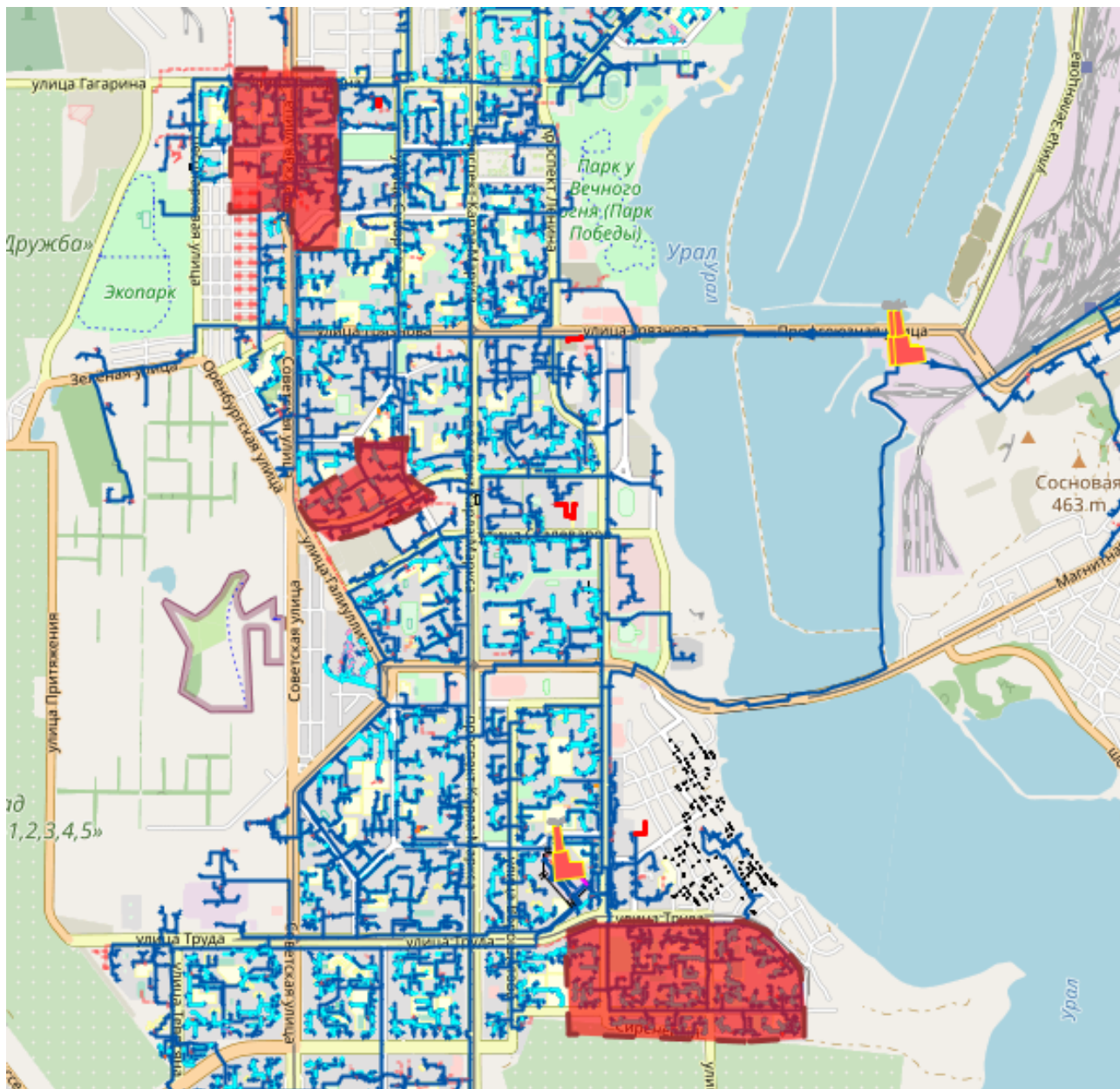


Рисунок 33 Зоны ненормативной надежности ТЭЦ ПАО «ММК»

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 удовлетворят 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. Результаты расчета коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки приведены в таблице 22.

Таблица 22. Коэффициент готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки

№ п/п	Наименование системы теплоснабжения	Коэффициент готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки	
		2025 г.	2034 г.
1	ТЭЦ ПАО «ММК»	0,928149	0,940193
2	ЦЭС ПАО «ММК»	0,880858	0,929966
3	ПСЦ (котельная №5)	-	-
4	Пиковая котельная	0,828168	0,933330
5	Центральная котельная	0,949529	0,973516

№ п/п	Наименование системы теплоснабжения	Коэффициент готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки	
		2025 г.	2034 г.
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	0,987010	0,951377
7	Котельная «Западная»	0,998402	0,959240
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	0,996712	0,919453
9	Котельная в 71 квартале	0,999791	0,994471
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	0,995156	0,991243
11	Котельная пос. Приуральский	0,997079	0,927824
12	Котельная Правобережных очистных сооружений	0,998231	0,955065
13	Котельная «Восточная»	0,999694	0,991944
14	Котельная «Школьная»	0,999822	0,993138
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	0,999995	0,999874
16	Котельная «Заготовительная»	0,999897	0,997270
17	Котельная «Менжинского»	0,999984	0,999570
18	Котельная «Бестужева»	0,999989	0,999599
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	0,99999	0,99999
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	0,99999	0,99999
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/8	0,99999	0,99999
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	0,99999	0,99999

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 по источникам теплоснабжения г. Магнитогорск приведены в таблице 23.

Средний суммарный недоотпуск тепловой энергии j-тому потребителю в течение отопительного периода должен определяться по формуле, Гкал:

$$\bar{Q}_j = \left(\theta_j^p - \sum_{f=0} p_f q_{i,j} \right) \times (\tau_1^p - \tau_2^p) \times \frac{t_j^{в.р} - t^{н.ср}}{t_j^{в.р} - t^{н.р}} \tau^{от}$$

где,

θ_j^p - расчетный при $t^{н.р}$ часовой расход теплоносителя у j-того потребителя, т/ч;

$\theta_{i,j}$ - часовой расход теплоносителя у j-того потребителя при отказе f-того участка тепловой сети, т/ч;

τ_1^p - расчетная температура теплоносителя при температуре наружного воздуха равной $t^{н.р}$ в подающем теплопроводе тепловой сети, °С;

τ_2^p - расчетная температура теплоносителя при температуре наружного воздуха равной $t^{н.р}$ в обратном теплопроводе тепловой сети, °С.

Таблица 23. Недоотпуск тепловой энергии на отопление в системе теплоснабжения

№ п/п	Наименование источника теплоснабжения	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от. период
1	ТЭЦ ПАО «ММК»	49152.01
2	ЦЭС ПАО «ММК»	41400.85
3	ПСЦ (котельная №5)	-
4	Пиковая котельная	115256,64
5	Центральная котельная	5730,56
6	Котельная пос. «Железнодорожников»	471,33
7	Котельная «Западная»	7,83
8	Блочно-модульная котельная пос. «Цементный»	28,42
9	Котельная в 71 квартале	0,42
10	Котельная Левобережных очистных сооружений	27,00
11	Котельная пос. Приуральский	27,86
12	Котельная Правобережных очистных сооружений	2,99
13	Котельная «Восточная»	0,71
14	Котельная «Школьная»	0,22
15	Котельная МДОУ «Д/с №28»	0,01
16	Котельная «Заготовительная»	0,03
17	Котельная «Менжинского»	0,01
18	Котельная «Бестужева»	103,75
19	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая 93/1 стр. 1	-
20	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/9	-
21	Котельная ООО "Домовой-тепло" по ул. Лесопарковая, 93/8	-
22	Котельная «Магнитогорского психоневрологического интерната (МПНИ)»	-

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 значительно увеличивает надежность системы теплоснабжения. В разработанной схеме теплоснабжения г. Магнитогорск предусмотрен комплекс мероприятий по замене физически и морально устаревшего оборудования источников теплоснабжения. Подробное описание данных мероприятий приведено в Главе 7. 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 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 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.

6.4. Резервирование тепловых сетей смежных районов города

В соответствии со СНиП 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, м^3 ; c - теплоемкость воды, $\text{ккал}/(\text{ч} \cdot \text{°C})$; ρ - 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 24. 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 24. Допустимое снижение подачи теплоты для потребителей второй и третьей категорий в % нормативной величины при аварийных режимах теплоснабжения

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

С целью повышения надежности теплоснабжения потребителей предлагается выполнить строительство переемычки между тепловыми сетями (Таблица 25).

Таблица 25. Мероприятия по повышению надежности теплоснабжения тепловых сетей МП трест "Теплофикация"

№ про-екта	Источ-ник	Наименование мероприя-тия	Протяжен-ность участка в 2х тр. пр. , м	Год строи-тельства / рекон-струкции	Перспек-тивный условный диаметр, мм	Вид про-кладки тепловой сети	Теплоизо-ляционный материал	Затраты без НДС, тыс.руб. в ценах года реализа-ции	Источник финанси-рования
001.02.0 3.066	Пиковая котель-ная	Строительство тепло-трассы 2Ду300мм - II группового ввода тепло-вых сетей в 148 мкр. от УТ-216 по пр. К.Маркса и внутриквартальной тепло-трассы 2Ду300мм - пере-мычки между I и II тепло-выми вводами в 148 мкр. Lк=406.15м	406,15	2034	300	подземная канальная	ППУ	37 415,24	Собствен-ные сред-ства

6.5. Устройство резервных насосных станций

Установка резервных насосных станций не требуется.

6.6. Установка баков-аккумуляторов

Повышению надежности функционирования систем теплоснабжения в определенной мере способствует применение теплогидроаккумулирующих установок, наличие которых позволяет оптимизировать тепловые и гидравлические режимы тепловых сетей, а также использовать аккумулирующие свойства отапливаемых зданий. Теплоинерционные свойства зданий учитываются МДС 41-6.2000 «Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального тепло-снабжения в городах и населенных пунктах РФ» при определении расчетных расходов на горячее водоснабжение при проектировании систем теплоснабжения из условий темпов остывания зданий при авариях.

Размещение баков-аккумуляторов горячей воды возможно как на источнике теплоты, так и в районах теплоснабжения. При этом на источнике теплоты предусматриваются баки-аккумуляторы вместимостью не менее 25 % общей расчетной вместимости системы. Внутренняя поверхность баков защищается от коррозии, а вода в них – от аэрации, при этом предусматривается непрерывное обновление воды в баках.

Для открытых систем теплоснабжения, а также при отдельных тепловых сетях на горячее водоснабжение предусматриваются баки-аккумуляторы химически обработанной и деаэрированной подпиточной воды расчетной вместимостью, равной десятикратной величине среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение.

В закрытых системах теплоснабжения на источниках теплоты мощностью 100 МВт и более предусматривается установка баков запаса химически обработанной и деаэрированной

подпиточной воды вместимостью 3 % объема воды в системе теплоснабжения, при этом обеспечивается обновление воды в баках.

Число баков независимо от системы теплоснабжения принимается не менее двух по 50 % рабочего объема.

В системах центрального теплоснабжения (СЦТ) с теплопроводами любой протяженности от источника теплоты до районов теплопотребления допускается использование теплопроводов в качестве аккумулирующих емкостей.

Таким образом, структура систем теплоснабжения должна соответствовать их масштабности и сложности. Если надежность небольших систем обеспечивается при радиальных схемах тепловых сетей, не имеющих резервирования и узлов управления, то тепловые сети крупных систем теплоснабжения должны быть резервированными, а в местах сопряжения резервируемой и нерезервируемой частей тепловых сетей должны иметь автоматизированные узлы управления. Это позволяет преодолеть противоречие между «ненадежной» структурой тепловых сетей и требованиями к их надежности и обеспечить управляемость системы в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах, а также подачу потребителям необходимых количеств тепловой энергии во время аварийных ситуаций.

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

Представлен метод и результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения.

Представлен метод и результаты 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.

Приведены результаты оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам, результаты оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки и результаты оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии.

Изменений в результатах расчета вероятности безотказной работы тепловых сетей не выявлено. В базовой версии и проекте актуализируемой Схемы теплоснабжения вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя на период до 2034 года выше нормативной величины, требуемой в СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя должна быть больше или равной 0,9).

Раздел 8. Моделирование запроектных режимом работы систем теплоснабжения, связанные аварийными ситуациями на основных тепломагистралях базовых источников тепловой энергии и с аварийным останом базовых источников тепловой энергии на длительное время при погодных условиях, близких к расчетным

С использованием данных о теплоаккумулирующей способности объектов теплоснабжения (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:

$$t_b = t_n + \frac{Q_0}{q_0 V} + \frac{t'_b - t_n - \frac{Q_0}{q_0 V}}{\exp(z/\beta)}$$

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_0 - подача теплоты в помещение, Дж/ч; $q_0 V$ - удельные расчетные тепловые потери здания, Дж/(ч×°С); β - коэффициент аккумуляции помещения (здания), ч.

Для расчета времени снижения температуры в жилом здании до +12 °С при внезапном прекращении теплоснабжения эта формула при $Q_0 / (q_0 V) = 0$ имеет следующий вид:

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

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. Магнитогорск при коэффициенте аккумуляции жилого здания $\beta=50$ часов приведён в таблице 26.

Для анализа аварийных режимов работы тепловых сетей от источников теплоснабжения г. Магнитогорск в электронной модели были смоделированы случаи прекращения подачи тепловой энергии по основным тепловым магистралям от крупных источников теплоснабжения.

Таблица 26. Время снижения температуры внутри отапливаемого помещения

Температура наружного воздуха, °С	Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12 °С
8	54,05
3	31,61
-2	21,31
-7	16,81
-12	13,40
-17	11,43

Температура наружного воздуха, °С	Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12 °С
-22	9,65
-27	8,60
-33	7,24

8.1. ЦЭС ПАО «ММК»

8.1.1. Моделирование аварийной ситуации на магистральных тепловых выводах ЦЭС ПАО «ММК»

ЦЭС ПАО «ММК» имеет 2 магистральных тепловых вывода диаметром 700 мм, которые обеспечивают теплоснабжением потребителей в северной части города.

Для моделирования аварийной ситуации на магистральном тепловом выводе от ЦЭС ПАО «ММК» было выполнено отключение головного участка тепловой магистрали, приведенного на рисунке 36.

Результаты расчета показывают, что пропускной способности второго магистрального трубопровода будет достаточно для обеспечения тепловой энергией потребителей, подключенных к ЦЭС ПАО «ММК». При этом температура внутреннего воздуха у потребителей не опустится ниже 14 °С, а давление в обратном трубопроводе не превышает допустимых значений.

Также следует отметить, что магистральные тепловые сети ЦЭС ПАО «ММК» имеют переключки диаметром 300-500 мм с магистральными тепловыми сетями ТЭЦ ПАО «ММК» для резервирования отдельных кварталов г. Магнитогорск при аварийных ситуациях внутри их зоны теплоснабжения.

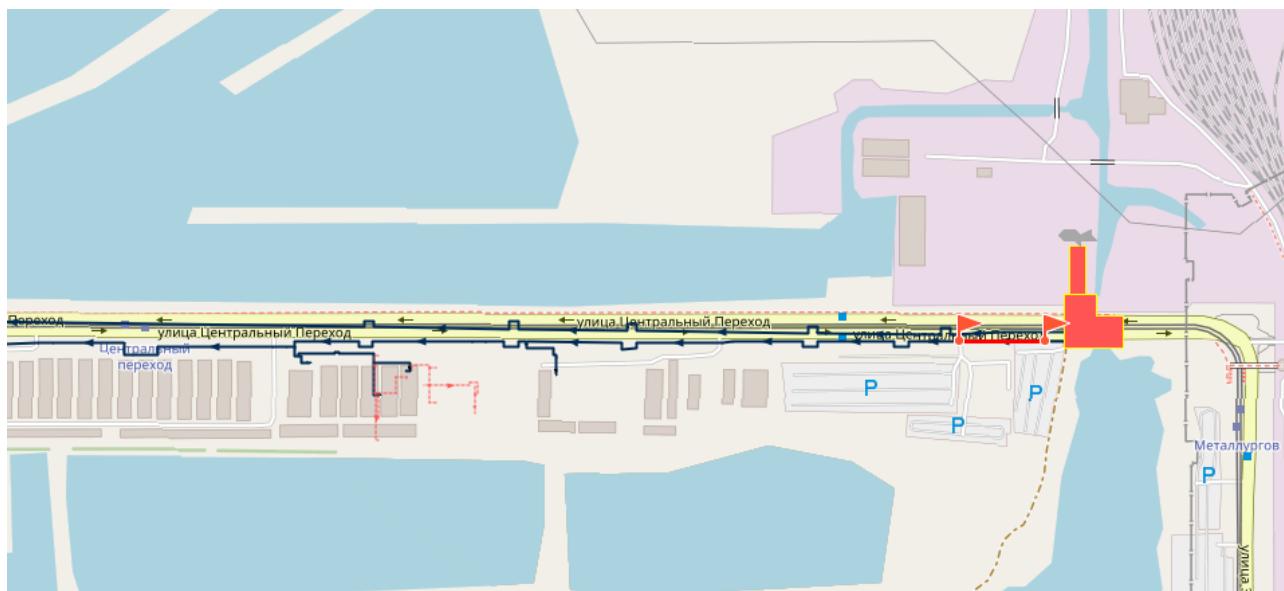


Рисунок 36. Отключаемый участок на магистральном тепловом выводе

8.1.2. Моделирование аварийной ситуации на источнике теплоснабжения ЦЭС ПАО «ММК»

При аварийной ситуации на ЦЭС ПАО «ММК» присутствует возможность переключения нагрузок теплоснабжения на ТЭЦ ПАО «ММК».

8.2. ТЭЦ ПАО «ММК»

8.2.1. Моделирование аварийной ситуации на магистральных тепловых выводах ТЭЦ ПАО «ММК»

ТЭЦ ПАО «ММК» имеет 3 магистральных тепловых вывода:

- Ду 1000 мм для теплоснабжения потребителей в южной части г. Магнитогорск;
- 2 Ду 700 мм для теплоснабжения потребителей в центральной части г. Магнитогорск;

Для моделирования аварийной ситуации на магистральном тепловом выводе Ду 1000 мм было выполнено отключение головного участка тепловой магистрали, приведенного на рисунке 37. Магистральные тепловые сети ТЭЦ ПАО «ММК» имеют перемычки диаметром 700-1000 мм с магистральными тепловыми сетями котельной Пиковая.

Результаты расчета показывают, что пропускной способности магистральных тепловых сетей котельной Пиковая будет достаточно для обеспечения тепловой энергией потребителей, подключенных к магистральному тепловому выводу Ду 1000 мм ТЭЦ ПАО «ММК» при аварии на нем. При этом температура внутреннего воздуха у потребителей не опустится ниже 15 °С, а давление в обратном трубопроводе не превышает допустимых значений.

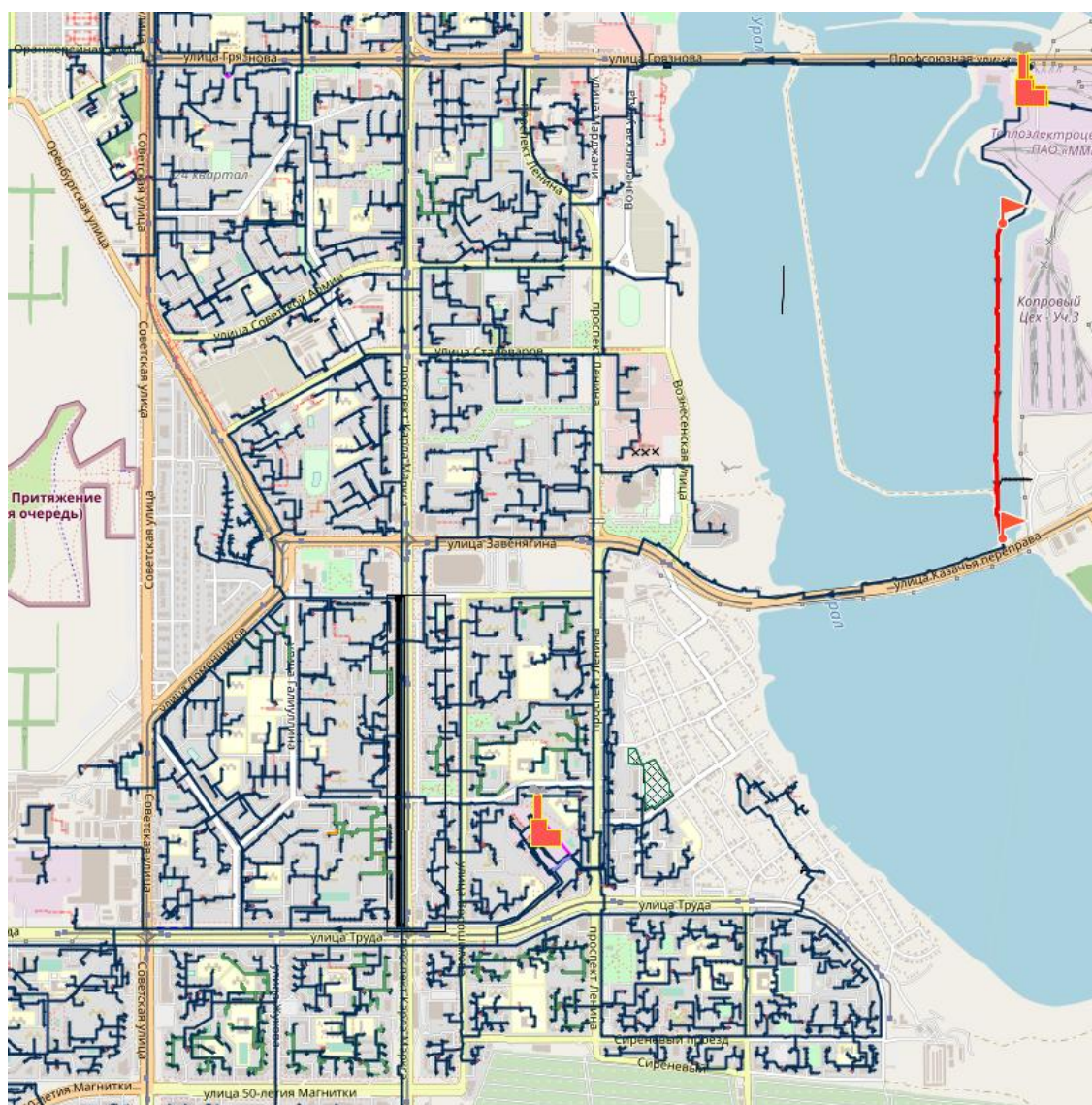


Рисунок 37. Отключаемый участок на магистральном тепловом выводе

Для моделирования аварийной ситуации на магистральном тепловом выводе Ду 700 мм от ТЭЦ ПАО «ММК» было выполнено отключение головного участка тепловой магистрали, приведенного на рисунке 38.

Результаты расчета показывают, что пропускной способности второго магистрального трубопровода будет достаточно для обеспечения тепловой энергией потребителей, подключенных к ТЭЦ ПАО «ММК». При этом температура внутреннего воздуха у потребителей не опустится ниже 12 °С, а давление в обратном трубопроводе не превышает допустимых значений.

Также следует отметить, что магистральные тепловые сети ТЭЦ ПАО «ММК» имеют перемычки диаметром 200-700 мм с магистральными тепловыми сетями котельной Пиковая для резервирования отдельных кварталов г. Магнитогорск при аварийных ситуациях внутри их зоны теплоснабжения.

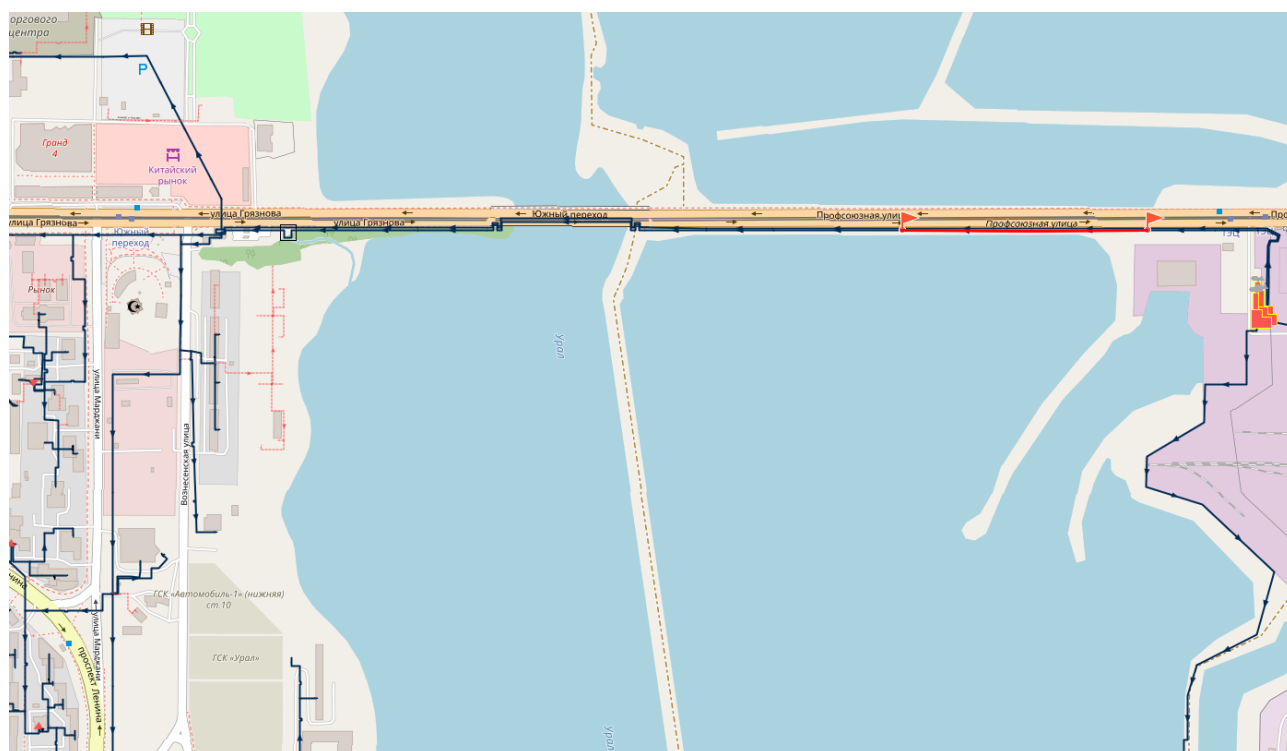


Рисунок 38. Отключаемый участок на магистральном тепловом выводе

8.2.2. Моделирование аварийной ситуации на источнике теплоснабжения ТЭЦ ПАО «ММК»

При аварийной ситуации на ТЭЦ ПАО «ММК» присутствует возможность переключения нагрузок теплоснабжения на другие источники г. Магнитогорск.