

**АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2026 ГОД
СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ ОКРУГ «ГОРОД ОБНИНСК»
НА ПЕРИОД ДО 2041 ГОДА**

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

ГЛАВА 11. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

2025 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК РИСУНКОВ	3
СПИСОК ТАБЛИЦ	4
1. Метод и результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения	5
2. 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	21
3. Результаты оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии	22
4. Мероприятия по резервированию источников тепловой энергии и тепловых сетей, определенных системой мер по повышению надежности	26
5. Предложения по установке резервного оборудования	26
6. Предложения по организации совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть	26
7. Предложения по резервированию тепловых сетей смежных районов.....	26
8. Предложения по устройству резервных насосных станций	26
9. Предложения по установке баков-аккумуляторов	26
10. Мероприятия по замене тепловых сетей, определенных системой мер по повышению надежности	26
11. Анализ сценариев развития аварий в системах теплоснабжения с моделированием гидравлических режимов работы таких систем.....	27
11.1. Моделирование аварийной ситуации с прекращением отпуска тепловой энергии одного из котлов Котельной пр. Коммунальный, 21	27
11.2. Моделирование аварийной ситуации при отказе элементов тепловых сетей в системах централизованного теплоснабжения.....	32

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1– Участок тепловой сети от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Ленина,197	7
Рисунок 2– Участок тепловой сети от БМК Заовражье до ул. Табулевича, 3	10
Рисунок 3– Участок тепловой сети от ГТУ ТЭЦ №1 до 11 квартал, 4Г	12
Рисунок 4– Участок тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/1 до ул. Горького, 72	15
Рисунок 5– – Участок тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/2 до ул. Труда, 11	17
Рисунок 6– Участок тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/3 до Очистные, АЛК, аб.56	19
Рисунок 7– – Аварийное отключение Котла №2 и коллектора Ду800	27
Рисунок 8– Цветовая градация по располагаемому напору участков тепловых сетей	28
Рисунок 9– Тепловые сети Котельной пр. Коммунальный, 21, при аварийном отключении котла №2	29
Рисунок 10– Путь пьезометрического графика от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Гагарина, 46	30
Рисунок 11– Пьезометрический график от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Гагарина, 46	31
Рисунок 12– – Кольцевые участки тепловых сетей	32
Рисунок 13– – Отключаемый для моделирования аварийной ситуации участок У-4(К-15) – У-64а	33
Рисунок 14– - Путь пьезометрического графика от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, до отключения участка У-4(К-15) – У-64а	34
Рисунок 15– - Пьезометрический график от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, до отключения участка У-4(К-15) – У-64а	35
Рисунок 16– - Тепловые сети Котельной пр. Коммунальный, 21, при отключении участка У-4(К-15) – У-64а	36
Рисунок 17– - Путь пьезометрического графика от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, после отключения участка У-4(К-15) – У-64а	37
Рисунок 18– Пьезометрический график от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, после отключения участка У-4(К-15) – У-64а	38

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1 - Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от Орловской ТЭЦ до ЦТП пер. Почтовый 8а	8
Таблица 2 - Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от БМК Заовражье до ул. Табулевича, 3	11
Таблица 3 - Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от ГТУ ТЭЦ №1 до 11 квартал, 4Г	13
Таблица 4 -Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/1 до ул. Горького, 72	16
Таблица 5 -Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/2 до ул. Труда, 11	18
Таблица 6 -Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/3 до Очистные, АЛК, аб.56	20
Таблица 7 - Перерыв теплоснабжения по локализации поврежденного трубопровода	21
Таблица 8 -Показатели надежности систем централизованного теплоснабжения г. Обнинска	25

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

Расчет вероятности безотказной работы тепловой сети по отношению к каждому потребителю осуществляется в соответствии с РД-7-ВЭП «Расчет систем централизованного теплоснабжения с учетом требований надежности» по следующему алгоритму:

1. Определяется путь передачи теплоносителя от источника до потребителя, по отношению к которому выполняется расчет вероятности безотказной работы тепловой сети.

2. Устанавливается перечень участков теплопроводов, составляющих этот путь.

3. Для каждого участка тепловой сети устанавливаются: год его ввода в эксплуатацию, диаметр и протяженность.

4. На основе обработки данных по отказам и восстановлениям (времени, затраченном на ремонт участка) всех участков тепловых сетей за несколько лет их работы устанавливаются следующие зависимости:

- λ_0 -средневзвешенная частота (интенсивность) устойчивых отказов участков конкретной системы теплоснабжения при продолжительности эксплуатации участков от 3 до 17 лет (1/км/год);

- средневзвешенная частота (интенсивность) отказов для участков тепловой сети с продолжительностью эксплуатации от 1 до 3 лет;

- средневзвешенная частота (интенсивность) отказов для участков тепловой сети с продолжительностью эксплуатации от 17 и более лет;

- средневзвешенная продолжительность ремонта (восстановления) участков тепловой сети;

- средневзвешенная продолжительность ремонта (восстановления) участков тепловой сети в зависимости от диаметра участка.

Частота (интенсивность) отказов каждого участка тепловой сети измеряется с помощью показателя λ который имеет размерность [1/км/год] или [1/км/час].

Интенсивность отказов всей тепловой сети (без резервирования) по отношению к потребителю представляется как последовательное (в смысле надежности) соединение элементов, при котором отказ одного из всей совокупности элементов приводит к отказу всей системы в целом. Средняя вероятность безотказной работы системы, состоящей из последовательно соединенных элементов, будет равна произведению вероятностей безотказной работы:

Интенсивность отказов всего последовательного соединения равна сумме интенсивностей отказов на каждом участке

$$P_c = \prod_{i=1}^{i=N} P_i = e^{-t \sum_{i=1}^{i=N} \lambda_{ii}} = e^{\lambda_c t}$$

Интенсивность отказов всего последовательного соединения равна сумме интенсивностей отказов на каждом участке:

$$\lambda_c = L_1 \lambda_1 + L_2 \lambda_2 + \dots + L_n \lambda_n \text{ [1/час]},$$

где:

L_i - протяженность каждого участка, [км].

Таким образом, чем выше значение интенсивности отказов системы, тем меньше вероятность безотказной работы. Параметр времени в этих выражениях всегда равен одному отопительному периоду, т.е. значение вероятности безотказной работы вычисляется как некоторая вероятность в конце каждого рабочего цикла (перед следующим ремонтным периодом).

Отключений потребителей от источников тепла городского округа за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, не происходило.

Вероятности безотказной работы на конец расчетного периода рассчитаны при помощи электронной модели системы теплоснабжения. По результатам расчетов были предложены перекладки тепловых сетей, которые позволяют достичь требуемой надежности системы теплоснабжения ($ВБР > 0,9$) относительно каждой тепловой камеры.

Расчеты вероятности безотказной работы тепловых сетей от Котельной пр. Коммунальный, 21, ГТУ ТЭЦ, БМК Заовражье, ТЭЦ ФЭИ, до наиболее удаленных потребителей приведены в Таблицах 1 - 6

Таблица 1 - Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от Орловской ТЭЦ до ЦТП пер. Почтовый 8а

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Внутренний диаметр под. тр-да, м	Длина участка, м	Год прокладк и	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа	Вероятность безотказной работы
Котел-2	У-Т11	796	5	1980	48,3	0,02071	0,00057	0,00001	0,00012	0,99988
У-Т11	кан>возд	796	22	1980	48,3	0,02071	0,00057	0,00002	0,00049	0,99939
кан>возд	У-К4	796	24	1980	48,3	0,02071	0,00057	0,00003	0,00054	0,99886
У-К4	К-1а	796	89	1980	48,3	0,02071	0,00057	0,00010	0,00200	0,99686
К-1а	У-2(К-15)	796	72	1980	48,3	0,02071	0,00057	0,00008	0,00161	0,99526
У-2(К-15)	У3s - 18413	796	5	1980	46,3	0,02159	0,00057	0,00001	0,00011	0,99515
У3s - 18413	У-3(К-15)	796	5	1980	47,2	0,02117	0,00057	0,00001	0,00011	0,99505
У-3(К-15)	У-5(К-16)	796	460	1982	47,2	0,02117	0,00047	0,00044	0,00841	0,98668
У-2(К-16)	У-3(К-16)	698	14	1970	35,2	0,02842	0,00140	0,00004	0,00055	0,98614
У-3(К-16)	К-64	698	114	1967	35,2	0,02842	0,00183	0,00042	0,00601	0,98021
К-64	К-63	698	158	1967	35,2	0,02842	0,00183	0,00058	0,00837	0,97201
К-63	К-62	698	288	1968	35,2	0,02842	0,00168	0,00097	0,01391	0,95849
К-62	К-61а	698	183	1970	35,2	0,02842	0,00140	0,00051	0,00735	0,95144
К-61а	К-61б	698	213	1971	35,2	0,02842	0,00128	0,00054	0,00782	0,94400
К-61б	К-61	698	140	1971	35,2	0,02842	0,00128	0,00036	0,00515	0,93914
К-61	К-58а	698	191	2022	35,2	0,02842	0,00001	0,00000	0,00007	0,93907
К-58а	К-58	698	177	1971	35,2	0,02842	0,00128	0,00045	0,00652	0,93295
У-5(К-16)	У3s - 18409	796	4	1980	47,2	0,02118	0,00057	0,00000	0,00008	0,93287
У3s - 18409	У-6(К-16)	796	3	1980	47,2	0,02118	0,00057	0,00000	0,00007	0,93281
К-58	У3s - 18423	512	4	1971	27,9	0,03588	0,00128	0,00001	0,00011	0,93271
У3s - 18423	У-1(К-58)	512	3	1971	27,9	0,03588	0,00128	0,00001	0,00009	0,93263
У-6(К-16)	У3s - 18405	512	4	1970	30,1	0,03318	0,00140	0,00001	0,00015	0,93249
У3s - 18405	У-2(К-16)	512	4	1970	30,1	0,03318	0,00140	0,00001	0,00014	0,93236
У-1(К-58)	У-2(К-58)	512	4	1971	27,9	0,03587	0,00128	0,00001	0,00010	0,93226
У-2(К-58)	К-57б	512	127	1971	27,9	0,03587	0,00128	0,00032	0,00370	0,92881
К-57б	К-57а	512	64	1971	27,9	0,03587	0,00128	0,00016	0,00187	0,92707
К-57а	К-57	512	35	1971	27,9	0,03587	0,00128	0,00009	0,00103	0,92611
К-57	Глухая врезка	512	127	1988	27,9	0,03587	0,00028	0,00007	0,00080	0,92537
Глухая врезка	К-56	512	78	1988	27,9	0,03587	0,00028	0,00004	0,00049	0,92492
К-56	К-55а	512	80	1988	27,9	0,03587	0,00028	0,00004	0,00051	0,92445
К-55а	К-55	512	107	1988	27,9	0,03587	0,00028	0,00006	0,00067	0,92383
К-55	К-54	512	156	1971	27,9	0,03587	0,00128	0,00040	0,00454	0,91964
К-54	К-54а	512	84	1988	27,9	0,03587	0,00028	0,00005	0,00053	0,91915
К-54а	К-53	512	64	1971	27,9	0,03587	0,00128	0,00016	0,00188	0,91743
К-53	К-52	408	150	1970	23,2	0,04302	0,00140	0,00042	0,00400	0,91376

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Внутренний диаметр под. тр-да, м	Длина участка , м	Год прокладк и	Время восстановлени я, ч	Интенсивность восстановлени я, 1/ч	Интенсивност ь отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов , 1/ч	Вероятност ь отказа	Вероятност ь безотказно й работы
К-52	К-51	408	72	1970	23,2	0,04302	0,00140	0,00020	0,00191	0,91201
К-51	ТК-32а-1	414	136	2027	22,3	0,04490	0,00001	0,00000	0,00002	0,91200
ТК-32а-1	ТК-32а-3	414	140	2027	22,3	0,04490	0,00001	0,00000	0,00002	0,91198
ТК-32а-3	ТК-32а-8	414	225	2027	22,3	0,04490	0,00001	0,00000	0,00003	0,91195
ТК-32а-8	И-1в	414	245	2027	22,3	0,04490	0,00001	0,00000	0,00004	0,91191
И-1в	И-1г	414	177	2027	22,3	0,04490	0,00001	0,00000	0,00003	0,91189
И-1г	И-1д	259	126	1973	14,2	0,07057	0,00107	0,00027	0,00155	0,91047
И-1д	И-1а	259	270	1973	14,2	0,07057	0,00107	0,00058	0,00334	0,90743
И-1а	И-1	259	92	1973	14,2	0,07057	0,00107	0,00020	0,00113	0,90640
И-1	И-1-2	125	265	2018	7,7	0,12966	0,00002	0,00001	0,00003	0,90637
И-1-2	У-Лен.197	125	27	2018	7,7	0,12966	0,00002	0,00000	0,00000	0,90637
У-Лен.197	УУТЭ(Лен.197)	125	2	2018	7,7	0,12966	0,00002	0,00000	0,00000	0,90637
УУТЭ(Лен.197)	Ленина,197-ЖК "Звездный города	125	2	2018	7,7	0,12966	0,00002	0,00000	0,00000	0,90637

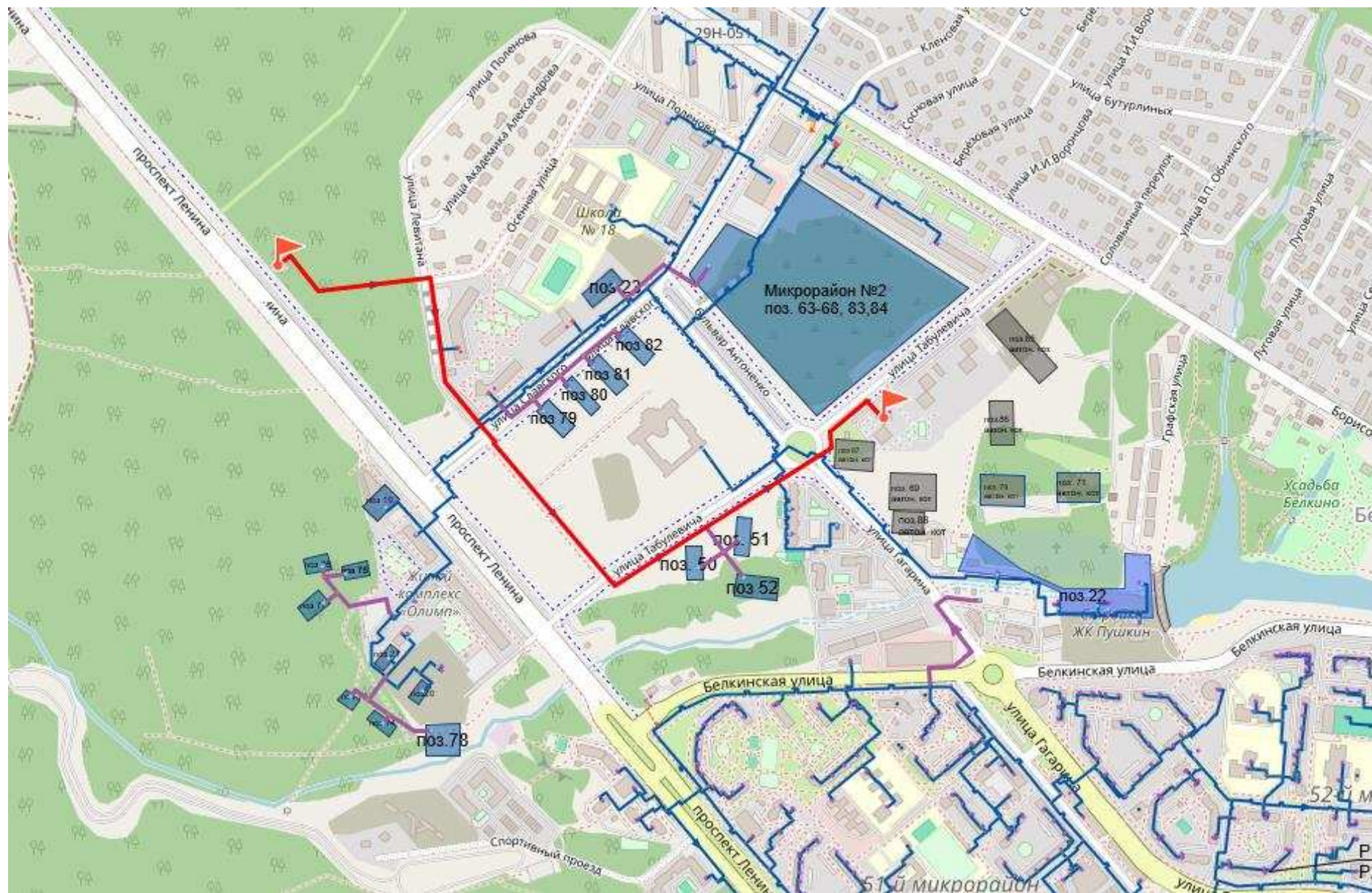


Рисунок 2– Участок тепловой сети от БМК Заовражье до ул. Табулевича, 3

Таблица 2 - Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от БМК Заовражье до ул. Табулевича, 3

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Внутренний диаметр под. тр-да, м	Длина участка, м	Год прокладки	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа	Вероятность безотказной работы
БМК Заовражье	УЗs - 18506	408	165	1990	23,4	0,04282	0,00023	0,00008	0,00175	0,99825
УЗs - 18506	УЗs - 17822	359	345	1990	19,8	0,05045	0,00023	0,00016	0,00309	0,99517
УЗs - 17822	УЗs - 17828	359	156	1990	19,8	0,05045	0,00023	0,00007	0,00140	0,99377
УЗs - 17828	УЗs - 18510	359	54	1990	19,8	0,05045	0,00023	0,00002	0,00048	0,99330
УЗs - 18510	УЗs - 20222	309	548	1990	16,6	0,06012	0,00023	0,00025	0,00413	0,98920
УЗs - 20222	УЗs - 18512	309	307	1990	16,6	0,06012	0,00023	0,00014	0,00231	0,98691
УЗs - 18512	УЗs - 17830	207	88	1990	12,0	0,08339	0,00023	0,00004	0,00048	0,98644
УЗs - 17830	Табулевича, 3, 5,7,9	207	45	1990	12,0	0,08339	0,00023	0,00002	0,00025	0,98619

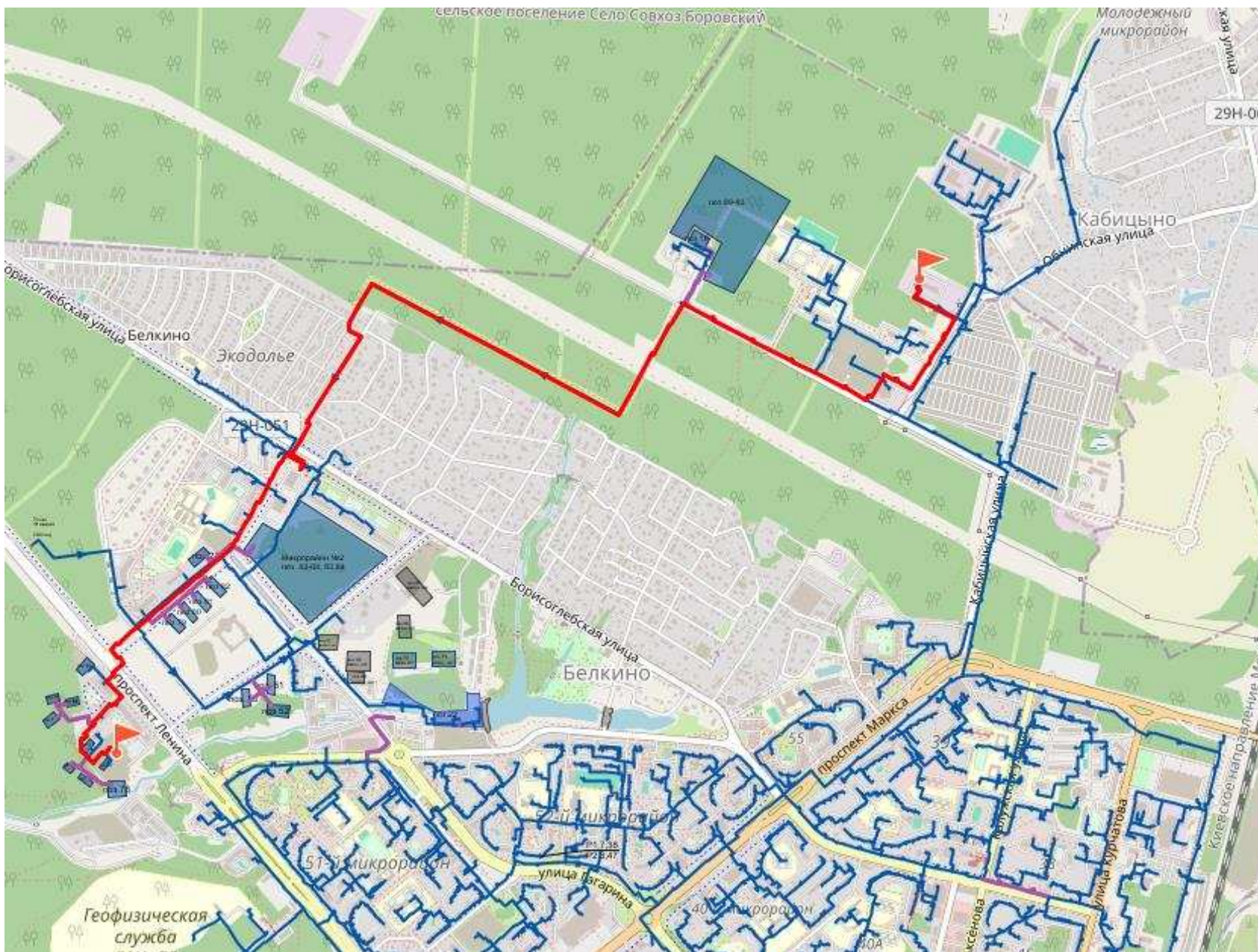


Рисунок 3– Участок тепловой сети от ГТУ ТЭЦ №1 до 11 квартал, 4Г

Таблица 3 - Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от ГТУ ТЭЦ №1 до 11 квартал, 4Г

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Внутренний диаметр под. тр-да, м	Длина участка, м	Год прокладки	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа	Вероятность безотказной работы
ГТУ ТЭЦ №1	Уз.ГТУ	309	7	2013	16,4	0,06083	0,00003	0,00000	0,00001	0,99999
Уз.ГТУ	УТ-0	309	21	2013	16,4	0,06083	0,00003	0,00000	0,00002	0,99998
УТ-5	К-7(Каб)	512	219	1985	27,7	0,03609	0,00036	0,00016	0,00410	0,99587
К-7(Каб)	У-2(К-8каб)	512	557	1985	27,7	0,03609	0,00036	0,00040	0,01043	0,98549
УТ-0	УТ-1	309	107	2013	16,4	0,06083	0,00003	0,00001	0,00009	0,98540
УТ-1	УТ-1а	309	98	2013	16,4	0,06083	0,00003	0,00001	0,00009	0,98531
У-2(К-8каб)	К-8(Каб)	259	20	1985	14,7	0,06811	0,00036	0,00001	0,00020	0,98512
УТ-1а	УТ-2	309	184	2013	16,4	0,06083	0,00003	0,00001	0,00016	0,98496
УТ-2	УТ-3	309	177	2013	16,4	0,06083	0,00003	0,00001	0,00016	0,98480
УТ-3	УТ-4	309	110	2013	16,4	0,06083	0,00003	0,00001	0,00010	0,98471
К-8(Каб)	УТл-1	414	107	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00000	0,00008	0,98463
УТл-1	УТл-2	414	130	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00000	0,00009	0,98454
УТл-2	УТл-3	414	131	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00000	0,00010	0,98444
УТл-3	УТл-4	414	256	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00001	0,00019	0,98426
УТл-4	УТл-5	414	327	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00001	0,00024	0,98402
УТл-5	УТл-6	414	632	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00002	0,00046	0,98357
УТл-6	УТ7	414	125	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00000	0,00009	0,98348
УТ7	УТ8	414	471	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00002	0,00034	0,98314
УТ8	УТ3-1	414	59	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00000	0,00004	0,98310
УТ3-1	У3s - 20209	414	53	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00000	0,00004	0,98306
У3s - 20209	ПНС	414	12	2018	21,2	0,04722	0,00002	0,00000	0,00001	0,98305
ПНС	УТ-4	408	19	2018	23,4	0,04267	0,00002	0,00000	0,00002	0,98304
УТ-4	УТ-5	309	105	2013	16,4	0,06083	0,00003	0,00001	0,00009	0,98295
У3s - УТ-5	Коллектор БМК	408	19	2018	23,4	0,04267	0,00002	0,00000	0,00002	0,98293
Коллектор БМК	ТК2	259	72	2016	13,9	0,07217	0,00002	0,00000	0,00004	0,98289
ТК2	ТК3	259	149	2016	13,9	0,07217	0,00002	0,00001	0,00009	0,98281
ТК6	ТК-11	259	656	2016	13,9	0,07217	0,00002	0,00003	0,00037	0,98244
ТК-11	ТК-11.1	309	104	2016	17,5	0,05720	0,00002	0,00000	0,00008	0,98237
ТК3	ТК4	259	136	2016	13,9	0,07217	0,00002	0,00001	0,00008	0,98229
ТК-11.1	ТК-2	309	114	2016	17,5	0,05720	0,00002	0,00001	0,00008	0,98221
ТК4	ТК5	259	88	2016	13,9	0,07217	0,00002	0,00000	0,00005	0,98216
ТК5	ТК6	259	107	2016	13,9	0,07217	0,00002	0,00000	0,00006	0,98210
ТК-2	ТК-3	259	72	2016	14,6	0,06856	0,00002	0,00000	0,00004	0,98206
ТК-3	ТК-4	259	54	2016	14,6	0,06856	0,00002	0,00000	0,00003	0,98202
ТК-4	УТ1	259	166	2023	14,6	0,06856	0,00001	0,00000	0,00005	0,98197

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Внутренний диаметр под. тр-да, м	Длина участка, м	Год прокладки	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа	Вероятность безотказной работы
УТ1	ТК-5	259	33	2024	14,6	0,06856	0,00001	0,00000	0,00001	0,98196
ТК-5	У1	150	6	2024	9,1	0,10963	0,00001	0,00000	0,00000	0,98196
У1	У2	150	29	2024	9,1	0,10963	0,00001	0,00000	0,00001	0,98196
У2	УТ1	150	28	2024	9,1	0,10963	0,00001	0,00000	0,00001	0,98195
УТ1	У3	123	29	2024	7,8	0,12812	0,00001	0,00000	0,00000	0,98195
У3	Ш-11кв4Г	123	19	2024	7,8	0,12812	0,00001	0,00000	0,00000	0,98194
Ш-11кв4Г	У-11кв.4Г	123	5	2024	7,8	0,12812	0,00001	0,00000	0,00000	0,98194
У-11кв.4Г	11 квартал,4Г	123	5	2024	7,8	0,12812	0,00001	0,00000	0,00000	0,98194

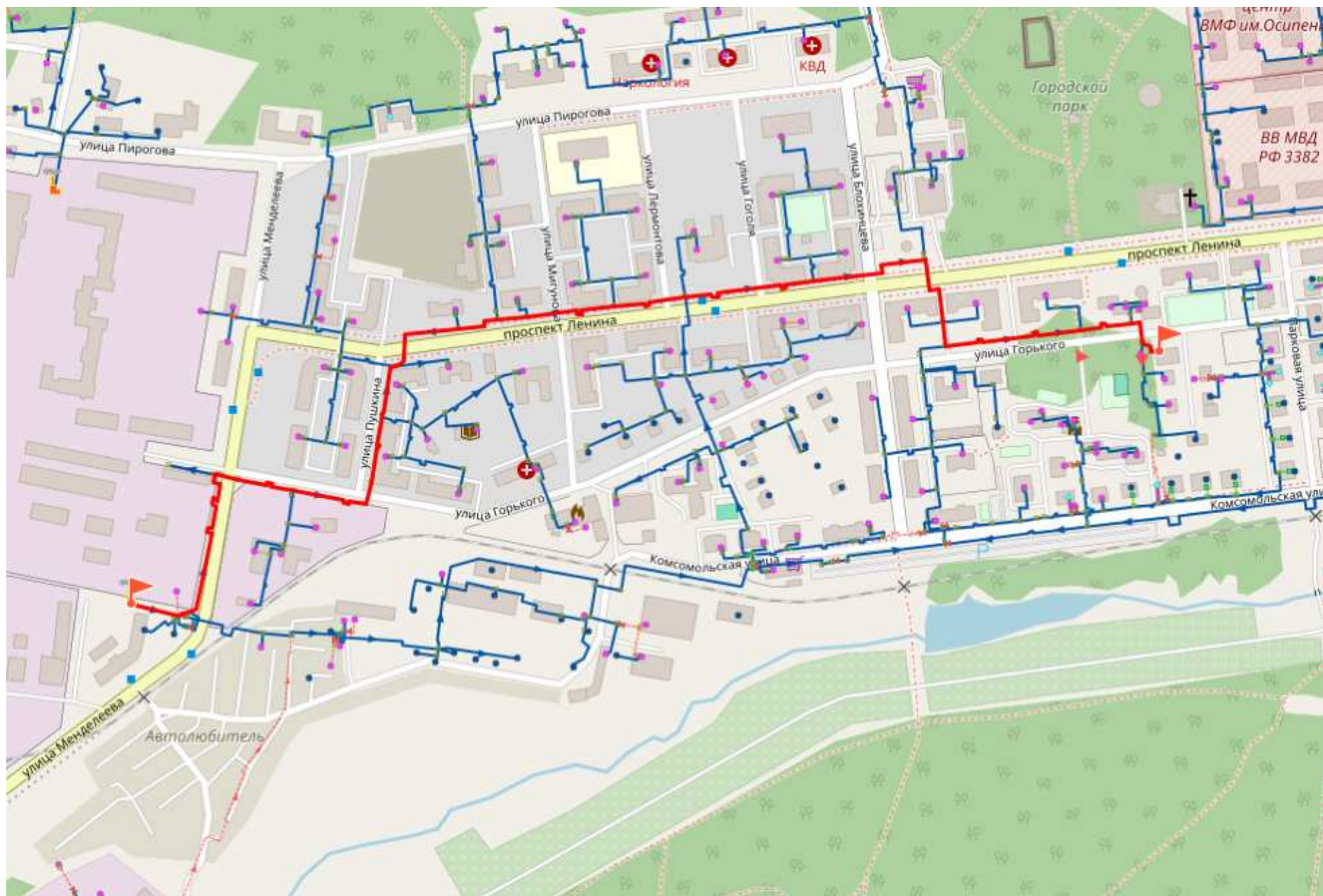


Рисунок 4– Участок тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/1 до ул. Горького, 72

Таблица 4 -Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/1 до ул. Горького, 72

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Внутренний диаметр под. тр-да, м	Длина участка, м	Год прокладки	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа	Вероятность безотказной работы
ТЭЦ(ФЭИ)/1	У-ТК-146	512	52	1986	30,0	0,03330	0,00033	0,00003	0,00092	0,99908
ТК-5-1	ТК-6-1	207	147	2017	11,5	0,08721	0,00002	0,00001	0,00006	0,99902
ТК-5-1	ТК-4-1	207	79	2015	11,5	0,08721	0,00002	0,00000	0,00004	0,99898
У-ТК-146	УЗs - 18448	207	5	1986	11,9	0,08371	0,00033	0,00000	0,00004	0,99895
УЗs - 18448	УЗs - 18437	207	5	1986	11,9	0,08371	0,00033	0,00000	0,00003	0,99891
УЗs - 18437	У-129	207	174	1986	12,0	0,08367	0,00033	0,00011	0,00121	0,99771
У-129	ТК-1-4а	207	4	1953	12,0	0,08367	0,00649	0,00005	0,00049	0,99722
ТК-1-4а	Задвижка в ТК-1-4а	150	4	1953	9,1	0,10935	0,00649	0,00005	0,00040	0,99682
Задвижка в ТК-1-4а	150<200	150	17	1953	9,1	0,10935	0,00649	0,00022	0,00180	0,99502
150<200	ТК-1-4	207	63	1953	12,1	0,08299	0,00649	0,00082	0,00875	0,98632
ТК-1-4	ТК-1-3	98	81	2018	6,6	0,15079	0,00002	0,00000	0,00002	0,98630
ТК-1-3	ТК-1-3(СМ)	207	23	2017	11,5	0,08721	0,00002	0,00000	0,00001	0,98630
ТК-1-3(СМ)	ТК-8-2	207	72	1953	11,5	0,08721	0,00649	0,00093	0,00940	0,97702
ТК-6-1	ТК-12-1	207	123	2020	11,5	0,08721	0,00002	0,00000	0,00004	0,97698
ТК-12-1	ТК-10-1(точка А)	125	32	1957	7,8	0,12838	0,00452	0,00029	0,00197	0,97506
ТК-10-1(точка А)	ТК-10-1	125	45	2017	7,8	0,12838	0,00002	0,00000	0,00001	0,97505
ТК-4-1	ТК-3-2	207	97	2017	11,5	0,08721	0,00002	0,00000	0,00004	0,97501
ТК-3-2	ТК-3-1а	207	30	2017	11,5	0,08721	0,00002	0,00000	0,00001	0,97500
ТК-10-1	ТК-10-2	125	24	2020	7,8	0,12838	0,00002	0,00000	0,00001	0,97499
ТК-10-2	ТК-10-7	125	151	1974	7,8	0,12838	0,00098	0,00029	0,00202	0,97302
ТК-10-7	ТК-10-8	125	59	1974	7,8	0,12838	0,00098	0,00011	0,00079	0,97225
ТК-3-1а	ТК-3-1	207	46	2017	11,5	0,08721	0,00002	0,00000	0,00002	0,97224
ТК-8-2	ТК-8-1	207	60	2018	11,5	0,08721	0,00002	0,00000	0,00002	0,97221
ТК-3-1	ТК-8-1	207	94	2008	11,5	0,08721	0,00005	0,00001	0,00009	0,97213
ТК-10-8	ТК-10-9а	98	31	2005	6,6	0,15069	0,00006	0,00000	0,00002	0,97211
ТК-10-9а	У(Гор.72)	49	18	1998	4,5	0,22027	0,00011	0,00000	0,00002	0,97209
У(Гор.72)	УУТЭ(Гор.72)	49	3	1998	4,5	0,22027	0,00011	0,00000	0,00000	0,97209
УУТЭ(Гор.72)	Горького,72	49	2	1998	4,5	0,22027	0,00011	0,00000	0,00000	0,97209

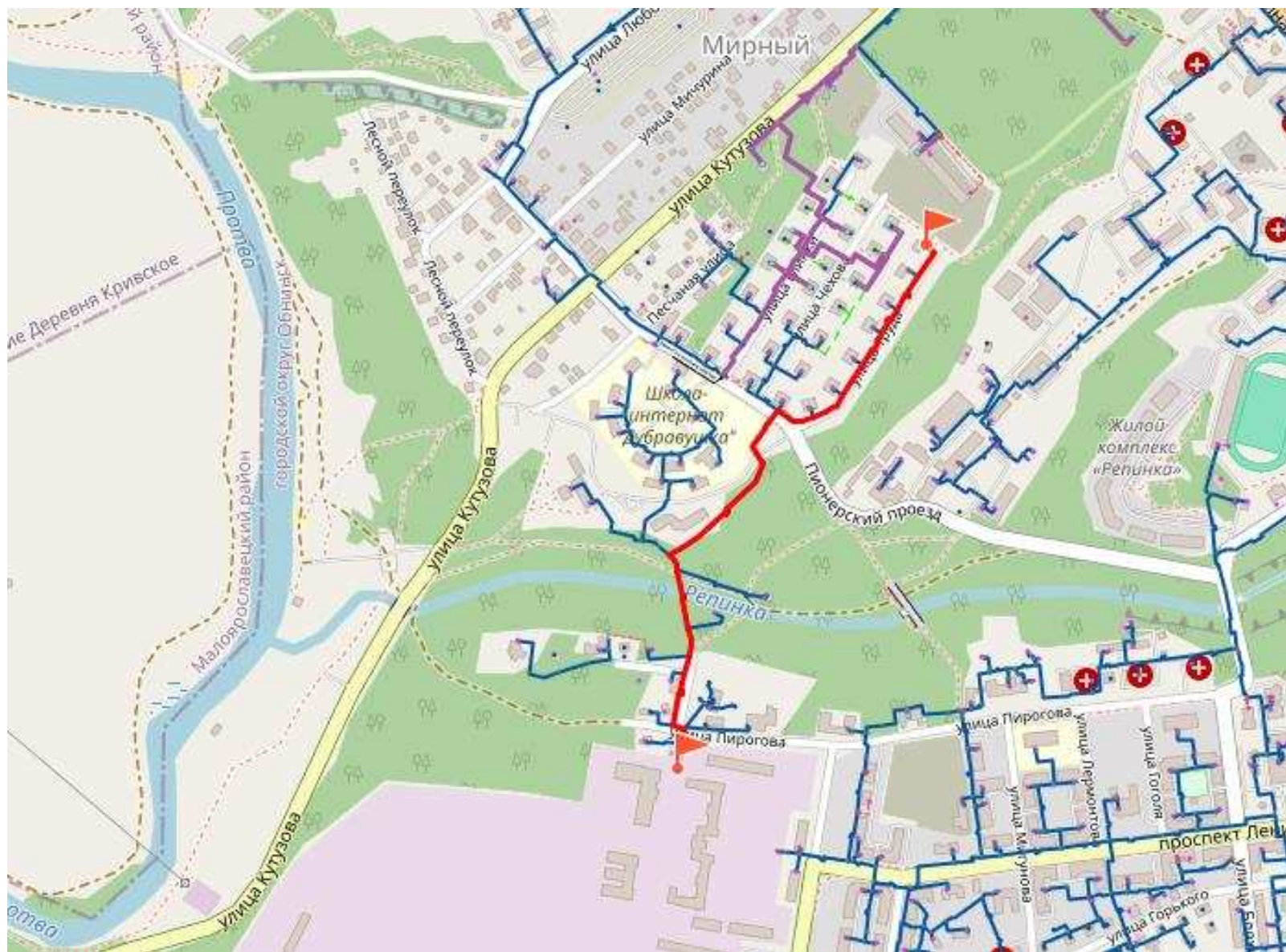


Рисунок 5– – Участок тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/2 до ул. Труда, 11

Таблица 5 -Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/2 до ул. Труда, 11

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Внутренний диаметр под. тр-да, м	Длина участка, м	Год прокладки	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа	Вероятность безотказной работы
ТЭЦ(ФЭИ)/2	М-0	150	40	1960	9,1	0,10974	0,00345	0,00028	0,00243	0,99757
М-0	М-2	150	21	2008	9,1	0,10974	0,00005	0,00000	0,00002	0,99755
М-2	М-1	150	18	2008	9,1	0,10974	0,00005	0,00000	0,00001	0,99754
М-1	М-4	125	85	1960	7,9	0,12692	0,00345	0,00059	0,00445	0,99310
М-4	М-4а	125	8	2013	7,9	0,12692	0,00003	0,00000	0,00000	0,99310
М-4а	М-5	125	19	2013	7,9	0,12692	0,00003	0,00000	0,00001	0,99309
М-5	М-5(смотр)	150	20	2006	9,1	0,11046	0,00005	0,00000	0,00002	0,99307
М-5(смотр)	М-9	150	22	2006	9,1	0,11046	0,00005	0,00000	0,00002	0,99305
М-9	У-(М-10)	150	96	1960	9,1	0,11046	0,00345	0,00066	0,00575	0,98734
У-(М-10)	У-(М-11)	150	26	2010	9,1	0,11046	0,00004	0,00000	0,00002	0,98733
У-(М-11)	У-(М-11б)	150	21	1957	9,1	0,11046	0,00452	0,00019	0,00167	0,98568
У-(М-11б)	М-11в	259	192	1985	14,7	0,06819	0,00036	0,00014	0,00195	0,98376
М-11в	М-11г	259	15	1957	14,7	0,06819	0,00452	0,00014	0,00193	0,98186
М-11г	250>100	259	45	1957	14,7	0,06819	0,00452	0,00041	0,00576	0,97620
250>100	М-23а	98	8	1986	6,6	0,15075	0,00033	0,00001	0,00003	0,97617
М-23а	М-23	98	26	2019	6,6	0,15075	0,00002	0,00000	0,00001	0,97616
М-23	М-23б	98	42	1990	6,6	0,15075	0,00023	0,00002	0,00012	0,97604
М-23б	М-24	79	18	1990	5,8	0,17239	0,00023	0,00001	0,00005	0,97600
М-24	М-24а	70	22	2016	5,4	0,18557	0,00002	0,00000	0,00000	0,97599
М-24а	М-25	70	40	2016	5,4	0,18557	0,00002	0,00000	0,00001	0,97598
М-25	У-(Труд.3)	70	53	2016	5,4	0,18557	0,00002	0,00000	0,00001	0,97597
У-(Труд.3)	У-М-26	79	22	2016	5,8	0,17242	0,00002	0,00000	0,00001	0,97597
У-М-26	М-26	70	40	2016	5,4	0,18499	0,00002	0,00000	0,00001	0,97596
М-26	У-(Труд.7)	49	50	2016	4,5	0,22092	0,00002	0,00000	0,00001	0,97595
У-(Труд.7)	У-(Труд.9)	49	66	2016	4,5	0,22092	0,00002	0,00000	0,00001	0,97593
У-(Труд.9)	У-Труд.11	39	55	2016	4,1	0,24130	0,00002	0,00000	0,00001	0,97593
У-Труд.11	УУТЭ(Труда,11)	39	3	1959	4,1	0,24130	0,00378	0,00002	0,00009	0,97584
УУТЭ(Труда,11)	Труда,11	39	2	1959	4,1	0,24130	0,00378	0,00002	0,00006	0,97577

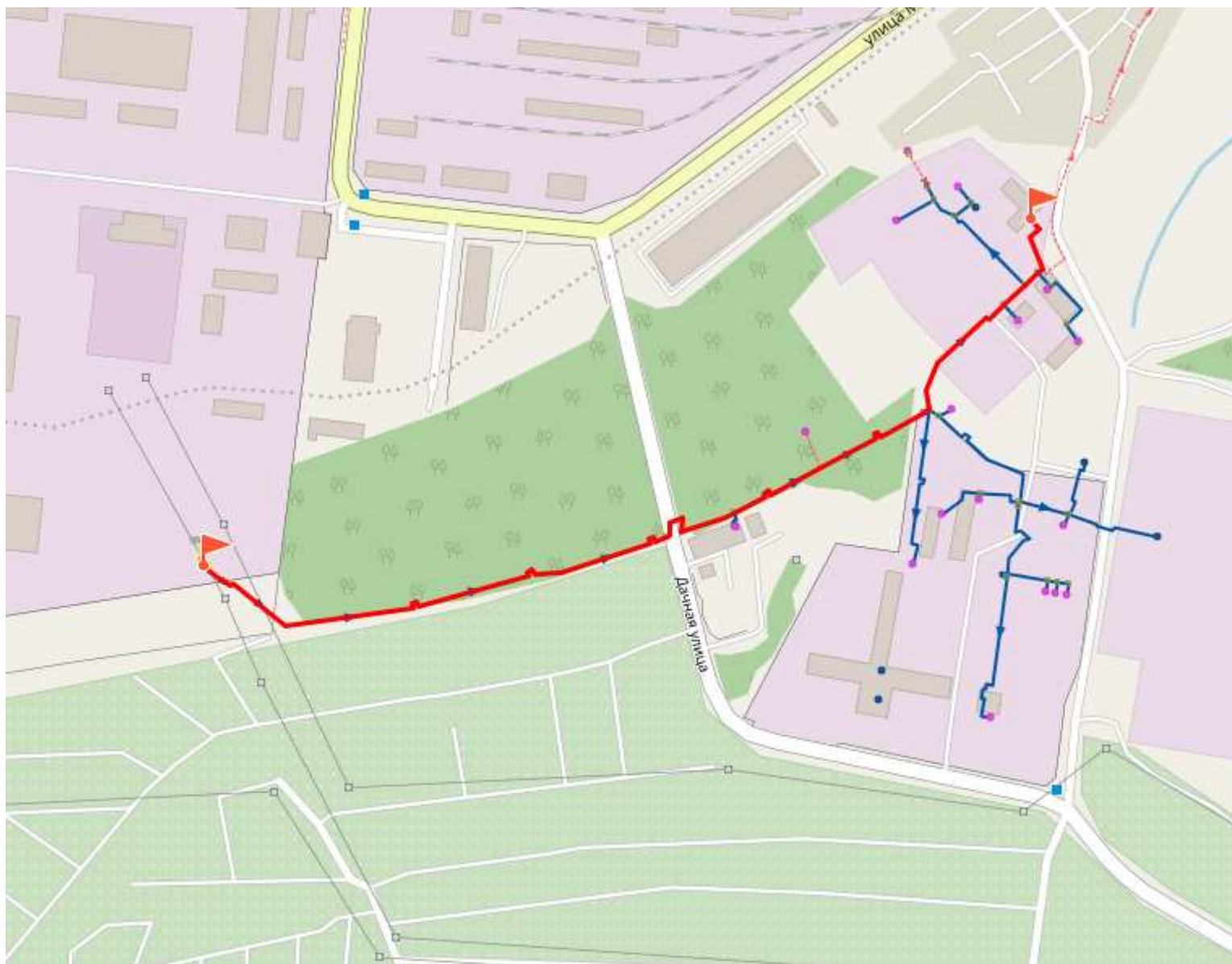


Рисунок 6– Участок тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/3 до Очистные, АЛК, аб.56

Таблица 6 -Результат расчета вероятности безотказной работы участка тепловой сети от ТЭЦ(ФЭИ)/3 до Очистные, АЛК, аб.56

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Внутренний диаметр под. тр-да, м	Длина участка, м	Год прокладк и	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа	Вероятность безотказной работы
ТЭЦ(ФЭИ)/3	УУТЭ(ФЭИ Очистные)	150	20	1968	8,7	0,11435	0,00168	0,00007	0,00057	0,99943
УУТЭ(ФЭИ Очистные)	У-Уз.учета	150	3	1968	8,7	0,11435	0,00168	0,00001	0,00009	0,99934
У-Уз.учета	У-1(Оч)	150	420	1968	8,7	0,11435	0,00168	0,00141	0,01177	0,98759
У-1(Оч)	У-2(Оч)	150	40	1968	8,7	0,11435	0,00168	0,00013	0,00113	0,98648
У-2(Оч)	У-2а(Оч.)	150	45	1968	8,7	0,11435	0,00168	0,00015	0,00126	0,98523
У-2а(Оч.)	У-2б(Оч.)	150	91	1968	8,7	0,11435	0,00168	0,00030	0,00254	0,98273
У-2б(Оч.)	УУТЭ(отчисные Водоканал)	150	107	1968	8,7	0,11435	0,00168	0,00036	0,00300	0,97978
УУТЭ(отчисные Водоканал)	У-3(Оч)	150	6	1968	8,7	0,11435	0,00168	0,00002	0,00017	0,97962
У-3(Оч)	У-3а	125	119	1968	7,8	0,12884	0,00168	0,00040	0,00297	0,97671
У-3а	У-4(Оч)	125	23	1968	7,8	0,12884	0,00168	0,00008	0,00058	0,97615
У-4(Оч)	У-5(Оч)	125	16	1968	7,8	0,12884	0,00168	0,00005	0,00039	0,97576
У-5(Оч)	Очистные,АЛК,аб.56	49	55	1968	4,5	0,22050	0,00168	0,00019	0,00081	0,97497

Как видно из таблиц, расчетные значения вероятностей безотказной работы участков от Котельной пр. Коммунальный, 21, ГТУ ТЭЦ, БМК Заовражье, ТЭЦ ФЭИ, до наиболее удаленных, при расчете на 2041 год с учетом реконструирования, не опускаются ниже нормируемого значения – 0,9, в соответствии с СП124.13330.2012.

2. 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

Время, затраченное на восстановление теплоснабжения потребителей после аварийных отключений, в значительной степени зависит от следующих факторов: диаметр трубопровода, тип прокладки, объем дренирования и заполнения тепловой сети, а также времени, затраченного на согласование раскопок с собственниками смежных коммуникаций.

Время восстановления трубопровода тепловых сетей складывается из продолжительности сливатеплоносителя (7-8%), времени собственного ремонта (76-79%) и времени заполнения трубопровода теплоносителем (14-15%).

При отсутствии достоверных данных, о времени восстановления теплоснабжения потребителей при устранении отказов, ориентировочно время необходимое для ликвидации поврежденного участка тепловой сети, можно рассчитать по эмпирической зависимости, предложенной Соколовым Е.Я.:

$$Z_p \approx a * [1 + (b + c * l_{с.з.}) * d^{1,2}], \text{ час}$$

где:

d – условный диаметр трубопровода, м;

$l_{с.з.}$ – расстояние между секционирующими задвижками, м;

a , b , c – постоянные коэффициенты, зависящие от способа укладки теплопровода (подземный, надземный) и его конструкции, а также от способа диагностики места повреждения и уровня организации ремонтных работ. Для подземного способа, при прокладке в непроходных каналах, значения коэффициентов составляют: $a = 6,0$, $b = 0,5$ и $c = 0,0015$.

Перерыв теплоснабжения, с момента обнаружения, идентификации дефекта и подготовки рабочего места, включающего в себя установление точного места повреждения со вскрытием канала и начала операций по локализации поврежденного трубопровода, представлен в таблице 7.

Таблица 7 - Перерыв теплоснабжения по локализации поврежденного трубопровода

Условный диаметр отключенного трубопровода, мм	Среднее время на восстановлении теплоснабжения при отключении тепловой сети, час
800	15,2
700	13,8
600	12,5
500	11,2
400	10
300	8,8
250	8,3
200	7,7
150	7,2
125	7,0
100	6,8

Условный диаметр отключенного трубопровода, мм	Среднее время на восстановлениетеплоснабжения при отключении тепловой сети, час
80	6,6
65	6,5
50	6,3

3. Результаты оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии

Расчет показателей надежности системы теплоснабжения г. Обнинска основывается на Методических указаниях по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения, утвержденных Приказом Министерства регионального развития РФ 26.07.13 г. №310 «Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения».

Методические указания содержат методики расчета показателей надежности систем теплоснабжения поселений, городских округов, в документе приведены практические рекомендации по классификации систем теплоснабжения поселений, городских округов по условиям обеспечения надежности на:

- высоконадежные;
- надежные;
- малонадежные;
- ненадежные.

Методические указания предназначены для использования инженерно-техническими работниками теплоэнергетических предприятий, персоналом органов государственного энергетического надзора и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации при проведении оценки надежности систем теплоснабжения поселений, городских округов.

Надежность системы теплоснабжения должна обеспечивать бесперебойное снабжение потребителей тепловой энергией в течение заданного периода, недопущение опасных для людей и окружающей среды ситуаций.

Показатели надежности системы теплоснабжения подразделяются на:

- показатель надежности электроснабжения источников тепловой энергии ($K_э$);
- показатель надежности водоснабжения источников тепловой энергии ($K_в$);
- показатель надежности топливоснабжения источников тепловой энергии ($K_т$);
- показатель соответствия тепловой мощности источников тепловой энергии и пропускной способности тепловых сетей расчетным тепловым нагрузкам потребителей ($K_б$);
- показатель уровня резервирования источников тепловой энергии и элементов тепловой сети путем их кольцевания и устройств перемычек ($K_р$);
- показатель технического состояния тепловых сетей, характеризуемый наличием ветхих, подлежащих замене трубопроводов ($K_с$);
- показатель интенсивности отказов систем теплоснабжения ($K_{отк.тс}$);
- показатель относительного аварийного недоотпуска тепла ($K_{нед}$);
- показатель готовности теплоснабжающих организаций к проведению аварийно-восстановительных работ в системах теплоснабжения (итоговый показатель) ($K_{гот}$);
- показатель укомплектованности оперативно-ремонтным персоналом ($K_п$);
- показатель оснащенности машинами, специальными механизмами и оборудованием ($K_м$);
- показатель наличия основных материально-технических ресурсов ($K_{тр}$);

➤ показатель укомплектованности передвижными автономными источниками электропитания для ведения аварийно-восстановительных работ ($K_{ист}$).

Надежность теплоснабжения обеспечивается надежной работой всех элементов системы теплоснабжения, а также внешних, по отношению к системе теплоснабжения, систем электро-, водо-, топливоснабжения источников тепловой энергии.

Интегральными показателями оценки надежности теплоснабжения в целом являются такие эмпирические показатели как интенсивность отказов $n_{от}$ [1/год] и относительный аварийный недоотпуск тепловой энергии $Q_{ав}/Q_{расч.}$, где $Q_{ав}$ – аварийный недоотпуск тепловой энергии за год [Гкал], $Q_{расч.}$ – расчетный отпуск тепловой энергии системой теплоснабжения за год [Гкал]. Динамика изменения данных показателей указывает на прогресс или деградацию надежности каждой конкретной системы теплоснабжения. Однако они не могут быть применены в качестве универсальных системных показателей, поскольку не содержат элементов сопоставимости систем теплоснабжения.

Для оценки надежности систем теплоснабжения необходимо использовать показатели надежности структурных элементов системы теплоснабжения и внешних систем электро-, водо-, топливоснабжения источников тепловой энергии. Методика расчета приведена в Приказе от 26 июля 2013 г. №310 «Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения».

В соответствии с нормативной документацией (представленной выше) произведены расчеты перспективных показателей надежности. Результаты расчета показателей представлены в таблице 8.

Перспективные показатели надежности, определяемые средневзвешенной величиной отклонений температуры теплоносителя, соответствующих отклонениям параметров теплоносителя в результате нарушений в подаче тепловой энергии, учитываются при расчете показателя **«Показатель относительного аварийного недоотпуска тепла»**. С достаточной степенью точности спрогнозировать количество нарушений в подаче тепловой энергии (и время их ликвидации) к окончанию расчетного периода разработки Схемы теплоснабжения г. Обнинска невозможно. Расчет данных показателей произведен, исходя из следующих предположений:

1) При условии реализации мероприятий по перекладке ветхих тепловых сетей, предусмотренных Схемой теплоснабжения г. Обнинска, количество отказов на тепловых сетях сократится до минимума;

2) Аварийных ситуаций, как и в настоящее время, в системах теплоснабжения происходить не будет; отказами будут являться незначительные инциденты, которые не приводят к длительным и серьезным ограничениям или отключениям подачи тепловой энергии потребителям;

3) Время, затрачиваемое на ликвидацию инцидента, не будет превышать нормативных значений;

4) Представленные выше факторы приведут к отсутствию неудовлетворенности потребителей тепловой энергии централизованным теплоснабжением, т.е. количество жалоб на работу теплоснабжающих организаций будет равно 0.

Показатели надежности каждой системы теплоснабжения к окончанию расчетного периода актуализации Схемы теплоснабжения г. Обнинска представлены в таблице ниже.

Как и по существующему положению, системы теплоснабжения г. Обнинска будут относиться к категории надежных.

Увеличение численного значения показателя надежности будет являться следствием повышения надежности тепловых сетей за счет перекладки ветхих теплопроводов.

Таблица 8 -Показатели надежности систем централизованного теплоснабжения г. Обнинска

№ п/п	Наименование теплоисточника	K_{Δ}	$K_{\text{в}}$	$K_{\text{т}}$	$K_{\text{б}}$	$K_{\text{р}}$	$K_{\text{с}}$	$K_{\text{отк.тс}}$	$K_{\text{отк.ит}}$	$K_{\text{нед}}$	$K_{\text{п}}$	$K_{\text{м}}$	$K_{\text{тр}}$	$K_{\text{ист}}$	$K_{\text{зот}}$	Категория готовности	Оценка надежности теплоисточников	$K_{\text{тс}}$	Оценка надежности тепловых сетей	Общая оценка надежности систем теплоснабжения города
1	Котельная по адресу: Коммунальный пр., 21	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	0,56	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	удовлетворительная	надежная	0,93	высоконадежная	надежная
2	ГЭЦ ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ»	1,0	0,6	1,0	1,0	1,0	0,58	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	удовлетворительная	надежная	0,93	высоконадежная	надежная
3	ГТУ ТЭЦ №1	1,0	0,6	0,5	1,0	0,7	0,50	1,0	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	удовлетворительная	надежная	0,80	высоконадежная	надежная
4	Котельная АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина	0,6	0,6	1,0	1,0	0,3	0,50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	удовлетворительная	надежная	0,80	надежная	малонадежная
5	Котельная ФГУП «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»	1,0	0,6	1,0	1,0	0,2	0,50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	удовлетворительная	надежная	0,78	надежная	малонадежная
6	Котельная ФГБУ «ВНИИРАЭ»	0,6	0,6	0,5	1,0	0,2	0,50	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	удовлетворительная	надежная	0,78	надежная	малонадежная
7	Котельная ООО «УК «Остов Эксплуатация»	0,6	0,6	0,5	1,0	0,2	1,00	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	удовлетворительная	надежная	0,87	надежная	надежная
Итого по городу		0,77	0,66	0,79	1,00	0,51	0,59	1,00	0,94	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	удовлетворительная	надежная	0,86	надежная	надежная

4. Мероприятия по резервированию источников тепловой энергии и тепловых сетей, определенных системой мер по повышению надежности

Три основных источника тепловой энергии (котельная АО «РИР», ТЭЦ ФЭИ и Обнинская ГТУ ТЭЦ №1) имеют связанную между собой систему тепловых сетей, позволяющую резервировать часть нагрузки друг друга.

Дополнительные мероприятия по резервированию источников тепловой энергии и тепловых сетей не требуются.

5. Предложения по установке резервного оборудования

Резервное оборудование не требуется.

6. Предложения по организации совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть

Совместная работа источников на единую сеть не предполагается.

7. Предложения по резервированию тепловых сетей смежных районов

Предложения по резервированию тепловых сетей смежных районов отсутствуют.

8. Предложения по устройству резервных насосных станций

Устройство резервных насосных станций не требуется.

9. Предложения по установке баков-аккумуляторов

Установке баков-аккумуляторов не требуется.

10. Мероприятия по замене тепловых сетей, определенных системой мер по повышению надежности

Мероприятия по замене тепловых сетей для обеспечения нормативной надежности теплоснабжения представлены в Главе 8.

11. Анализ сценариев развития аварий в системах теплоснабжения с моделированием гидравлических режимов работы таких систем

В соответствии с подпунктом «б» пункта 2 Перечня поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросам прохождения осенне-зимнего отопительного периода от 17.02.2022 № Пр-325 на территории субъектов, Российской Федерации рекомендовано обеспечить включение в обязательном порядке в схемы теплоснабжения при проведении их ежегодной актуализации сценариев развития аварий в системах теплоснабжения с моделированием гидравлических режимов работы таких систем.

Одним из основных способов моделирования аварий является использование инструментов электронной модели системы теплоснабжения.

Одним из основных видов расчета для моделирования аварийных ситуаций является поверочный расчет систем теплоснабжения.

Созданная математическая имитационная модель системы теплоснабжения, служащая для решения поверочной задачи, позволяет анализировать гидравлический и тепловой режим работы, а также прогнозировать изменение температуры внутреннего воздуха у потребителей.

При моделировании возникновения аварийных ситуаций рассмотрим варианты с полной потерей тепловой мощности одного из двух котлов, а также отключения наибольшего коллектора от Котельной пр. Коммунальный, 21

11.1. Моделирование аварийной ситуации с прекращением отпуска тепловой энергии одного из котлов Котельной пр. Коммунальный, 21

Аварийный режим моделируется путем закрытия коллектора от Котельной пр. Коммунальный, 21 Ду800, протяженностью 216.36 м, а также отключения одного из источников, как показано на рисунке 7.



Рисунок 7– – Аварийное отключение Котла №2 и коллектора Ду800

Далее, в главе присутствуют изображения с цветовой градацией участков тепловых сетей, по величине располагаемого напора (на рисунках 9, 10). На рисунке 2 изображено пояснение цветовой градации.

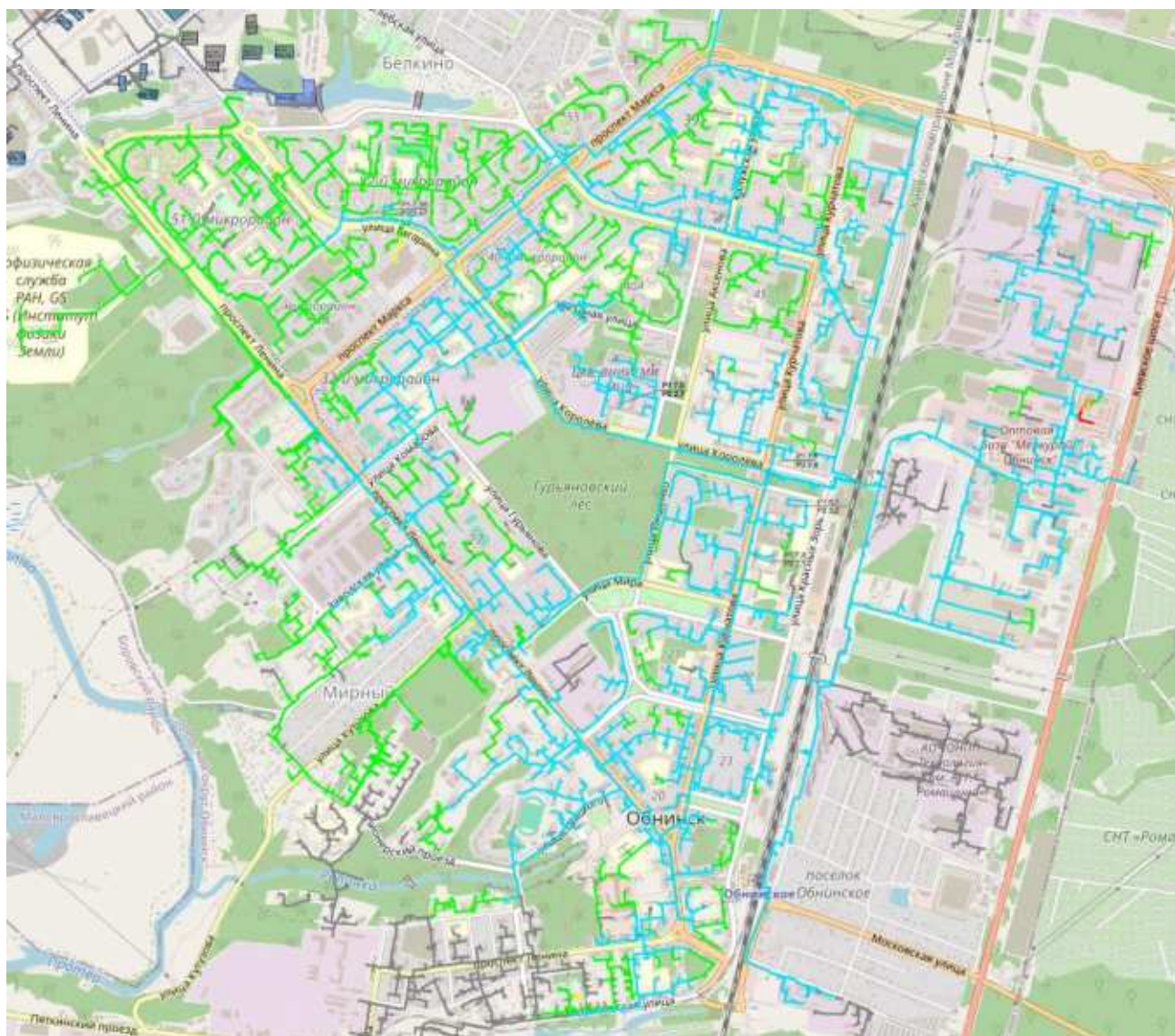


Рисунок 9– Тепловые сети Котельной пр. Коммунальный, 21, при аварийном отключении котла №2

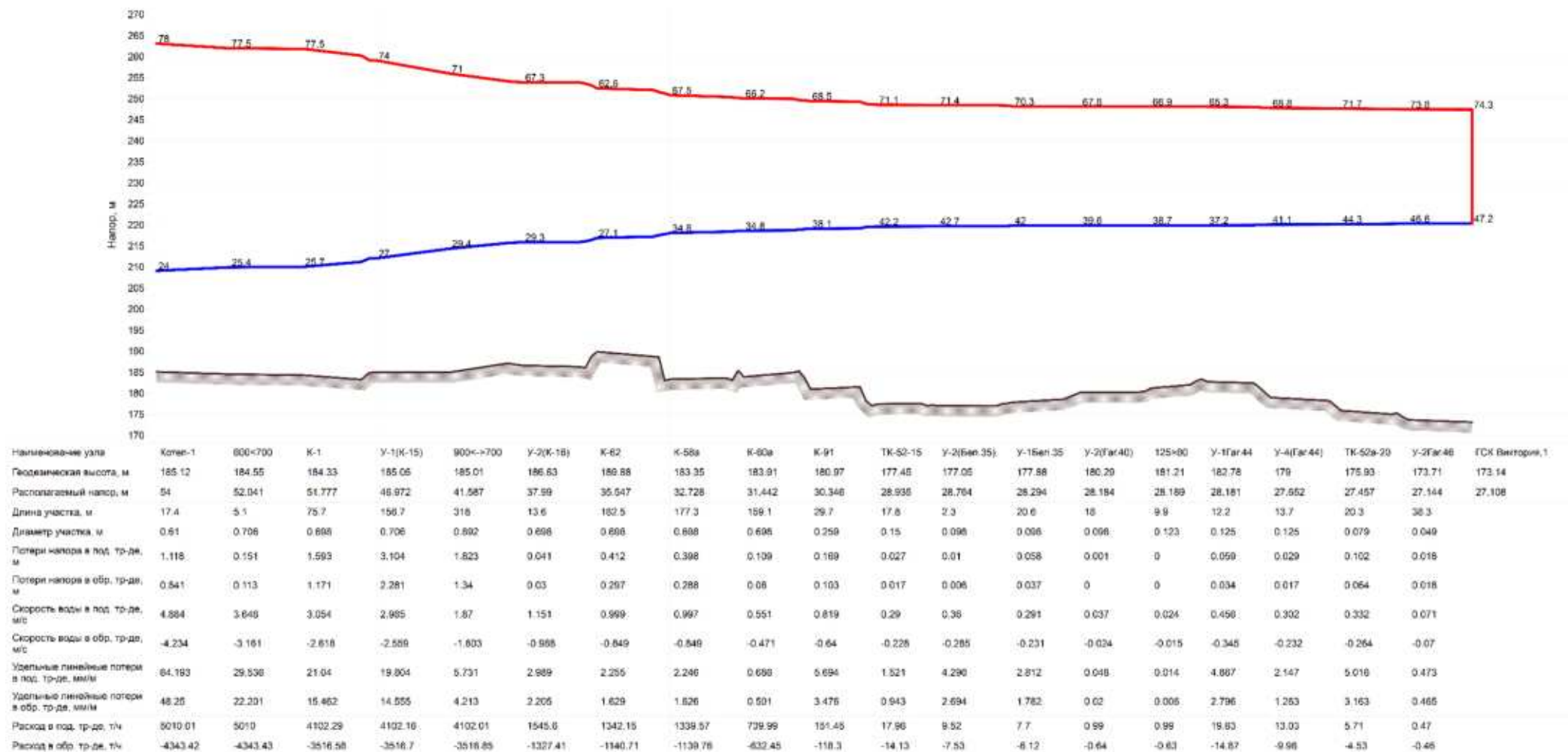


Рисунок 11– Пьезометрический график от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Гагарина, 46

11.2. Моделирование аварийной ситуации при отказе элементов тепловых сетей в системах централизованного теплоснабжения

В связи с высокой степенью закольцованности тепловых сетей, магистральные сети г. Обнинск практически не имеют тупиковых участков, что дает возможность осуществлять теплоснабжение потребителей при аварийном отключении участка магистрали, с различной степенью ухудшения качества теплоснабжения в зависимости от отключенного участка. На рисунке 12 красным цветом показаны кольца тепловых сетей г. Обнинск



Рисунок 12– Кольцевые участки тепловых сетей

Пример моделирования аварийной ситуации с отключением участка магистрали. При возникновении аварии на участке У-4(К-15) – У-64а теплоснабжение потребителей по-прежнему будет осуществляться, с другой стороны кольца. На рисунке 13 красным цветом отображен отключаемый участок магистрали Ду700, протяженностью 172 м.

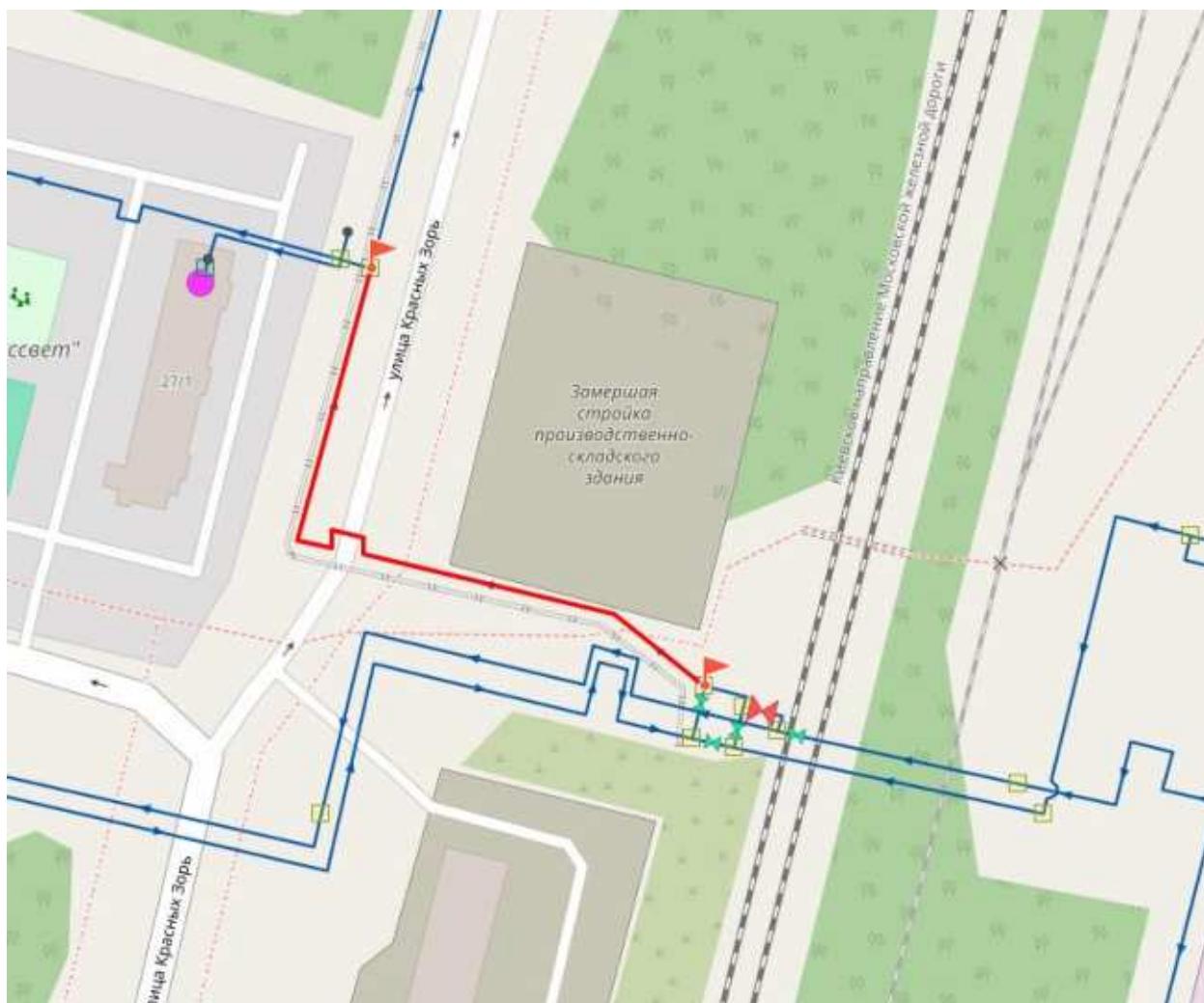


Рисунок 13– – Отключаемый для моделирования аварийной ситуации участок У-4(К-15) – У-64а

Для сравнения результатов моделирования аварийной ситуации на рисунке 14 показан путь пьезометрического графика через отключаемый участок до его отключения от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а. На рисунке 15 показан пьезометрический график через отключаемый участок до его отключения от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а.

На рисунке 16 показаны тепловые сети Котельной пр. Коммунальный, 21, при отключении участка У-4(К-15) – У-64а, с цветовой градацией по располагаемому напору. На рисунке 17 показан путь пьезометрического графика от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, после отключения участка У-4(К-15) – У-64а. На рисунке 18 показан пьезометрический график от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, после отключения участка У-4(К-15) – У-64а.

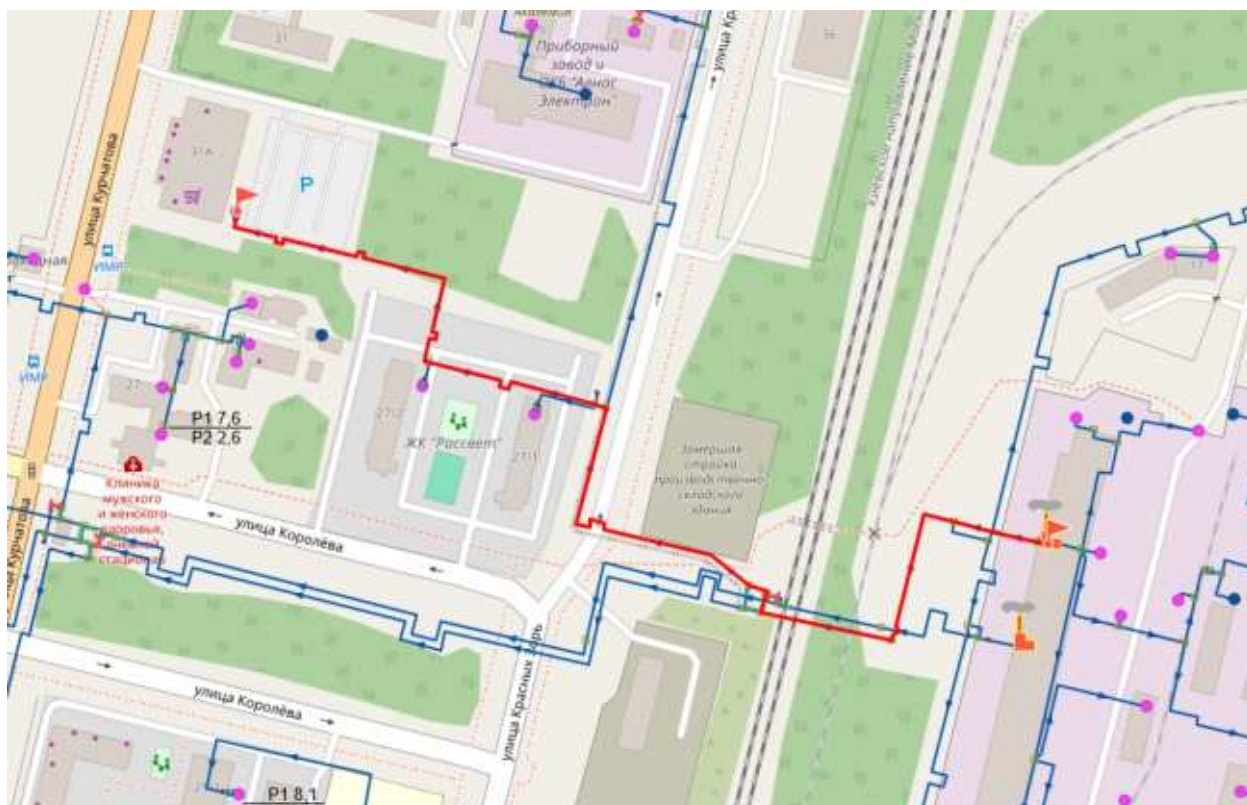


Рисунок 14– - Путь пьезометрического графика от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, до отключения участка У-4(К-15) – У-64а



Рисунок 15– - Пьезометрический график от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, до отключения участка У-4(К-15) – У-64а

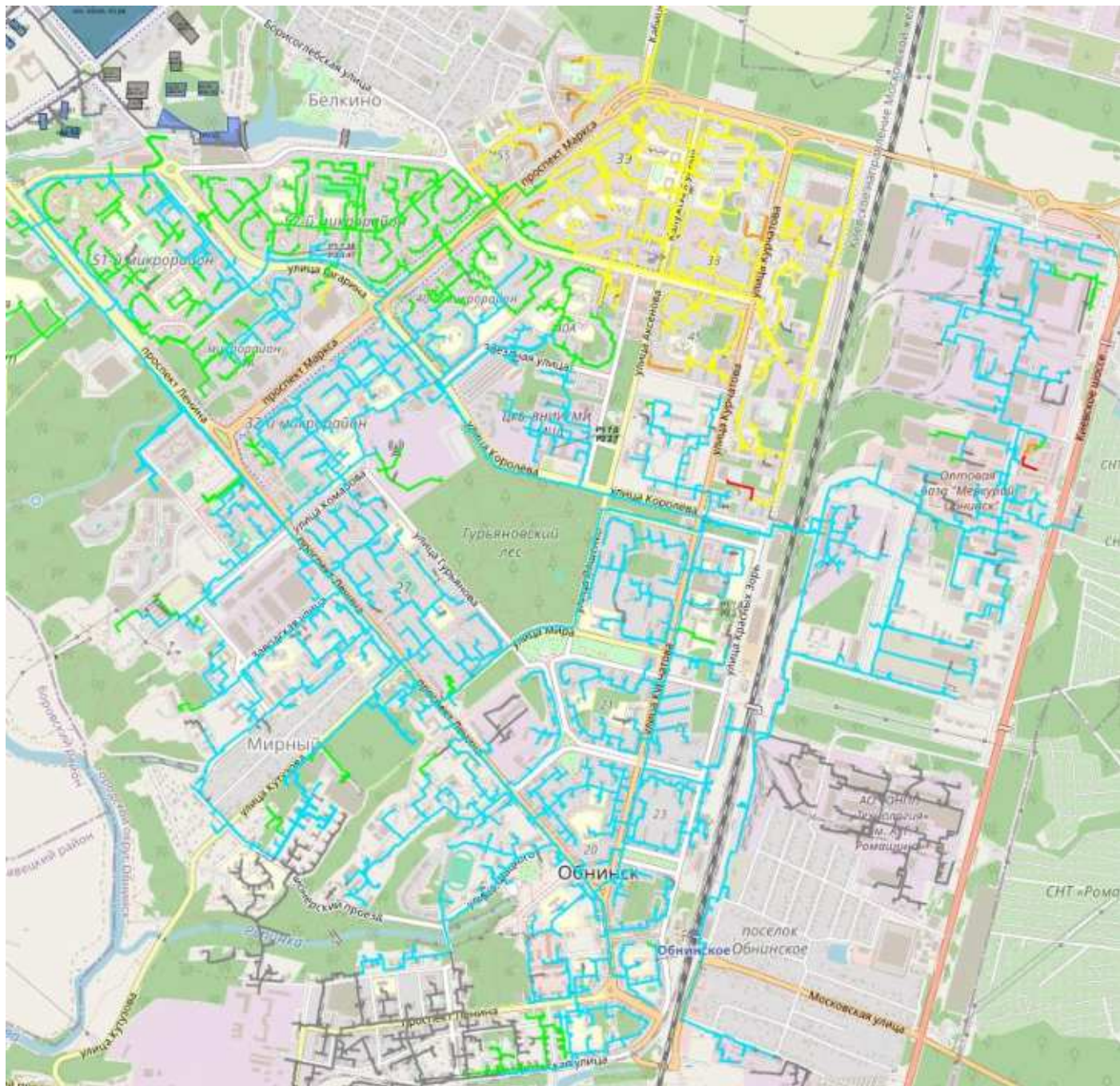


Рисунок 16– - Тепловые сети Котельной пр. Коммунальный, 21, при отключении участка У-4(К-15) – У-64а

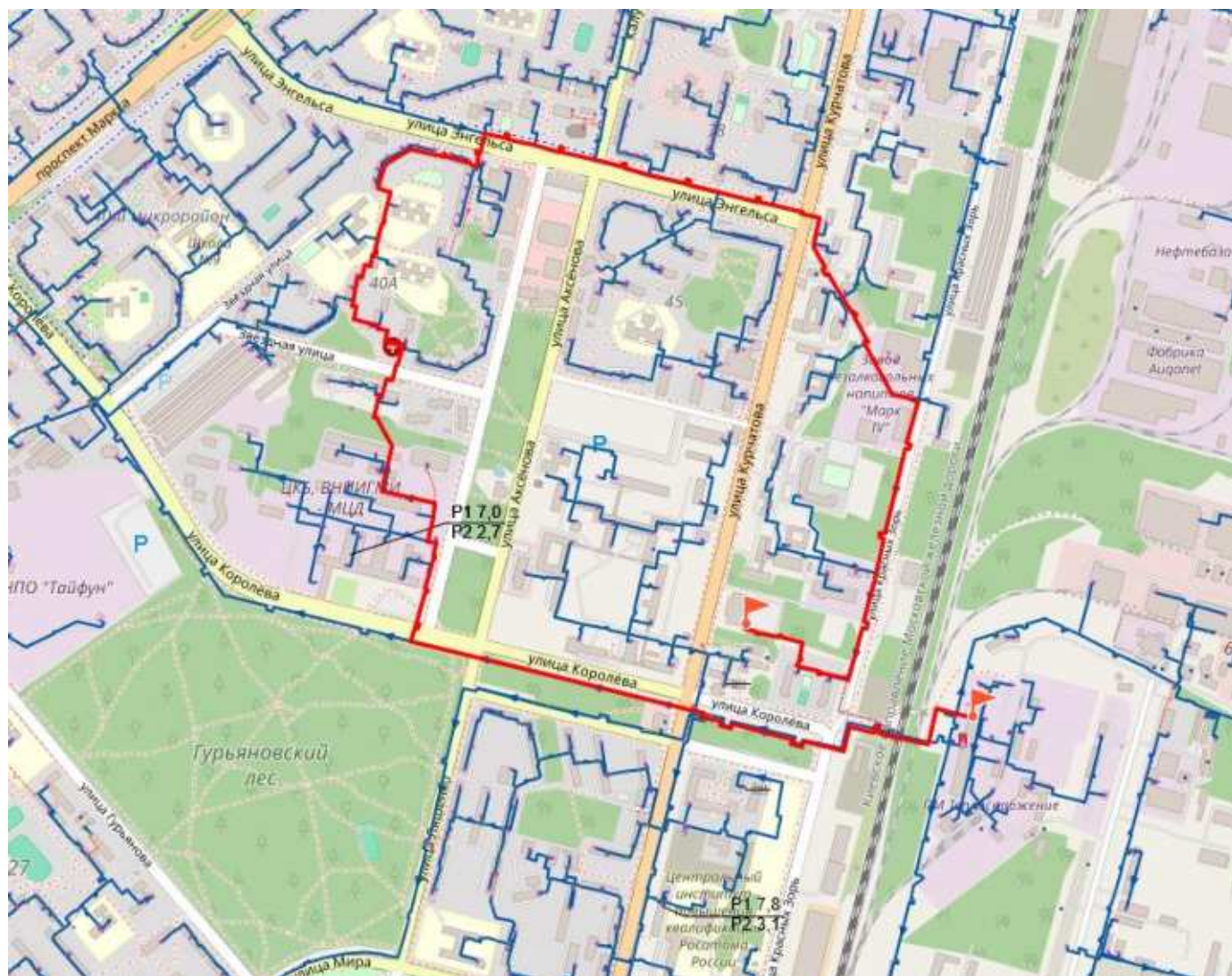


Рисунок 17– - Путь пьезометрического графика от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, после отключения участка У-4(К-15) – У-64а

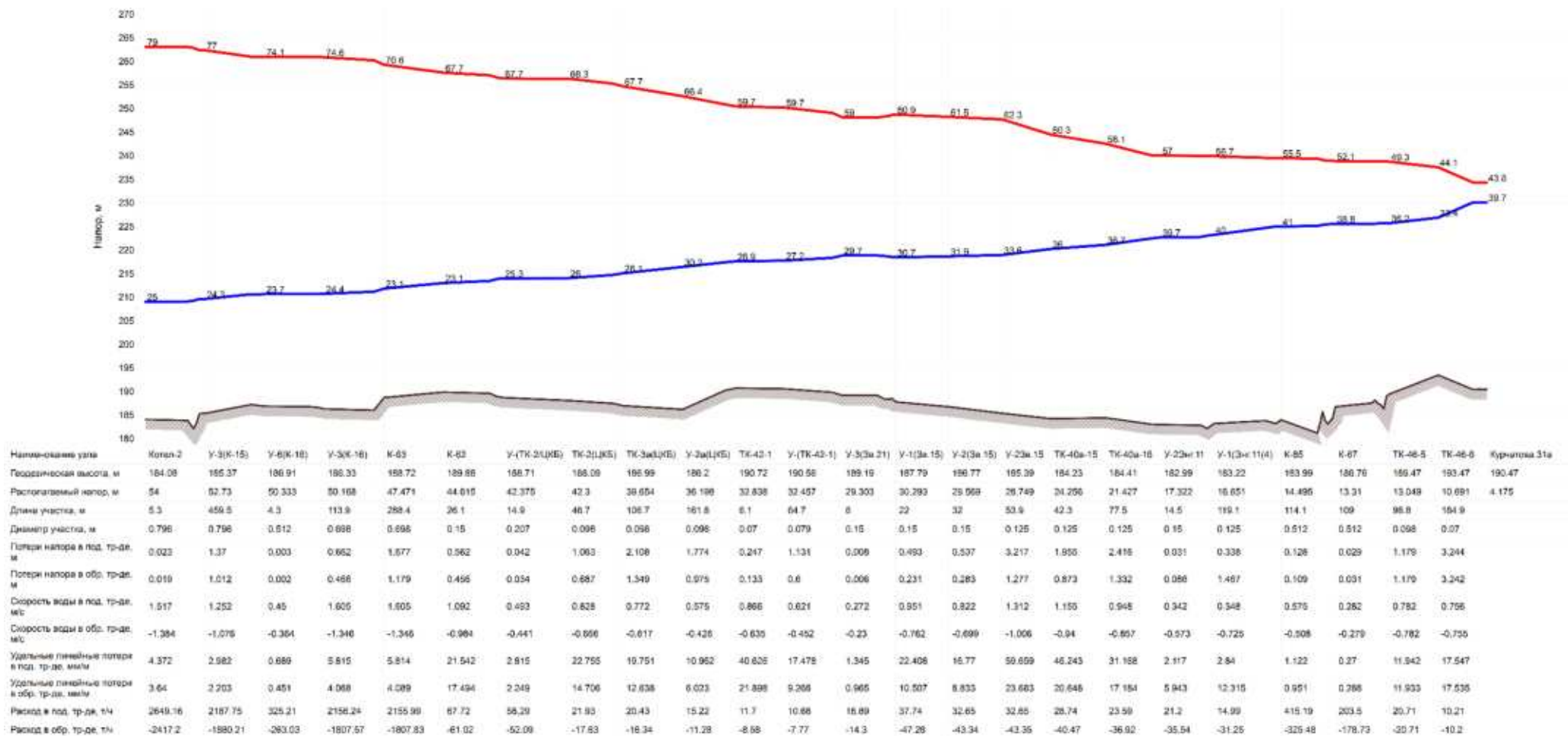


Рисунок 18– Пьезометрический график от Котельной пр. Коммунальный, 21 до ул. Курчатова, 31а, после отключения участка У-4(К-15) – У-64а

По результатам расчета, при аварийном отключении участка У-4(К-15) – У-64а, располагаемый напор в узле У-64а понизится с 51 до 14 м. вод. ст. На рисунке 16 видно, что большая часть потребителей имеет располагаемый напор в пределах от 10 до 15 м. вод. ст., что говорит о достаточной степени зарезервированности участка.