

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ОКРУГА
«ГОРОД КАЛИНИНГРАД» ДО 2035 ГОДА
(актуализация на 2023 год)**

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. Техничко-экономические показатели теплоснабжающих и теплосетевых организаций.

Часть 11. Цены (тарифы) в сфере теплоснабжения.

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

Часть 13. Экологическая безопасность теплоснабжения.

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

Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения.

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

Глава 5. Мастер-план развития систем теплоснабжения.

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

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

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

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

Глава 10. Перспективные топливные балансы.

Глава 11. Оценка надежности теплоснабжения.

Глава 12. Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию, техническое перевооружение 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
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
СОКРАЩЕНИЯ	8
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	9
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	11
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 .	12
3.1. Результаты расчета вероятности безотказной работы трубопроводов	12
3.2. Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения потребителей	36
Раздел 4. Обоснование результатов оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки	42
Раздел 5. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения	43
5.1. Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих нормативную готовность энергетического оборудования.....	43
5.2. Установка резервного оборудования	43
5.3. Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть.....	43
5.4. Резервирование тепловых сетей смежных районов	44
5.5. Устройство резервных насосных станций.....	48
5.6. Установка баков-аккумуляторов	48
Раздел 6. Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей, и сооружений на них	48
Раздел 7. Анализ аварийных режимов работы тепловых сетей.....	49
7.1. Расчет предельного времени устранения аварий на тепловых сетях.....	49
7.2. Моделирование аварии на магистральном тепловом выводе ТЭЦ-1	50
7.3. Моделирование аварии на магистральном тепловом выводе ТЭЦ-2	51

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

Термины	Определения
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 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

Термины	Определения
	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 – редукиционно-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

Статистика повреждений тепловых сетей от источников теплоснабжения ГО «Город Калининград» за 2021 г. без учета повреждений, выявленных при гидравлических испытаниях, приведены в табл. 1.1.1.

Таблица 1.1.1. Статистика отказов тепловых сетей (аварийных ситуаций) за последние 5 лет на территории ГО «Город Калининград»

№ п/п	Наименование показателя	Количество отказов участков тепловых сетей в зоне действия источника тепловой энергии, ед.				
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
1	АО "Интер РАО – Электрогенерация" в зоне действия источника: ТЭЦ-2 (переулок Энергетиков, 2)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
2	АО "Калининградская генерирующая компания" в зоне действия источника: ТЭЦ-1 (Правая набережная, 10а)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
3	АО "Калининградская генерирующая компания" в зоне действия источника: РТС Южная (ул. Киевская д.21)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
4	ООО "ТПК "Балтптицепром" в зоне действия источника: Котельная ООО "ТПК "Балтптицепром" (мкр. А.Космодемьянского)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
5	МП "Калининградтеплосеть" в зоне действия ЕТО (источники № п.п. 1-51 по таблице 1.1.2)					
	Всего, в т.ч.:	55	62	91	53	54
	в отопительный период	22	24	49	14	18
	в межотопительный период, в т.ч.:	32	35	39	37	36
	во время гидравлических испытаний	1	3	3	2	0
6	АО "Молоко" в зоне действия источника: Котельная АО "Молоко" (ул. Камская, 65)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
7	ООО "БалтРыбПром" в зоне действия источника: Котельная ООО "БалтРыбПром" (ул. Солдатская,7)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
8	АО Институт "Запводпроект" в зоне действия источника: Котельная АО Институт "Запводпроект" (Проспект Мира, 136к1)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
9	ООО "Комфорт сервис" в зоне действия источника: Котельная ООО "Комфорт сервис" (ул. Красносельская, 76)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0

№ п/п	Наименование показателя	Количество отказов участков тепловых сетей в зоне действия источника тепловой энергии, ед.				
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
10	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 71)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
11	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 73)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
12	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 75)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
13	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 77)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
14	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 79)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
15	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 81)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
16	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 83)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
17	ОАО "РЖД" в зоне действия источника: Котельная ОАО "РЖД" (ул. Суворова, 1а)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
18	АО "Кварц" в зоне действия источника: Котельная АО "Кварц" (ул. Мусоргского, 10)					
	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	в отопительный период	0	0	0	0	0
	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
	во время гидравлических испытаний	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

Статистика восстановлений (аварийно-восстановительных ремонтов) тепловых сетей и среднее время, затраченное на восстановление работоспособности тепловых сетей для источников теплоснабжения ГО «Город Калининград» за 2021 г. представлена в таблице 2.1.1.

Таблица 1.1.2. Среднее время, затраченное на восстановление работоспособности тепловых сетей

№ п/п	Среднее время восстановления участков тепловых сетей в зоне действия источника тепловой энергии, ч				
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
1	АО "Интер РАО – Электрогенерация" в зоне действия источника: ТЭЦ-2 (переулок Энергетиков, 2)				
	0	0	0	0	0
2	АО "Калининградская генерирующая компания" в зоне действия источника: ТЭЦ-1 (Правая набережная, 10а)				
	0	0	0	0	0
3	АО "Калининградская генерирующая компания" в зоне действия источника: РТС Южная (ул. Киевская д.21)				
	0	0	0	0	0
4	ООО "ТПК "Балтптицепром" в зоне действия источника: Котельная ООО "ТПК "Балтптицепром" (мкр. А.Космодемьянского)				
	0	0	0	0	0
5	МП "Калининградтеплосеть" в зоне действия ЕТО (источники № п.п. 1-51 по таблице 1.1.2)				
	14	13	13	10	9
6	АО "Молоко" в зоне действия источника: Котельная АО "Молоко" (ул. Камская, 65)				
	0	0	0	0	0
7	ООО "БалтРыбПром" в зоне действия источника: Котельная ООО "БалтРыбПром" (ул. Солдатская, 7)				
	0	0	0	0	0
8	АО Институт "Запводпроект" в зоне действия источника: Котельная АО Институт "Запводпроект" (Проспект Мира, 136к1)				
	0	0	0	0	0
9	ООО "Комфорт сервис" в зоне действия источника: Котельная ООО "Комфорт сервис" (ул. Красносельская, 76)				
	0	0	0	0	0
10	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 71)				
	0	0	0	0	0
11	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 73)				
	0	0	0	0	0
12	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 75)				
	0	0	0	0	0
13	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 77)				
	0	0	0	0	0
14	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 79)				
	0	0	0	0	0
15	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 81)				
	0	0	0	0	0
16	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 83)				
	0	0	0	0	0
17	ОАО "РЖД" в зоне действия источника: Котельная ОАО "РЖД" (ул. Суворова, 1а)				
	0	0	0	0	0
18	АО "Кварц" в зоне действия источника: Котельная АО "Кварц" (ул. Мусоргского, 10)				
	0	0	0	0	0

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 трубопроводов

3.1.1. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТЭЦ-1 до ТК1-28-5 на 2022 г.

На рисунке 3.1.1 приведена трассировка теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя. В таблице 3.1.1 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 3.1.2 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 ниже нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$). Основное снижение вероятности безотказной работы до значения ниже нормативного происходит из-за большой протяженности тепломагистрали, значительного срока эксплуатации тепловой сети и отсутствия резервирующих трубопроводов.

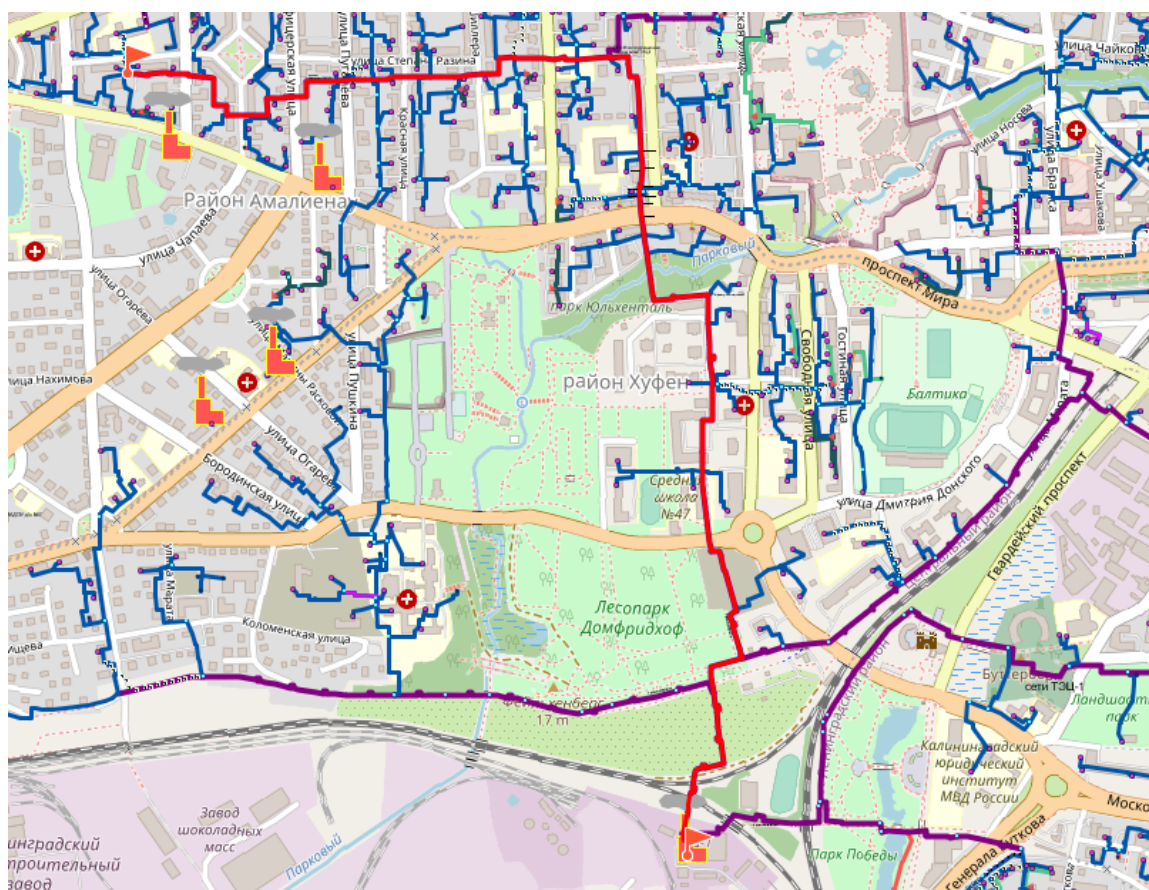


Рис. 3.1.1. Путь движения теплоносителя от ТЭЦ-1 до ТК1-28-5

Таблица 3.1.1

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов тепло-снабжения накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
1	ТЭЦ-1	ТК-1	0,62	41	0,0000057	27,75	0,000000	0,000000	1,000000
2	ТК-1	Сужение 600 - 500	0,62	19	0,0000057	27,75	0,000000	0,000000	1,000000
3	Сужение 600 - 500	Шайба 1 и 2 маг	0,52	13	0,0000057	26,76	0,000000	0,000000	1,000000
4	Шайба 1 и 2 маг	Увеличение диаметра 500 - 600	0,52	12	0,0000057	26,76	0,000000	0,000000	1,000000
5	Увеличение диаметра 500 - 600	ТК1-1	0,62	12	0,0000057	27,75	0,000000	0,000001	1,000000
6	ТК1-1	ТК1-2	0,62	102	0,0000057	27,75	0,000001	0,000001	1,000000
7	ТК1-2	Точка А	0,62	16	0,0000057	27,75	0,000000	0,000001	1,000000
8	Точка А	ТК1-3	0,62	104	0,0000057	27,75	0,000001	0,000002	0,999999
9	ТК1-3	ТК1-4	0,62	89	0,0000057	27,75	0,000001	0,000002	0,999999
10	ТК1-4	ТК 1-5	0,62	120	0,0000057	27,75	0,000001	0,000003	0,999999
11	ТК 1-5	Задвижка ТК1-5а	0,62	9	0,0000057	27,75	0,000000	0,000003	0,999999
12	Задвижка ТК1-5а	ТК 1-5а	0,62	1	0,0000057	27,75	0,000000	0,000003	0,999999
13	ТК 1-5а	т. Н	0,41	11	0,0000057	21,18	0,000000	0,000003	0,999999
14	т. Н	смена года прокладки	0,41	69	0,0724290	21,18	0,004998	0,005001	0,998445
15	смена года прокладки	смена года прокладки	0,41	3	0,0000079	21,18	0,000000	0,005001	0,998445
16	смена года прокладки	отв. на сливной колодец	0,41	17	0,0000079	21,18	0,000000	0,005001	0,998445
17	отв. на сливной колодец	отв. на Донского 19	0,41	5	0,0000079	21,18	0,000000	0,005001	0,998445
18	отв. на Донского 19	Вход в проходной канал	0,41	77	0,0000079	21,18	0,000001	0,005002	0,998444
19	Вход в проходной канал	выход из проходного канала	0,41	29	0,0000079	21,18	0,000000	0,005002	0,998444
20	выход из проходного канала	смена года прколдаки 2	0,41	29	0,0000079	21,18	0,000000	0,005002	0,998444
21	смена года прколдаки 2	ТК 1-8	0,41	155	0,0000057	21,18	0,000001	0,005003	0,998444
22	ТК 1-8	ТК 1-8а	0,41	37	0,0000065	21,18	0,000000	0,005003	0,998444
23	ТК 1-8а	ТК 1-9 (сооружения нет)	0,41	151	0,0000065	21,18	0,000001	0,005004	0,998444
24	ТК 1-9 (сооружения нет)	т. АК	0,41	31	0,0000065	21,18	0,000000	0,005004	0,998443
25	т. АК	ТК ID 12565	0,41	98	3,4174314	20,86	0,335592	0,340596	0,895803
26	ТК ID 12565	ТК 1-10	0,41	9	3,4174314	21,18	0,030928	0,371524	0,887187
27	ТК 1-10	ID 12611	0,41	48	3,4174314	21,18	0,164891	0,536415	0,841694
28	ID 12611	ТК 1-11	0,41	116	3,4174314	21,18	0,395294	0,931709	0,738225
29	ТК 1-11	ID 23267	0,41	93	3,4174314	21,18	0,316352	1,248061	0,665598
30	ID 23267	перемычка с задвижкой	0,41	36	3,4174314	21,18	0,123028	1,371088	0,640133
31	перемычка с задвижкой	ТК 1-12	0,41	1	3,4174314	21,18	0,002085	1,373173	0,639718
32	ТК 1-12	Задвижка 3 ТК 1-12	0,36	1	3,4174314	19,11	0,003417	1,376590	0,639104
33	Задвижка 3 ТК 1-12	ТК1-13	0,36	76	3,4174314	19,11	0,260613	1,637204	0,592373
34	ТК1-13	ТК1-14	0,36	81	3,4174314	19,11	0,276675	1,913879	0,546389
35	ТК1-14	ТК1-15	0,31	17	3,4174314	16,44	0,058472	1,972351	0,538677

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
36	TK1-15	Точка Б	0,31	172	3,4174314	16,44	0,587012	2,559363	0,462343
37	Точка Б	TK 1-16	0,31	51	3,4174314	16,44	0,175588	2,734951	0,442746
38	TK 1-16	TK 1-17	0,31	64	3,4174314	16,44	0,218100	2,953051	0,419436
39	TK 1-17	TK 1-18	0,31	127	3,4174314	16,44	0,434561	3,387612	0,375435
40	TK 1-18	отв. 23	0,31	32	3,4174314	16,44	0,108845	3,496457	0,365571
41	отв. 23	ID 14831	0,31	49	3,4174314	16,44	0,168958	3,665415	0,350660
42	ID 14831	ID 14835	0,31	13	3,4174314	16,44	0,043162	3,708577	0,347007
43	ID 14835	ID 14837	0,31	30	3,4174314	16,44	0,103651	3,812228	0,338324
44	ID 14837	ID 14839	0,31	13	3,4174314	16,44	0,042889	3,855117	0,334821
45	ID 14839	TK1-19	0,31	14	3,4174314	16,44	0,046409	3,901525	0,331070
46	TK1-19	TK1-20	0,26	47	3,4174314	13,86	0,159355	4,060880	0,320335
47	TK1-20	TK1-21	0,26	73	3,4174314	13,86	0,248550	4,309430	0,304134
48	TK1-21	TK1-22	0,26	37	3,4174314	13,86	0,128051	4,437481	0,296209
49	TK1-22	Задвижка 1 TK1-22	0,26	1	3,4174314	13,86	0,003417	4,440899	0,296003
50	Задвижка 1 TK1-22	отв. к ул. Пугачева, 16	0,26	40	0,0000065	13,86	0,000000	4,440899	0,296003
51	отв. к ул. Пугачева, 16	TK1-23	0,26	33	0,0000065	13,86	0,000000	4,440899	0,296003
52	TK1-23	TK1-24	0,26	57	0,0000057	13,86	0,000000	4,440899	0,296003
53	TK1-24	т. О	0,26	69	0,0000057	13,86	0,000000	4,440900	0,296003
54	т. О	отв. к ул. Офицерская, 9	0,26	29	0,0000057	13,86	0,000000	4,440900	0,296003
55	отв. к ул. Офицерская, 9	TK 1-25	0,26	13	0,0000057	13,86	0,000000	4,440900	0,296003
56	TK 1-25	ID 15539	0,31	33	0,0000057	16,44	0,000000	4,440900	0,296003
57	ID 15539	TK 1-26	0,31	30	0,0000057	16,44	0,000000	4,440900	0,296003
58	TK 1-26	TK1-27	0,26	48	0,0000057	13,86	0,000000	4,440901	0,296003
59	TK1-27	TK1-28	0,26	117	0,0000069	13,86	0,000001	4,440901	0,296003
60	TK1-28	Задвижка 1 TK1-28	0,26	1	0,0000069	13,86	0,000000	4,440901	0,296003
61	Задвижка 1 TK1-28	TK1-28-1	0,26	31	0,0000069	13,86	0,000000	4,440902	0,296003
62	TK1-28-1	ID 15711	0,26	44	0,0000069	13,86	0,000000	4,440902	0,296003
63	ID 15711	TK1-28-3	0,26	7	0,0000057	13,86	0,000000	4,440902	0,296003
64	TK1-28-3	ID 15719	0,26	58	0,0000057	13,86	0,000000	4,440902	0,296003
65	ID 15719	TK1-28-5	0,26	23	0,0000069	13,86	0,000000	4,440902	0,296003

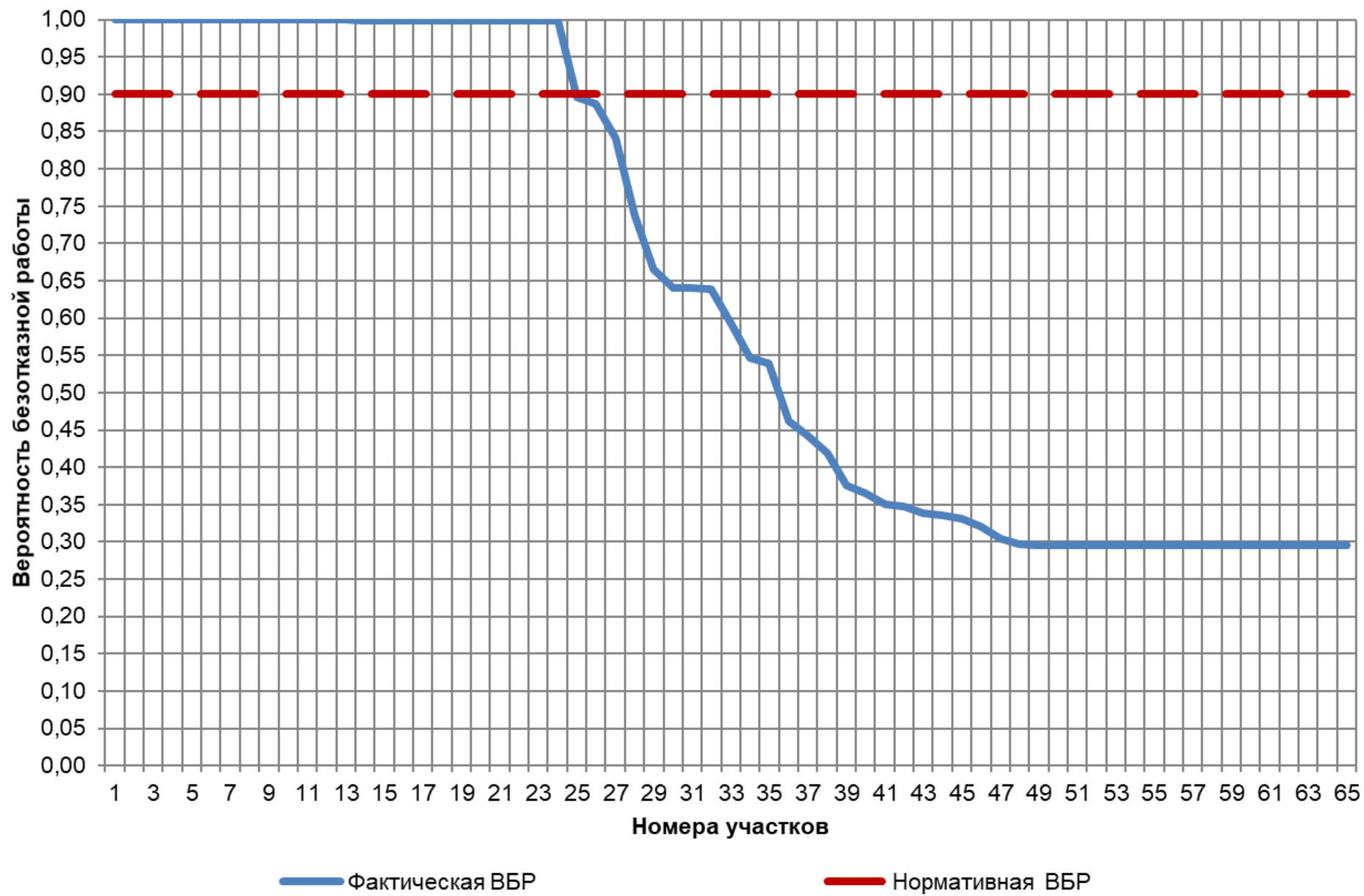


Рис. 3.1.2. Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя

3.1.2. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТЭЦ-1 до ЦТП Димитрова на 2022 г.

На рисунке 3.1.3 приведена трассировка теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя. В таблице 3.1.2 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 3.1.4 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 ниже нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$). Основное снижение вероятности безотказной работы до значения ниже нормативного происходит из-за большой протяженности тепломагистрали, значительного срока эксплуатации тепловой сети и отсутствия резервирующих трубопроводов.

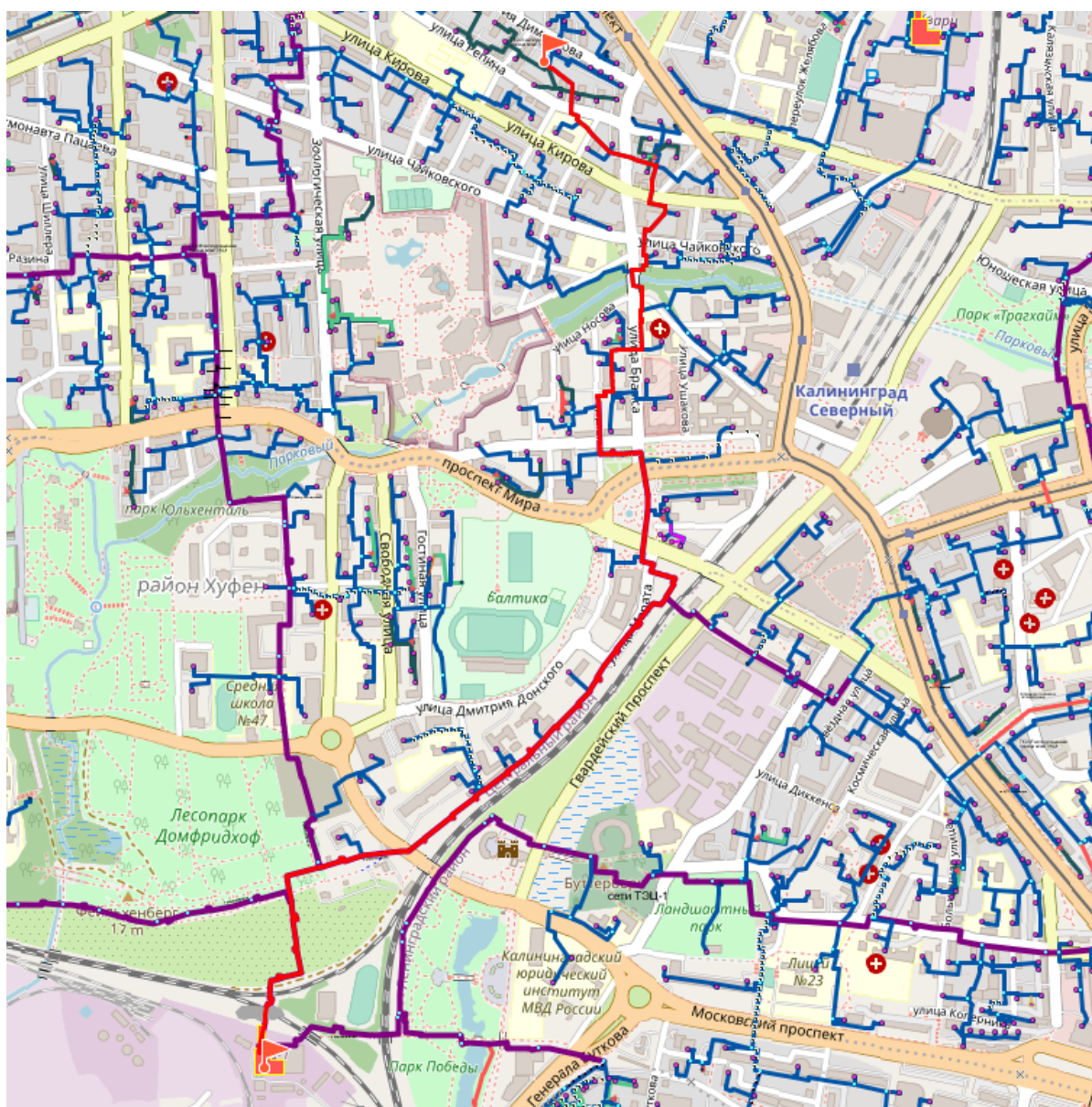


Рис. 3.1.3. Путь движения теплоносителя от ТЭЦ-1 до ЦТП Димитрова

Таблица 3.1.2

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
1	ТЭЦ-1	ТК-1	0,62	41	0,0000057	27,75	0,000000	0,000000	0,999995
2	ТК-1	Сужение 600 - 500	0,62	19	0,0000057	27,75	0,000000	0,000000	0,999993
3	Сужение 600 - 500	Шайба 1 и 2 маг	0,52	13	0,0000057	26,76	0,000000	0,000000	0,999992
4	Шайба 1 и 2 маг	Увеличение диаметра 500 - 600	0,52	12	0,0000057	26,76	0,000000	0,000000	0,999991
5	Увеличение диаметра 500 - 600	ТК1-1	0,62	12	0,0000057	27,75	0,000000	0,000001	0,999989
6	ТК1-1	ТК1-2	0,62	102	0,0000057	27,75	0,000001	0,000001	0,999978
7	ТК1-2	Точка А	0,62	16	0,0000057	27,75	0,000000	0,000001	0,999976
8	Точка А	ТК1-3	0,62	104	0,0000057	27,75	0,000001	0,000002	0,999965
9	ТК1-3	ТК1-4	0,62	89	0,0000057	27,75	0,000001	0,000002	0,999955
10	ТК1-4	ТК 1-5	0,62	120	0,0000057	27,75	0,000001	0,000003	0,999942
11	ТК 1-5	Задвижка ТК1-5	0,62	1	0,0000057	27,75	0,022333	0,022336	0,565775
12	Задвижка ТК1-5	ТК 2-1	0,41	94	0,0000092	21,18	0,000001	0,022337	0,565768
13	ТК 2-1	ТК2-2	0,41	90	0,0724290	21,18	0,006486	0,028823	0,511317
14	ТК2-2	ID 9971	0,41	209	0,0724290	21,18	0,015138	0,043962	0,396460
15	ID 9971	ТК 2-3	0,41	2	0,0724290	21,18	0,000141	0,044102	0,395633
16	ТК 2-3	ТК2-4	0,41	87	0,0724290	21,18	0,006270	0,050372	0,358823
17	ТК2-4	т.Д.3	0,41	80	0,0724290	21,18	0,005796	0,056168	0,327964
18	т.Д.3	ТК2-5	0,41	141	0,0000073	21,18	0,000001	0,056169	0,327959
19	ТК2-5	ТК2-6	0,41	266	0,0000073	21,18	0,000002	0,056171	0,327950
20	ТК2-6	Задвижка 1 ТК2-6	0,31	1	0,0000073	16,44	0,000000	0,056171	0,327950
21	Задвижка 1 ТК2-6	ТК2-7	0,31	133	0,0000073	16,44	0,000001	0,056172	0,327946
22	ТК2-7	ТК 2-8	0,31	89	0,0000073	16,44	0,000001	0,056173	0,327944
23	ТК 2-8	ТК 2-9	0,31	31	0,0000073	16,44	0,000000	0,056173	0,327943
24	ТК 2-9	ТК2-10	0,31	80	0,0000057	16,44	0,000000	0,056173	0,327941
25	ТК2-10	ТК2-11	0,31	34	0,0000057	16,44	0,000000	0,056174	0,327941
26	ТК2-11	ТК2-12	0,31	53	0,0000057	16,44	0,000000	0,056174	0,327939
27	ТК2-12	Задвижка 2 ТК2-12	0,31	1	0,0000164	16,44	0,000000	0,056174	0,327939
28	Задвижка 2 ТК2-12	ТК2-13	0,31	99	0,0000164	16,44	0,000002	0,056176	0,327933
29	ТК2-13	ТК2-13А	0,31	50	0,0000190	16,44	0,000001	0,056176	0,327930
30	ТК2-13А	ТК2-14	0,31	54	0,0000190	16,44	0,000001	0,056178	0,327926
31	ТК2-14	ТК2-14А	0,31	46	0,0000057	16,44	0,000000	0,056178	0,327925
32	ТК2-14А	ТК2-14Б	0,31	38	0,0000092	16,44	0,000000	0,056178	0,327923
33	ТК2-14Б	ТК 2-15	0,31	84	0,0000057	16,44	0,000000	0,056179	0,327922
34	ТК 2-15	Задвижка 2-15	0,31	1	0,0000057	16,44	0,000000	0,056179	0,327922
35	Задвижка 2-15	выход из земли	0,31	36	0,0000057	16,44	0,000000	0,056179	0,327921
36	выход из земли	ТК 2-16 камеры нет	0,31	54	0,0000057	16,44	0,000000	0,056179	0,327920

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
37	ТК 2-16 камеры нет	36726 вход в землю	0,31	21	0,0000057	16,44	0,000000	0,056179	0,327919
38	36726 вход в землю	ТК 2-17	0,31	15	0,0000057	16,44	0,000000	0,056179	0,327919
39	ТК 2-17	ТК 2-17а	0,26	8	0,0000057	13,86	0,000000	0,056179	0,327919
40	ТК 2-17а	вход в ул. Кирова, 7	0,21	109	0,0724290	11,28	0,007895	0,064074	0,307464
41	вход в ул. Кирова, 7	ТК2-18 (сооружения нет)	0,21	2	0,0724290	11,28	0,000145	0,064219	0,307112
42	ТК2-18 (сооружения нет)	выход из ул. Кирова, 7	0,21	9	0,0724290	11,28	0,000652	0,064871	0,305531
43	выход из ул. Кирова, 7	ТК2-19	0,21	32	0,0000143	11,28	0,000000	0,064871	0,305530
44	ТК2-19	ТК2-20	0,21	72	0,0000143	11,28	0,000001	0,064872	0,305527
45	ТК2-20	Задвижка 3 ТК2-20	0,15	1	0,0724290	8,59	0,000072	0,064945	0,305394
46	Задвижка 3 ТК2-20	ТК2-21	0,15	80	0,0724290	8,59	0,005794	0,070739	0,294737
47	ТК2-21	ТК 2-22	0,15	82	0,0724290	8,59	0,005939	0,076678	0,284195
48	ТК 2-22	ТК 2-23а	0,15	116	3,4174314	8,59	0,005939	0,076678	0,284195
49	ТК 2-23а	Задвижка ТК 2-23	0,15	32	3,4174314	8,59	0,005939	0,076678	0,284195
50	Задвижка ТК 2-23	ТК 2-23	0,15	1	3,4174314	8,59	0,005939	0,076678	0,284195
51	ТК 2-23	ЦТП Димитрова	0,15	7	3,4174314	8,59	0,005939	0,076678	0,284195

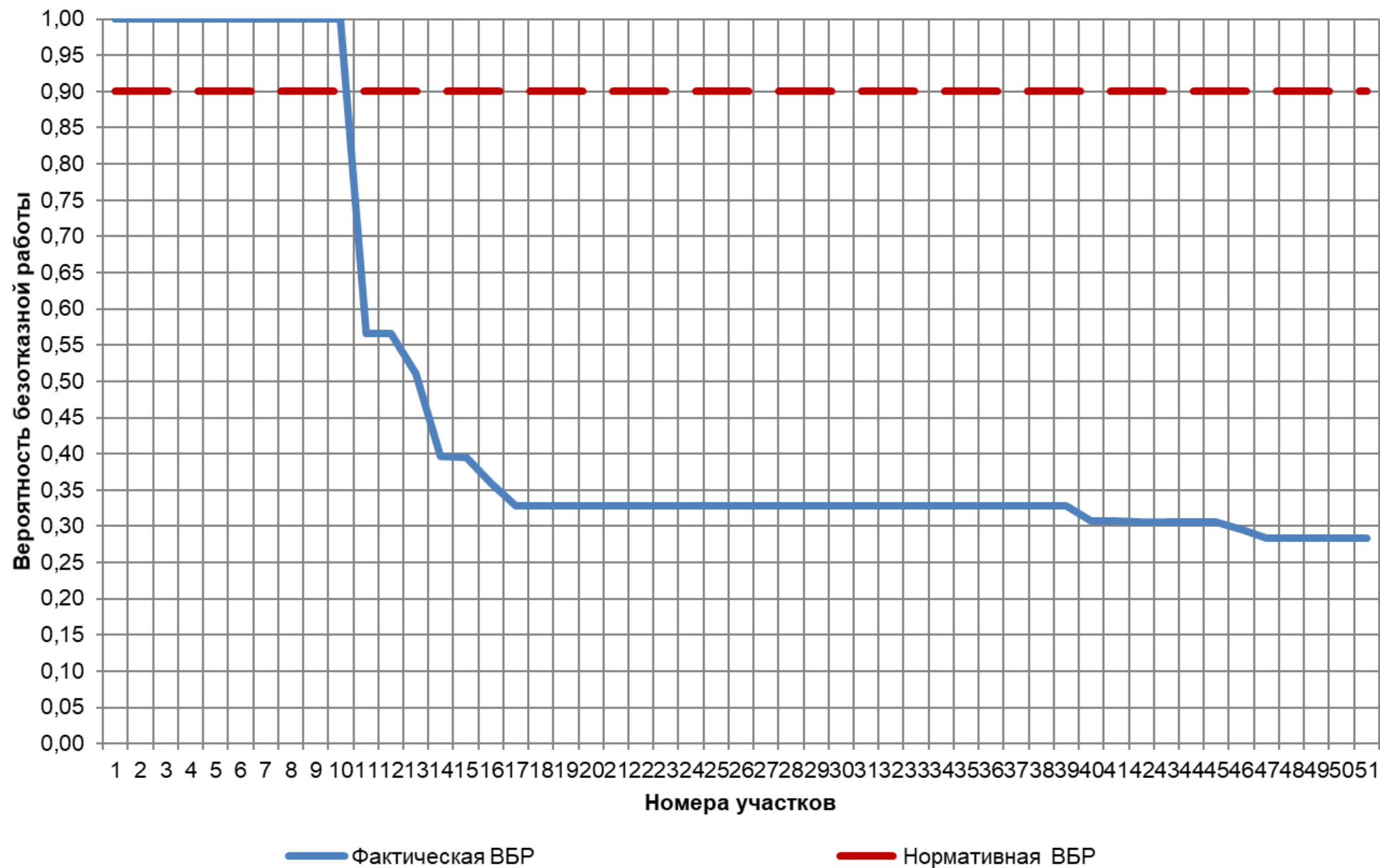


Рис. 3.1.4. Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя

3.1.3. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТЭЦ-2 до ТК 7-6 на 2022 г.

На рисунке 3.1.5 приведена трассировка теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя. В таблице 3.1.3 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 3.1.6 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 ниже нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$). Основное снижение вероятности безотказной работы до значения ниже нормативного происходит из-за большой протяженности тепломагистрали, значительного срока эксплуатации тепловой сети и отсутствия резервирующих трубопроводов.

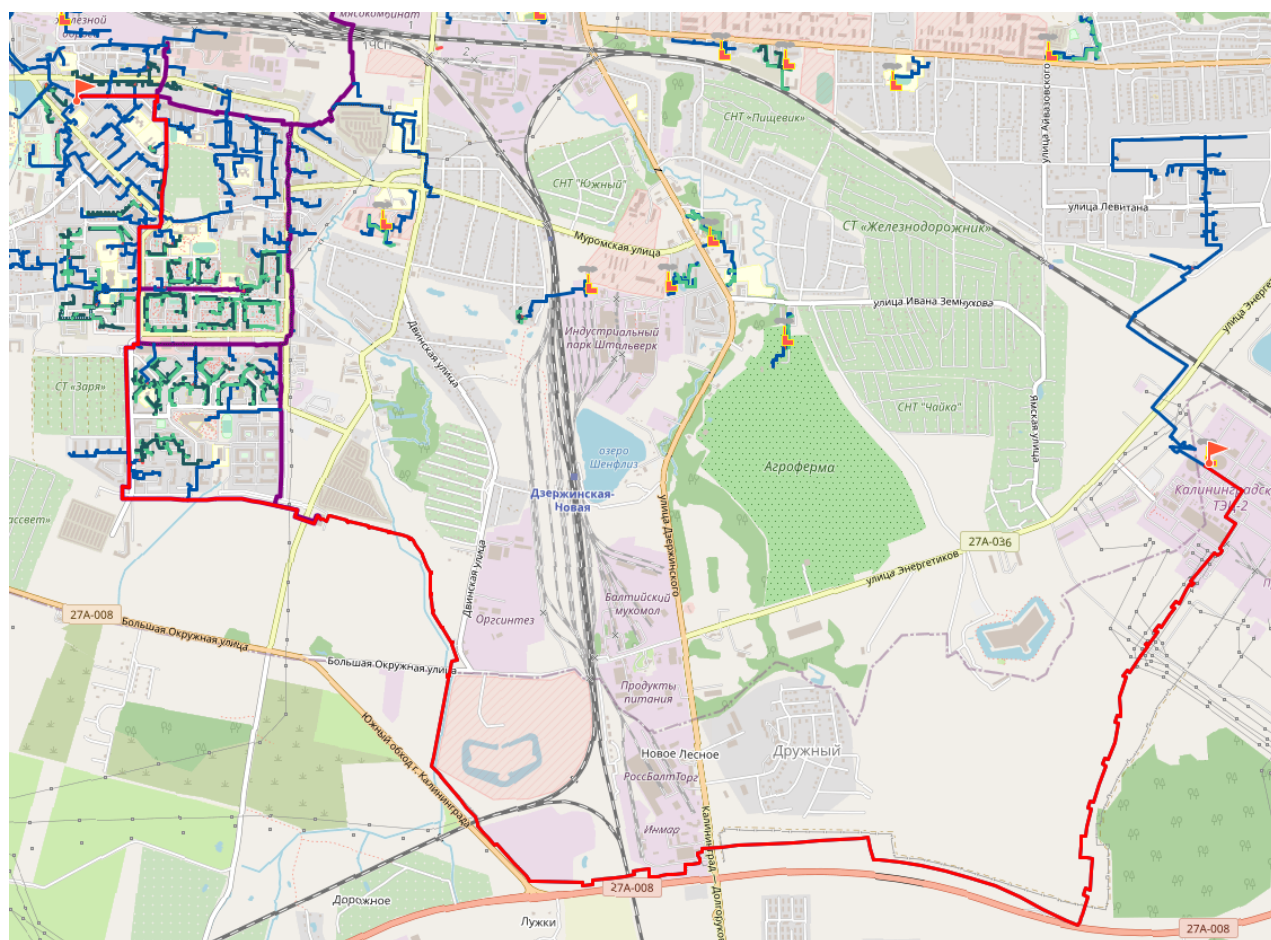


Рис. 3.1.5. Путь движения теплоносителя от ТЭЦ-2 до ТК 7-6

Таблица 3.1.3

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
1	ТЭЦ-2	ТЭЦ-2	0,71	1	0,0000069	32,16	0,000000	0,000000	0,999978
2	ТЭЦ-2	ID 25146	0,71	355	0,0000069	32,16	0,000002	0,000002	0,992297
3	ID 25146	ID 25137	0,71	144	0,0000069	32,16	0,000001	0,000003	0,989196
4	ID 25137	ID 25122	0,71	198	0,0000069	32,16	0,000001	0,000005	0,984962
5	ID 25122	ID 25120	0,71	76	0,0000069	32,16	0,000001	0,000005	0,983342
6	ID 25120	ID 25118	0,71	349	0,0000069	32,16	0,000002	0,000008	0,975910
7	ID 25118	ID 25135	0,71	306	0,0000069	32,16	0,000002	0,000010	0,969442
8	ID 25135	ID 25132	0,71	100	0,0000478	32,16	0,000005	0,000015	0,954899
9	ID 25132	ID 25116	0,71	336	0,0000478	32,16	0,000016	0,000031	0,906588
10	ID 25116	ID 25162	0,71	3514	0,0000478	32,16	0,000168	0,000198	0,427494
11	ID 25162	ID 25127	0,71	958	0,0000069	32,16	0,000007	0,000205	0,418621
12	ID 25127	ID 25108	0,71	8	0,0000069	32,16	0,000000	0,000205	0,418552
13	ID 25108	ID 25106	0,71	454	0,0000069	32,16	0,000003	0,000208	0,414433
14	ID 25106	TK ID 25104	0,71	430	0,0000069	32,16	0,000003	0,000211	0,410571
15	TK ID 25104	Насосная станция	0,71	1362	0,0000069	32,16	0,000009	0,000221	0,398455
16	Насосная станция	т. выхода из ТНС	0,71	20	0,0000057	32,16	0,000000	0,000221	0,398313
17	т. выхода из ТНС	ID 11675 (ТК)	0,71	705	0,0000069	32,16	0,000005	0,000226	0,392227
18	ID 11675 (ТК)	т.Г (коверные задвижки)	0,71	546	0,0000069	32,16	0,000004	0,000229	0,387589
19	т.Г (коверные задвижки)	Задвижка 2 ТК 7-4-32	0,71	1	0,0000069	32,16	0,000000	0,000229	0,387583
20	Задвижка 2 ТК 7-4-32	ТК 7-4-32	0,71	1	0,0000069	32,16	0,000000	0,000229	0,387574
21	ТК 7-4-32	Дисковый затвор (перемычка)ТК	0,71	1	0,0000069	32,16	0,000000	0,000229	0,387565
22	Дисковый затвор (перемычка)ТК	Задвижка (перемычка) ТК 7-4-28	0,71	641	0,0000069	32,16	0,000004	0,000234	0,382185
23	Задвижка (перемычка) ТК 7-4-28	Задвижка ТК 7-4-28	0,71	1	0,0000057	32,16	0,000000	0,000234	0,382178
24	Задвижка ТК 7-4-28	ТК 7-4-28	0,71	1	0,0000057	32,16	0,000000	0,000234	0,382174
25	ТК 7-4-28	Кран шаровый 1 (перемычка) ТК	0,71	266	0,0000057	32,16	0,000002	0,000235	0,380348
26	Кран шаровый 1 (перемычка) ТК	Дисковый затвор 1 ТК 7-4-24	0,71	1	0,0000057	32,16	0,000000	0,000235	0,380341
27	Дисковый затвор 1 ТК 7-4-24	ТК 7-4-24	0,71	2	0,0000057	32,16	0,000000	0,000235	0,380329
28	ТК 7-4-24	Дисковый затвор 3 ТК 7-4-24	0,52	2	0,0000057	26,65	0,000000	0,000235	0,380319
29	Дисковый затвор 3 ТК 7-4-24	Кран шаровый 3 (перемычка)ТК 7	0,52	2	0,0000057	26,65	0,000000	0,000235	0,380308
30	Кран шаровый 3 (перемычка)ТК 7	ТК 7-4-22	0,52	124	0,0000987	26,65	0,000012	0,000247	0,368197

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
31	ТК 7-4-22	ТК 7-4-20	0,52	99	0,0000987	26,65	0,000010	0,000257	0,358777
32	ТК 7-4-20	ТК 7-4-18А	0,52	105	0,0000057	26,65	0,000001	0,000258	0,358216
33	ТК 7-4-18А	ТК 7-4-18	0,52	70	0,0000057	26,65	0,000000	0,000258	0,357843
34	ТК 7-4-18	ТК 7-4-16а	0,52	69	0,0000057	26,65	0,000000	0,000259	0,357478
35	ТК 7-4-16а	ТК 7-4-16	0,52	21	0,0000057	26,65	0,000000	0,000259	0,357367
36	ТК 7-4-16	Задвижка 1 ТК 7-4-14 к ТК 7-4-16	0,52	76	0,0003335	26,65	0,000025	0,000284	0,333731
37	Задвижка 1 ТК 7-4-14 к ТК 7-4-16	Задвижка (перемычка) ТК 7-4-14	0,52	1	0,0003335	26,65	0,000000	0,000284	0,333441
38	Задвижка (перемычка) ТК 7-4-14	ТК 7-4-14	0,52	1	0,0003335	26,65	0,000000	0,000285	0,333188
39	ТК 7-4-14	Смена диаметра	0,41	45	0,0003335	21,18	0,000015	0,000300	0,322819
40	Смена диаметра	ТК 7-4-12	0,52	77	0,0003335	26,65	0,000026	0,000325	0,301201
41	ТК 7-4-12	Смена диаметра	0,52	24	0,0003335	26,65	0,000008	0,000333	0,294894
42	Смена диаметра	ТК 7-4-10	0,62	40	0,0003335	27,75	0,000013	0,000347	0,284205
43	ТК 7-4-10	ТК 7-4-8	0,62	15	0,0003335	27,75	0,000005	0,000352	0,280450
44	ТК 7-4-8	Смена диаметра	0,62	30	0,0003335	27,75	0,000010	0,000362	0,272771
45	Смена диаметра	ТК 7-4-6	0,52	30	0,0003335	26,65	0,000010	0,000372	0,265649
46	ТК 7-4-6	ТК 7-4-4	0,52	95	0,0000065	26,65	0,000001	0,000372	0,265218
47	ТК 7-4-4	ТК 7-4-2	0,52	137	0,0000065	26,65	0,000001	0,000373	0,264601
48	ТК 7-4-2	Кран шаровый (перемычка) 2 ТК	0,52	66	0,0000065	26,65	0,000000	0,000374	0,264303
49	Кран шаровый (перемычка) 2 ТК	Дисковый затвор 2 ТК 7-4	0,52	1	0,0000065	26,65	0,000000	0,000374	0,264298
50	Дисковый затвор 2 ТК 7-4	ТК 7-4	0,52	1	0,0000065	26,65	0,000000	0,000374	0,264294
51	ТК 7-4	Задвижка 3 ТК 7-4	0,52	1	0,0000057	26,65	0,000000	0,000374	0,264290
52	Задвижка 3 ТК 7-4	ТК 7-5	0,52	110	0,0000057	26,65	0,000001	0,000374	0,263858
53	ТК 7-5	УТ	0,52	134	0,0000057	26,65	0,000001	0,000375	0,263331
54	УТ	Кран шаровый ТК7-6	0,52	162	0,0000057	26,65	0,000001	0,000376	0,262696
55	Кран шаровый ТК7-6	ТК 7-6	0,52	0	0,0000057	26,65	0,000000	0,000376	0,262695
56	ТК 7-6	ТК-V-C-40(т.1)			0,0000143	2,91	0,000000	0,000376	0,262695

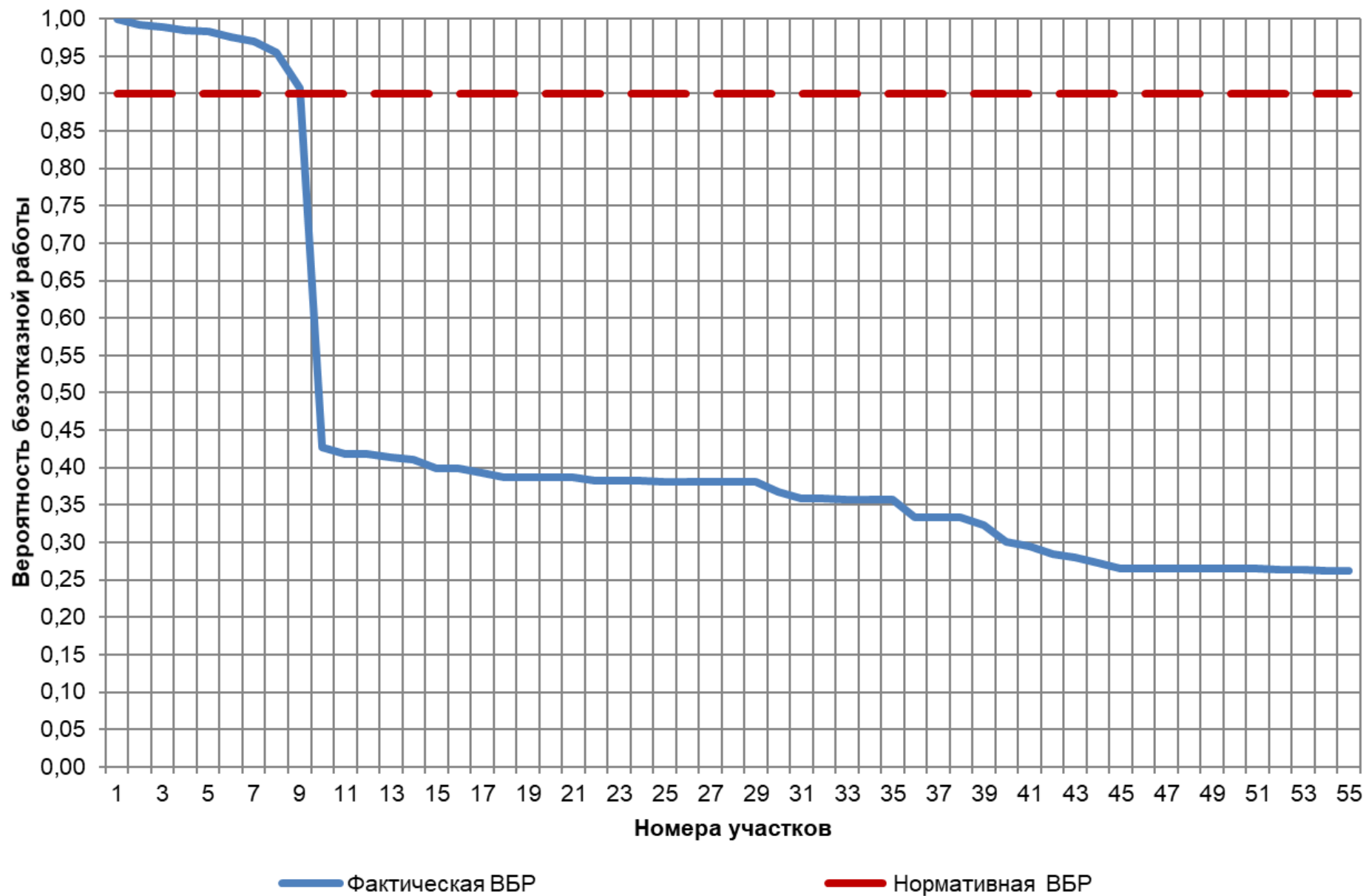


Рис. 3.1.6. Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя

3.1.4. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТЭЦ-1 до ТК1-28-5 на 2035 г.

На рисунке 3.1.7 приведена трассировка теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя. В таблице 3.1.4 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 3.1.8 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 ниже нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$). Основное снижение вероятности безотказной работы до значения ниже нормативного происходит из-за большой протяженности тепломагистральной, значительного срока эксплуатации тепловой сети и отсутствия резервирующих трубопроводов.

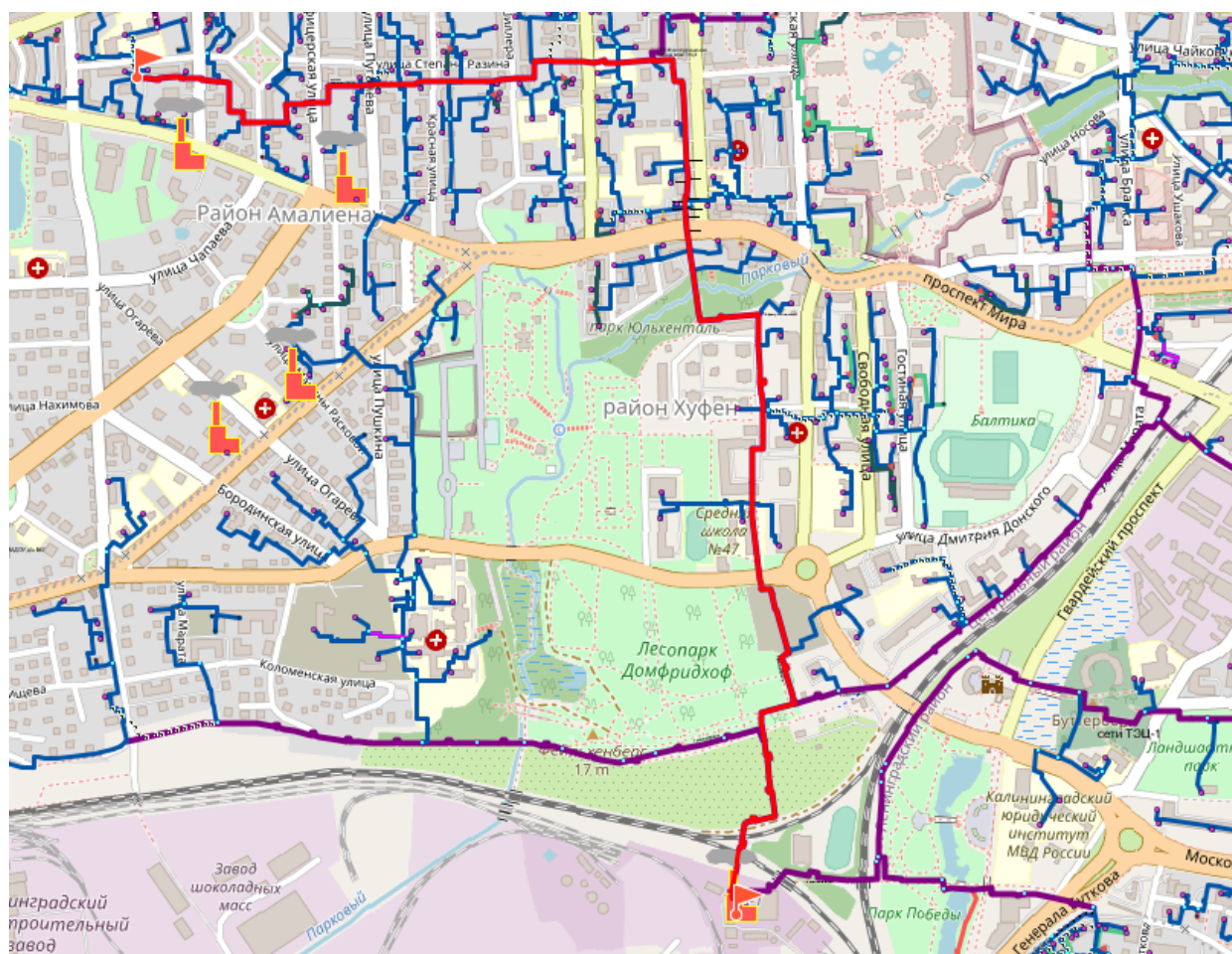


Рис. 3.1.7. Путь движения теплоносителя от ТЭЦ-1 до ТК1-28-5

Таблица 3.1.4

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	Частота (интенсивность) отказа участка, 1/км/ч	Среднее время восстановления участка, ч	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/час	Параметр потока отказов тепло-снабжения накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
1	ТЭЦ-1	ТК-1	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000000	0,000000	0,982585
2	ТК-1	Сужение 600 - 500	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000000	0,000001	0,974588
3	Сужение 600 - 500	Шайба 1 и 2 маг	0,52	22	0,0000085	26,76	0,000000	0,000001	0,969277
4	Шайба 1 и 2 маг	Увеличение диаметра 500 - 600	0,52	22	0,0000085	26,76	0,000000	0,000001	0,964398
5	Увеличение диаметра 500 - 600	ТК1-1	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000000	0,000001	0,959368
6	ТК1-1	ТК1-2	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000001	0,000002	0,918092
7	ТК1-2	Точка А	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000000	0,000002	0,912065
8	Точка А	ТК1-3	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000001	0,000003	0,871972
9	ТК1-3	ТК1-4	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000001	0,000003	0,839300
10	ТК1-4	ТК 1-5	0,62	21	0,0000078	27,75	0,000001	0,000004	0,799806
11	ТК 1-5	Задвижка ТК1-5а	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000000	0,000004	0,796707
12	Задвижка ТК1-5а	ТК 1-5а	0,62	22	0,0000085	27,75	0,000000	0,000004	0,796370
13	ТК 1-5а	т. Н	0,41	22	0,0000085	21,18	0,000000	0,000005	0,793511
14	т. Н	смена года прокладки	0,41	10	0,0000057	21,18	0,000000	0,000005	0,781613
15	смена года прокладки	смена года прокладки	0,41	15	0,0000057	21,18	0,000000	0,000005	0,781122
16	смена года прокладки	отв. на сливной колодец	0,41	15	0,0000057	21,18	0,000000	0,000005	0,778265
17	отв. на сливной колодец	отв. на Донского 19	0,41	15	0,0000057	21,18	0,000000	0,000005	0,777457
18	отв. на Донского 19	Вход в проходной канал	0,41	15	0,0000057	21,18	0,000000	0,000006	0,764507
19	Вход в проходной канал	выход из проходного канала	0,41	15	0,0000057	21,18	0,000000	0,000006	0,759657
20	выход из проходного канала	смена года прколдаки 2	0,41	15	0,0000057	21,18	0,000000	0,000006	0,754808
21	смена года прколдаки 2	ТК 1-8	0,41	28	0,0000164	21,18	0,000003	0,000008	0,681568
22	ТК 1-8	ТК 1-8а	0,41	31	0,0000264	21,18	0,000001	0,000009	0,656052
23	ТК 1-8а	ТК 1-9 (сооружения нет)	0,41	31	0,0000264	21,18	0,000004	0,000013	0,556207
24	ТК 1-9 (сооружения нет)	т. АК	0,41	31	0,0000264	21,18	0,000001	0,000014	0,538931
25	т. АК	ТК ID 12565	0,41	10	0,0000057	20,86	0,000001	0,000015	0,527603
26	ТК ID 12565	ТК 1-10	0,41	10	0,0000057	21,18	0,000000	0,000015	0,526565
27	ТК 1-10	ID 12611	0,41	10	0,0000057	21,18	0,000000	0,000015	0,521044
28	ID 12611	ТК 1-11	0,41	10	0,0000057	21,18	0,000001	0,000016	0,507947
29	ТК 1-11	ID 23267	0,41	10	0,0000057	21,18	0,000001	0,000016	0,497729
30	ID 23267	перемычка с задвижкой	0,41	10	0,0000057	21,18	0,000000	0,000016	0,493835
31	перемычка с задвижкой	ТК 1-12	0,41	10	0,0000057	21,18	0,000000	0,000016	0,493770
32	ТК 1-12	Задвижка 3 ТК 1-12	0,36	10	0,0000057	19,11	0,000000	0,000017	0,493673
33	Задвижка 3 ТК 1-12	ТК1-13	0,36	10	0,0000057	19,11	0,000000	0,000017	0,486292
34	ТК1-13	ТК1-14	0,36	10	0,0000057	19,11	0,000000	0,000017	0,478573
35	ТК1-14	ТК1-15	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000017	0,477192

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
36	TK1-15	Точка Б	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000001	0,000018	0,463365
37	Точка Б	TK 1-16	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000019	0,459349
38	TK 1-16	TK 1-17	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000019	0,454404
39	TK 1-17	TK 1-18	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000001	0,000020	0,444657
40	TK 1-18	отв. 23	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000020	0,442268
41	отв. 23	ID 14831	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000020	0,438579
42	ID 14831	ID 14835	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000020	0,437645
43	ID 14835	ID 14837	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000021	0,435406
44	ID 14837	ID 14839	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000021	0,434484
45	ID 14839	TK1-19	0,31	10	0,0000057	16,44	0,000000	0,000021	0,433489
46	TK1-19	TK1-20	0,26	10	0,0000057	13,86	0,000000	0,000021	0,430614
47	TK1-20	TK1-21	0,26	10	0,0000057	13,86	0,000000	0,000021	0,426161
48	TK1-21	TK1-22	0,26	10	0,0000057	13,86	0,000000	0,000022	0,423890
49	TK1-22	Задвижка 1 TK1-22	0,26	10	0,0000057	13,86	0,000000	0,000022	0,423830
50	Задвижка 1 TK1-22	отв. к ул. Пугачева, 16	0,26	31	0,0000264	13,86	0,000001	0,000023	0,412663
51	отв. к ул. Пугачева, 16	TK1-23	0,26	31	0,0000264	13,86	0,000001	0,000024	0,403759
52	TK1-23	TK1-24	0,26	21	0,0000078	13,86	0,000000	0,000024	0,399277
53	TK1-24	т. О	0,26	21	0,0000078	13,86	0,000001	0,000025	0,393856
54	т. О	отв. к ул. Офицерская, 9	0,26	21	0,0000078	13,86	0,000000	0,000025	0,391642
55	отв. к ул. Офицерская, 9	TK 1-25	0,26	22	0,0000085	13,86	0,000000	0,000025	0,390545
56	TK 1-25	ID 15539	0,31	24	0,0000102	16,44	0,000000	0,000025	0,386664
57	ID 15539	TK 1-26	0,31	24	0,0000102	16,44	0,000000	0,000026	0,383123
58	TK 1-26	TK1-27	0,26	23	0,0000092	13,86	0,000000	0,000026	0,378918
59	TK1-27	TK1-28	0,26	32	0,0000317	13,86	0,000004	0,000030	0,343874
60	TK1-28	Задвижка 1 TK1-28	0,26	32	0,0000317	13,86	0,000000	0,000030	0,343602
61	Задвижка 1 TK1-28	TK1-28-1	0,26	32	0,0000317	13,86	0,000001	0,000031	0,335225
62	TK1-28-1	ID 15711	0,26	32	0,0000317	13,86	0,000001	0,000032	0,323476
63	ID 15711	TK1-28-3	0,26	22	0,0000085	13,86	0,000000	0,000032	0,323013
64	TK1-28-3	ID 15719	0,26	22	0,0000085	13,86	0,000000	0,000033	0,319052
65	ID 15719	TK1-28-5	0,26	32	0,0000317	13,86	0,000001	0,000033	0,313144

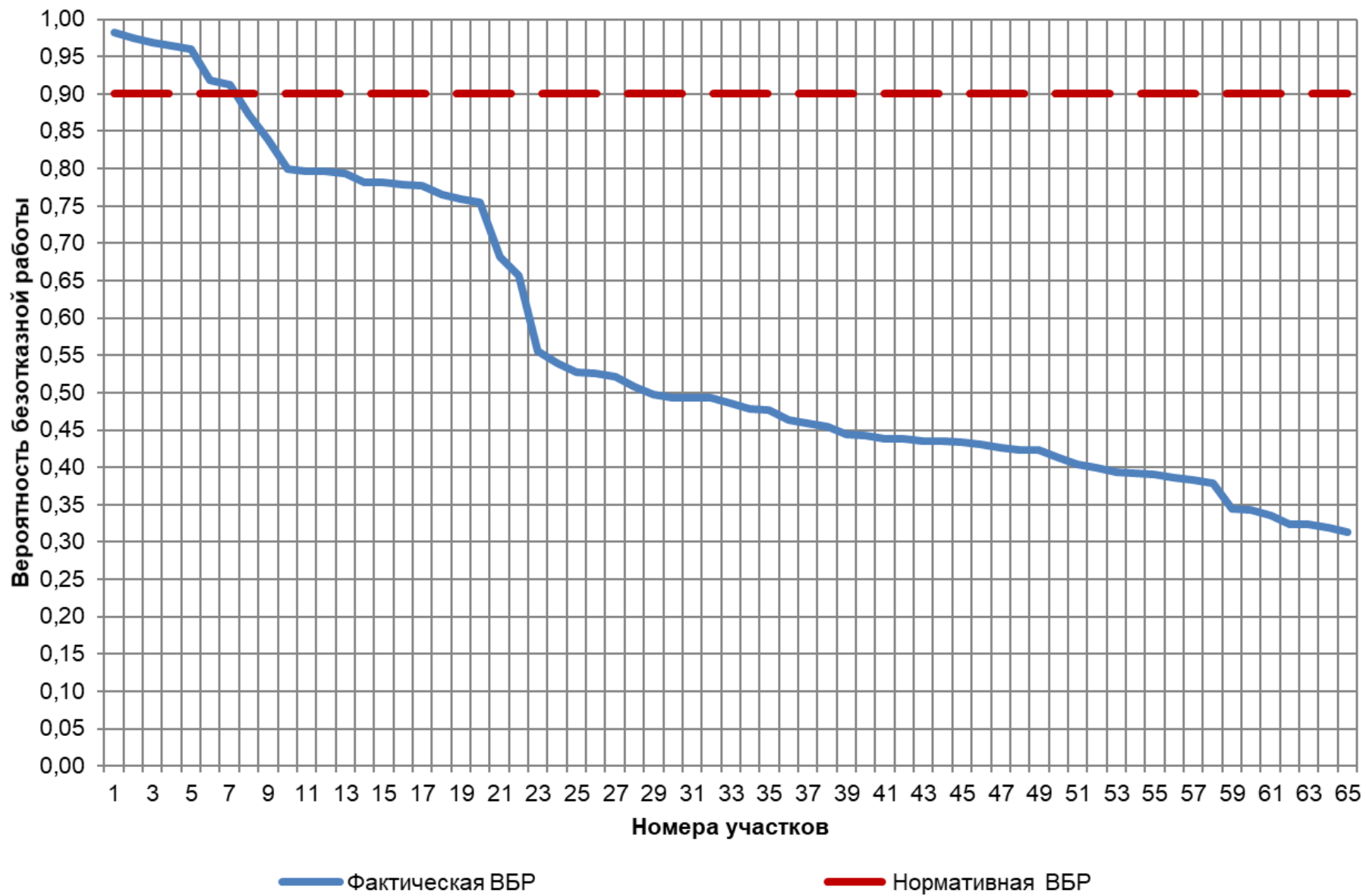


Рис. 3.1.8. Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя

3.1.5. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТЭЦ-1 до ЦТП Димитрова на 2035 г.

На рисунке 3.1.9 приведена трассировка теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя. В таблице 3.1.5 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 3.1.10 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 ниже нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$). Основное снижение вероятности безотказной работы до значения ниже нормативного происходит из-за большой протяженности тепломагистрали, значительного срока эксплуатации тепловой сети и отсутствия резервирующих трубопроводов.

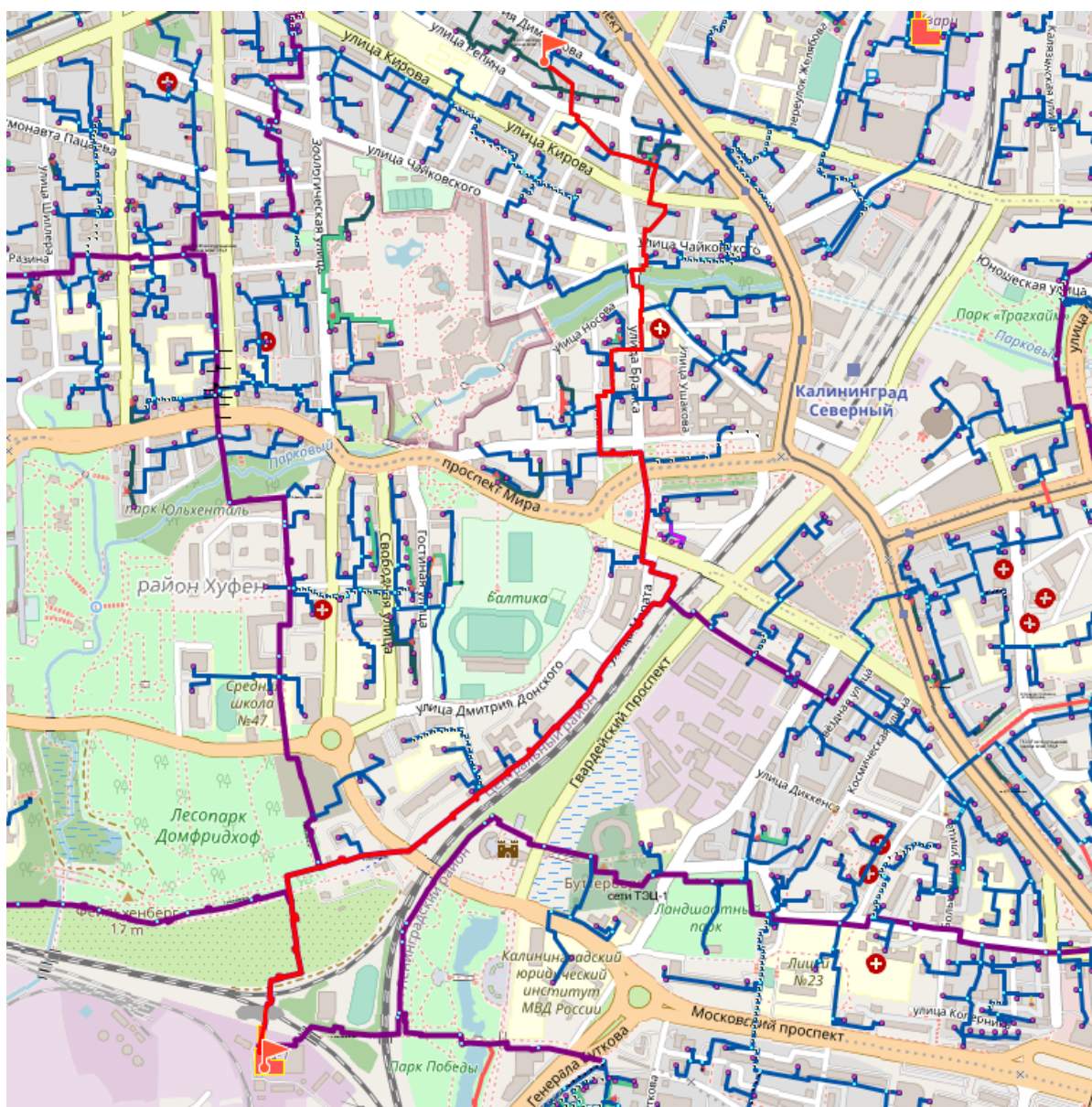


Рис. 3.1.9. Путь движения теплоносителя от ТЭЦ-1 до ЦТП Димитрова

Таблица 3.1.5

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
1	ТЭЦ-1	ТК-1	0,62	41	0,0000085	27,75	0,000000	0,000000	0,991084
2	ТК-1	Сужение 600 - 500	0,62	19	0,0000085	27,75	0,000000	0,000001	0,986955
3	Сужение 600 - 500	Шайба 1 и 2 маг	0,52	13	0,0000085	26,76	0,000000	0,000001	0,984201
4	Шайба 1 и 2 маг	Увеличение диаметра 500 - 600	0,52	12	0,0000085	26,76	0,000000	0,000001	0,981665
5	Увеличение диаметра 500 - 600	ТК1-1	0,62	12	0,0000085	27,75	0,000000	0,000001	0,979044
6	ТК1-1	ТК1-2	0,62	102	0,0000085	27,75	0,000001	0,000002	0,957479
7	ТК1-2	Точка А	0,62	16	0,0000085	27,75	0,000000	0,000002	0,954261
8	Точка А	ТК1-3	0,62	104	0,0000085	27,75	0,000001	0,000003	0,932786
9	ТК1-3	ТК1-4	0,62	89	0,0000085	27,75	0,000001	0,000003	0,914893
10	ТК1-4	ТК 1-5	0,62	120	0,0000085	27,75	0,000001	0,000004	0,891072
11	ТК 1-5	Задвижка ТК1-5	0,62	1	0,0000057	27,75	0,000000	0,000004	0,890942
12	Задвижка ТК1-5	ТК 2-1	0,41	94	0,0000763	21,18	0,000007	0,000012	0,766621
13	ТК 2-1	ТК2-2	0,41	90	0,0000057	21,18	0,000001	0,000012	0,758983
14	ТК2-2	ID 9971	0,41	209	0,0000057	21,18	0,000001	0,000013	0,741335
15	ID 9971	ТК 2-3	0,41	2	0,0000057	21,18	0,000000	0,000013	0,741175
16	ТК 2-3	ТК2-4	0,41	87	0,0000057	21,18	0,000000	0,000014	0,734036
17	ТК2-4	т.Д.3	0,41	80	0,0000057	21,18	0,000000	0,000014	0,727501
18	т.Д.3	ТК2-5	0,41	141	0,0000387	21,18	0,000005	0,000020	0,650075
19	ТК2-5	ТК2-6	0,41	266	0,0000387	21,18	0,000010	0,000030	0,519474
20	ТК2-6	Задвижка 1 ТК2-6	0,31	1	0,0000387	16,44	0,000000	0,000030	0,519170
21	Задвижка 1 ТК2-6	ТК2-7	0,31	133	0,0000387	16,44	0,000005	0,000035	0,478834
22	ТК2-7	ТК 2-8	0,31	89	0,0000387	16,44	0,000003	0,000039	0,453920
23	ТК 2-8	ТК 2-9	0,31	31	0,0000387	16,44	0,000001	0,000040	0,445549
24	ТК 2-9	ТК2-10	0,31	80	0,0000113	16,44	0,000001	0,000041	0,439491
25	ТК2-10	ТК2-11	0,31	34	0,0000113	16,44	0,000000	0,000041	0,436930
26	ТК2-11	ТК2-12	0,31	53	0,0000073	16,44	0,000000	0,000042	0,434355
27	ТК2-12	Задвижка 2 ТК2-12	0,31	1	0,0000057	16,44	0,000000	0,000042	0,434317
28	Задвижка 2 ТК2-12	ТК2-13	0,31	99	0,0000057	16,44	0,000001	0,000042	0,430587
29	ТК2-13	ТК2-13А	0,31	50	0,0000057	16,44	0,000000	0,000042	0,428728
30	ТК2-13А	ТК2-14	0,31	54	0,0000057	16,44	0,000000	0,000043	0,426728
31	ТК2-14	ТК2-14А	0,31	46	0,0000143	16,44	0,000001	0,000043	0,422464
32	ТК2-14А	ТК2-14Б	0,31	38	0,0000763	16,44	0,000003	0,000046	0,403916
33	ТК2-14Б	ТК 2-15	0,31	84	0,0000113	16,44	0,000001	0,000047	0,398116
34	ТК 2-15	Задвижка 2-15	0,31	1	0,0000085	16,44	0,000000	0,000047	0,398065
35	Задвижка 2-15	выход из земли	0,31	36	0,0000085	16,44	0,000000	0,000048	0,396226
36	выход из земли	ТК 2-16 камеры нет	0,31	54	0,0000085	16,44	0,000000	0,000048	0,393481

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
37	ТК 2-16 камеры нет	36726 вход в землю	0,31	21	0,0000085	16,44	0,000000	0,000048	0,392401
38	36726 вход в землю	ТК 2-17	0,31	15	0,0000085	16,44	0,000000	0,000048	0,391641
39	ТК 2-17	ТК 2-17а	0,26	8	0,0000085	13,86	0,000000	0,000048	0,391302
40	ТК 2-17а	вход в ул. Кирова, 7	0,21	109	0,0000057	11,28	0,000001	0,000049	0,388775
41	вход в ул. Кирова, 7	ТК2-18 (сооружения нет)	0,21	2	0,0000057	11,28	0,000000	0,000049	0,388729
42	ТК2-18 (сооружения нет)	выход из ул. Кирова, 7	0,21	9	0,0000057	11,28	0,000000	0,000049	0,388522
43	выход из ул. Кирова, 7	ТК2-19	0,21	32	0,0000057	11,28	0,000000	0,000049	0,387785
44	ТК2-19	ТК2-20	0,21	72	0,0000057	11,28	0,000000	0,000050	0,386143
45	ТК2-20	Задвижка 3 ТК2-20	0,15	1	0,0000057	8,59	0,000000	0,000050	0,386125
46	Задвижка 3 ТК2-20	ТК2-21	0,15	80	0,0000057	8,59	0,000000	0,000050	0,384731
47	ТК2-21	ТК 2-22	0,15	82	0,0000057	8,59	0,005939	0,076678	0,284195
48	ТК 2-22	ТК 2-23а	0,15	116	0,0000057	8,59	0,005939	0,076678	0,284195
49	ТК 2-23а	Задвижка ТК 2-23	0,15	32	0,0000057	8,59	0,005939	0,076678	0,284195
50	Задвижка ТК 2-23	ТК 2-23	0,15	1	0,0000057	8,59	0,005939	0,076678	0,284195
51	ТК 2-23	ЦТП Димитрова	0,15	7	0,0000057	8,59	0,005939	0,076678	0,284195

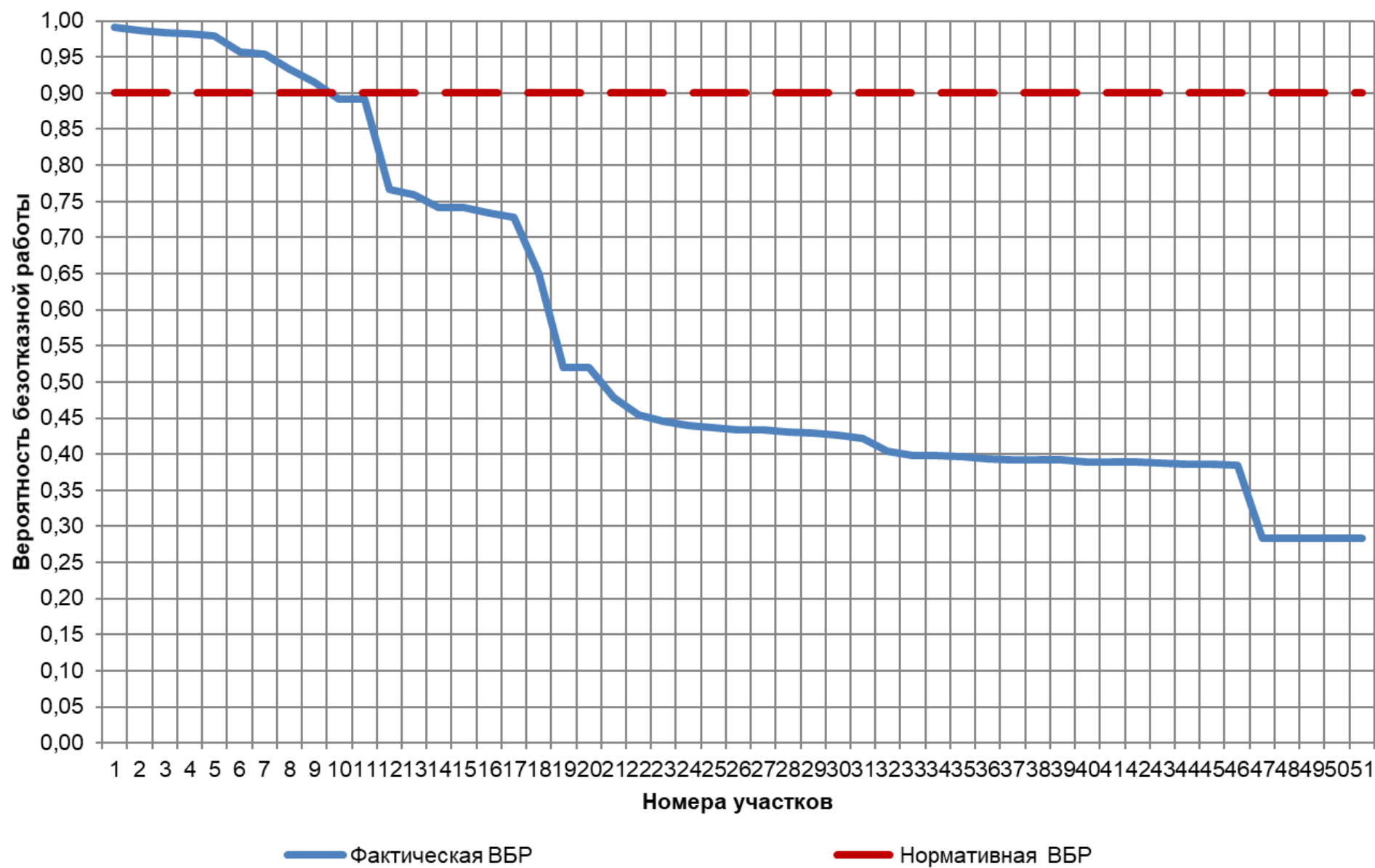


Рис. 3.1.10. Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя

3.1.6. Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТЭЦ-2 до ТК 7-6 на 2035 г.

На рисунке 3.1.11 приведена трассировка теплопровода от источника тепловой энергии до рассматриваемого конечного потребителя. В таблице 3.1.6 приведены данные расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопровода по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя.

На рисунке 3.1.12 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 ниже нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже $P_i \geq 0,9$). Основное снижение вероятности безотказной работы до значения ниже нормативного происходит из-за большой протяженности тепломагистрали, значительного срока эксплуатации тепловой сети и отсутствия резервирующих трубопроводов.

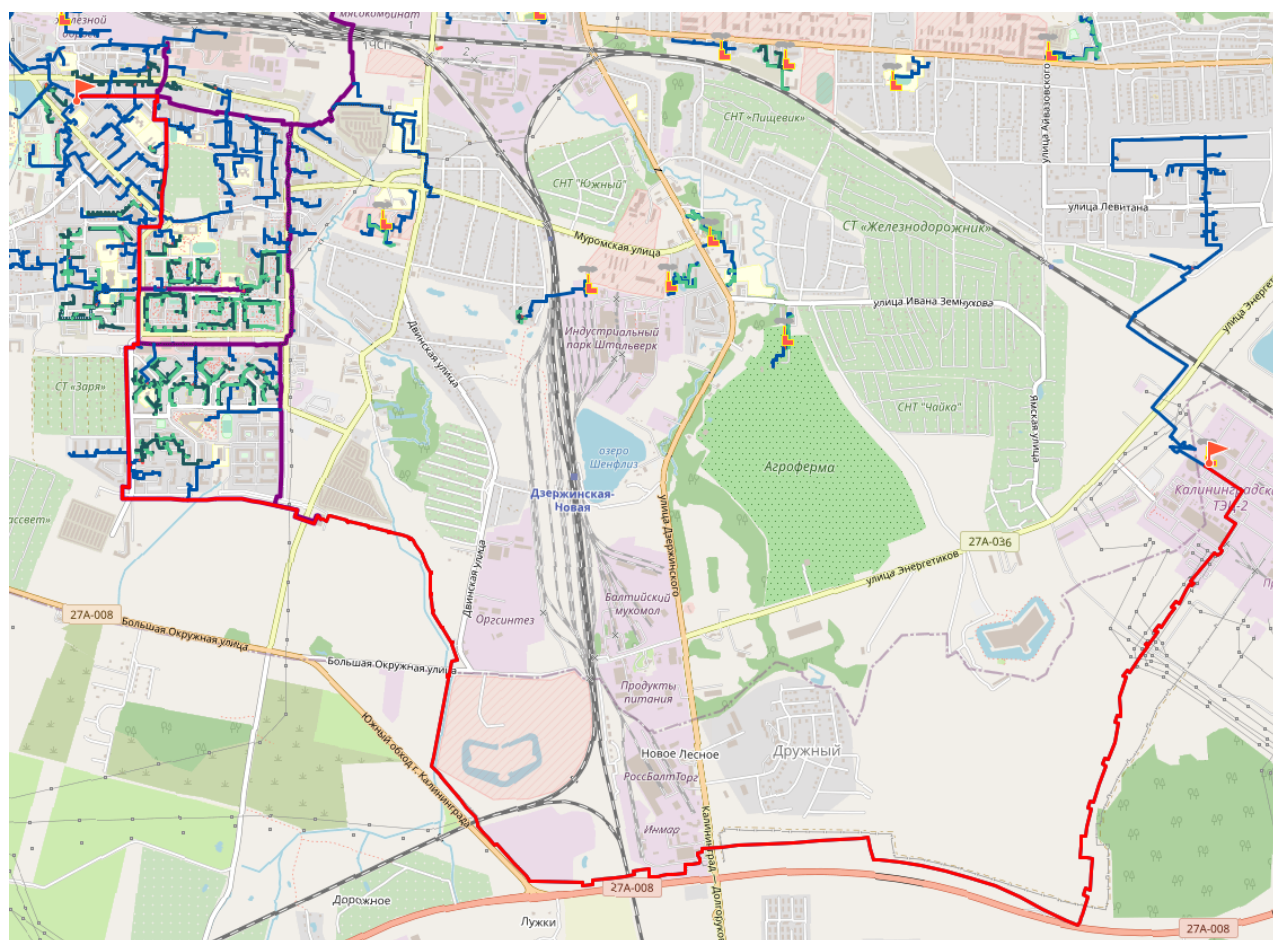


Рис. 3.1.11. Путь движения теплоносителя от ТЭЦ-2 до ТК 7-6

Таблица 3.1.6

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
1	ТЭЦ-2	ТЭЦ-2	0,71	1	0,0000317	32,16	0,000000	0,000000	0,999869
2	ТЭЦ-2	ID 25146	0,71	355	0,0000317	32,16	0,000011	0,000011	0,953551
3	ID 25146	ID 25137	0,71	144	0,0000317	32,16	0,000005	0,000016	0,935584
4	ID 25137	ID 25122	0,71	198	0,0000317	32,16	0,000006	0,000022	0,911435
5	ID 25122	ID 25120	0,71	76	0,0000317	32,16	0,000002	0,000025	0,902393
6	ID 25120	ID 25118	0,71	349	0,0000317	32,16	0,000011	0,000036	0,861266
7	ID 25118	ID 25135	0,71	306	0,0000317	32,16	0,000010	0,000045	0,826839
8	ID 25135	ID 25132	0,71	100	0,0000057	32,16	0,000001	0,000046	0,824904
9	ID 25132	ID 25116	0,71	336	0,0000057	32,16	0,000002	0,000048	0,818396
10	ID 25116	ID 25162	0,71	3514	0,0000057	32,16	0,000020	0,000068	0,750954
11	ID 25162	ID 25127	0,71	958	0,0000317	32,16	0,000030	0,000098	0,656960
12	ID 25127	ID 25108	0,71	8	0,0000317	32,16	0,000000	0,000099	0,656305
13	ID 25108	ID 25106	0,71	454	0,0000317	32,16	0,000014	0,000113	0,617359
14	ID 25106	TK ID 25104	0,71	430	0,0000317	32,16	0,000014	0,000127	0,582660
15	TK ID 25104	Насосная станция	0,71	1362	0,0000317	32,16	0,000043	0,000170	0,478971
16	Насосная станция	т. выхода из ТНС	0,71	20	0,0000113	32,16	0,000000	0,000170	0,478531
17	т. выхода из ТНС	ID 11675 (ТК)	0,71	705	0,0000317	32,16	0,000022	0,000192	0,434437
18	ID 11675 (ТК)	т.Г (коверные задвижки)	0,71	546	0,0000317	32,16	0,000017	0,000210	0,403457
19	т.Г (коверные задвижки)	Задвижка 2 ТК 7-4-32	0,71	1	0,0000317	32,16	0,000000	0,000210	0,403416
20	Задвижка 2 ТК 7-4-32	ТК 7-4-32	0,71	1	0,0000317	32,16	0,000000	0,000210	0,403363
21	ТК 7-4-32	Дисковый затвор (перемычка)ТК	0,71	1	0,0000317	32,16	0,000000	0,000210	0,403304
22	Дисковый затвор (перемычка)ТК	Задвижка (перемычка) ТК 7-4-28	0,71	641	0,0000317	32,16	0,000020	0,000230	0,369545
23	Задвижка (перемычка) ТК 7-4-28	Задвижка ТК 7-4-28	0,71	1	0,0000113	32,16	0,000000	0,000230	0,369528
24	Задвижка ТК 7-4-28	ТК 7-4-28	0,71	1	0,0000113	32,16	0,000000	0,000230	0,369516
25	ТК 7-4-28	Кран шаровый 1 (перемычка) ТК	0,71	266	0,0000113	32,16	0,000003	0,000233	0,364952
26	Кран шаровый 1 (перемычка) ТК	Дисковый затвор 1 ТК 7-4-24	0,71	1	0,0000113	32,16	0,000000	0,000233	0,364935
27	Дисковый затвор 1 ТК 7-4-24	ТК 7-4-24	0,71	2	0,0000113	32,16	0,000000	0,000233	0,364904
28	ТК 7-4-24	Дисковый затвор 3 ТК 7-4-24	0,52	2	0,0000113	26,65	0,000000	0,000233	0,364880
29	Дисковый затвор 3 ТК 7-4-24	Кран шаровый 3 (перемычка)ТК 7	0,52	2	0,0000113	26,65	0,000000	0,000233	0,364852
30	Кран шаровый 3 (перемычка)ТК 7	ТК 7-4-22	0,52	124	0,0000057	26,65	0,000001	0,000234	0,363976

№ участка пути	Начальная камера участка	Конечная камера участка	Диаметр трубопровода на участке, м	Длина трубопровода на участке, м	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 накопительным итогом, 1/час	ВБР пути относительно конечного потребителя
31	ТК 7-4-22	ТК 7-4-20	0,52	99	0,0000057	26,65	0,000001	0,000235	0,363274
32	ТК 7-4-20	ТК 7-4-18А	0,52	105	0,0000190	26,65	0,000002	0,000237	0,360794
33	ТК 7-4-18А	ТК 7-4-18	0,52	70	0,0000190	26,65	0,000001	0,000238	0,359158
34	ТК 7-4-18	ТК 7-4-16а	0,52	69	0,0000190	26,65	0,000001	0,000239	0,357560
35	ТК 7-4-16а	ТК 7-4-16	0,52	21	0,0000190	26,65	0,000000	0,000240	0,357080
36	ТК 7-4-16	Задвижка 1 ТК 7-4-14 к ТК 7-4-16	0,52	76	0,0000057	26,65	0,000000	0,000240	0,356552
37	Задвижка 1 ТК 7-4-14 к ТК 7-4-16	Задвижка (перемычка) ТК 7-4-14	0,52	1	0,0000057	26,65	0,000000	0,000240	0,356545
38	Задвижка (перемычка) ТК 7-4-14	ТК 7-4-14	0,52	1	0,0000057	26,65	0,000000	0,000240	0,356539
39	ТК 7-4-14	Смена диаметра	0,41	45	0,0000057	21,18	0,000000	0,000240	0,356291
40	Смена диаметра	ТК 7-4-12	0,52	77	0,0000057	26,65	0,000000	0,000241	0,355759
41	ТК 7-4-12	Смена диаметра	0,52	24	0,0000057	26,65	0,000000	0,000241	0,355592
42	Смена диаметра	ТК 7-4-10	0,62	40	0,0000057	27,75	0,000000	0,000241	0,355305
43	ТК 7-4-10	ТК 7-4-8	0,62	15	0,0000057	27,75	0,000000	0,000241	0,355200
44	ТК 7-4-8	Смена диаметра	0,62	30	0,0000057	27,75	0,000000	0,000241	0,354983
45	Смена диаметра	ТК 7-4-6	0,52	30	0,0000057	26,65	0,000000	0,000242	0,354776
46	ТК 7-4-6	ТК 7-4-4	0,52	95	0,0000264	26,65	0,000003	0,000244	0,351725
47	ТК 7-4-4	ТК 7-4-2	0,52	137	0,0000264	26,65	0,000004	0,000248	0,347399
48	ТК 7-4-2	Кран шаровый (перемычка) 2 ТК	0,52	66	0,0000264	26,65	0,000002	0,000249	0,345328
49	Кран шаровый (перемычка) 2 ТК	Дисковый затвор 2 ТК 7-4	0,52	1	0,0000264	26,65	0,000000	0,000249	0,345297
50	Дисковый затвор 2 ТК 7-4	ТК 7-4	0,52	1	0,0000264	26,65	0,000000	0,000249	0,345266
51	ТК 7-4	Задвижка 3 ТК 7-4	0,52	1	0,0000085	26,65	0,000000	0,000249	0,345256
52	Задвижка 3 ТК 7-4	ТК 7-5	0,52	110	0,0000085	26,65	0,000001	0,000250	0,344161
53	ТК 7-5	УТ	0,52	134	0,0000085	26,65	0,000001	0,000252	0,342825
54	УТ	Кран шаровый ТК7-6	0,52	162	0,0000085	26,65	0,000001	0,000253	0,341222
55	Кран шаровый ТК7-6	ТК 7-6	0,52	0	0,0000085	26,65	0,000000	0,000253	0,341218
56	ТК 7-6	ТК-V-C-40(т.1)			0,0000143	2,91	0,000000	0,000376	0,262695

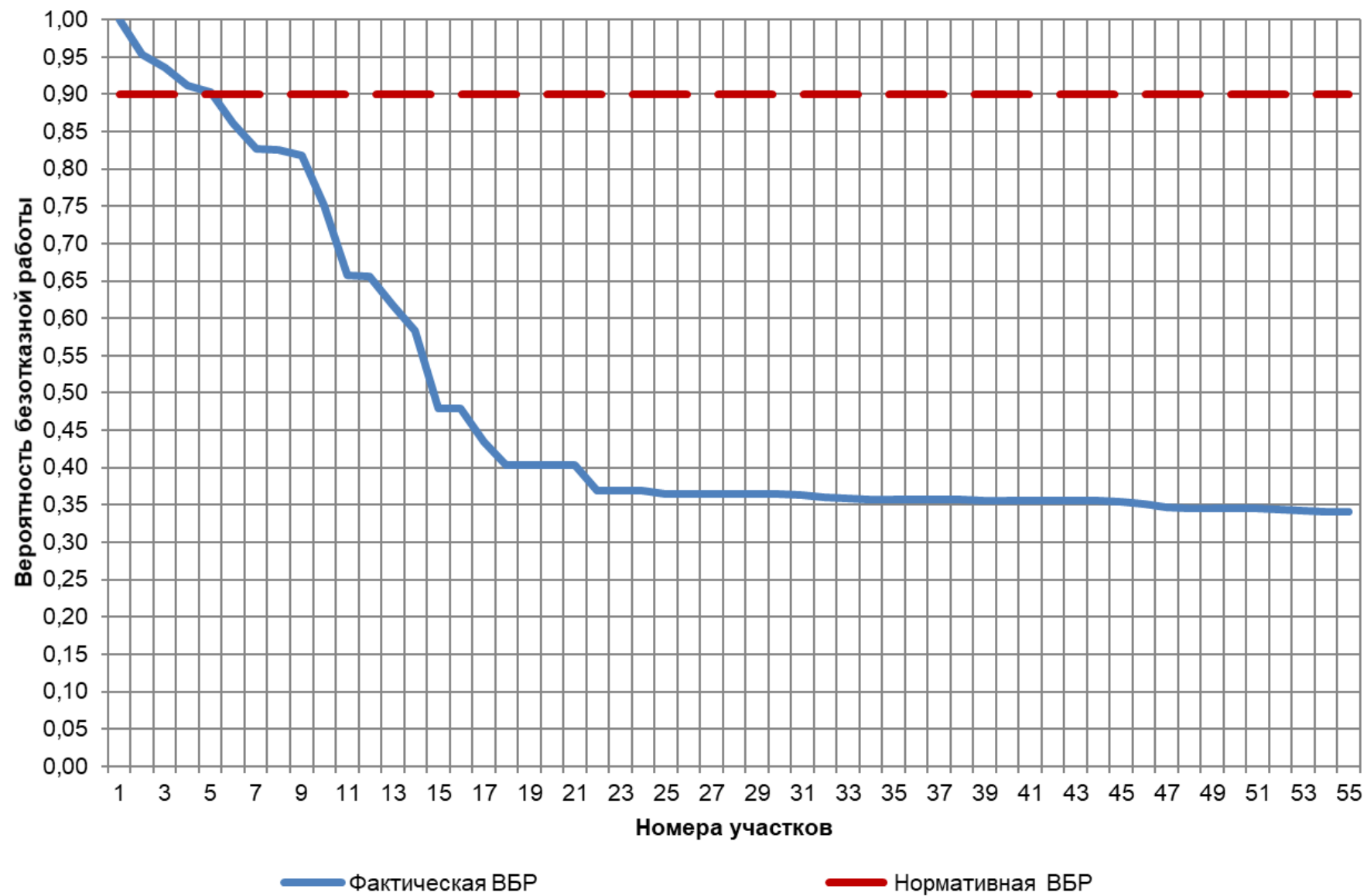


Рис. 3.1.12. Сравнительный анализ нормативной и фактической ВБР по пути движения теплоносителя

3.2. Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

3.2.1. Существующее состояние на 2022 г.

Расчет показателя надежности потребителей производился в программном комплексе Zulu Thermo.

В данном разделе на рис. 3.2.1 – 3.2.2 представлены иллюстрации расчетов вероятности безотказной работы потребителей в зависимости от длины пройденного до него от источника пути для источников теплоснабжения, имеющих наибольшую протяженность тепловых сетей и наибольшее количество подключенных потребителей.

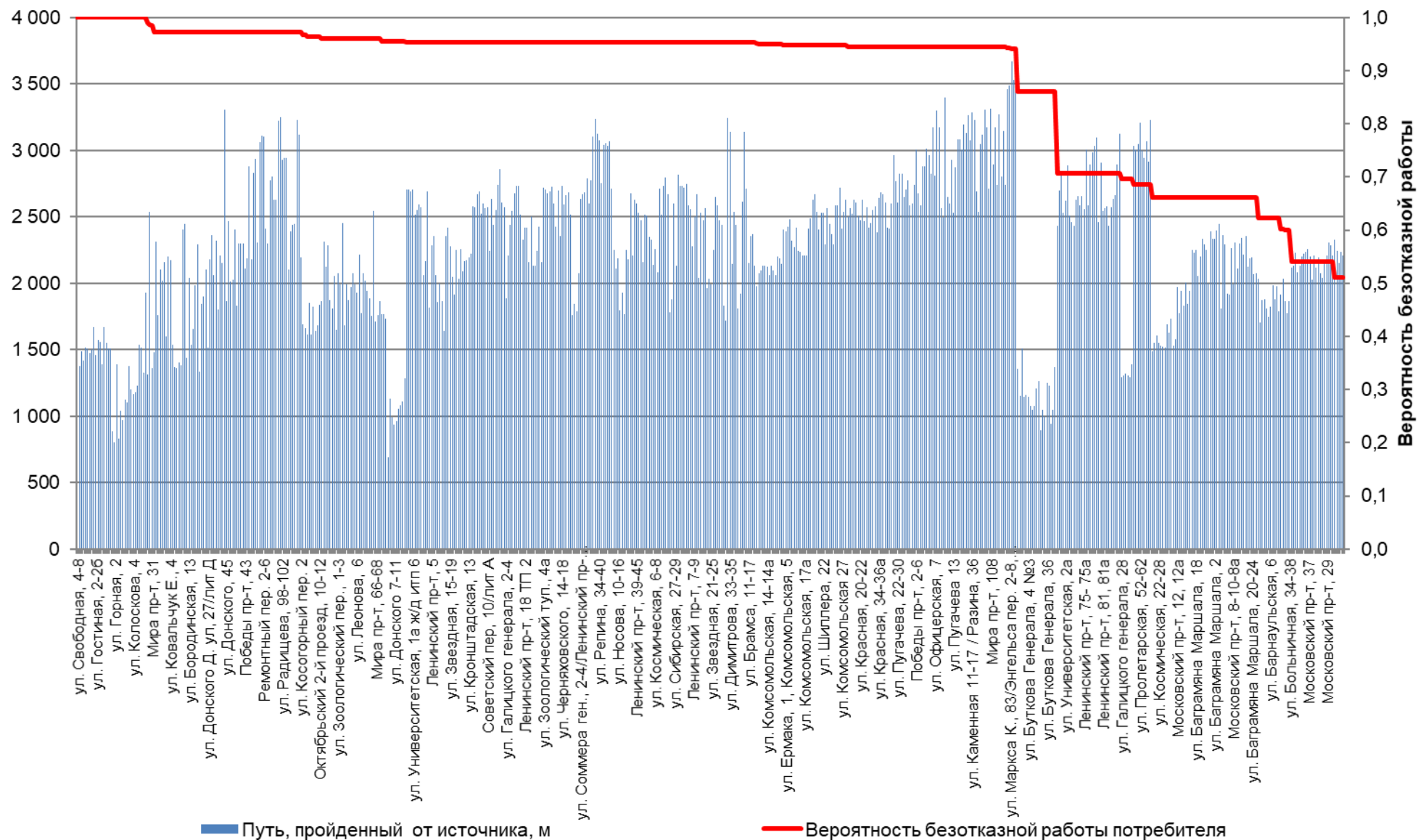


Рис. 3.2.1. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей от ТЭЦ-1

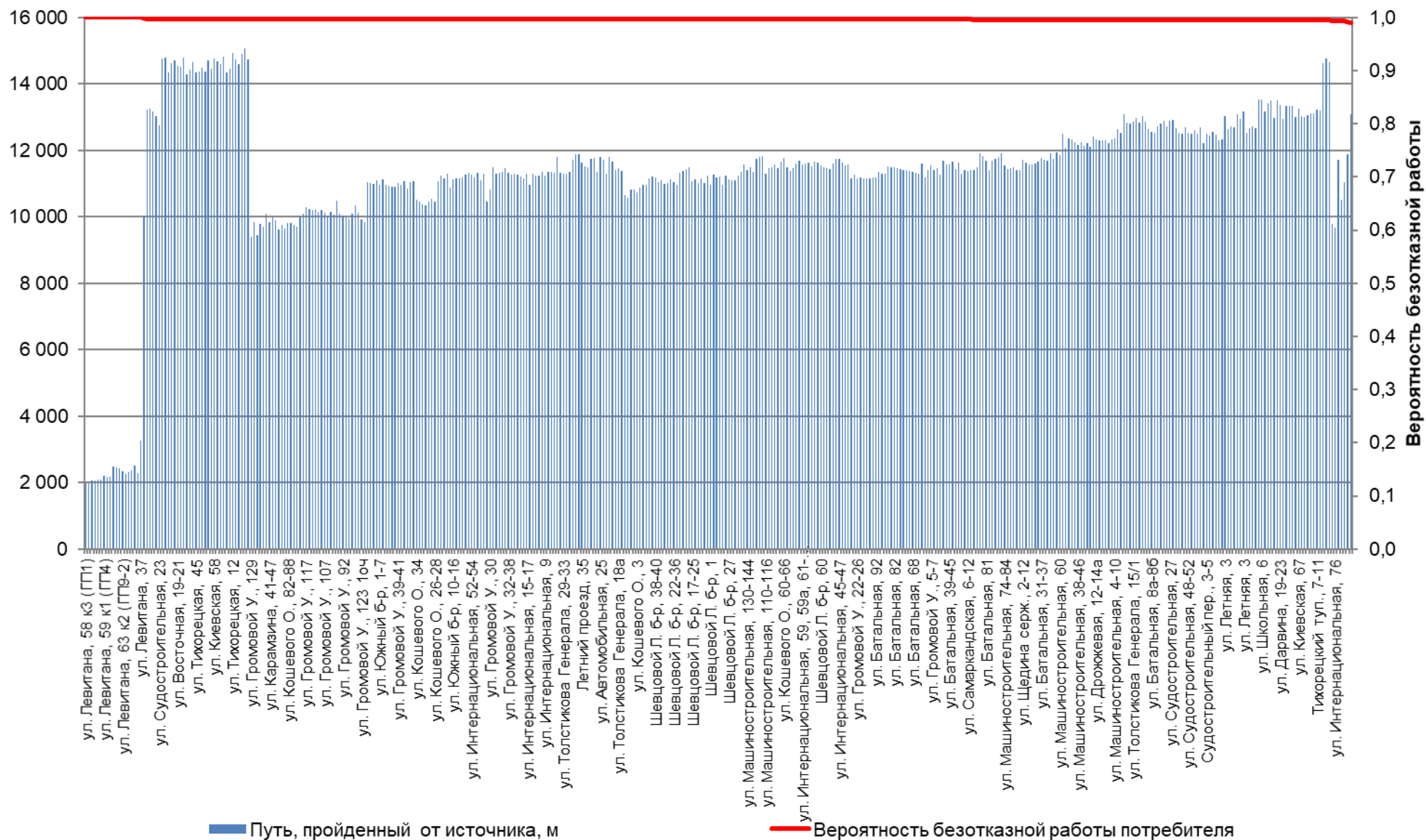


Рис. 3.2.2. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей от ТЭЦ-2

3.2.2. Перспективное состояние на 2035 г.

Расчет показателя надежности потребителей производился в программном комплексе Zulu Thermo.

В данном разделе на рис. 3.2.3 – 3.2.4 представлены иллюстрации расчетов вероятности безотказной работы потребителей в зависимости от длины пройденного до него от источника пути.

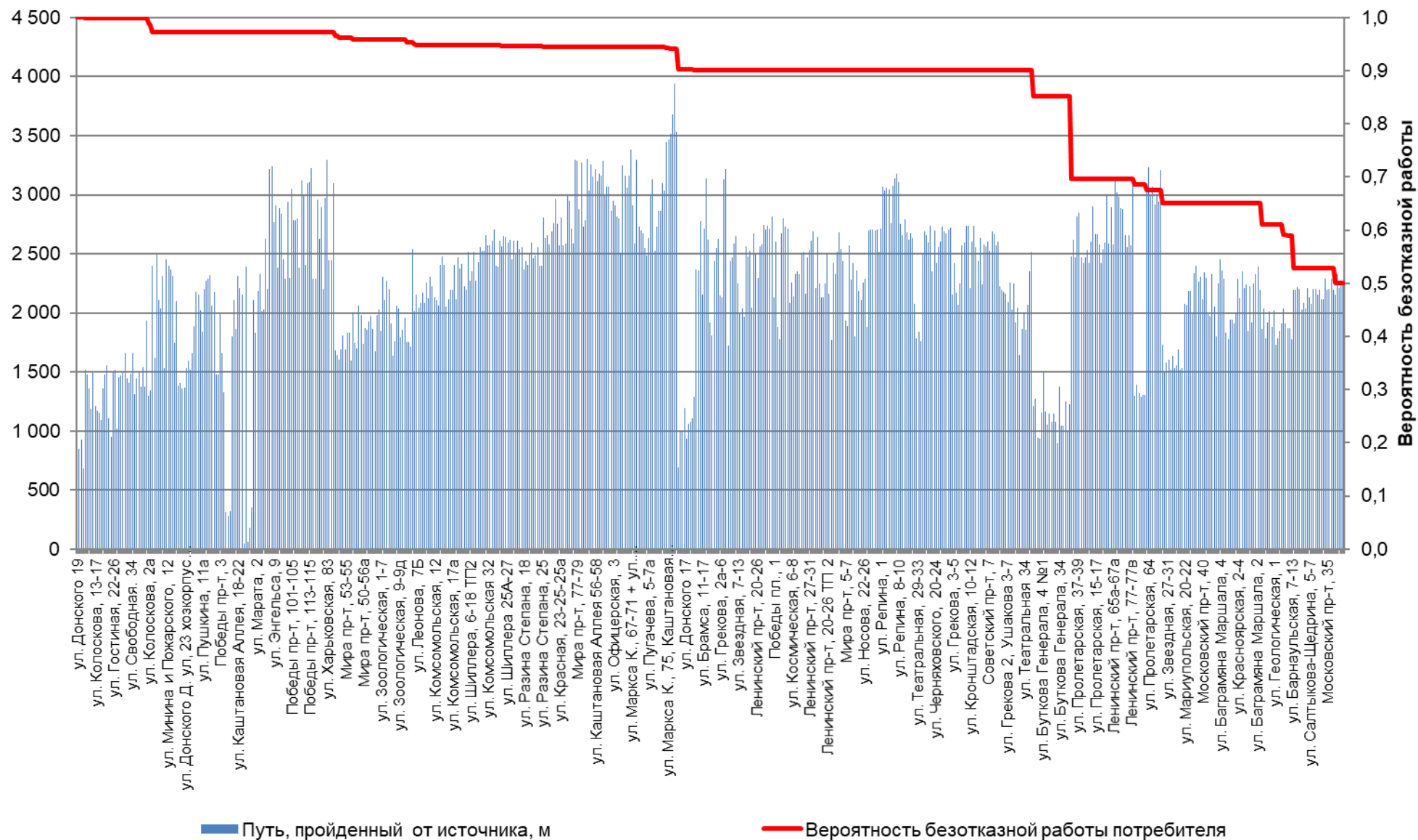


Рис. 3.2.3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей от ТЭЦ-1

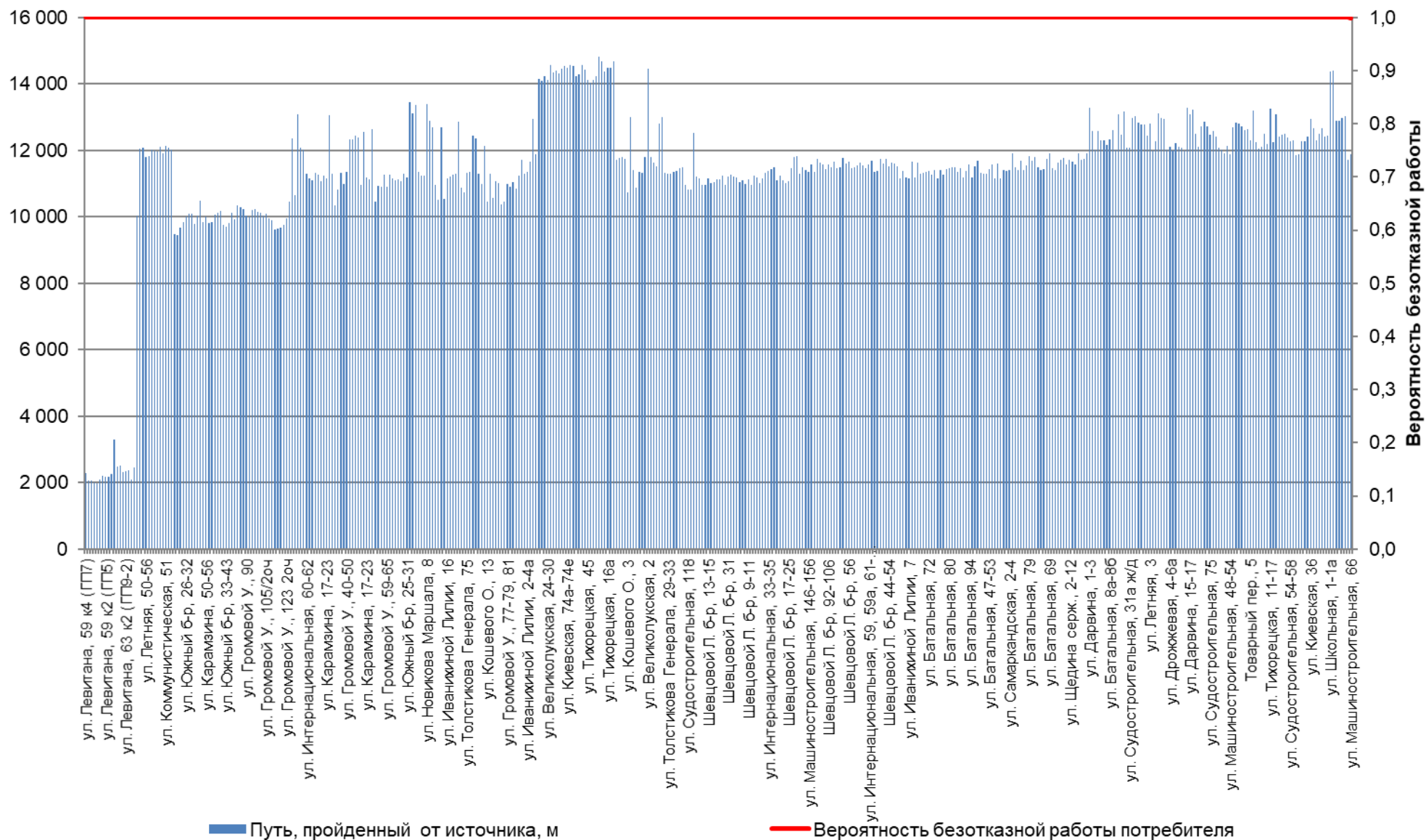


Рис. 3.2.4. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей от ТЭЦ-2

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

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

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

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

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

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

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

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

По результатам расчета можно сделать вывод о том, что у всех рассматриваемых потребителей значения показателя надежности, а именно коэффициента готовности являются выше нормативного значения.

Таким образом можно сделать вывод о том, что все рассматриваемые системы теплоснабжения не имеют завышенного масштаба, радиус действия рассматриваемых источников и общая длина сети рассматриваемых источников теплоснабжения не являются завышенным.

Раздел 5. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения

5.1. 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.

5.2. Установка резервного оборудования

Установка резервного оборудования не требуется.

5.3. 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 переключек 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.

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

5.4. Резервирование тепловых сетей смежных районов

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

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

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

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

Повышение надежности систем теплоснабжения может быть достигнуто путем использования передвижных котельных, которые при аварии на тепловой сети должны применяться в качестве резервных (аварийных) источников теплоты, обеспечивая подачу тепла как целым кварталам (через центральные тепловые пункты), так и отдельным зданиям, в первую

очередь потребителям первой категории. Для целей аварийного теплоснабжения каждая теплоснабжающая организация должна иметь как минимум одну передвижную котельную. Подключение передвижной котельной к центральному тепловому пункту или тепловому пункту здания (потребителя первой категории) осуществляется через специальные вводы с фланцами, выведенными за пределы здания и отключаемыми от основной системы теплоснабжения задвижками, установленными внутри здания.

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

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

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

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

$$Q = q_x \cdot Q_p$$

или

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

где G_p - расчетный расход теплоносителя в системе отопления, $\text{м}^3/\text{с}$; c - теплоемкость воды, $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; 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 (тепло-аккумулирующих) 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 тепловых потерь. 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 табл. 5.4.1. 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 5.4.1

Показатель	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления*, °C				
	-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.

5.5. Устройство резервных насосных станций

Установка резервных насосных станций не требуется.

5.6. Установка баков-аккумуляторов

Установка баков-аккумуляторов не требуется.

Раздел 6. Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей, и сооружений на них

Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей и сооружений на них не предоставляется возможным, поскольку расчет показателей надежности, в том числе вероятность безотказной работы и коэффициент готовности у потребителей тепловой сети как конечных элементов тепловой сети, выполнялся в первый раз.

Раздел 7. Анализ аварийных режимов работы тепловых сетей

7.1. Расчет предельного времени устранения аварий на тепловых сетях

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:

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

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

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

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

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

Расчет проводится для каждой градации повторяемости температуры наружного воздуха. Расчет времени снижения температуры внутри отапливаемого помещения при коэффициенте аккумуляции жилого здания $\beta=60$ часов приведён в табл. 8.1.1.

Таблица 8.1.1

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

Для анализа аварийных режимов работы тепловых сетей от источников теплоснабжения ГО «Город Калининград» в электронной модели были смоделированы случаи прекращения подачи тепловой энергии по основным тепловым магистралям от крупных источников теплоснабжения.

7.2. Моделирование аварии на магистральном тепловом выводе ТЭЦ-1

Для моделирования аварийной ситуации на тепловой сети от ТЭЦ-2 были выбраны участок от ТК 1-9 до ТК 1-10 магистрального теплового вывода № 1 и участок от ТК 3-13 до ТК 3-14, приведенные на рис. 7.2.1. После отключения данного участка был выполнен гидравлический расчет тепловой сети рассматриваемого источника теплоснабжения в откалиброванной электронной модели в ПК ZuluThermo. По итогам расчета было установлено, что ввиду наличия резервирующих тепловых магистралей на севере от РТС Северная диаметром 400 мм и на востоке от РТС Восточная диаметром 500 мм, теплоснабжение потребителей не прекратится, но качество теплоснабжения ухудшится. Зона ухудшения теплоснабжения приведена на рис. 7.2.2. Результаты расчета показывают, что температура внутреннего воздуха рассматриваемых потребителей составит от +10 до +16 °С.

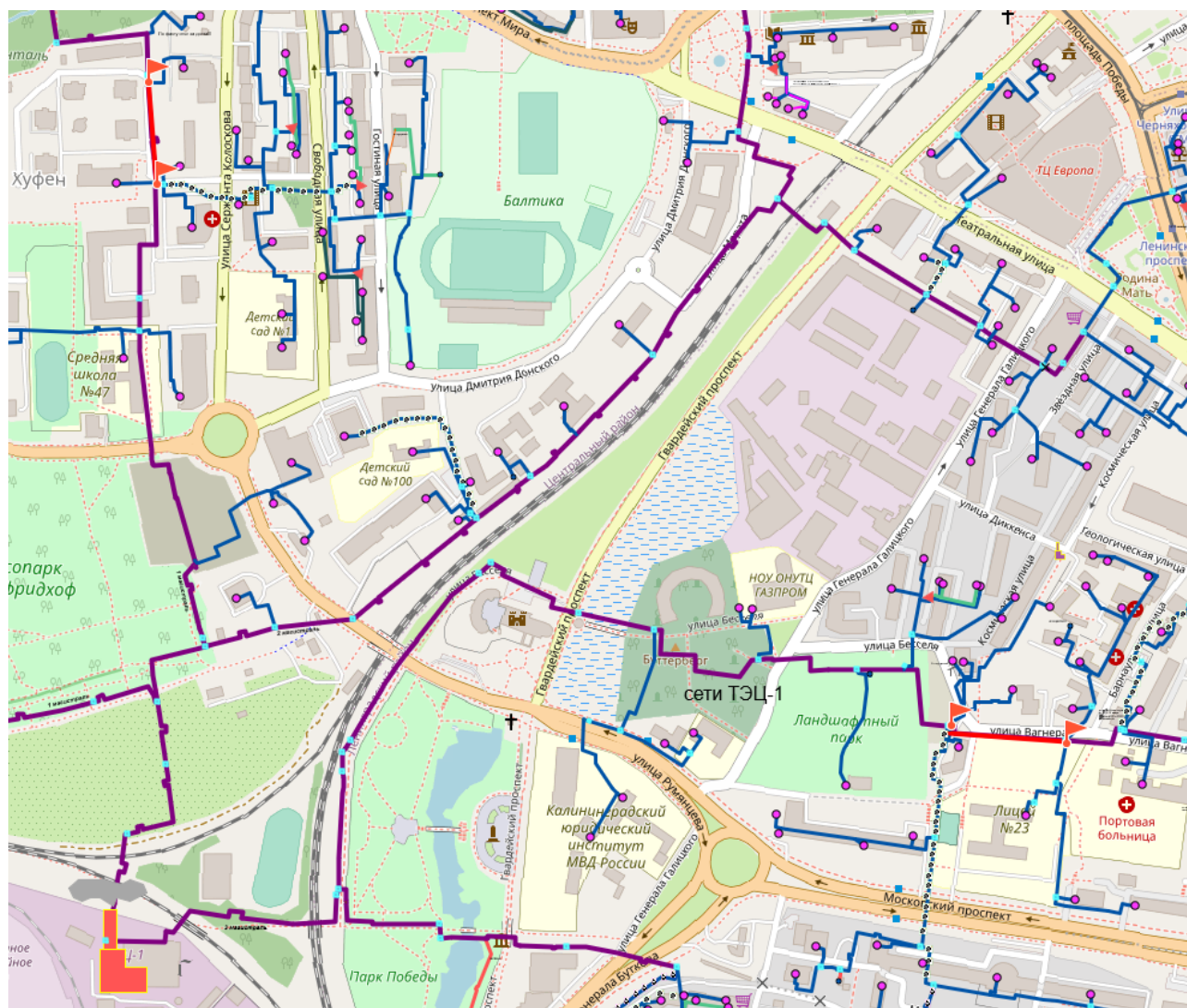


Рис. 7.2.1. Отключаемые участки магистральной тепловой сети

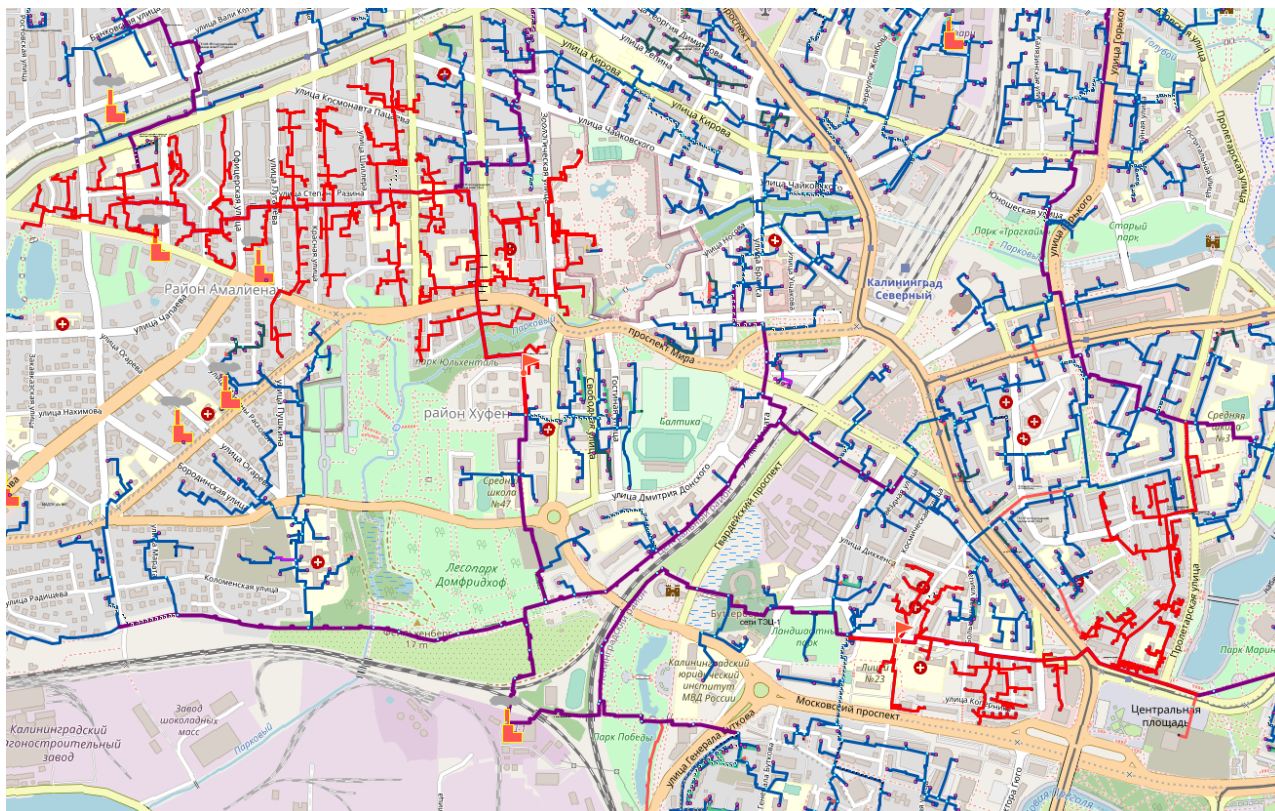


Рис. 7.2.2. Зона ухудшения теплоснабжения потребителей

7.3. Моделирование аварии на магистральном тепловом выводе ТЭЦ-2

Для моделирования аварийной ситуации на тепловой сети от ТЭЦ-2 был выбран участок магистрального теплового вывода, приведенный на рис. 7.3.1. После отключения данного участка был выполнен гидравлический расчет тепловой сети рассматриваемого источника теплоснабжения в откалиброванной электронной модели в ПК ZuluThermo. По итогам расчета было установлено, что ввиду наличия резервирующей тепловой магистрали от РТС Южная диаметром 700 мм теплоснабжение потребителей не прекратится, но качество теплоснабжения ухудшится. Зона ухудшения теплоснабжения приведена на рис. 7.3.2. Результаты расчета показывают, что температура внутреннего воздуха рассматриваемых потребителей составит от $+12$ до $+15$ °С.

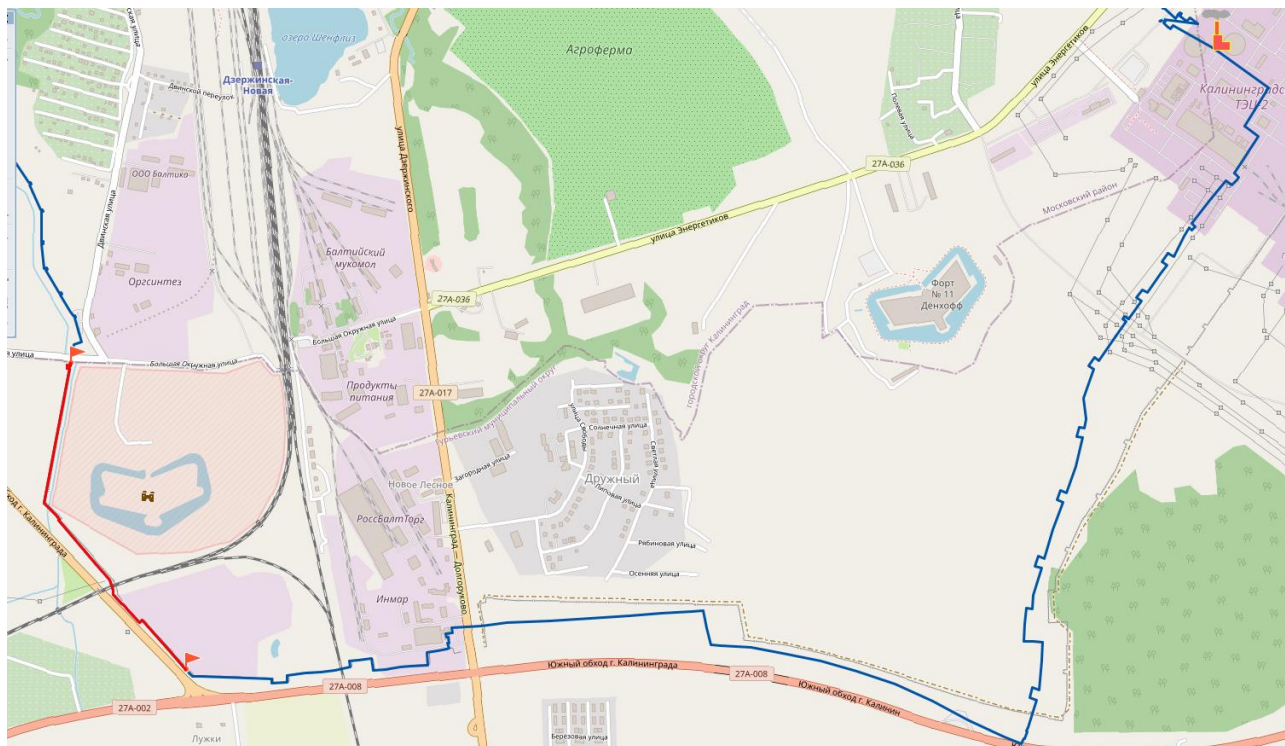


Рис. 7.3.1. Отключаемый участок магистральной тепловой сети

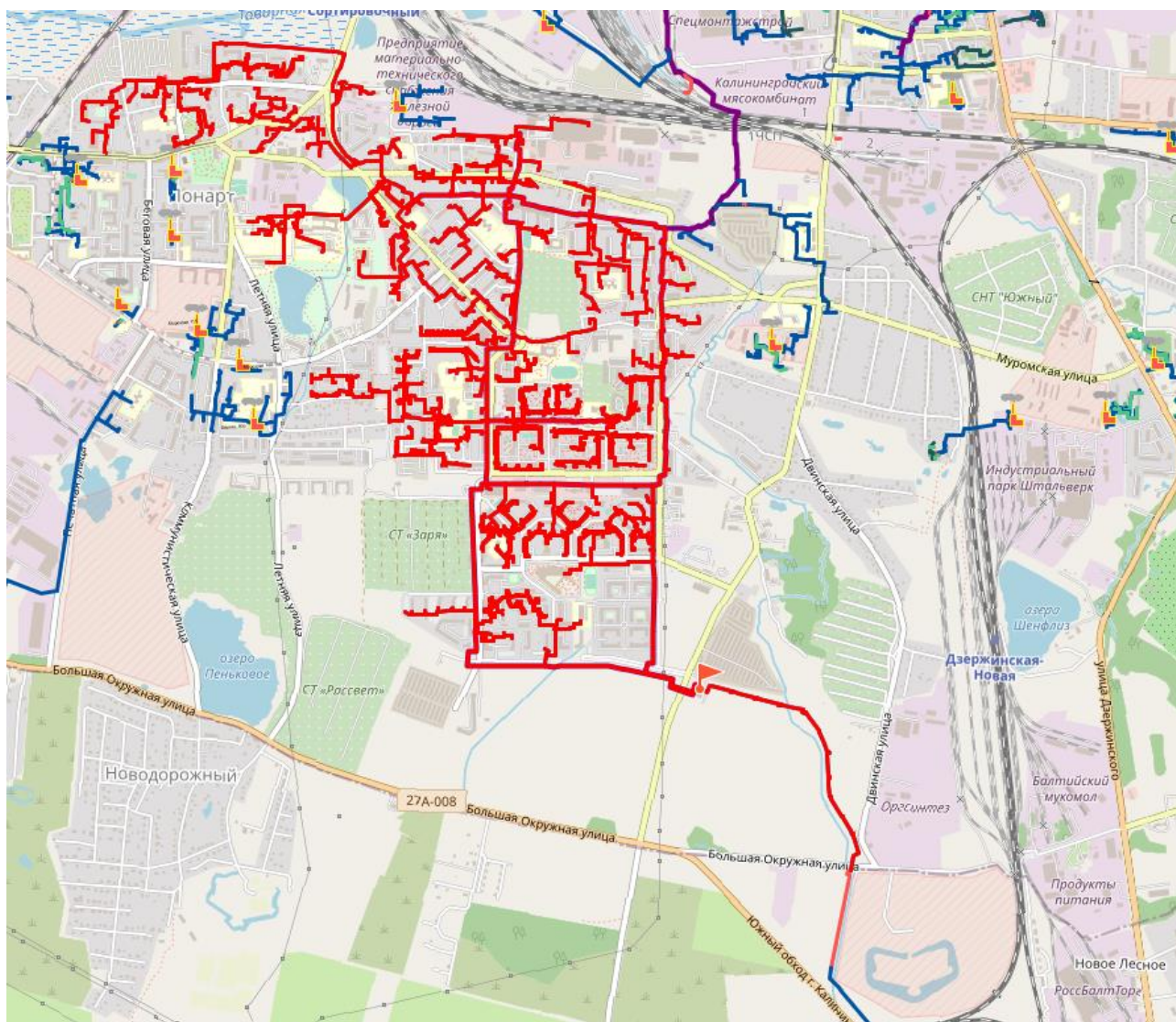


Рис. 7.3.2. Зона ухудшения теплоснабжения потребителей