



**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ГРАНИЦАХ
ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА
ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Книга 7



Великий Новгород
2014

Заказчик: Администрация г. Великий Новгород

Разработчик: ООО НТЦ «Промышленная энергетика», г.Иваново

**Разработка схемы теплоснабжения в административных
границах Великого Новгорода на период до 2030 года**

**Книга 7. Глава 8. Перспективные топливные балансы
Глава 9. Оценка надежности теплоснабжения**

Обосновывающие материалы

016/13-08 ОМ

016/13-09 ОМ

СОСТАВ ПРОЕКТА

Книга	Обозначение	Содержание Книги
Книга 1	016/13-01 ОМ	Глава 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения
Книга 2	016/13-02 ОМ	Глава 2. Перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения
Книга 3	016/13-03 ОМ	Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения
Книга 4	016/13-04 ОМ	Глава 4. Перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки
	016/13-05 ОМ	Глава 5. Перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей
Книга 5	016/13-06 ОМ	Глава 6. Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии
Книга 6	016/13-07 ОМ	Глава 7. Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей и сооружений на них
Книга 7	016/13-08 ОМ	Глава 8. Перспективные топливные балансы
	016/13-09 ОМ	Глава 9. Оценка надежности теплоснабжения
Книга 8	016/13-10 ОМ	Глава 10. Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение
	016/13-11 ОМ	Глава 11. Обоснование предложения по определению единой теплоснабжающей организации
Книга 9	016/13-00 СТ	Схема теплоснабжения в административных границах Великого Новгорода на период до 2030 года

СОСТАВ КНИГИ 7

Часть	Обозначение	Наименование Части
Глава 8		
1	016/13-04.01	Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования источников тепловой энергии существующих районов
2	016/13-04.02	Расчеты нормативных запасов аварийных видов топлива
Глава 9		
1	016/13-05.01	Общие сведения о надежности
2	016/13-05.02	Методика расчета надежности теплоснабжения
3	016/13-05.03	Расчет надежности теплоснабжения на момент разработки схемы теплоснабжения
4	016/13-05.04	Расчет надежности теплоснабжения на перспективный период до 2030 г.
5	016/13-05.05	Оценка денежных затрат на перекладку изношенных теплопроводов для обеспечения нормативной надежности теплоснабжения
6	016/13-05.06	Перспективные показатели надежности

Оглавление

Глава 8	Перспективные топливные балансы	6
8.1	Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования источников тепловой энергии существующих районов	6
8.1.1	Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования источников МУП «Теплоэнерго»	6
8.1.2	Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования других источников	11
8.1.3	Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования новых перспективных источников	12
8.2	Расчеты нормативных запасов аварийных видов топлива	17
Глава 9.	Оценка надежности теплоснабжения	18
9.1	Общие сведения о надежности	18
9.2	Методика расчета надежности теплоснабжения	20
9.3	Расчет надежности теплоснабжения на момент разработки схемы теплоснабжения	30
9.4	Расчет надежности теплоснабжения на перспективный период до 2030 г.	69
9.5	Оценка денежных затрат на перекладку изношенных теплопроводов для обеспечения нормативной надежности теплоснабжения	72
9.6	Перспективные показатели надежности	74
	Приложение "Расчет надежности на перспективный период (к главе 9)"	75
	Список использованных при разработке документа источников.....	96

Глава 8 Перспективные топливные балансы

8.1 Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования источников тепловой энергии существующих районов

8.1.1 Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования источников МУП «Теплоэнерго»

Перспективные балансы топлива определены для случая полной реализации мероприятий по развитию схемы теплоснабжения города и с учетом сроков проведения отдельных этапов модернизации существующих источников (таблица 8.1.1).

В таблице представлен баланс потребления природного газа котельными МУП «Теплоэнерго», намеченными к модернизации согласно разработанной схеме теплоснабжения города. Обнуление топливного баланса в отдельных графах свидетельствует о переводе данной котельной в режим ЦТП, и переводу ее нагрузки на другой источник.

В таблице 8.1.2 представлен перспективный среднегодовой планируемый удельный расход топлива, обусловленный модернизацией котельных по каждому мероприятию. Цветовая идентификация сопоставляет мероприятия с предыдущей таблицей 8.1.1.

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица 8.1.1 Перспективные балансы топлива – природного газа на котельных МУП «Теплоэнерго»

№ КОТ.	Перспективный годовой расход природного газа на котельных МУП «Теплоэнерго», м³																
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1+2	51894	51894	51894	51894	51894	50637	1455066	1260889	1260889	1260889	1260889	1260889	1260889	1260889	1260889	1260889	1260889
4	1482784	1482784	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1980481	1980481	1980481	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2193077	2193077	2193077	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7+7а	4306690	4306690	4306690	4306690	4306690	4306690	4306690	3372496	6377910	5526785	5526785	5526785	5526785	5526785	5526785	5526785	5526785
8	1337632	1337632	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2039604	2039604	2039604	2039604	2039604	2039604	2039604	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1439914	1439914	1439914	1439914	1439914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3028451	3028451	3028451	3028451	3028451	3028451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	903359	903359	903359	903359	903359	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1619863	1619863	1619863	1619863	1619863	1619863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	2589707	2589707	2589707	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	6355685	6355685	6355685	6355685	6355685	6355685	6435721	8715184	14845389	14845389	14845389	14845389	14845389	14845389	14845389	14845389	14845389
17	1176211	1176211	1176211	1176211	1176211	1176211	1176211	1176211	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1686354	1686354	1686354	1686354	1686354	1686354	1686354	1686354	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1052479	1052479	1052479	1052479	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1717281	1717281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	859389	859389	859389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1100859	1100859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	3057391	3057391	3057391	3057391	3057391	3057391	3057391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	2227982	1893349	5751183	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968	8435968
31	1642620	1642620	1642620	1642620	1642620	1642620	1642620	1642620	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	8992286	8992286	8992286	8992286	8645740	10441692	13184365	13184365	13184365	13184365	13184365	13184365	13184365	13184365	13184365	13184365	13184365
36	7384150	7384150	7384150	7384150	7384150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	4916771	4916771	4916771	4916771	4916771	4916771	4916771	4916771	4916771	4916771	0	0	0	0	0	0	0
39	2292990	2292990	2292990	2292990	2292990	2292990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	824231	824231	824231	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	6998055	6998055	6998055	6998055	6998055	6998055	6998055	6998055	6998055	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1132529	1132529	1132529	1132529	1132529	1132529	1132529	1132529	1132529	1132529	1132529	0	0	0	0	0	0
№	Перспективный годовой расход природного газа на котельных МУП «Теплоэнерго», м³																

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

КОТ.	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
43а	4230110	4230110	4230110	4230110	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085	7154085
45	754014	754014	754014	754014	754014	754014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	1661904	1661904	1661904	1661904	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46а	2340692	2340692	2340692	2340692	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	5506576	5506576	5506576	5506576	5506576	4968276	7147500	8997680	10133508	10133508	10133508	10133508	10133508	10133508	10133508	10133508	10133508
50а	3791767	3791767	3791767	3791767	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	970056	970056	970056	970056	970056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1814760	1814760	1814760	1814760	1814760	1814760	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	3130215	3130215	3130215	3130215	3130215	3130215	3130215	3130215	3130215	3130215	3130215	0	0	0	0	0	0
60	3565373	3565373	3565373	3565373	3565373	3565373	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2438710	2438710	2438710	2438710	2438710	2438710	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	4074063	4074063	4074063	4074063	4074063	4074063	4074063	4074063	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	11197330	11197330	11197330	11197330	11197330	11197330	11197330	10266064	8896069	8896069	8896069	8896069	8896069	8896069	8896069	8896069	8896069
64	5963721	5031529	6327738	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878	10995878
65	2528971	2528971	2528971	2528971	2528971	2528971	2528971	2528971	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	2151178	2151178	2151178	2151178	2151178	2151178	2151178	2151178	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	2473971	2473971	2473971	2473971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71ЛБК	392317	392317	386752,7	1107273	8205871	16434647	23251708	23251708	23251708	23251708	23251708	23251708	23251708	23251708	23251708	23251708	23251708
ГТ-ТЭЦ	0	0	0	0	0	0	0	0	1869626	8133539	12354883	16379977	14194087	14194087	14194087	14194087	14194087

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица 8.1.2 Перспективный среднегодовой планируемый удельный расход топлива на котельных МУП «Теплоэнерго»

Наименование мероприятия	Размерность	Среднегодовой планируемый УРТ																
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Модернизация 14 (Софийское)	м³/Гкал	145,6	142,5	141,9	140,8	139,6	139,4	136,2	133,6	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0
	кг.у.т./Гкал	168,0	164,4	163,8	162,5	161,1	160,8	157,1	154,2	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3
Модернизация 12 (Торговое)	м³/Гкал	139,8	138,1	136,6	137,1	136,6	133,9	133,4	132,4	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0
	кг.у.т./Гкал	161,3	159,4	157,6	158,2	157,7	154,6	153,9	152,8	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3
Модернизация ЛБК	м³/Гкал	138,3	138,3	138,3	137,0	135,9	135,0	133,4	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0
	кг.у.т./Гкал	159,6	159,6	159,6	158,1	156,9	155,8	154,0	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3
Модернизация 5 (Центральное)	м³/Гкал	144,3	144,3	144,3	144,3	144,3	140,4	138,5	134,8	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0
	кг.у.т./Гкал	166,5	166,5	166,5	166,5	166,5	162,0	159,9	155,6	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3
ГТ-ТЭЦ	м³/Гкал	145,3	145,3	145,3	145,3	145,3	145,3	145,3	138,7	144,0	133,7	137,3	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0	132,0
	кг.у.т./Гкал	167,6	167,6	167,6	167,6	167,6	167,6	167,6	160,1	166,1	154,3	158,4	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3	152,3

На графике (рисунок 8.1.1) показано снижение потребления натурального топлива котельными, рекомендуемыми для модернизации.

Снижение оценивается в 17,5 млн.м³/год природного газа, что в рамках существующего потребления котельными МУП «Теплоэнерго» составляет 8%.

Учитывая, что затраты на топливо - основная составляющая в себестоимости тепловой энергии, 8% - это хороший показатель.

У остальных котельных МУП «Теплоэнерго» топливный баланс предполагается неизменным.

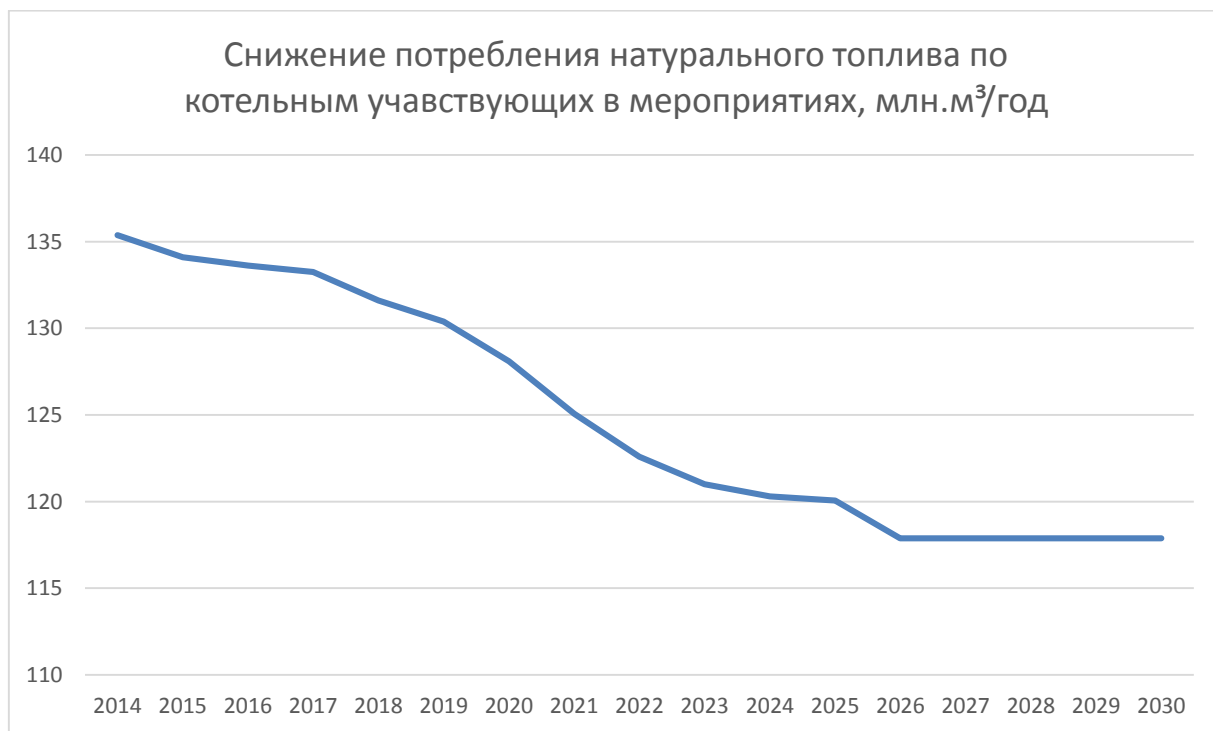


Рисунок 8.1.1 Снижение потребления природного газа котельными МУП «Теплоэнерго»

8.1.2 Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования других источников

ТГК-2 (ТЭЦ-20)

В настоящем проекте предусмотрено как вариант расширение тепловой нагрузки ТЭЦ-20 на город, в зону действия котельной 71 и ряда других окружающих ее котельных (см. Глава 6). В случае реализации варианта рост топливопотребления на Новгородской ТЭЦ вследствие подключения дополнительной нагрузки по тепловой энергии оценивается:

Таблица 8.1.3 Перспективный прирост потребления топлива Новгородской ТЭЦ в случае реализации мероприятия расширения тепловой нагрузки на город.

Тип топлива\год реализации	2022	2023	2024
тыс.м³/год (природный газ)	86224	9266	10165
т.у.т./год (условное топливо)	99503	10693	11730

Без вышеупомянутого мероприятия перспективный рост потребления топлива Новгородской ТЭЦ обусловлен в основном развитием производства основного потребителя ОАО «Акрон». Рост, по результатам интервьюирования представителей ТГК-2 и ОАО «Акрон», определяется порядка 3-5% в год от существующего топливопотребления.

ООО «Новострой»

По существующим четырем котельным ООО «Новострой» значительного прироста потребления настоящим проектом не планируется.

8.1.3 Расчеты перспективных годовых расходов основного вида топлива необходимого для обеспечения нормативного функционирования новых перспективных источников

В разделе отражено перспективное топливopotребление на котельных для новостроящихся микрорайонов.

Таблица 8.1.3 Расход газа на нужды отопления и горячего водоснабжения Деревяницкого района

№№	Вид потребления	Количество жителей	Количество квартир	Количество часов работы в год	Расход тепла Гкал/час				Годовой расход тепла тыс. Гкал/год	Годовой расход газа млн. нм3/год
					Отопительный период		Неотопительный период			
					Макс.	Сред.	Макс.	Сред.		
Микрорайон № 1 (котельные 1 и 2)										
1	Централизованное отопление и вентиляция			5304	13,206	5,957	-	-	31,596	
2	Централизованное горячее водоснабжение	16120	5479	8640	11,336	4,929	9,069	3,943	39,297	
Итого:									70,893	
Итого с потерями 10%									74,438	10,114
Микрорайон № 2 (Котельные 3 и 4)										
1	Централизованное отопление и вентиляция	-	-	5304	15,465	6,976	-	-	37,001	
2	Централизованное горячее водоснабжение	11000	4180	8640	13,497	5,868	10,798	4,694	46,783	
Итого:									83,784	
Итого с потерями 10%									87,973	11,953
Микрорайон № 3 (котельная № 13)										
1	Централизованное отопление и вентиляция	2980	1050	5304	6,83	3,081	-	-	16,342	
2	Централизованное горячее водоснабжение	2980	1050	8640	2,89	1,257	2,312	1,006	10,023	
Итого:									26,365	

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№№	Вид потребления	Количество жителей	Количество квартир	Количество часов работы в год	Расход тепла Гкал/час				Годовой расход тепла тыс. Гкал/год	Годовой расход газа млн. нм3/год
					Отопительный период		Неотопительный период			
					Макс.	Сред.	Макс.	Сред.		
Итого с потерями 10%									29,002	3,94
Микрорайон № 4 (котельная № 78 перспектива)										
1	Централизованное отопление и вентиляция	2100	692	5304	4,98	2,247	-	-	11,918	
2	Централизованное горячее водоснабжение	-	-	8640	2,2	0,957	1,76	0,766	7,631	
Итого:									19,549	
Итого с потерями 10%									21,504	2,922
Микрорайон № 5 (котельная № 15, №17, №18)										
1	Централизованное отопление и вентиляции	5476	1290	5304	15,395	6,945	-	-	36,836	
2	Централизованное горячее водоснабжение	5478	1290	8640	5,394	2,345	4,315	1,876	18,696	
Итого:									55,532	
Итого с потерями 10%									61,085	8,3
Итого по району:									256,123	
Итого по району с потерями:									274,002	37,229

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица 8.1.4 Расход газа на нужды отопления и горячего водоснабжения Псковского района

№№	Вид потребления	Количество жителей	Количество квартир	Количество часов работы в год	Расход тепла Гкал/час				Годовой расход тепла тыс. Гкал/год	Годовой расход газа млн. нм3/год
					Отопительный период		Неотопительный период			
					Макс.	Сред.	Макс.	Сред.		
Котельная № 1*										
1	Централизованное отопление и вентиляция			15912	12,413	5,6			29,703	
2	Централизованное горячее водоснабжение	30100	10709	25920	8,315	3,615	6,652	2,892	28,821	
Итого:									58,524	
Итого с потерями 10%									64,376	8,746
Котельная № 6 (пристроенная)										
1	Централизованное отопление и вентиляция	2100	692	5304	1,44	0,65	-	-	3,448	
2	Централизованное горячее водоснабжение	-	-	8640	0,42	0,183	0,336	0,146	1,458	
Итого:									4,906	
Итого с потерями 10%									5,397	0,733
Котельная № 2*										
1	Централизованное отопление и вентиляция	7180	2434	15912	10,32	4,655	-	-	24,69	
2	Централизованное горячее водоснабжение	2980	1050	25920	9,62	4,183	7,696	3,346	33,349	
Итого:									58,039	
Итого с потерями 10%									63,843	8,674
Котельная № 3*										
1	Централизованное отопление и вентиляция	8400	2768	21216	7,105	3,206	-	-	17,004	

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№№	Вид потребления	Количество жителей	Количество квартир	Количество часов работы в год	Расход тепла Гкал/час				Годовой расход тепла тыс. Гкал/год	Годовой расход газа млн. нм3/год
					Отопительный период		Неотопительный период			
					Макс.	Сред.	Макс.	Сред.		
2	Централизованное горячее водоснабжение	-	-	34560	5,286	2,298	4,229	1,839	18,324	
Итого:									35,328	
Итого с потерями 10%									38,861	5,28
Котельная № 19 (пристроенная)										
1	Централизованное отопление и вентиляция	2100	692	5304	0,451	0,203	-	-	1,077	
2	Централизованное горячее водоснабжение	-	-	8640	1,076	0,468	0,861	0,374	3,73	
Итого:									4,807	
Итого с потерями 10%									5,288	0,718
Планируемая в дальней перспективе до 2027 года										
1	Централизованное отопление и вентиляция	2100	692	5304	40	18,044	-	-	95,705	
2	Централизованное горячее водоснабжение	-	-	8640	30	13,043	24	10,434	103,988	
Итого:									199,693	
Итого с потерями 10%									219,662	29,845
Итого по району:									361,297	
Итого по району с потерями:									397,427	53,996

Таблица 8.1.5 Расход газа на нужды отопления и горячего водоснабжения других районов

Вид потребителя	Расход тепла Гкал/час	Годовой расход тепла тыс. Гкал/год	Годовой расход газа млн. нм3/год
Кв. 118 и 119	20,92	82,467	11,21
Кв. 239, 120, 243	22,263	97,813	13,29
Кв. 152	12,4	41,059	5,58
Итого:	55,583	221,339	30,08

8.2 Расчеты нормативных запасов аварийных видов топлива

Основным топливом в котельных города и ТЭЦ является природный газ. В качестве резервного используется дизельное топливо, оно же рекомендуется в качестве аварийного топлива.

В связи с предлагаемым укрупнением тепловых сетей в настоящей главе представлен расчет нормативных запасов аварийных видов топлива только для реконструируемых котельных (таблица 8.2.1). Коэффициент перевода натурального (дизельного) топлива в условное топливо принят равным 1,45.

Таблица 8.2.1 Расчет нормативного запаса аварийного вида топлива

№ котельной	Вид топлива	Среднесуточная выработка тепловой энергии, Гкал/сутки	Норматив удельного расхода топлива, т у.т./Гкал	Средне суточный расход топлива, т	Количество суток для расчета запаса	Нормативные запасы аварийного топлива, т
№34	Дизельное	586	0,15	60,7	3	182
№64	Дизельное	498	0,15	51,6	3	155
№16	Дизельное	384	0,15	39,8	3	119
№30	Дизельное	377	0,15	39,0	3	117
№43а	Дизельное	298	0,15	30,9	3	93
№49	Дизельное	416	0,15	43,0	3	129
№1+2	Дизельное	354	0,15	36,7	3	110
№7+7а	Дизельное	327	0,15	33,9	3	102

Виды топлива основного, резервного и аварийного, а также необходимость резервного или аварийного вида топлива для котельных необходимо будет подробно уточнить перед проектированием, исходя из местных условий эксплуатации и по согласованию с топливо-снабжающими организациями.

В остальных котельных объемы запаса аварийного топлива предполагаются без изменений.

Глава 9. Оценка надежности теплоснабжения

9.1 Общие сведения о надежности

9.1.1 Проблемы надежности

Для решения проблемы надежности тепловых сетей необходимо рассмотреть ряд задач, основными из которых являются:

Повышение качества элементов систем. В основном качества теплопроводов, для чего необходимо разработать такие конструкции прокладок, которые обеспечили бы защиту тела трубы от коррозии, исключали намокание теплоизоляционного слоя. Каналы должны быть обеспечены дренажем поверхностных вод, попадающих в них. Во избежание внутренней коррозии подпитку тепловых сетей производить химически очищенной и деаэрированной водой.

Резервирование. Ввиду практической невозможности строительства абсолютно надежных тепловых сетей и учитывая, что элементы тепловых сетей периодически отказывают, для обеспечения надежного теплоснабжения, необходимо резервирование. Для сокращения расходов на резервирование необходимо структуру сетей проектировать соответственно требованиям надежности, вводить в системы структурный и транспортный резервы.

Управляемость. Надежность теплоснабжения может быть обеспечена только в том случае, если система тепловых сетей будет управляемой. Управляемость сети обеспечивается принятой схемой сети и автоматизацией централизованной системы теплоснабжения.

Управление надежностью. В процессе эксплуатации сети должно быть обеспечено управление надежностью – надзор за состоянием системы, профилактические и капитальные ремонты, регулярные испытания тепловых сетей, отладка гидравлических режимов при развитии системы, управление эксплуатационными и аварийными гидравлическими режимами.

Настоящий документ содержит обоснование: текущих (2013 г.) и перспективных (до 2030 г.) показателей надежности, определяемых числом нарушений в подаче тепловой энергии.

Надежность тепловых сетей – способность обеспечивать потребителей требуемым количеством теплоносителя при заданном его качестве, оставаясь в течение заданного срока (25-30 лет) в полностью работоспособном состоянии при сохранении заданных на стадии проектирования технико-экономических показателей (значений абсолютных и удельных потерь теплоты, пропускной способности, расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя и т.д.)

К свойствам надежности, регламентированным [1], относятся: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Безотказность – способность сетей сохранять рабочее состояние в течение заданного нормативного срока службы. Количественным показателем выполнения этого свойства может служить параметр потока отказов λ , определяемый как число отказов за год, отнесенное к единице (1 км) протяженности трубопроводов.

Долговечность – свойство сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, когда дальнейшее их использование недопустимо или экономически нецелесообразно.

Ремонтпригодность – способность к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния участков тепловых сетей путем обеспечения их ремонта с последующим вво-

дом в эксплуатацию после ремонта. В качестве основного параметра, характеризующего ремонтпригодность теплопровода, можно принять время Z_p , необходимое для ликвидации повреждения.

Сохраняемость – способность сохранять безотказность, долговечность и ремонтпригодность в течение срока консервации.

9.1.2 Обеспечение надежности существующих систем-теплоснабжения

Способность обеспечить надежность теплоснабжения в соответствующей системе теплоснабжения определяется наличием у организации технических возможностей и квалифицированного персонала по наладке, мониторингу, диспетчеризации, переключениям и оперативному управлению гидравлическими и температурными режимами системы теплоснабжения.

Проблема надежности тепловых сетей является сложной и многогранной. Для ее решения необходимо обеспечивать управляемость теплосети при помощи автоматизации, диспетчеризации тепловых сетей, насосных станций, ЦТП, ИТП зданий и сооружений.

9.1.3 Статистические данные по отказам тепловых сетей МУП «Теплоэнерго» за период 2009-2013гг.

Расчет надежности теплоснабжения нерезервируемых участков тепловой сети производится на основе данных по отказам и восстановлением (времени, затраченным на ремонт участка) всех участков тепловых сетей за несколько лет их работы.

В таблице 9.2.1 представлена сводная информация по тепловым сетям МУП "Теплоэнерго", предоставленная теплоснабжающей организацией.

Таблица 9.1.1 Сводная информация по тепловым сетям МУП "Теплоэнерго" и его абонентов

Параметр	Значение
Длина тепловых сетей в двухтрубном исчислении, км	320,22
Средний диаметр, мм	0,129
Тепловые потери в сетях в 2013г., %	7,13
Теплоизоляционный материал	Минеральная вата, стекловата, ППУ
Тип прокладки	Надземная, подвальная, подземная канальная, подземная безканальная
Год ввода в эксплуатацию (перекладки)	1946-2013
Материальная характеристика	41308,38

На рисунке 9.1.1 представлена диаграмма статистики отказов тепловых сетей за период 2009-2014гг

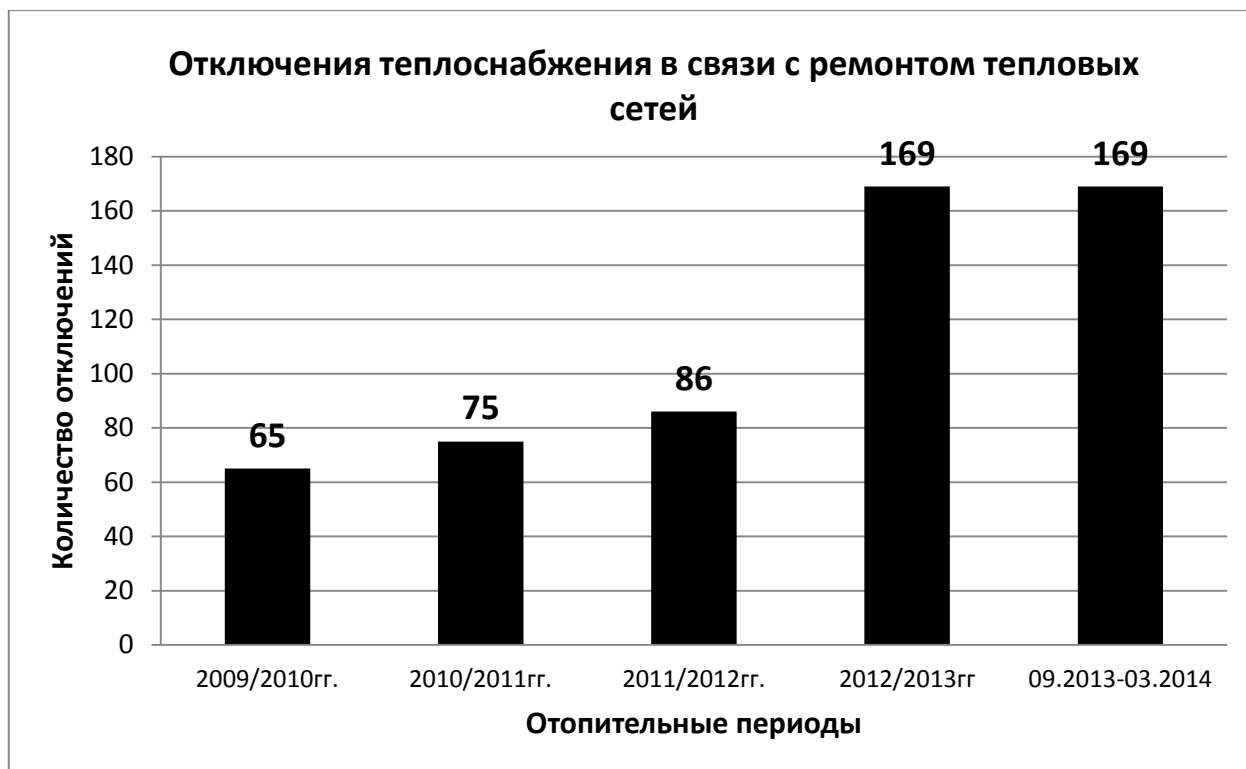


Рисунок 9.1.1 Диаграмма отказов тепловых сетей

9.2 Методика расчета надежности теплоснабжения

9.2.1 Общее описание методики расчета надежности

В соответствии с [2] расчет надежности теплоснабжения должен производиться для каждого потребителя, при этом минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для:

- источника теплоты $R_{ит} = 0,97$;
- тепловых сетей $R_{тс} = 0,9$;
- потребителя теплоты $R_{пт} = 0,99$;
- СЦТ в целом $R_{сцт} = 0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,86$.

Расчет вероятности безотказной работы тепловой сети по отношению к каждому потребителю рекомендуется выполнять с применением следующего алгоритма:

1. Определение пути передачи теплоносителя от источника до потребителя, по отношению к которому выполняется расчет вероятности безотказной работы тепловой сети.
2. На первом этапе расчета 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 восстановлением (времени, затраченному на ремонт) всех участков тепловых сетей за несколько лет их работы устанавливаются следующие зависимости:

λ_0 – средневзвешенная частота (интенсивность) отказов для участков тепловой сети с продолжительностью эксплуатации от 1 до 3 лет ($1/(\text{км} \cdot \text{год})$);

λ_0 – средневзвешенная частота (интенсивность) отказов для участков тепловой сети с продолжительностью эксплуатации от 3 до 17 лет ($1/(\text{км} \cdot \text{год})$);

λ_0 – средневзвешенная частота (интенсивность) отказов для участков тепловой сети с продолжительностью эксплуатации от 17 и более лет ($1/(\text{км} \cdot \text{год})$);

- 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_i [3], который имеет размерность $[1/(\text{км} \cdot \text{год})]$ или $[1/(\text{км} \cdot \text{ч})]$. Интенсивность отказов всей тепловой сети (без резервирования) по отношению к потребителю представляется как последовательное (в смысле надежности) соединение элементов [4], при котором отказ одного из всей совокупности элементов приводит к отказу все системы в целом. Средняя вероятность безотказной работы системы, состоящей из последовательно соединенных элементов, будет равна произведению вероятностей безотказной работы:

$$P_c = \prod_{i=1}^N P_i = e^{-\lambda_1 L_1 t} \times e^{-\lambda_2 L_2 t} \times \dots \times e^{-\lambda_n L_n t} = e^{-t \times} \quad (9.1)$$

Интенсивность отказов всего последовательного соединения равна сумме интенсивностей отказов на каждом участке $\lambda_c = L_1 \lambda_1 + L_2 \lambda_2 + \dots + L_n \lambda_n$, $[1/\text{ч}]$, где L_i – протяженность каждого участка, $[\text{км}]$.

Для описания параметрической зависимости интенсивности отказов рекомендуется использовать зависимости от срока эксплуатации, следующего вида, близкую по характеру к распределению Вейбулла:

$$\lambda t = \lambda_0 \cdot 0,1 \tau^{\alpha-1}, \quad (9.2)$$

где τ – срок эксплуатации участка [лет].

Характер изменения интенсивности отказов зависит от параметра α : при $\alpha < 1$, она монотонно убывает, при $\alpha > 1$ – возрастает; при $\alpha = 1$ функция принимает вид $\lambda t = \lambda_0 = \text{const}$. А λ_0 – это средневзвешенная частота (интенсивность) устойчивых отказов в конкретной системе теплоснабжения.

Для распределения Вейбулла рекомендуется использовать следующие эмпирические коэффициенты:

$$\alpha = \begin{cases} 0,8 & \text{при } 0 < \tau \leq 3 \\ 1 & \text{при } 3 < \tau \leq 17 \\ 0,5 \times e^{\tau/20} & \text{при } \tau > 17 \end{cases} \quad (9.3)$$

На рисунке ниже приведен вид зависимости интенсивности отказов от срока эксплуатации участка тепловой сети. При ее использовании следует помнить о некоторых допущениях, которые были сделаны при отборе данных:

- она применима только тогда, когда в тепловых сетях существует четкое разделение на эксплуатационный и ремонтный периоды;

- в ремонтный период выполняются гидравлические испытания тепловой сети после каждого отказа.

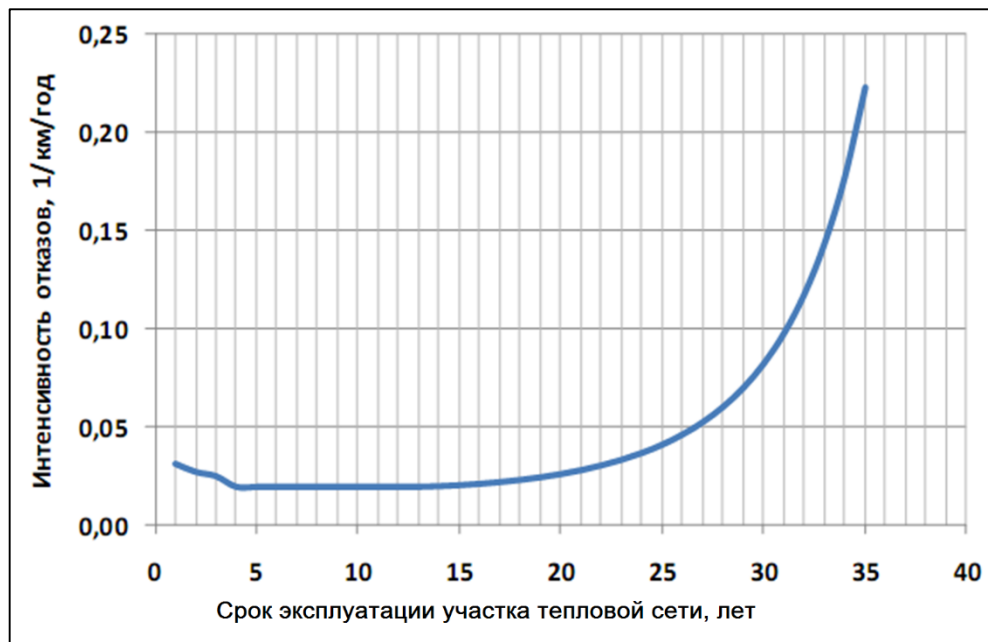


Рисунок 9.2.1 Интенсивность отказов в зависимости от срока эксплуатации участка тепловой сети.

1. По данным региональных справочников по климату о среднесуточных температурах наружного воздуха за последние десять лет строят зависимость повторяемости температур наружного воздуха (график продолжительности тепловой нагрузки отопления).

2. 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 $+12^{\circ}\text{C}$, в промышленных зданиях ниже $+8^{\circ}\text{C}$.

Например, для расчета времени снижения температуры в жилом здании используют формулу:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{н}} + \frac{Q_0}{q_0 V} + \frac{t'_{\text{в}} - t_{\text{н}} - \frac{Q_0}{q_0 V}}{\exp(z/\beta)}, \quad (9.4)$$

где $t_{\text{в}}$ – внутренняя температура, которая устанавливается в помещении через время z в часах, после наступления исходного события, $^{\circ}\text{C}$;

z – время отсчитываемое после начала исходного события, ч;

$t'_{\text{в}}$ – температура в отапливаемом помещении, которая была в момент начала исходного события, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, усредненная на периоде времени z , $^{\circ}\text{C}$;

Q_0 – подача теплоты в помещении, Дж/ч;

$q_0 V$ – удельные расчетные тепловые потери здания, Дж/(ч $\cdot^{\circ}\text{C}$);

β – коэффициент аккумуляции помещения (здания), ч.

Для расчета времени снижения температуры в жилом задании до $+12^{\circ}\text{C}$ при внезапном прекращении теплоснабжения эта формула при ($\frac{Q_0}{q_0 V}=0$) имеет следующий вид:

$$z = \beta \times \ln \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в,а}} - t_{\text{н}}}, \quad (9.5)$$

где $t_{в,а}$ – внутренняя температура, которая устанавливается критерием отказа тепло-снабжения (+12°C для жилых зданий).

Расчет проводится для каждой градации повторяемости температуры наружного воздуха, например, для города N-ска (см. таблицу ниже) при коэффициенте аккумуляции жилого здания $\beta=40$ часов.

Таблица 9.2.1 Расчет времени снижения температуры внутри отапливаемого помещения

Температура наружного воздуха, °C	Повторяемость температур наружного воздуха, час	Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12°C, час
-50,0	-	3,7
-45	-	3,8
-40	-	4,28
-35	5	4,6
-30	22	5,1
-25	45	5,7
-20	131	6,4
-15	328	7,4
-10	657	8,8
-5	999	10,8
-0	1244	13,9
5	983	19,6
10	866	33,9

На основе данных о частоте (потоке) отказов участков тепловой сети, повторяемости температур наружного воздуха и данных о времени восстановления (ремонта) элемента (участка, НС, компенсатора и т.д.) тепловых сетей определяют вероятность отказа тепло-снабжения потребителя.

В случае отсутствия достоверных данных о времени восстановления теплоснабжения потребителей рекомендуется использовать эмпирическую зависимость для времени, необходимым для ликвидации повреждения, предложенную Е.Я. Соколовым:

$$z_p = a[1 + b + cl_{c.3}D^{1,2}] \quad (9.6)$$

где 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;

$l_{c.3}$ – расстояние между секционирующими задвижками, м;

D – условный диаметр трубопровода, м.

Расчет рекомендуется выполнять для каждого участка и/или элемента, входящего в путь от источника до абонента:

- по уравнению (9.6) вычисляется время ликвидации повреждения на i -том участке;
- по каждой градации повторяемости температур с использованием уравнения (9.5) вычисляется допустимое время проведения ремонта;
- вычисляется относительная и накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до критических значений меньше чем время ремонта повреждения;

- вычисляются относительные доли (9.7) и поток отказов (9.8) участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры в отапливаемом помещении до температуры +12°C.

$$\bar{z} = (1 - \frac{z_{i,j}}{z_p}) \times \frac{n_j}{\tau_{on}} \quad (9.7)$$

$$\bar{\omega}_i = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{i,j} \quad (9.8)$$

- вычисляется вероятность безотказной работы участка тепловой сети относительно абонента:

$$p_i = \exp(-\bar{\omega}_i) \quad (9.9)$$

9.2.2 Пример расчета надежности

Произведем расчет надежности в соответствии с методикой, изложенной в п. 9.2.1, на примере конкретного участка тепловой сети г. Великого Новгорода, например, начального участка теплопровода от Котельной №1 до ООО "Посадник ВН" уз. №2. Исходные данные для расчета участка представлены в таблице 9.2.2. Конечный результат расчета надежности представлен в виде сводной таблицы 9.2.3. Разберем по порядку расчет надежности, следуя от столбца к столбцу. В таблице 9.2.4 даны конкретные значения выбранного участка, а также общие пояснения к расчету (для прочих участков и пути в целом). В таблицах 9.2.5-9.2.7 приведены расчетные данные промежуточных величин.

Таблица 9.2.2 Исходные данные для расчета участка

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота (интенсивность) отказов, 1/(км·год)	Частота (интенсивность) отказов участка, 1/(км·год)
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ
1	Котельная №1		42	0,309	1952	61	10,6	0,282	2,966

Таблица 9.2.3 Пример сводной таблицы расчета

Время, необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта повреждения)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения до +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
9,09	0,024	0,003	0,9970	0,997	Высоконадежная

Таблица 9.2.4 Порядок расчета надежности

№ столбца (таблица 9.2.2)	Наименование столбца	Примечание к расчету	
Исходные данные			
1	№ участка п/п	Порядковый номер участка. В примере рассматривается только один участок, однако при расчете пути от источника до конечного потребителя таких участков будет несколько десятков.	
2	Наименование участка. Начало	Котельная №1	
3	Наименование участка. Конец		
4	Длина участка L, м	22	
5	Диаметр трубопровода на участке D, м	0,309	
6	Год ввода участка в эксплуатацию (ремонта)	1952 (если год ремонта подающего и обратного трубопроводов не совпадают, берется меньшее из значений)	
Расчет			
7	Срок эксплуатации участка τ, лет	τ = 2013 – 1952 = 61 год	
8	Коэффициент α	$\alpha = \begin{cases} 0,8 \text{ при } 0 < \tau \leq 3 \\ 1 \text{ при } 3 < \tau \leq 17 \\ 0,5 \times e^{\tau/20} \text{ при } \tau > 17 \end{cases}$	(временной отрезок 1)
			(временной отрезок 2)
			(временной отрезок 3)
		$\alpha = 0,5 \cdot e^{36/20} = 10,6$	
9	Средневзвешенная частота (интенсивность) отказов λ ₀ , 1/(км·год)	Т.к. за период 2008-2013 имеются статистические данные об отказах и суммарная протяженность тепловых сетей ΣL (таблица 9.2.1), λ ₀ рассчитана для каждого временного отрезка как: $\lambda_0 = N/\Sigma L$ Результат расчета λ ₀ представлен в таблице 9.2.5 λ ₀ =0,28	
10	Частота (интенсивность) отказов участка λ, 1/(км·год)	Имея значения λ ₀ для всех трех временных периодов, можем рассчитать λ для всех τ от 1 до бесконечности с шагом в 1 год. Однако, анализ расчета λ показал, что при τ>35 лет формула неприменима, т.к. частота отказов стремительно возрастает. Поэтому при τ>35 лет, считаем частоту отказов постоянной и равной λ при τ=35 лет. Результаты расчета λ=f(τ) представлены в таблице 9.2.8 $\lambda\tau = \lambda_0 \cdot 0,1\tau^{\alpha-1} = 0,28 \cdot (0,1 \cdot 35)^{2,88-1} = 2,97$	
11	Время, необходимое для ликвидации повреждения z _p , ч	z _p = a[1 + b + c l _{c,3} D ^{1,2}], где для подземных трубопроводов в непроходных каналах значения коэффициентов соответственно равны: a=6, b=0,5, c=0,0015. z _p =6·(1+(0,5+0,060·42)0,309 ^{1,2})=9,090 ч	
12	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°С меньше, чем время ремонта повреждения) \bar{z}	$\bar{z} = (1 - \frac{z_{i,j}}{z_p}) \times \frac{n_j}{\tau_{оп}}$ Накопленная частота событий при которых время снижения температуры до +12°С меньше, чем время ремонта повреждения \bar{z} вычисляется для каждой градации температур при конкретном значении z _p для данного участка пути (пример расчета \bar{z} представлен в таблице 9.2.7). $\bar{z} = 0,0247$	

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ столбца (таблица 9.2.2)	Наименование столбца	Примечание к расчету
13	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения до +12°C $\bar{\omega}_i$	$\bar{\omega}_i = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{i,j}$ $\bar{\omega}_i = 2,97 \cdot 42 \cdot 0,0247 / 1000 = 0,003$
14	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента p_i	$p_i = \exp(-\bar{\omega}_i)$ $p_i = \exp(-0,00088) = 0,9970$
15	Средняя вероятность безотказной работы системы	$p_c = \prod p_i$ <p>Когда участков в расчетном пути более одного, вероятность безотказной работы системы (пути) p_c будет равна произведению вероятностей безотказной работы каждого из участков. Для рассматриваемого участка p_c равна: $p_c=0,9970$</p>
16	Степень надежности системы теплоснабжения	<p>Согласно [5] в зависимости от полученных показателей надежности отдельные системы и системы коммунального теплоснабжения города (населенного пункта) с точки зрения надежности могут быть оценены как:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высоконадежные: более 0,9; - надежные: 0,75-0,89; - малонадежные: 0,5-0,74; - ненадежные: менее 0,5. <p>Графическое представление показателей надежности представлено на рисунке 9.2.2. Конкретно данный участок имеет класс надежности – высоконадежный.</p>

Таблица 9.2.5 Статистика отказов по годам и временным периодам

Срок эксплуатации t	Количество отказов N , шт./год				
	2009	2010	2011	2012	2013
$1 < t \leq 3$ (временной отрезок 1)	0	0	0	0	0
$3 < t \leq 17$ (временной отрезок 2)	13	15	17	33	34
$t > 17$ (временной отрезок 3)	52	60	69	136	135
Сумм. протяженность тепловых сетей ΣL, км	320	320	320	320	320

Таблица 9.2.6 Расчет средневзвешенной частоты (интенсивность) отказов λ_0

Срок эксплуатации t	Средневзвешенная частота (интенсивность) отказов $\lambda_0=f(t)$, 1/(км·год)					
	2009	2010	2011	2012	2013	Ср.значение за период 2009-2013
$1 < t \leq 3$ (временной отрезок 1)	0	0	0	0	0	0
$3 < t \leq 17$ (временной отрезок 2)	0,04	0,05	0,05	0,1	0,11	0,07
$t > 17$ (временной отрезок 3)	0,16	0,19	0,22	0,42	0,42	0,28

Таблица 9.2.7 Пример расчета \bar{z} для сети Великого Новгорода

№	Температура наружного воздуха t_i , °C	Повторяемость тем- ператур наружного воздуха (n_i), ч	Время снижения темп. воз- духа внутри помещения до +12°C $z_{ij} = \beta \times \ln \frac{(18 - \tau_j)}{(12 - \tau_j)}$	$\bar{z} = (1 - \frac{z_{ij}}{z_p}) \times \frac{n_j}{\tau_{оп}}$ Только положительные значения \bar{z}^{**}
1	-35	5	4,81	0,0004
2	-34	2	4,90	0,0002
3	-33	3	5,01	0,0003
4	-32	4	5,11	0,0003
5	-31	6	5,22	0,0005
6	-30	7	5,34	0,0005
7	-29	5	5,46	0,0004
8	-28	9	5,59	0,0006
9	-27	11	5,72	0,0008
10	-26	13	5,86	0,0009
11	-25	7	6,01	0,0004
12	-24	18	6,17	0,0011
13	-23	22	6,33	0,0012
14	-22	23	6,50	0,0012
15	-21	31	6,68	0,0015
16	-20	37	6,87	0,0017
17	-19	45	7,08	0,0018
18	-18	56	7,29	0,0020
19	-17	66	7,52	0,0021
20	-16	77	7,77	0,0020
21	-15	84	8,03	0,0018
22	-14	96	8,31	0,0015
23	-13	120	8,60	0,0011
24	-12	131	8,93	0,0003
25	-11	145	9,27	0,0000
26	-10	165	9,65	0,0000
27	-9	175	10,05	0,0000
28	-8	192	10,49	0,0000
29	-7	200	10,98	0,0000
30	-6	212	11,51	0,0000
31	-5	220	12,09	0,0000
32	-4	226	12,74	0,0000
33	-3	232	13,46	0,0000
34	-2	249	14,27	0,0000
35	-1	265	15,18	0,0000
36	0	272	16,22	0,0000
37	1	256	17,41	0,0000
38	2	218	18,80	0,0000
39	3	197	20,43	0,0000
40	4	165	22,38	0,0000
41	5	147	24,76	0,0000
42	6	168	27,73	0,0000

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№	Температура наружного воздуха t_i , °C	Повторяемость температур наружного воздуха (n_i), ч	Время снижения темп. воздуха внутри помещения до +12°C $z_{i,j} = \beta \times \ln \frac{(18 - \tau_j)}{(12 - \tau_j)}$	$\bar{z} = (1 - \frac{z_{i,j}}{z_p}) \times \frac{n_j}{\tau_{оп}}$ Только положительные значения \bar{z}^{**}
43	7	173	31,54	0,0000
44	8	179	36,65	0,0000
Σ	-	-	-	0,0247

*Данные для расчета $z_p=9,040$ ч, $\tau_{оп}=24*221=5304$ ч (количество дней работы системы отопления по СП 131.13330.2012 Строительная климатология равно 221 суток)

**Только положительные значения \bar{z} необходимы для того, чтобы выделить события, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта повреждения.

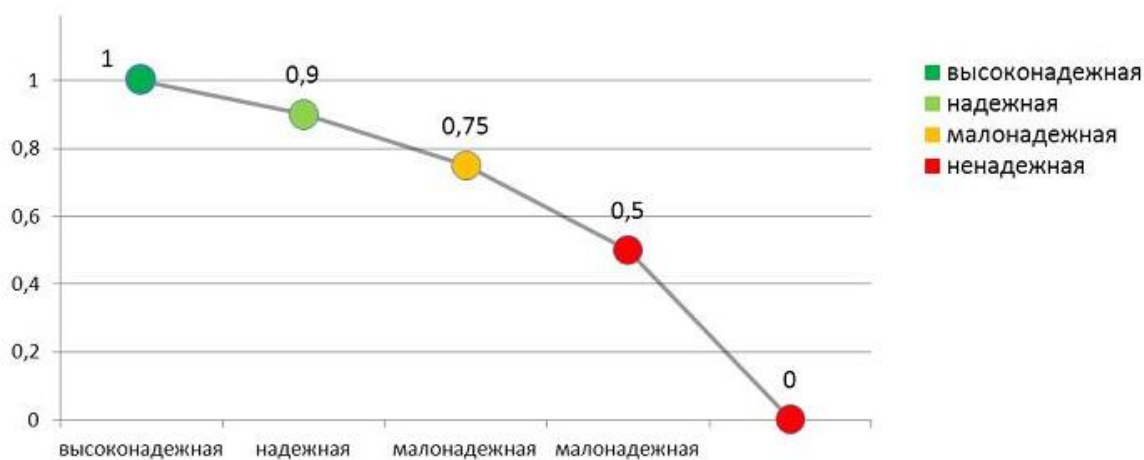


Рисунок 9.2.2 Показатели степени надежности системы теплоснабжения

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица 9.2.8 Расчет частоты отказов участков λ

Срок эксплуатации, лет	1-3	4-17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Значение коэффициента α	0,8	1	1,23	1,29	1,36	1,43	1,50	1,58	1,66	1,75	1,83	1,93	2,03	2,13	2,24	2,36	2,48	2,60	2,74	2,88
Средневзвешенная частота отказов $\lambda_0=f(t), 1/(\text{км}\cdot\text{год})$	0,01	0,11	0,28																	
Частота отказов $\lambda, 1/(\text{км}\cdot\text{год})$	0	0,11	0,32	0,34	0,36	0,39	0,42	0,46	0,50	0,56	0,63	0,71	0,81	0,94	1,10	1,31	1,57	1,92	2,37	2,97

9.3 Расчет надежности теплоснабжения на момент разработки схемы теплоснабжения

9.3.1 Расчетные пути для определения надежности теплоснабжения

Так как количество независимых источников теплоснабжения г.Великого Новгорода велико и сделать точный расчет надежности теплоснабжения для всех возможных путей не представляется возможным, рассчитана надежность теплоснабжения путей от некоторых котельных до самых удаленных потребителей. Для расчета надежности теплоснабжения выбраны следующие котельные МУП "Теплоэнерго":

- Отпускаемой мощностью до 10 Гкал/ч
 - Котельная №12
 - Котельная №37
 - Котельная №40
- Отпускаемой мощностью от 10 до 20 Гкал/ч
 - Котельная №49
 - Котельная №57
 - Котельная №62
- Отпускаемой мощностью свыше 20 Гкал/ч
 - Котельная №71 Левобережная
 - Котельная №63
 - Котельная №34

На рисунках ниже представлено их расположение и зоны действия на карте города Великий Новгород.



Рисунок 9.3.1 Расположение и зона действия котельной №12

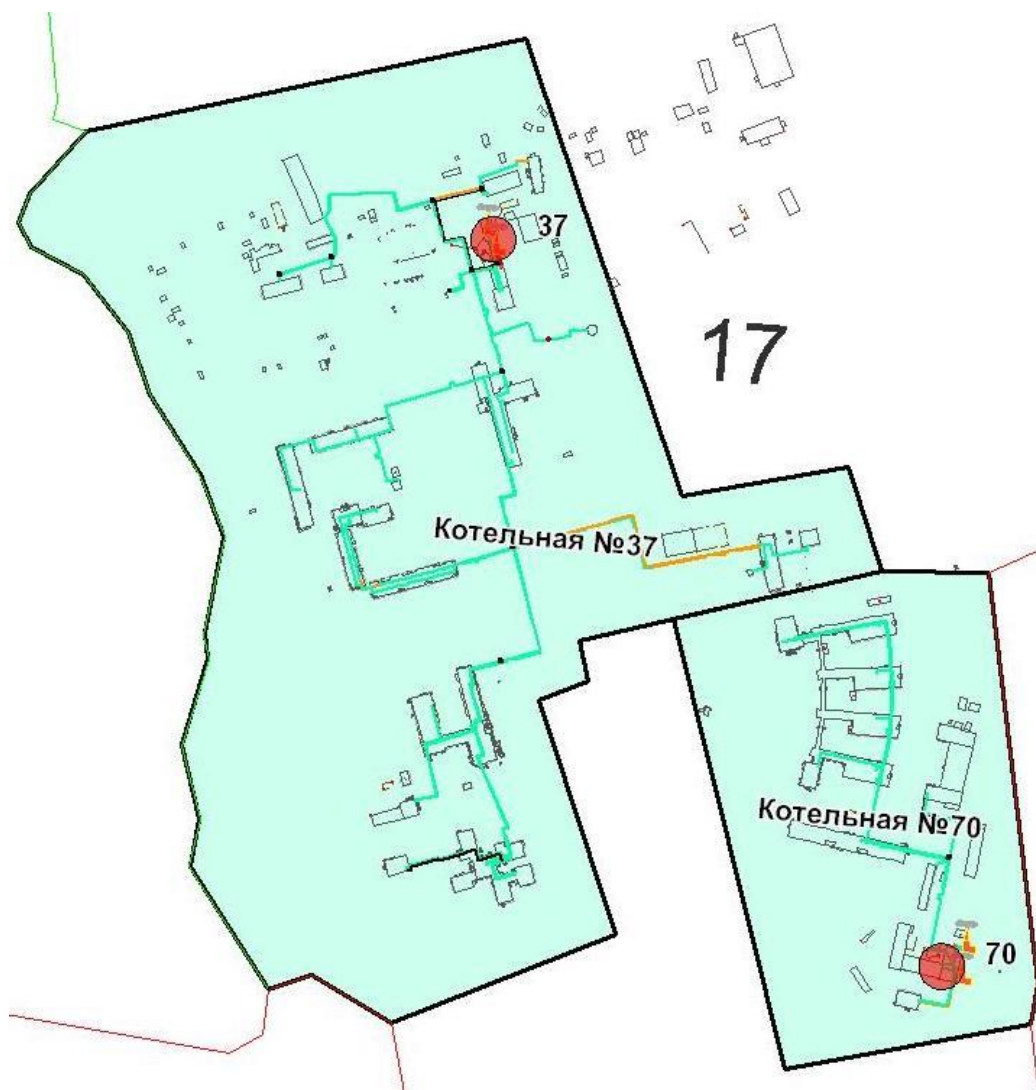


Рисунок 9.3.2 Расположение и зона действия котельной №37

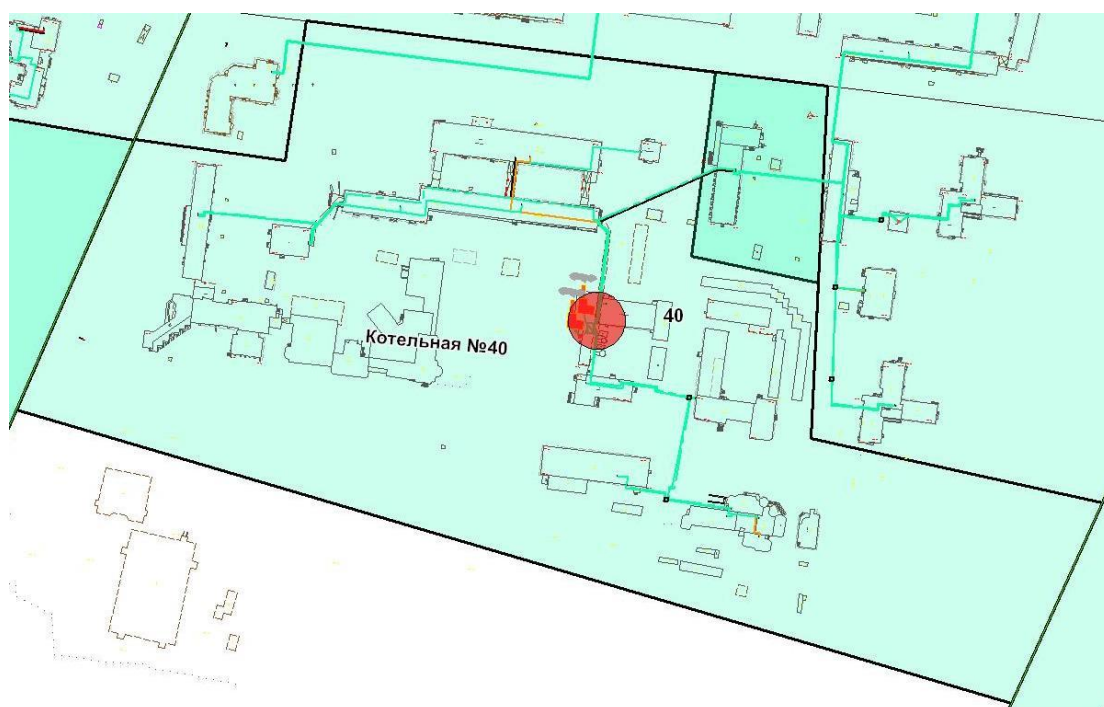


Рисунок 9.3.3 Расположение и зона действия котельной №40

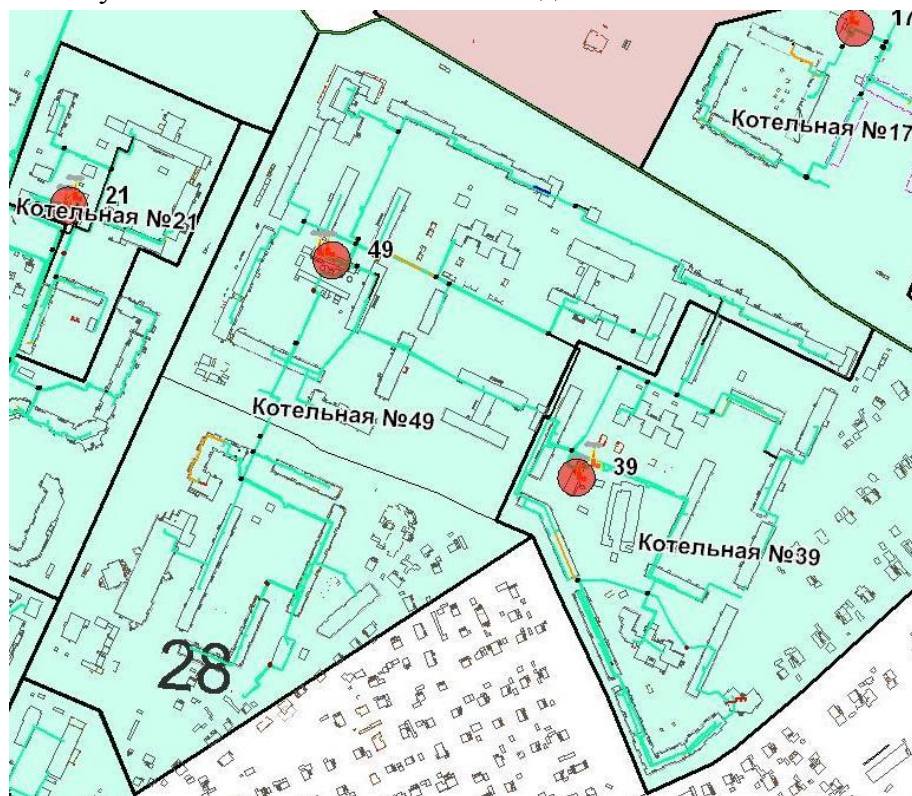


Рисунок 9.3.4 Расположение и зона действия котельной №49

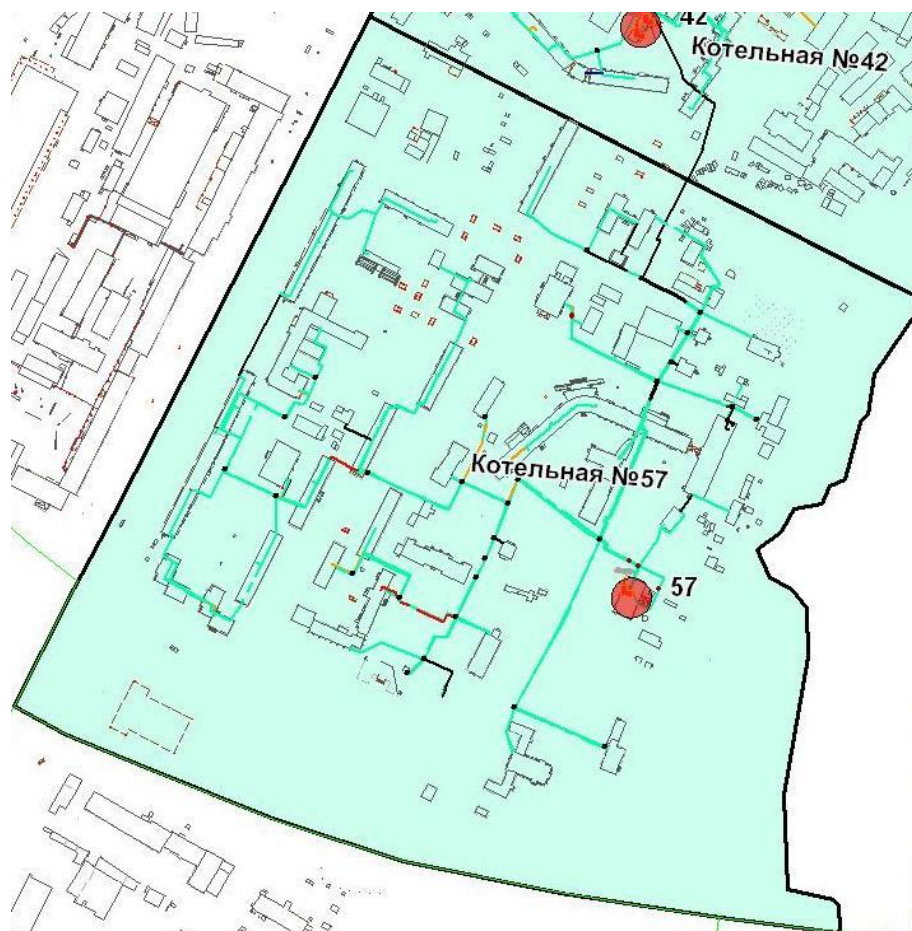


Рисунок 9.3.5 Расположение и зона действия котельной №57

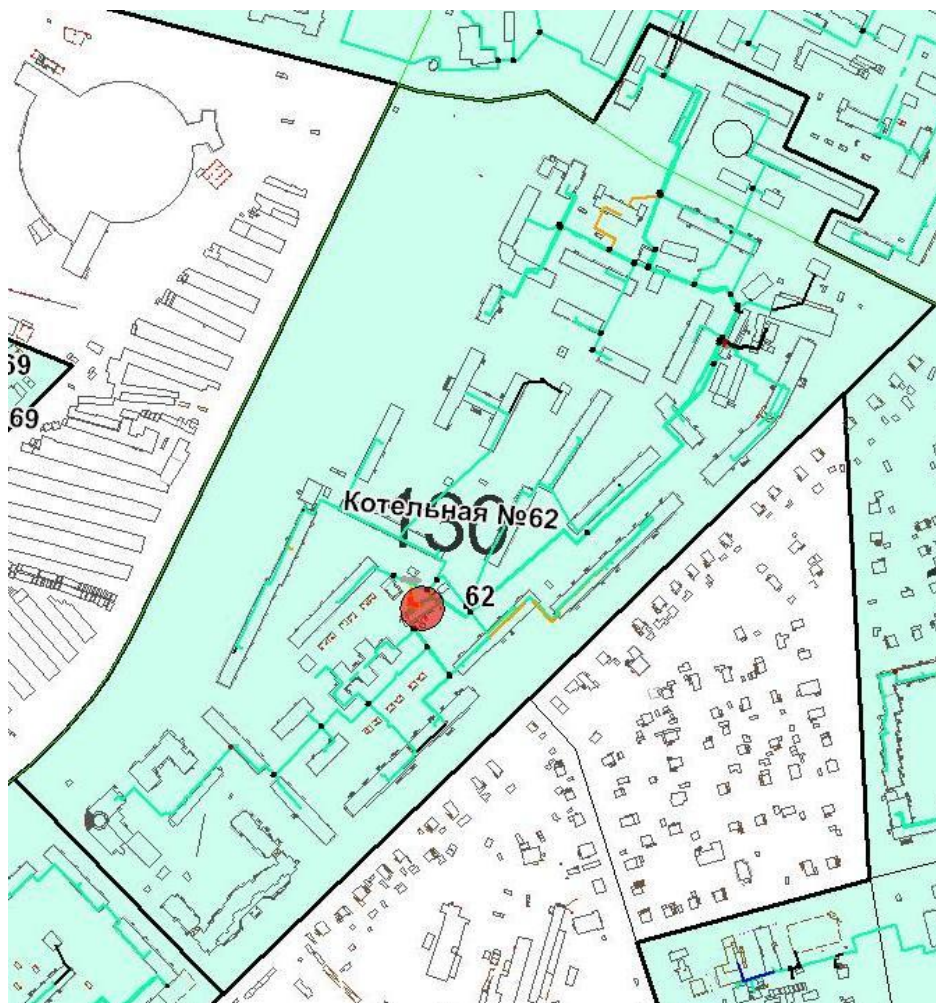


Рисунок 9.3.6 Расположение и зона действия котельной №62

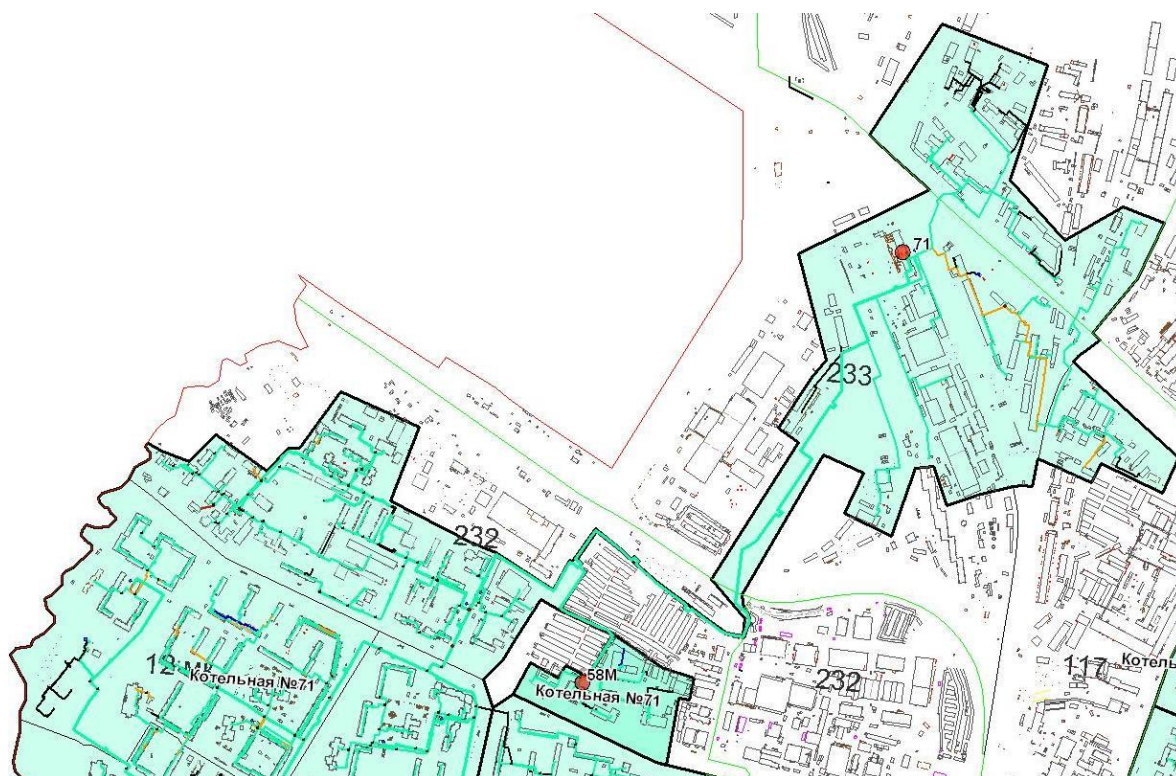


Рисунок 9.3.7 Расположение и зона действия котельной №71

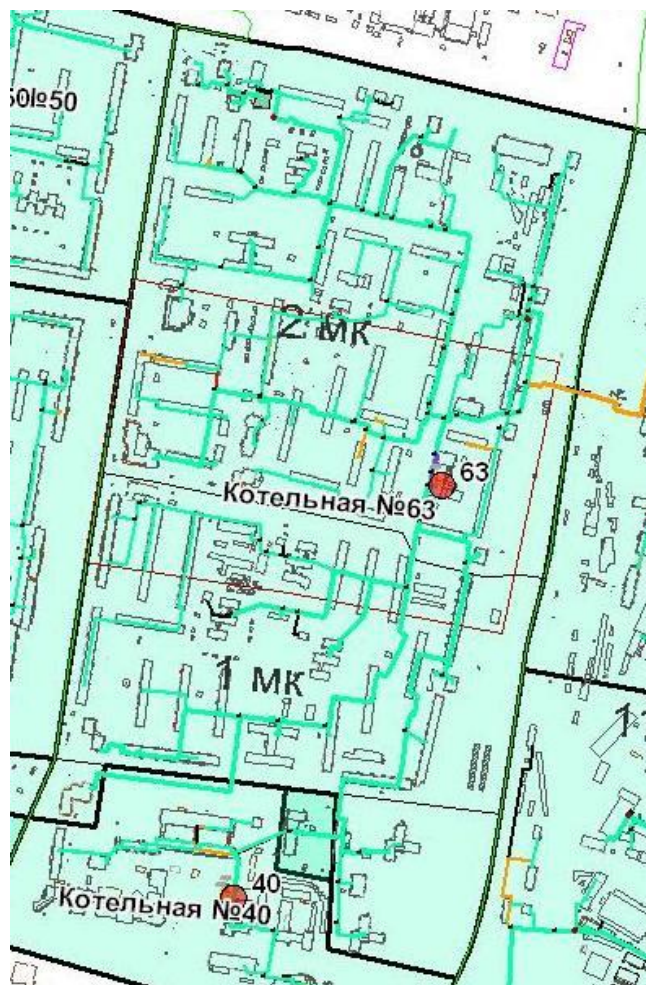


Рисунок 9.3.8 Расположение и зона действия котельной №63

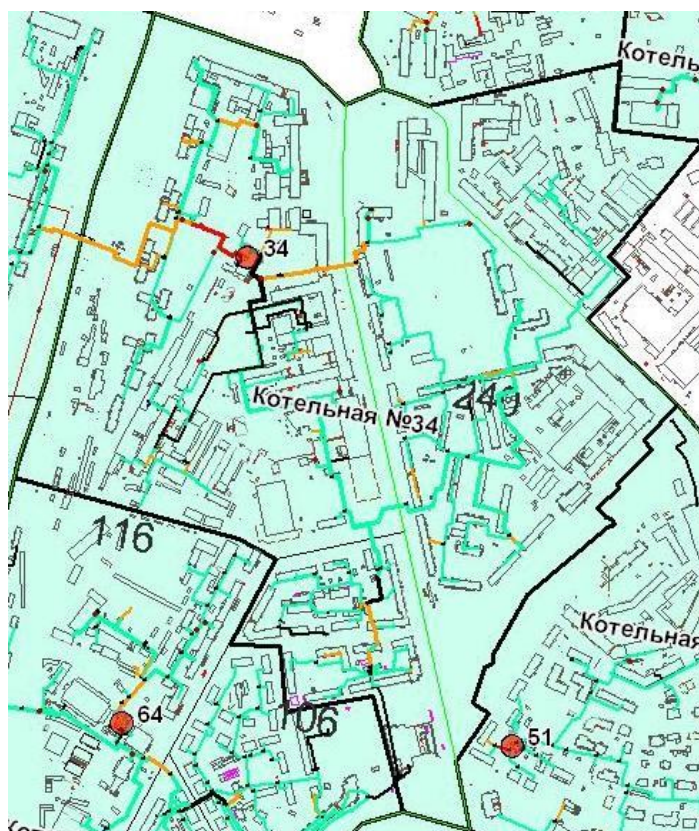


Рисунок 9.3.9 Расположение и зона действия котельной №34

Таблица 9.3.1 Перечень путей для расчета надежности теплоснабжения

Номер расчетного пути п/п	Наименование направления	Начало пути	Конец пути	Длина пути, м
1	Направление 1	Котельная №12	ул.Б.С.-Петербургская, 5/1 ООО "Посадник ВН"	786,6
2	Направление 2	Котельная №37	ул.Береговая, 48 к.4 Детский дом (хоз.блок)	732,6
3	Направление 3	Котельная №40	ул.Ломоносова, 25 "ЦентрГорб-ца"(поликлиника)	397,1
4	Направление 4	Котельная №49	ул.Державина, 8 к.1 ОАО ГУК "В.Новгород" уз.№ 4	737,7
5	Направление 5	Котельная №57	ул.Б.С.-Петербургская, 96, к.2 ОАО "ГУК В.Новгород"	1029,1
6	Направление 6	Котельная №62	ул.Белова, 16 ОАО "ГУК В.Новгород"	802,8
7	Направление 7	Котельная №71	ул.Нехинская, 57 Здание Тимура, Садко, ООО Конт	6613,1
8	Направление 8	Котельная №63	ул.Ломоносова, 5 ООО "УК №9" уз. №2	1063,3
9	Направление 9	Котельная №34	ул.Великая, 22 ООО "ВолнаАнкор"	1884

Тепловые сети, относящиеся к котельным ООО"Новострой" введены в эксплуатацию менее 5 лет назад, имеют не высокую протяженность и их надежность не вызывает сомнений.

Ниже (пп. 9.3.2-9.3.9) представлен последовательный расчет надежности для всех расчетных путей (п. 9.3.1), согласно изложенной и описанной выше методике (п. 9.2.1, п.9.2.2 настоящего документа соответственно).

9.3.2 Направление 1 от котельной №12 до ул. Б.С.-Петербургская, 5/1

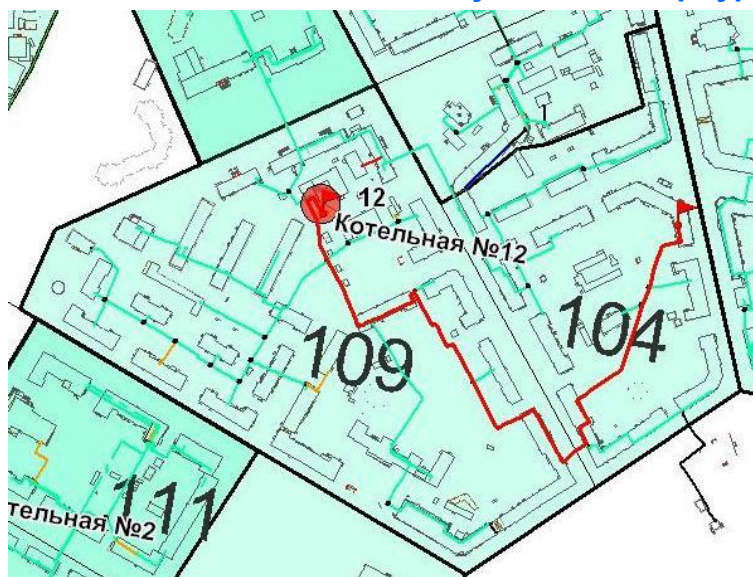


Рисунок 9.3.10 Направление 1 от котельной №12

В таблице 9.3.2 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

Таблица 9.3.2 Расчет надежности направления №1 от котельной №12

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°С меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°С	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец													
1	Котельная №12		42	0,309	1952	61	10,6	0,282	2,966	9,09	0,024	0,003	0,9970	0,997	Высоконадежная
2			27	0,207	1952	61	10,6	0,282	2,966	9,04	0,024	0,002	0,9981	0,995	Высоконадежная
3			19	0,259	1952	61	10,6	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9986	0,994	Высоконадежная
4		ТК1А	21	0,207	1994	19	1,3	0,282	0,341	9,03	0,024	0,000	0,9998	0,994	Высоконадежная
5	ТК1А		40	0,207	1953	60	10,0	0,282	2,966	9,05	0,024	0,003	0,9971	0,991	Высоконадежная
6			24	0,207	2007	6	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,991	Высоконадежная
7			13	0,207	1956	57	8,6	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9991	0,990	Высоконадежная
8			4	0,207	1956	57	8,6	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9997	0,989	Высоконадежная
9			30	0,207	1956	57	8,6	0,282	2,966	9,04	0,024	0,002	0,9979	0,987	Высоконадежная
10			30	0,207	1997	16	1,0	0,070	0,070	9,04	0,024	0,000	0,9999	0,987	Высоконадежная
11			1	0,207	2006	7	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,987	Высоконадежная
12			105,9	0,207	2006	7	1,0	0,070	0,070	9,14	0,024	0,000	0,9998	0,987	Высоконадежная
13			43	0,207	1956	57	8,6	0,282	2,966	9,06	0,024	0,003	0,9969	0,984	Высоконадежная
14			16,5	0,207	2002	11	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,984	Высоконадежная
15			8	0,207	1956	57	8,6	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,984	Высоконадежная
16			69	0,207	1956	57	8,6	0,282	2,966	9,09	0,024	0,005	0,9951	0,979	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта участка)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
17			0,5	0,207	1956	57	8,6	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,979	Высоконадежная
18			1	0,15	2008	5	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,979	Высоконадежная
19			25	0,15	2008	5	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,979	Высоконадежная
20			1	0,15	2008	5	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,979	Высоконадежная
21			1	0,125	1955	58	9,1	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,979	Высоконадежная
22			57,7	0,125	1978	35	2,9	0,282	2,966	9,04	0,024	0,004	0,9959	0,975	Высоконадежная
23			2	0,125	1978	35	2,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,974	Высоконадежная
24			15	0,125	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,974	Высоконадежная
25			35	0,125	2002	11	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	0,9999	0,974	Высоконадежная
26		TK07	65	0,125	1997	16	1,0	0,070	0,070	9,05	0,024	0,000	0,9999	0,974	Высоконадежная
27	TK07	TK08	17	0,1	2004	9	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,974	Высоконадежная
28	TK08		42	0,082	2004	9	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	0,9999	0,974	Высоконадежная
29			15	0,082	1998	15	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,974	Высоконадежная
30			1	0,082	1998	15	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,974	Высоконадежная
31		ООО "Посадник ВН"	15	0,082	1957	56	8,2	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9989	0,973	Высоконадежная
Σ	Весь путь		786,6	0,171	1981	32	4,6	-	-	9,03	-	-	-	0,973	Высоконадежная

9.3.3 Направление 2 от котельной №37 до ул.Береговая, 48 к.4

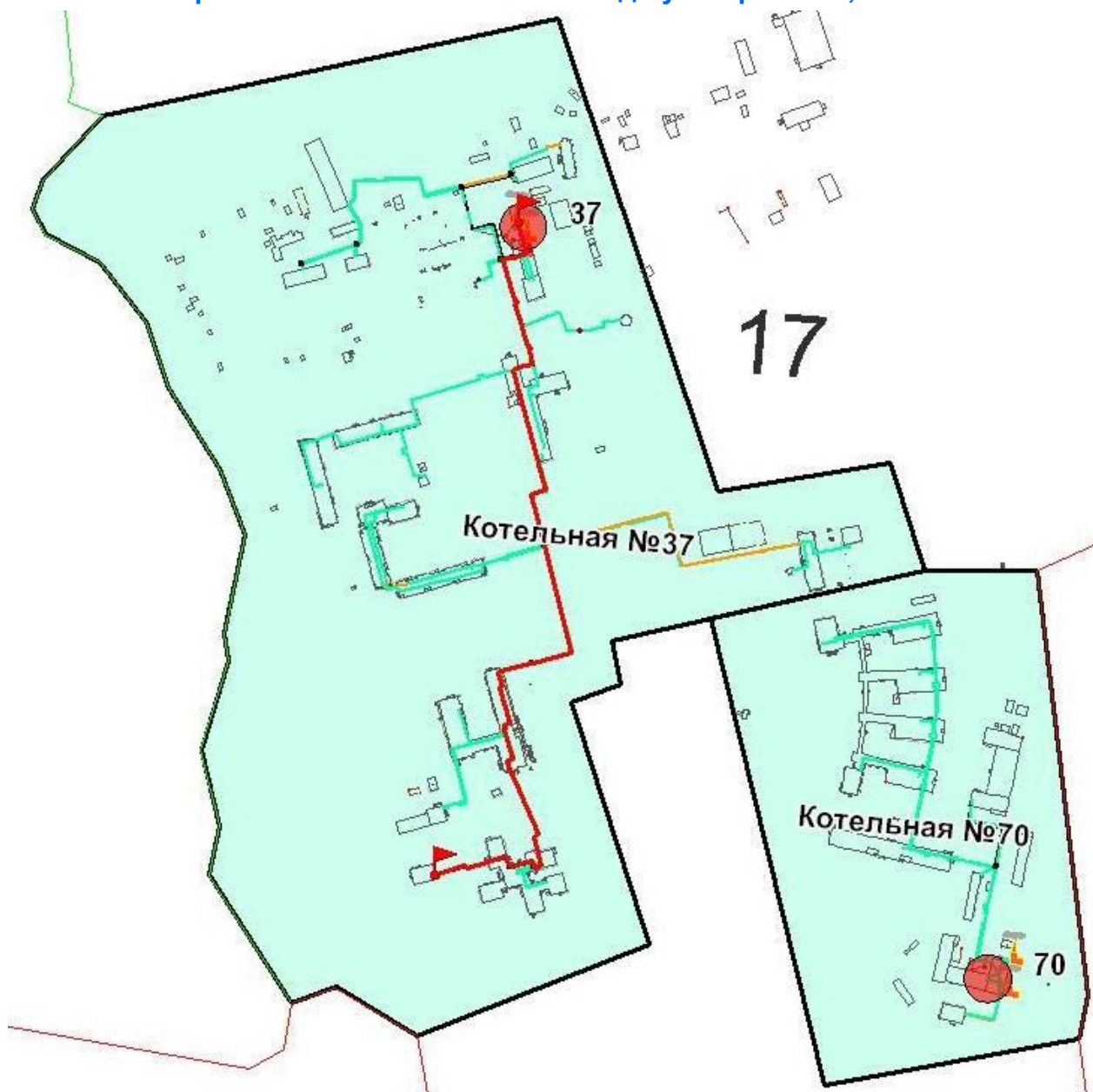


Рисунок 9.3.11 Направление 2 от котельной №37

В таблице 9.3.3 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

Таблица 9.3.3 Расчет надежности направления 2 от котельной №37

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец													
1	Котельная №37		10	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,999	Высоконадежная
2		ТК-1	14	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9990	0,998	Высоконадежная
3	ТК-1		0,1	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,998	Высоконадежная
4			37,4	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,05	0,024	0,003	0,9973	0,996	Высоконадежная
5			24,4	0,207	2008	5	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,996	Высоконадежная
6			5	0,207	2008	5	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,996	Высоконадежная
7		ТК-6	19,1	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9986	0,994	Высоконадежная
8	ТК-6		8	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,994	Высоконадежная
9			5	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9996	0,993	Высоконадежная
10			0,1	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,993	Высоконадежная
11			77,9	0,207	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,11	0,024	0,006	0,9945	0,988	Высоконадежная
12		ТК-7	79	0,259	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,14	0,024	0,006	0,9944	0,982	Высоконадежная
13	ТК-7		90,5	0,15	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,08	0,024	0,006	0,9936	0,976	Высоконадежная
14		ТК-8	31,3	0,15	2007	6	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	0,9999	0,976	Высоконадежная
15	ТК-8		0,1	0,15	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,976	Высоконадежная
16			25,6	0,15	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,02	0,024	0,002	0,9982	0,974	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^{\circ}C$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^{\circ}C$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
17			44,9	0,15	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,04	0,024	0,003	0,9968	0,971	Высоконадежная
18			8,5	0,15	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,970	Высоконадежная
19			43	0,1	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,02	0,024	0,003	0,9969	0,967	Высоконадежная
20			75	0,1	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,04	0,024	0,005	0,9947	0,962	Высоконадежная
21			8	0,1	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,00	0,024	0,001	0,9994	0,962	Высоконадежная
22			0,3	0,1	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,962	Высоконадежная
23			10	0,1	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,961	Высоконадежная
24			0,1	0,05	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,961	Высоконадежная
25			51,4	0,05	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,01	0,024	0,004	0,9963	0,957	Высоконадежная
26			47,5	0,05	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,01	0,024	0,003	0,9966	0,954	Высоконадежная
27		Детский дом (хоз/блок)	7,4	0,05	1976	37	3,2	0,282	2,966	9,00	0,024	0,001	0,9995	0,954	Высоконадежная
Σ	Весь путь		723,6	0,15	1980	33	2,9	-	-	9,03	-	-	-	0,954	Высоконадежная

9.3.4 Направление 3 от котельной №40 до ул.Ломоносова, 25

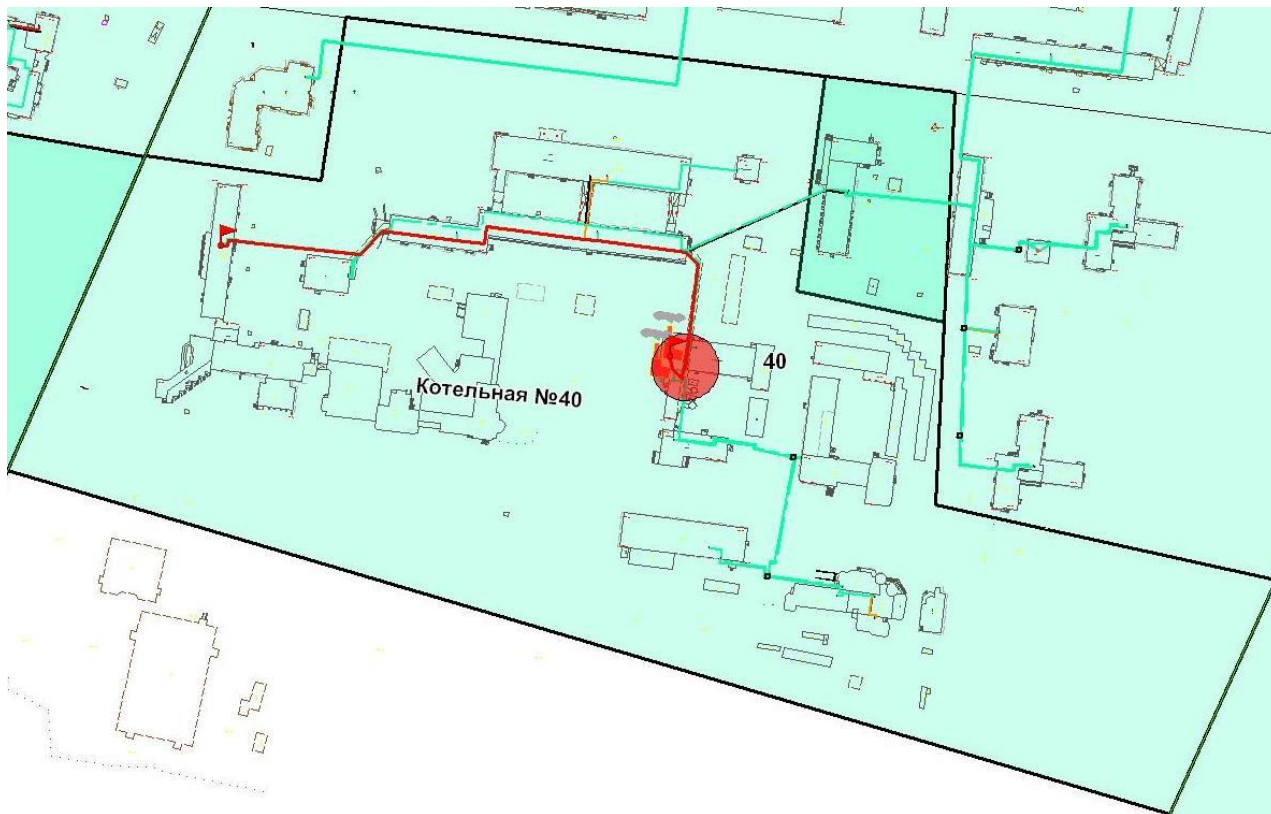


Рисунок 9.3.12 Направление 3 от котельной №40

В таблице 9.3.4 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

Таблица 9.3.4 Расчет надежности направления 3 от котельной №40

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец													
1	Котельная №40		35	0,207	1978	35	2,9	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9975	0,998	Высоконадежная
2			7	0,207	1978	35	2,9	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9995	0,997	Высоконадежная
3			68	0,207	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,09	0,024	0,005	0,9952	0,992	Высоконадежная
4			50	0,15	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,05	0,024	0,004	0,9964	0,989	Высоконадежная
5			7	0,15	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9995	0,988	Высоконадежная
6			81	0,15	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,07	0,024	0,006	0,9942	0,982	Высоконадежная
7			36	0,125	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,03	0,024	0,003	0,9974	0,980	Высоконадежная
8			21,5	0,125	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,02	0,024	0,002	0,9985	0,978	Высоконадежная
9			0,1	0,125	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,978	Высоконадежная
10			54	0,125	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,04	0,024	0,004	0,9962	0,975	Высоконадежная
11			19	0,125	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,975	Высоконадежная
12		"ЦентрГорб-ца"	11	0,125	1977	36	3,0	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9992	0,974	Высоконадежная
Σ	Весь путь		389,6	0,15	1980	34	2,8	-	-	9,03	-	-	-	0,974	Высоконадежная

9.3.5 Направление 4 от котельной №49 до ул.Державина, 8 к.1

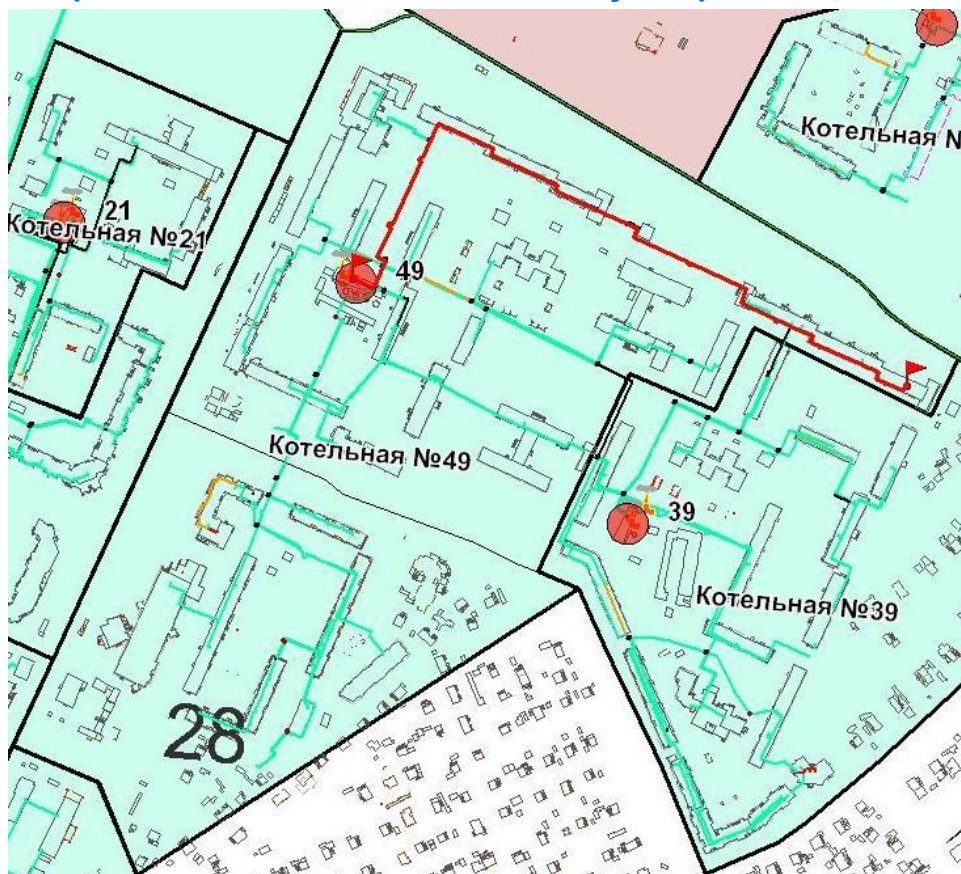


Рисунок 9.3.13 Направление 4 от котельной №49

В таблице 9.3.5 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

Таблица 9.3.5 Расчет надежности направления 4 от котельной №49

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км} \cdot \text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км} \cdot \text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
1	Котельная №49		20	0,309	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,04	0,024	0,001	0,9986	0,999	Высоконадежная
2			7	0,309	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,02	0,024	0,000	0,9995	0,998	Высоконадежная
3		ТК01	18,7	0,25	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,998	Высоконадежная
4	ТК01		4	0,25	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,998	Высоконадежная
5		ТК06	129	0,207	1999	14	1,0	0,070	0,070	9,18	0,024	0,000	0,9998	0,998	Высоконадежная
6	ТК06		17	0,309	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,04	0,024	0,001	0,9988	0,997	Высоконадежная
7			20	0,309	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,04	0,024	0,001	0,9986	0,995	Высоконадежная
8			52	0,309	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,11	0,024	0,004	0,9963	0,992	Высоконадежная
9			46	0,309	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,10	0,024	0,003	0,9967	0,988	Высоконадежная
10			46	0,309	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,10	0,024	0,003	0,9967	0,985	Высоконадежная
11			11	0,259	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9992	0,984	Высоконадежная
12			5	0,259	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9996	0,984	Высоконадежная
13			5	0,259	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,984	Высоконадежная
14			8	0,259	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,984	Высоконадежная
15			15	0,15	2004	9	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,984	Высоконадежная
16			129	0,15	2004	9	1,0	0,070	0,070	9,12	0,024	0,000	0,9998	0,984	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
17			46	0,207	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,06	0,024	0,003	0,9967	0,980	Высоконадежная
18			25	0,207	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9982	0,979	Высоконадежная
19			10	0,15	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,978	Высоконадежная
20			67	0,125	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,05	0,024	0,005	0,9952	0,973	Высоконадежная
21		ОАО "ГУК В.Новгород" уз. №4	57	0,1	1975	38	3,3	0,282	2,966	9,03	0,024	0,004	0,9959	0,969	Высоконадежная
Σ	Весь путь		737,7	0,238	1985	28	2,5	-	-	9,05	-	-	-	0969	Высоконадежная

9.3.6 Направление 5 от котельной №57 до ул.Б.-С.Петербургская, 96, к.2

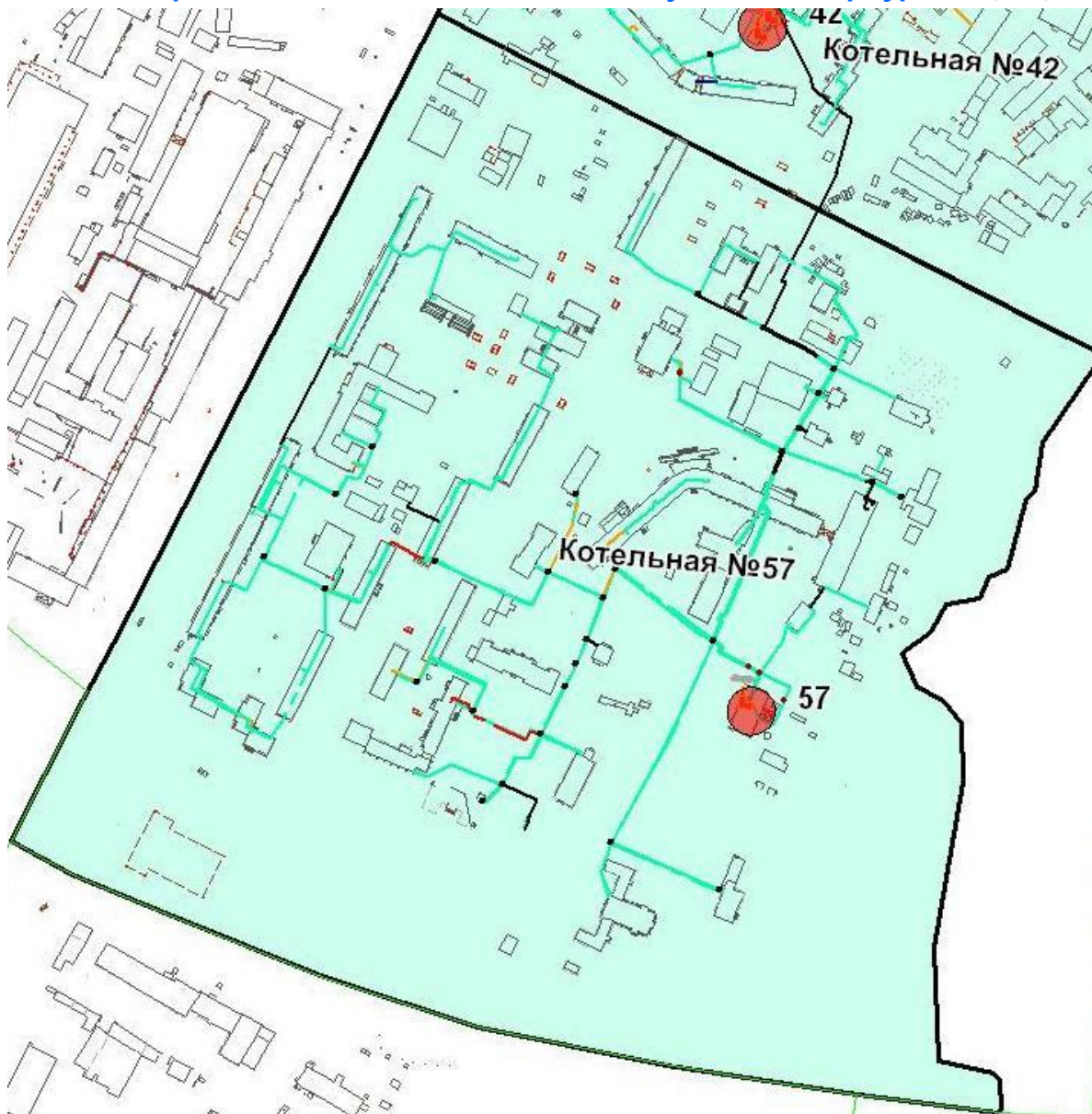


Рисунок 9.3.14 Направление 5 от котельной №57

В таблице 9.3.6 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

9.3.6 Расчет надежности направления 5 от котельной №38

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°С меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°С	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец													
1	Котельная №57		5	0,309	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9996	1,000	Высоконадежная
2			15	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9989	0,999	Высоконадежная
3			17	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9988	0,997	Высоконадежная
4			10	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9993	0,997	Высоконадежная
5		ТК-1	41	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,07	0,024	0,003	0,9971	0,994	Высоконадежная
6	ТК-1		0,5	0,259	1998	15	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,994	Высоконадежная
7			9,5	0,259	1998	15	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,994	Высоконадежная
8		ТК-25	84,6	0,259	1998	15	1,0	0,070	0,070	9,15	0,024	0,000	0,9999	0,994	Высоконадежная
9	ТК-25		0,5	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,994	Высоконадежная
10			26,5	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9981	0,992	Высоконадежная
11		ТК-23А	26,5	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9981	0,990	Высоконадежная
12	ТК-23А	ТК-13	45,5	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,06	0,024	0,003	0,9968	0,987	Высоконадежная
13	ТК-13	ТК-27	111,5	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,15	0,024	0,008	0,9921	0,979	Высоконадежная
14	ТК-27		3	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9998	0,979	Высоконадежная
15			10	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,978	Высоконадежная
16			5	0,207	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,978	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта участка)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
17			25	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9982	0,976	Высоконадежная
18			25	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9982	0,974	Высоконадежная
19			34	0,207	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,05	0,024	0,000	0,9999	0,974	Высоконадежная
20			17	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9988	0,973	Высоконадежная
21		ТК-1А	6	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9996	0,973	Высоконадежная
22	ТК-1А	ТК-28	47,5	0,207	1997	16	1,0	0,070	0,070	9,06	0,024	0,000	0,9999	0,973	Высоконадежная
23	ТК-28		44,5	0,207	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,06	0,024	0,000	0,9999	0,973	Высоконадежная
24			1	0,207	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,973	Высоконадежная
25			2,5	0,207	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,973	Высоконадежная
26			0,5	0,207	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,973	Высоконадежная
27			0,5	0,207	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,973	Высоконадежная
28			0,5	0,125	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,973	Высоконадежная
29			55	0,125	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,04	0,024	0,000	0,9996	0,972	Высоконадежная
30			1	0,125	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,972	Высоконадежная
31			90	0,207	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,12	0,024	0,001	0,9993	0,971	Высоконадежная
32			19,2	0,207	2013	1	0,8	0,000	0,000	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,971	Высоконадежная
33			70,8	0,207	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,10	0,024	0,001	0,9994	0,971	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
34			2	0,125	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,971	Высоконадежная
35			57,5	0,125	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,04	0,024	0,000	0,9996	0,970	Высоконадежная
36			6	0,125	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,970	Высоконадежная
37			32	0,125	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,02	0,024	0,000	0,9998	0,970	Высоконадежная
38			5	0,1	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9996	0,970	Высоконадежная
39			1	0,1	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,970	Высоконадежная
40			37	0,1	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,02	0,024	0,003	0,9974	0,967	Высоконадежная
41			10	0,1	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,966	Высоконадежная
42			1	0,1	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,966	Высоконадежная
43		ОАО "ГУК В.Новгород"	53	0,1	1995	18	1,2	0,282	0,323	9,03	0,024	0,000	0,9996	0,966	Высоконадежная
Σ	Весь путь		1055,6	0,193	1979	34	3,1	-	-	9,04	-	-	-	0,966	Высоконадежная

9.3.7 Направление 6 от котельной №62 до ул.Белова, 16

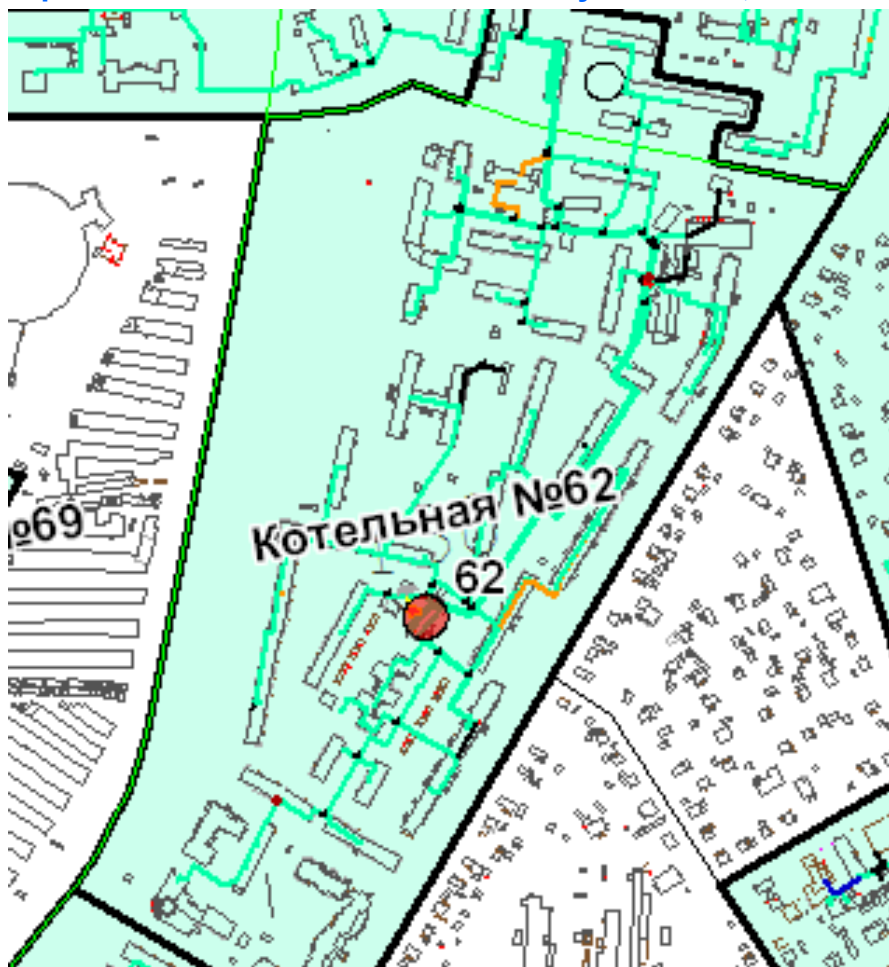


Рисунок 9.3.15 Направление 6 от котельной №62

В таблице 9.3.7 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

9.3.7 Расчет надежности направления 6 от котельной №62

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец													
1	Котельная №62		12	0,309	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9991	0,999	Высоконадежная
2			16	0,414	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,05	0,024	0,001	0,9989	0,998	Высоконадежная
3			176,7	0,259	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,31	0,024	0,000	0,9997	0,998	Высоконадежная
4			138,2	0,259	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,25	0,024	0,000	0,9998	0,997	Высоконадежная
5			10,5	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9993	0,997	Высоконадежная
6			49,5	0,259	2006	7	1,0	0,070	0,070	9,09	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
7			2,5	0,259	2006	7	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,997	Высоконадежная
8		ТК14	27,5	0,259	2006	7	1,0	0,070	0,070	9,05	0,024	0,000	1,0000	0,997	Высоконадежная
9	ТК14		2	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,996	Высоконадежная
10		ЦТП 6201	7	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9995	0,996	Высоконадежная
11	ЦТП 6201		3	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,996	Высоконадежная
12			2	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,996	Высоконадежная
13		ТК1	28	0,259	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,05	0,024	0,000	1,0000	0,996	Высоконадежная
14	ТК1		28,5	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9980	0,994	Высоконадежная
15		ТК10	15	0,259	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,994	Высоконадежная
16	ТК10		39	0,259	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,07	0,024	0,000	1,0000	0,994	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта участка)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
17			0,5	0,259	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,994	Высоконадежная
18		ТК3а	15	0,207	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9989	0,992	Высоконадежная
19	ТК3а	ТК3	57	0,125	1997	16	1,0	0,070	0,070	9,04	0,024	0,000	0,9999	0,992	Высоконадежная
20	ТК3	ТК9	8	0,15	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
21	ТК9		7	0,15	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
22			14	0,15	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
23			2	0,125	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
24			11,2	0,15	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
25			3,2	0,125	2002	11	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
26			28,8	0,125	2002	11	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
27			25	0,125	2004	9	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
28			5,4	0,15	2008	5	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
29		ТК7	21,6	0,125	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
30	ТК7		22,8	0,082	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
31			9	0,069	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,00	0,024	0,001	0,9994	0,992	Высоконадежная
32		ОАО "ГУК В.Новгород"	15	0,082	1972	41	3,9	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9989	0,991	Высоконадежная
Σ	Весь путь		802,9	0,205	1992	24	2,3	-	-	9,05	-	-	-	0,991	Высоконадежная

9.3.8 Направление 7 от котельной №71 до ул.Нехинская, 57

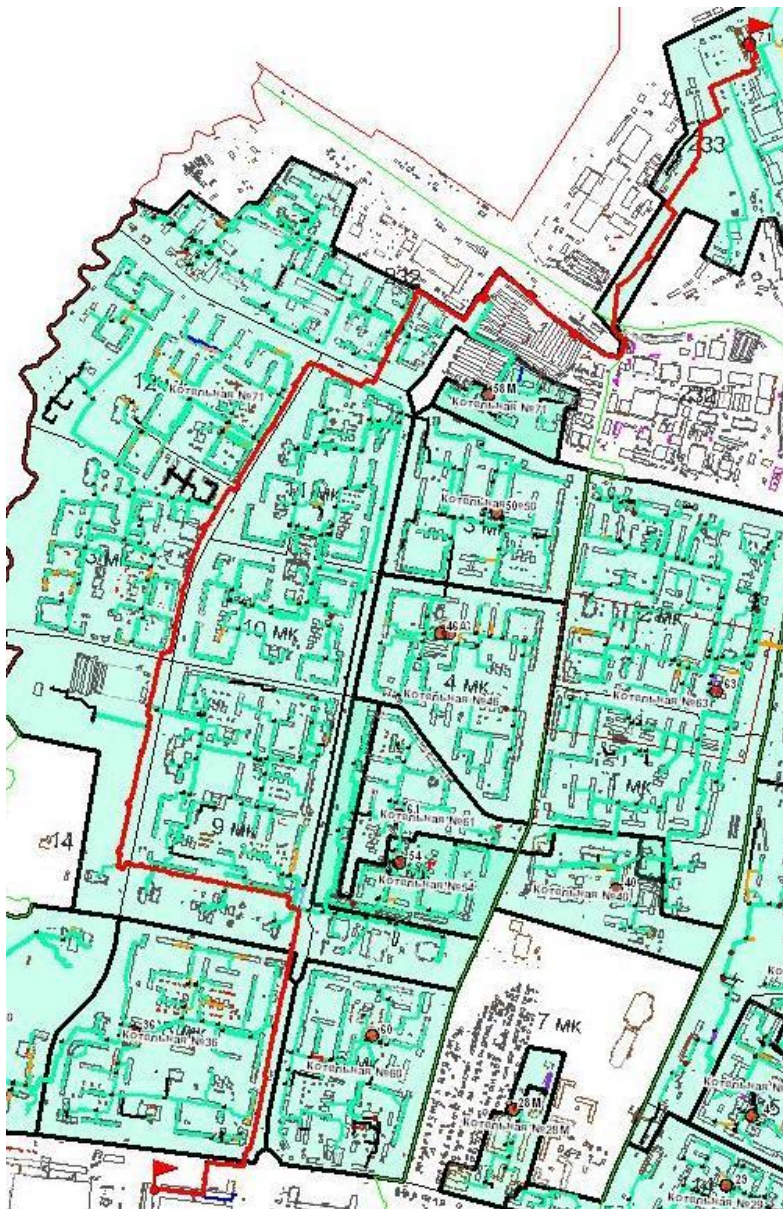


Рисунок 9.3.16 Направление 7 от котельной №71

В таблице 9.3.8 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

9.3.8 Расчет надежности направления 7 от котельной №71

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^{\circ}C$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^{\circ}C$	Вероятность безотказной работы абонента участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №71 Левобережная		25	0,804	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,17	0,024	0,001	0,9991	0,999	Высоконадежная
2			50	0,804	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,35	0,024	0,002	0,9981	0,997	Высоконадежная
3			1968	0,804	1992	21	1,4	0,282	0,388	22,63	0,024	0,018	0,9818	0,979	Высоконадежная
4			443,1	0,804	1994	19	1,3	0,282	0,341	12,07	0,024	0,004	0,9964	0,975	Высоконадежная
5			25	0,804	1994	19	1,3	0,282	0,341	9,17	0,024	0,000	0,9998	0,975	Высоконадежная
6			6	0,804	1994	19	1,3	0,282	0,341	9,04	0,024	0,000	1,0000	0,975	Высоконадежная
7			12	0,804	1994	19	1,3	0,282	0,341	9,08	0,024	0,000	0,9999	0,975	Высоконадежная
8			120	0,804	1994	19	1,3	0,282	0,341	9,83	0,024	0,001	0,9990	0,974	Высоконадежная
9			58	0,804	1994	19	1,3	0,282	0,341	9,40	0,024	0,000	0,9995	0,974	Высоконадежная
10		УТ-4	51	0,804	1994	19	1,3	0,282	0,341	9,35	0,024	0,000	0,9996	0,973	Высоконадежная
11	УТ-4	УТ-3	140,1	0,616	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,70	0,024	0,005	0,9947	0,968	Высоконадежная
12	УТ-3		10,5	0,614	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,05	0,024	0,000	1,0000	0,968	Высоконадежная
13			32,3	0,614	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,16	0,024	0,000	0,9999	0,968	Высоконадежная
14			7,4	0,616	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,04	0,024	0,000	1,0000	0,968	Высоконадежная
15			27,6	0,616	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,14	0,024	0,000	1,0000	0,968	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта участка)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
16		УТ-2	142,6	0,616	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,72	0,024	0,000	0,9998	0,968	Высоконадежная
17	УТ-2		63	0,616	2000	13	1,0	0,070	0,070	9,32	0,024	0,000	0,9999	0,968	Высоконадежная
18			24,6	0,616	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,12	0,024	0,000	1,0000	0,968	Высоконадежная
19		УТ-1	46,9	0,616	2000	13	1,0	0,070	0,070	9,24	0,024	0,000	0,9999	0,968	Высоконадежная
20	УТ-1		253	0,616	2000	13	1,0	0,070	0,070	10,27	0,024	0,000	0,9996	0,967	Высоконадежная
21			20	0,614	2002	11	1,0	0,070	0,070	9,10	0,024	0,000	1,0000	0,967	Высоконадежная
22			31,4	0,616	2000	13	1,0	0,070	0,070	9,16	0,024	0,000	0,9999	0,967	Высоконадежная
23			26	0,616	2000	13	1,0	0,070	0,070	9,13	0,024	0,000	1,0000	0,967	Высоконадежная
24			80	0,614	2000	13	1,0	0,070	0,070	9,40	0,024	0,000	0,9999	0,967	Высоконадежная
25			36	0,614	2000	13	1,0	0,070	0,070	9,18	0,024	0,000	0,9999	0,967	Высоконадежная
26		ТК02	301,3	0,614	2002	11	1,0	0,070	0,070	10,51	0,024	0,001	0,9995	0,966	Высоконадежная
27	ТК02	ТК01	138,2	0,614	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,69	0,024	0,000	0,9998	0,966	Высоконадежная
28	ТК01		125,3	0,614	2011	2	0,8	0,000	0,000	9,63	0,024	0,000	1,0000	0,966	Высоконадежная
29		ТК-06	62,9	0,614	2011	2	0,8	0,000	0,000	9,32	0,024	0,000	1,0000	0,966	Высоконадежная
30	ТК-06		83,7	0,614	2011	2	0,8	0,000	0,000	9,42	0,024	0,000	1,0000	0,966	Высоконадежная
31			5,2	0,614	2011	2	0,8	0,000	0,000	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,966	Высоконадежная
32			357,9	0,614	1981	32	2,5	0,282	1,573	10,79	0,024	0,014	0,9865	0,953	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта участка)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
33			6	0,515	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,02	0,024	0,000	0,9998	0,953	Высоконадежная
34		УТ01	43	0,515	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,17	0,024	0,002	0,9984	0,951	Высоконадежная
35	УТ01	УТ03	86,1	0,515	2002	11	1,0	0,070	0,070	9,35	0,024	0,000	0,9999	0,951	Высоконадежная
36	УТ03	УТ02	257	0,515	2001	12	1,0	0,070	0,070	10,04	0,024	0,000	0,9996	0,951	Высоконадежная
37	УТ02		209	0,515	2002	11	1,0	0,070	0,070	9,85	0,024	0,000	0,9996	0,950	Высоконадежная
38		УТ04	47	0,515	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,19	0,024	0,000	0,9999	0,950	Высоконадежная
39	УТ04		21	0,517	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,09	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
40		ТК06	1	0,517	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
41	ТК06	ТК-5	110	0,414	2007	6	1,0	0,070	0,070	9,34	0,024	0,000	0,9998	0,950	Высоконадежная
42	ТК-5		132	0,414	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,41	0,024	0,000	0,9998	0,950	Высоконадежная
43			22,4	0,414	2011	2	0,8	0,000	0,000	9,07	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
44			52,3	0,414	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,16	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
45			47,1	0,414	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,15	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
46		ТК04	1,5	0,414	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
47	ТК04	ТК03	10	0,414	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
48	ТК03		90,7	0,515	1998	15	1,0	0,070	0,070	9,37	0,024	0,000	0,9998	0,950	Высоконадежная
49			21,6	0,309	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,05	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\sum p_i$	
50			80,2	0,309	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,18	0,024	0,000	0,9999	0,950	Высоконадежная
51			19,5	0,309	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,04	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
52		TK02	44	0,309	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,10	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
53	TK02	TK02A	122,8	0,309	2006	7	1,0	0,070	0,070	9,27	0,024	0,000	0,9998	0,949	Высоконадежная
54	TK02A		11,2	0,309	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,949	Высоконадежная
55			27,1	0,309	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,06	0,024	0,000	1,0000	0,949	Высоконадежная
56			62	0,309	1999	14	1,0	0,070	0,070	9,14	0,024	0,000	0,9999	0,949	Высоконадежная
57		TK01a	46	0,357	1999	14	1,0	0,070	0,070	9,12	0,024	0,000	0,9999	0,949	Высоконадежная
58	TK01a		18,5	0,309	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,04	0,024	0,001	0,9993	0,949	Высоконадежная
59			72	0,309	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,16	0,024	0,003	0,9973	0,946	Высоконадежная
60			1	0,309	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,946	Высоконадежная
61		Здание Тимура, Садко, ООО Конт	177	0,1	1981	32	2,5	0,282	1,573	9,10	0,024	0,007	0,9933	0,940	Высоконадежная
Σ	Весь путь		6613	0,54	1999	14	1,2	-	-	9,57	-	-	-	0,94	Высоконадежная

9.3.9 Направление 8 от котельной №63 до ул.Ломоносова, 5

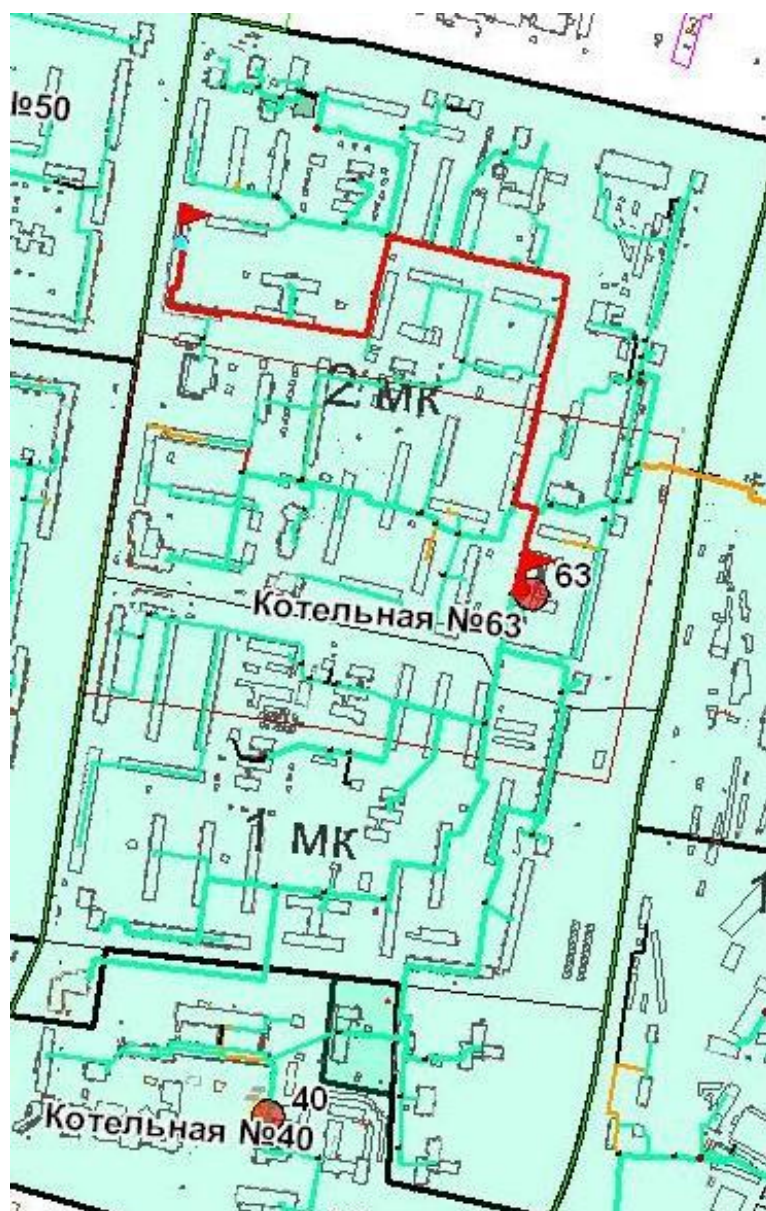


Рисунок 9.3.17 Направление 8 от котельной №63

В таблице 9.3.9 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

9.3.9 Расчет надежности направления 8 от котельной №63

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта участка, $1/(км \cdot год)$	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка от- носительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
1	Котельная №63		15	0,414	1964	49	5,8	0,282	2,966	9,05	0,024	0,001	0,9989	0,999	Высоконадежная
2		ТК 01	2,5	0,414	1964	49	5,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,999	Высоконадежная
3	ТК 01		22	0,414	1996	17	1,0	0,070	0,070	9,07	0,024	0,000	1,0000	0,999	Высоконадежная
4		ТК 02	25	0,414	2001	12	1,0	0,070	0,070	9,08	0,024	0,000	1,0000	0,999	Высоконадежная
5	ТК 02		22	0,414	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,07	0,024	0,000	1,0000	0,999	Высоконадежная
6		ТК 03	32,1	0,414	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,10	0,024	0,000	1,0000	0,999	Высоконадежная
7	ТК 03	ТК 10А	21,3	0,359	2011	2	0,8	0,000	0,000	9,06	0,024	0,000	1,0000	0,999	Высоконадежная
8	ТК 10А	ТК 10	14	0,259	1964	49	5,8	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9990	0,998	Высоконадежная
9	ТК 10	ТК 31А	85	0,259	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,15	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
10	ТК 31А	ТК 31	50,5	0,259	2011	2	0,8	0,000	0,000	9,09	0,024	0,000	1,0000	0,997	Высоконадежная
11	ТК 31	ТК 32	35	0,259	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,06	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
12	ТК 32		86	0,259	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,15	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
13		ТК 41	39,4	0,259	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,07	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
14	ТК 41	УТ-1	22	0,259	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,04	0,024	0,000	1,0000	0,997	Высоконадежная
15	УТ-1	ТК 40	55,5	0,259	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,10	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
16	ТК 40	ТК 39	18	0,259	1990	23	1,6	0,282	0,457	9,03	0,024	0,000	0,9998	0,997	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участ- ка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка от-носительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
17	ТК 39	ТК 38	23	0,259	2007	6	1,0	0,070	0,070	9,04	0,024	0,000	1,0000	0,997	Высоконадежная
18	ТК 38	ТК 37	50	0,259	2007	6	1,0	0,070	0,070	9,09	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
19	ТК 37		60,8	0,15	2005	8	1,0	0,070	0,070	9,06	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
20		ТК 32	10	0,15	2004	9	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,997	Высоконадежная
21	ТК 32	ТК 34	50	0,15	2004	9	1,0	0,070	0,070	9,05	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
22	ТК 34		21,5	0,15	2002	11	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,997	Высоконадежная
23			32,5	0,15	2004	9	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	0,9999	0,996	Высоконадежная
24			40	0,15	1966	47	5,2	0,282	2,966	9,04	0,024	0,003	0,9971	0,994	Высоконадежная
25		ТК-34А	42,5	0,15	1968	45	4,7	0,282	2,966	9,04	0,024	0,003	0,9970	0,991	Высоконадежная
26	ТК-34А		38,2	0,125	2012	1	0,8	0,000	0,000	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,991	Высоконадежная
27			17	0,125	2000	13	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,991	Высоконадежная
28			14	0,125	1968	45	4,7	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9990	0,990	Высоконадежная
29			62,5	0,082	1966	47	5,2	0,282	2,966	9,03	0,024	0,004	0,9955	0,985	Высоконадежная
30			8	0,082	1966	47	5,2	0,282	2,966	9,00	0,024	0,001	0,9994	0,985	Высоконадежная
31		ООО "УК №9" уз №2	48	0,082	1966	47	5,2	0,282	2,966	9,02	0,024	0,003	0,9966	0,981	Высоконадежная
Σ	Весь путь		1063,3	0,238	1993	20	2,2	-	-	9,05	-	-	-	0,981	Высоконадежная

9.3.10 Направление 9 от котельной №34 до ул.Великая, 22

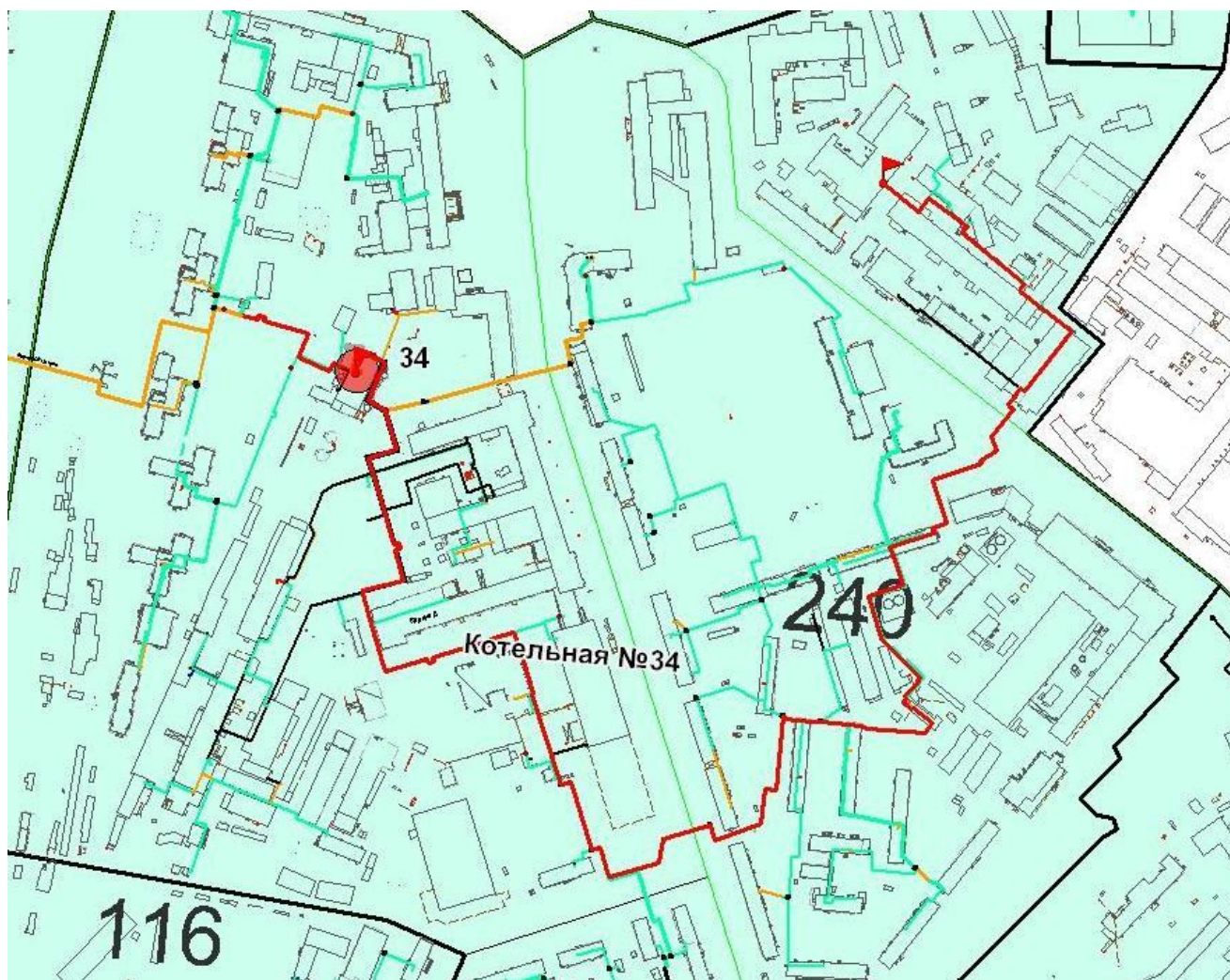


Рисунок 9.3.18 Направление 9 от котельной №34

В таблице 9.3.10 представлен последовательный расчет направления по всем участкам от источника до самого удаленного потребителя.

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

9.3.10 Расчет надежности направления 9 от котельной №34

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №34		5	0,408	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,02	0,024	0,000	0,9996	1,000	Высоконадежная
2			1	0,408	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	1,000	Высоконадежная
3			58	0,357	2009	4	1,0	0,070	0,070	9,15	0,024	0,000	0,9999	0,999	Высоконадежная
4		УТ-1А	68	0,357	2009	4	1,0	0,070	0,070	9,18	0,024	0,000	0,9999	0,999	Высоконадежная
5	УТ-1А		1,5	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,999	Высоконадежная
6			40	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,09	0,024	0,003	0,9971	0,996	Высоконадежная
7			120	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,26	0,024	0,009	0,9915	0,988	Высоконадежная
8			27	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,06	0,024	0,002	0,9981	0,986	Высоконадежная
9			179	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,39	0,024	0,013	0,9873	0,973	Высоконадежная
10			52	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,11	0,024	0,004	0,9963	0,970	Высоконадежная
11			53	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,12	0,024	0,004	0,9962	0,966	Высоконадежная
12		УТ1	24	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9983	0,965	Высоконадежная
13	УТ1	УТ2	68	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,15	0,024	0,005	0,9952	0,960	Высоконадежная
14	УТ2		35	0,309	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,08	0,024	0,002	0,9975	0,957	Высоконадежная
15			1	0,259	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,957	Высоконадежная
16		УТ4	75	0,259	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,13	0,024	0,005	0,9947	0,952	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\prod p_i$	
17	УТ4	УТ6	150	0,259	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,27	0,024	0,000	0,9997	0,952	Высоконадежная
18	УТ6		1	0,259	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,952	Высоконадежная
19			7,5	0,259	2011	2	0,8	0,000	0,000	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,952	Высоконадежная
20			6	0,259	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,952	Высоконадежная
21			6	0,259	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,952	Высоконадежная
22			4	0,259	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,952	Высоконадежная
23			1,7	0,259	2010	3	0,8	0,000	0,000	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,952	Высоконадежная
24		ТК2	25	0,207	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9982	0,950	Высоконадежная
25	ТК2		12	0,207	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9991	0,949	Высоконадежная
26			61,3	0,207	2009	4	1,0	0,070	0,070	9,08	0,024	0,000	0,9999	0,949	Высоконадежная
27			18	0,207	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9987	0,948	Высоконадежная
28			9	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,948	Высоконадежная
29			170	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,13	0,024	0,012	0,9879	0,936	Высоконадежная
30			6	0,1	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9996	0,936	Высоконадежная
31			44	0,125	2003	10	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	0,9999	0,936	Высоконадежная
32			160	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,12	0,024	0,011	0,9886	0,925	Высоконадежная
33			12	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9991	0,924	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км} \cdot \text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км} \cdot \text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\prod p_i$	
34			9	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,924	Высоконадежная
35			6	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9996	0,923	Высоконадежная
36			68	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,05	0,024	0,005	0,9952	0,919	Высоконадежная
37			34	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9976	0,917	Высоконадежная
38			34	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9976	0,914	Высоконадежная
39			9	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,914	Высоконадежная
40			78	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,06	0,024	0,006	0,9944	0,909	Высоконадежная
41			40	0,125	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,03	0,024	0,003	0,9971	0,906	Высоконадежная
42		ООО "Волна Анкор"	55	0,1	1949	64	12,3	0,282	2,966	9,03	0,024	0,004	0,9961	0,903	Высоконадежная
Σ	Весь путь		1934	0,229	1963	50	9,6	-	-	9,07	-	-	-	0,903	Высоконадежная

9.3.11 Выводы по результатам расчета надежности на данный момент (2013г.)

Результаты расчета по всем направлениям представлены ниже (таблица 9.3.11, рисунок 9.3.19). Здесь и далее каждой степени надежности системы теплоснабжения соответствует своя цветовая раскраска, позволяющая максимально быстро определить степень надежности теплоснабжения визуально.

Таблица 9.3.11 Результаты расчета надежности (по степени надежности)

№ расчетного пути	Наименование направления	Средняя вероятность безотказной работы системы P_c	Степень надежности системы теплоснабжения	Длина расчетного пути, м	Средний по расчетному пути год прокладки трубопроводов
1	Направление 1 от котельной №12	97%	Высоконадежная	786,6	1981
2	Направление 2 от котельной №37	95%	Высоконадежная	723,6	1980
3	Направление 3 от котельной №40	97%	Высоконадежная	389,6	1980
4	Направление 4 от котельной №49	97%	Высоконадежная	738	1985
5	Направление 5 от котельной №57	97%	Высоконадежная	1056	1979
6	Направление 6 от котельной №62	99%	Высоконадежная	802,9	1992
7	Направление 7 от котельной №71	94%	Высоконадежная	6613	1999
8	Направление 8 от котельной №63	98%	Высоконадежная	1063,3	1993
9	Направление 9 от котельной №34	90%	Высоконадежная	1834	1963

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

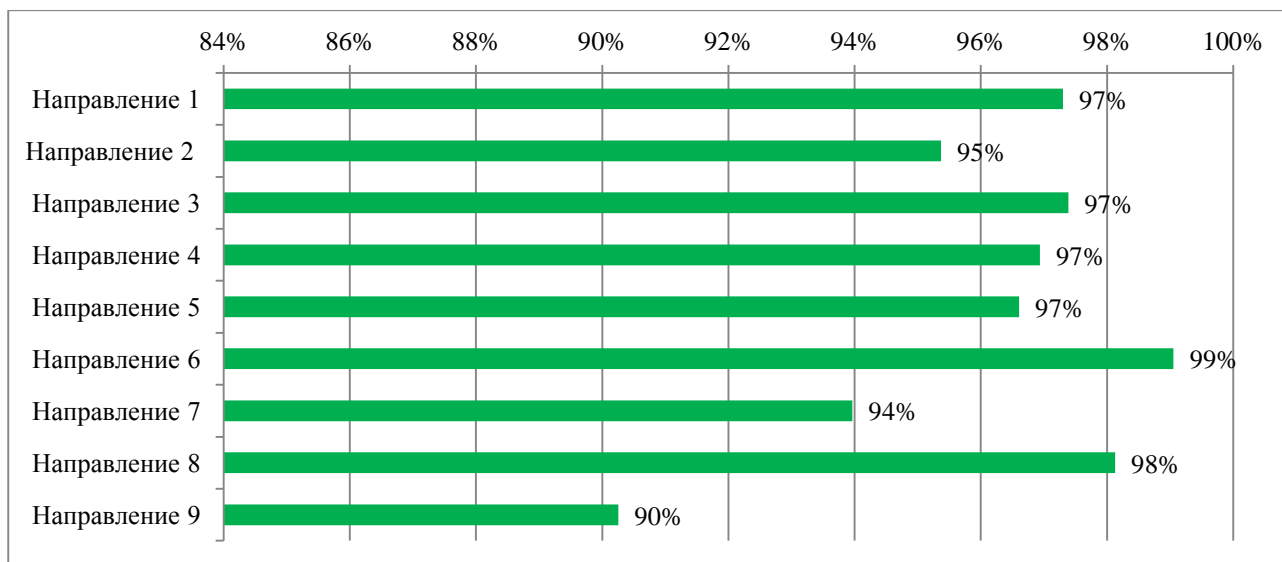


Рисунок 9.3.19 Результаты расчета надежности

На основании полученных данных можно сделать следующий вывод: все расчетные пути имеют высокую степень надежности. Эти результаты можно экстраполировать на оставшуюся часть тепловых сетей.

Такой высокий уровень надежности обусловлен большим количеством источников теплоснабжения с собственными тепловыми сетями. Следствием этого является небольшая протяженность и небольшой диаметр тепловых сетей, что повышает вероятность их безотказной работы. Своевременный ремонт тепловых сетей также уменьшает вероятность отказов.

Ниже представлены графики зависимости средней вероятности безотказной работы системы P_c от протяженности расчетного пути, а так же от среднего по расчетному пути года прокладки трубопроводов.

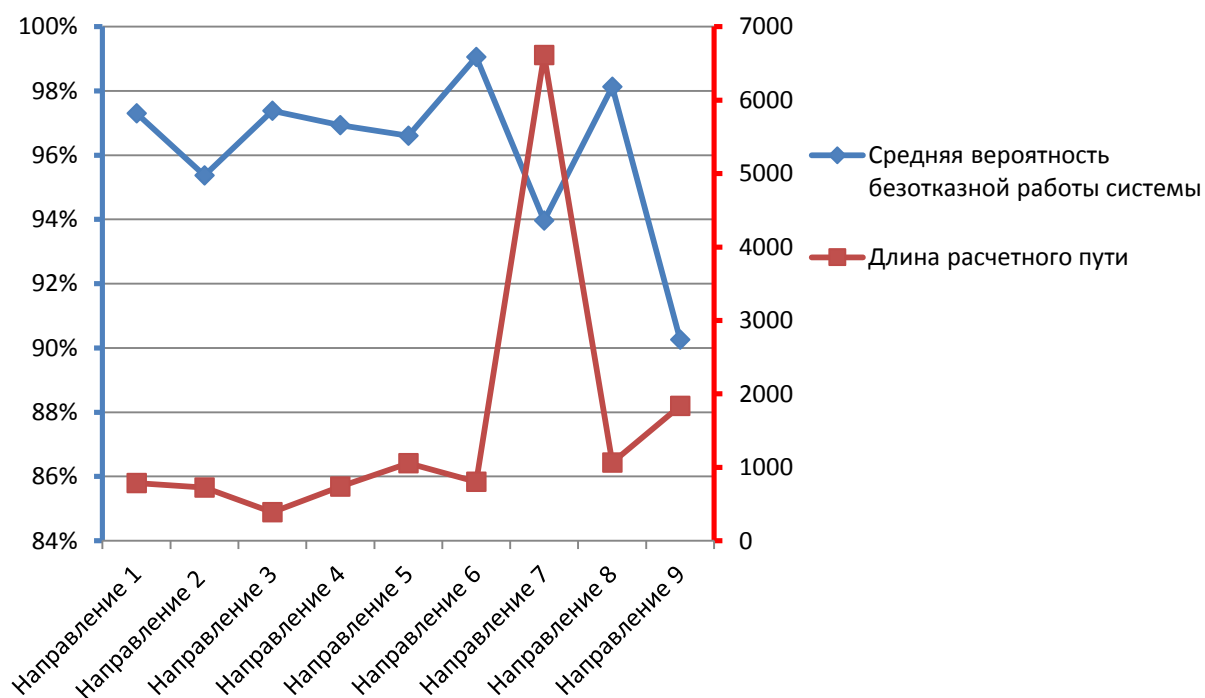


Рисунок 9.3.20 Зависимость средней вероятности безотказной работы системы P_c от протяженности расчетного пути

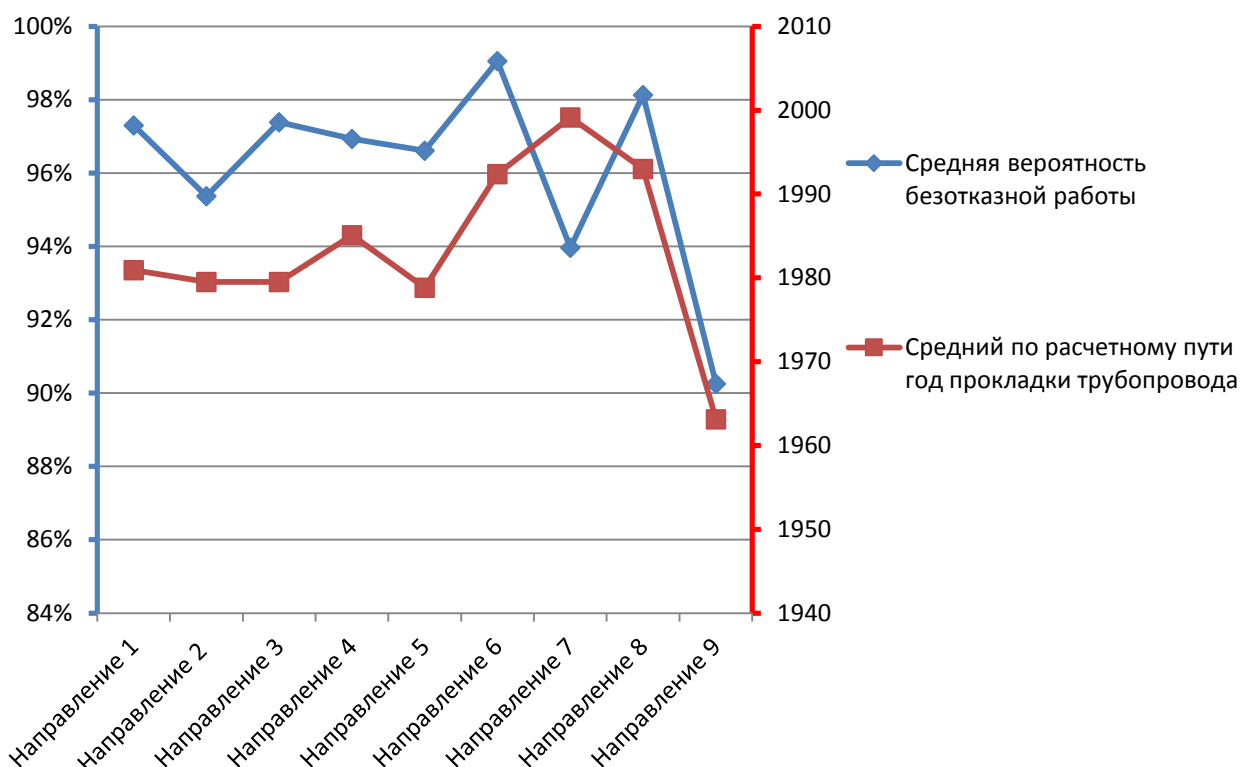


Рисунок 9.3.21 Зависимость средней вероятности безотказной работы системы P_c от среднего по расчетному пути года прокладки трубопроводов.

9.3.12 Оценка недоотпуска тепла потребителям

Оценка недоотпуска тепловой энергии потребителям вычисляется по формуле:

$$\Delta Q_n = \bar{Q}_{пр} \times T_{оп} \times q_{тп}, \text{ Гкал} \quad (9.10)$$

где $\bar{Q}_{пр}$ - среднегодовая тепловая мощность теплопотребляющих установок потребителя (либо, по другому, тепловая нагрузка потребителя), Гкал/ч;

$T_{оп}$ - продолжительность отопительного периода, час;

$q_{тп}$ - вероятность отказа теплопровода.

В качестве примера проведем расчет недоотпуска для конечного потребителя по направлению 1 от ООО "Посадник ВН" до потребителя по ул. Б.С.-Петербургская, 5/1.

Согласно расчету надежности (таблица 9.4.1) вероятность безотказной работы тепловой сети до потребителя $P_c = 0,97303$.

Вероятность отказа тепловой сети $q_c = 1 - P_c = 1 - 0,97303 = 0,02697$

Тепловая нагрузка потребителя $\bar{Q}_{пр} = 0,283577$ Гкал/час

Продолжительность отопительного периода $T_{оп} = 5304$ ч

Таким образом, согласно формуле 9.10, величина недоотпуска тепловой энергии потребителю составит

$$Q_n = 0,283577 \cdot 5304 \cdot 0,02697 = 40,57 \text{ Гкал}$$

Для всех конечных потребителей по остальным направлениям расчет проводится аналогичным образом. Результаты расчета сведены в таблицу 9.3.12.

Таблица 9.3.12 Оценка недоотпуска тепла потребителям по рассмотренным направлениям

№ п/п	Наименование направления	Наименование потребителя	Тепловая нагрузка потребителя $\bar{Q}_{пр}$, Гкал/час	Вероятность безотказной работы P_c	Вероятность отказа q_c	Величина недоотпуска тепла Q_n , Гкал
1	Направление 1	ул.Б.С.-Петербургская, 5/1 ООО "Посадник ВН"	0,283577	0,97303	0,02697	40,559
2	Направление 2	ул.Береговая, 48 к.4 Детский дом (хоз.блок)	0,071914	0,95368	0,04632	17,668
3	Направление 3	ул.Ломоносова, 25 "ЦентрГорб-ца"(поликлиника)	0,13884583	0,97386	0,02614	19,251
4	Направление 4	ул.Державина, 8 к.1 ОАО ГУК "В.Новгород" уз.№ 4	0,3176765	0,96937	0,03063	51,608
5	Направление 5	ул.Б.С.-Петербургская, 96, к.2 ОАО "ГУК В.Новгород"	0,266613	0,96607	0,03393	47,982
6	Направление 6	ул.Белова, 16 ОАО "ГУК В.Новгород"	0,16308	0,99053	0,00947	8,195
7	Направление 7	ул.Нехинская, 57 Здание Тимура, Садко, ООО Конт	0,04808	0,93965	0,06035	15,390
8	Направление 8	ул.Ломоносова, 5 ООО "УК №9" уз. №2	0,319587	0,98128	0,01872	31,739
9	Направление 9	ул.Великая, 22 ООО "ВолнаАнкор"	0,20391	0,90253	0,09747	105,415

9.4 Расчет надежности теплоснабжения на перспективный период до 2030 г.

По аналогии с расчетом показателей надежности теплоснабжения на данный момент (2013г.), произведем расчет надежности теплоснабжения на перспективный период (2027г.). Отличие расчета состоит в том, что срок эксплуатации теплопроводов возрастет на 15 лет, что соответственно скажется на показателях надежности.

Порядок и результат расчета надежности систем теплоснабжения к 2028г. всех 14-ти расчетных путей представлены в Приложении.

На основе полученных результатов при отсутствии своевременных работ по перекладке изношенных участков теплосетей можно сделать следующие выводы об изменении надежности системы теплоснабжения в 2030г. по сравнению 2014г.:

- степень надежности направлений 7 и 9 понизилась до надежной.
- вероятность безотказной работы тепловой сети уменьшилась незначительно. Сравнение показателей текущей и перспективной надежности представлено в таблице 9.4.1.

Небольшое изменение показателей надежности теплоснабжения обусловлено особенностями расчета. Поскольку при сроке эксплуатации от 35 лет частота отказов участков принимается постоянной, то дальнейшее увеличение срока эксплуатации не снижает вероятность безотказной работы конкретного участка тепловой сети.

Результаты оценки величины недоотпуска тепла на перспективный период и сравнение с текущими показателями представлены в таблице 9.4.2.

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица 9.4.1 Результаты расчета надежности (сравнение перспективного положения 2030 г. с 2013 г.)

№ расчетного пути	Наименование направления	2013		2030		Изменение показателей надежности в 2030 г. по сравнению с 2013 г.
		Средняя вероятность безотказной работы системы P_c	Степень надежности системы теплоснабжения	Средняя вероятность безотказной работы системы P_c	Степень надежности системы теплоснабжения	
1	Направление №1	97%	Высоконадежная	97%	Высоконадежная	<1%
2	Направление №2	95%	Высоконадежная	95%	Высоконадежная	<1%
3	Направление №3	97%	Высоконадежная	97%	Высоконадежная	<1%
4	Направление №4	97%	Высоконадежная	97%	Высоконадежная	<1%
5	Направление №5	97%	Высоконадежная	95%	Высоконадежная	2%
6	Направление №6	99%	Высоконадежная	98%	Высоконадежная	1%
7	Направление №7	94%	Высоконадежная	76%	Надежная	18%
8	Направление №8	98%	Высоконадежная	97%	Высоконадежная	1%
9	Направление №9	90%	Высоконадежная	90%	Надежная	<1%

Таблица 9.4.2 Результаты оценки недоотпуска тепла (сравнение перспективного положения 2030 г. с 2013 г.)

№ п/п	Наименование направления	Наименование потребителя	Тепловая нагрузка потребителя $\bar{Q}_{пр}$, Гкал/час	Вероятность безотказной работы P_c	Вероятность отказа q_c	Величина недоотпуска тепла Q_n , Гкал	Величина недоотпуска в 2013 г, Гкал	Перспективное увеличение недоотпуска тепла, Гкал
1	Направление 1	ул.Б.С.-Петербургская, 5/1 ООО "Посадник ВН"	0,283577	0,9672	0,03280	49,337	40,559	8,778
2	Направление 2	ул.Береговая, 48 к.4 Детский дом (хоз.блок)	0,071914	0,95329	0,04671	17,817	17,668	0,149
3	Направление 3	ул.Ломоносова, 25 "Центр. Горбольница"(поликлиника)	0,13884583	0,97370	0,02630	19,366	19,251	0,115
4	Направление 4	ул.Державина, 8 к.1 ОАО ГУК	0,3176765	0,96567	0,03433	57,843	51,608	6,235

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ п/п	Наименование направления	Наименование потребителя	Тепловая нагруз- ка потребителя $\bar{Q}_{пр}$, Гкал/час	Вероятность безотказной работы P_c	Вероятность отказа q_c	Величина недо- отпуска тепла Q_n , Гкал	Величина недо- отпуска в 2013 г, Гкал	Перспективное уве- личение недоотпус- ка тепла, Гкал
		"В.Новгород" уз.№ 4						
5	Направление 5	ул.Б.С- Петербургская, 96, к.2 ОАО "ГУК В.Новгород"	0,266613	0,94986	0,05014	70,899	47,982	22,917
6	Направление 6	ул.Белова, 16 ОАО "ГУК В.Новгород"	0,16308	0,98426	0,01574	13,615	8,195	5,42
7	Направление 7	ул.Нехинская, 57 Здание Тимура, Садко, ООО Конт	0,04808	0,75988	0,24012	61,234	15,390	45,844
8	Направление 8	ул.Ломоносова, 5 ООО "УК №9" уз. №2	0,319587	0,319587	0,02661	45,112	31,739	13,373
9	Направление 9	ул.Великая, 22 ООО "ВолнаАнкор"	0,20391	0,20391	0,10036	108,540	105,415	3,125

9.5 Оценка денежных затрат на перекладку изношенных теплотопроводов для обеспечения нормативной надежности теплоснабжения

Для расчета надежности систем теплоснабжения г.Великого Новгорода была сделана репрезентативная выборка направлений теплоснабжения до самых удаленных потребителей длиной от 397,1 м до 6613,1 м от 9ти котельных мощностью $4.5 \div 198,17$ Гкал/ч. По результатам расчета на состояние 2013г. все рассчитанные направления имеют высокую степень надежности, однако средний срок эксплуатации трубопроводов составляет от 14ти до 50ти лет. В перспективе к 2030 г. срок эксплуатации трубопроводов увеличится еще на 14 лет. Высокий срок эксплуатации отрицательно сказывается на надежности работы тепловой сети.

В таблице 9.5.1 представлены показатели надежности по выбранным расчетным путям после осуществления перекладок трубопроводов в период 2014-2030 гг.

На перекладку трубопроводов за период 2013-2030 гг. МУП "Теплоэнерго" планирует выделять 242,5 млн. рублей ежегодно.

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица 9.5.1 Показатели надежности после осуществления перекладок трубопроводов (сравнение с показателями к 2030г.).

№ п/п	Наименование направления	2030 (расчет)			2030 (после перекладки)			Изменение показателя надежности
		Средняя вероятность безотказной работы системы Рс	Степень надежности системы теплоснабжения	Величина недоотпуска теплоты, Гкал	Средняя вероятность безотказной работы системы Рс	Степень надежности системы теплоснабжения	Величина недоотпуска теплоты, Гкал	
1	Направление №1	97%	Высоконадежная	40,559	100%	Высоконадежная	1,991	3%
2	Направление №2	95%	Высоконадежная	17,668	100%	Высоконадежная	0,464	5%
3	Направление №3	97%	Высоконадежная	19,251	100%	Высоконадежная	0,483	3%
4	Направление №4	97%	Высоконадежная	51,608	100%	Высоконадежная	2,092	3%
5	Направление №5	95%	Высоконадежная	47,982	100%	Высоконадежная	2,511	5%
6	Направление №6	98%	Высоконадежная	8,195	100%	Высоконадежная	1,169	2%
7	Направление №7	76%	Надежная	15,390	100%	Высоконадежная	2,824	24%
8	Направление №8	97%	Высоконадежная	31,739	99%	Высоконадежная	3,032	2%
9	Направление №9	90%	Надежная	105,415	100%	Высоконадежная	3,335	10%

9.6 Перспективные показатели надежности

Перспективные показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии, приведенной продолжительностью прекращений в подаче тепловой энергии, приведенным объемом недоотпуска тепла, средневзвешенной величиной отклонений температуры теплоносителя систем теплоснабжения г.Великий Новгород при своевременном выполнении работ по замене изношенных участков, диагностике и ремонту основного и вспомогательного оборудования будут улучшаться относительно существующего в целом высоконадежного положения, а именно:

- средневзвешенная частота отказов снизится с 0,12 до 0,07 1/(км·год);
- поток отказов участков тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещений +12С° уменьшится с 0,00102 до 0,00018;
- средняя вероятность безотказной работы увеличится с 0,961 до 0,997, что позволит в перспективе системы теплоснабжения квалифицировать как сверхнадежные.

В главе 6 разработаны предложения, обеспечивающие повышение надежности теплоснабжения, касающиеся источников тепловой энергии, тепловых сетей, а также узловых элементов.

Приложение "Расчет надежности на перспективный период (к главе 9)"

Таблица П.1 Направление №1 от котельной №12

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка от носителя абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №12		42	0,309	1952	75	21,3	0,282	2,966	9,09	0,024	0,003	0,9970	0,997	Высоконадежная
2			27	0,207	1952	75	21,3	0,282	2,966	9,04	0,024	0,002	0,9981	0,995	Высоконадежная
3			19	0,259	1952	75	21,3	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9986	0,994	Высоконадежная
4		TK1A	21	0,207	1994	33	2,6	0,282	1,915	9,03	0,024	0,001	0,9990	0,993	Высоконадежная
5	TK1A		40	0,207	1953	74	20,2	0,282	2,966	9,05	0,024	0,003	0,9971	0,990	Высоконадежная
6			24	0,207	2007	20	1,4	0,282	0,362	9,03	0,024	0,000	0,9998	0,990	Высоконадежная
7			13	0,207	1956	71	17,4	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9991	0,989	Высоконадежная
8			4	0,207	1956	71	17,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9997	0,989	Высоконадежная
9			30	0,207	1956	71	17,4	0,282	2,966	9,04	0,024	0,002	0,9979	0,986	Высоконадежная
10			30	0,207	1997	30	2,2	0,282	1,104	9,04	0,024	0,001	0,9992	0,986	Высоконадежная
11			1	0,207	2006	21	1,4	0,282	0,388	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,986	Высоконадежная
12			105,9	0,207	2006	21	1,4	0,282	0,388	9,14	0,024	0,001	0,9990	0,985	Высоконадежная
13			43	0,207	1956	71	17,4	0,282	2,966	9,06	0,024	0,003	0,9969	0,982	Высоконадежная
14			16,5	0,207	2002	25	1,7	0,282	0,559	9,02	0,024	0,000	0,9998	0,981	Высоконадежная
15			8	0,207	1956	71	17,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,981	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участ- ка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка от- носительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\sum p_i$	
16			69	0,207	1956	71	17,4	0,282	2,966	9,09	0,024	0,005	0,9951	0,976	Высоконадежная
17			0,5	0,207	1956	71	17,4	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,976	Высоконадежная
18			1	0,15	2008	19	1,3	0,282	0,341	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,976	Высоконадежная
19			25	0,15	2008	19	1,3	0,282	0,341	9,02	0,024	0,000	0,9998	0,976	Высоконадежная
20			1	0,15	2008	19	1,3	0,282	0,341	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,976	Высоконадежная
21			1	0,125	1955	72	18,3	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,976	Высоконадежная
22			57,7	0,125	1978	49	5,8	0,282	2,966	9,04	0,024	0,004	0,9959	0,972	Высоконадежная
23			2	0,125	1978	49	5,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,972	Высоконадежная
24			15	0,125	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,971	Высоконадежная
25			35	0,125	2002	25	1,7	0,282	0,559	9,03	0,024	0,000	0,9995	0,971	Высоконадежная
26		TK07	65	0,125	1997	30	2,2	0,282	1,104	9,05	0,024	0,002	0,9983	0,969	Высоконадежная
27	TK07	TK08	17	0,1	2004	23	1,6	0,282	0,457	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,969	Высоконадежная
28	TK08		42	0,082	2004	23	1,6	0,282	0,457	9,02	0,024	0,000	0,9995	0,969	Высоконадежная
29			15	0,082	1998	29	2,1	0,282	0,942	9,01	0,024	0,000	0,9997	0,968	Высоконадежная
30			1	0,082	1998	29	2,1	0,282	0,942	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,968	Высоконадежная
31		ООО "Посадник ВН"	15	0,082	1957	70	16,6	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9989	0,967	Высоконадежная
Σ	Весь путь		786,6	0,171	1981	46	9,0	-	-	9,03	-	-	-	0,967	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица П.2 Направление №2 от котельной №37

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №37		10	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,999	Высоконадежная
2		ТК-1	14	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9990	0,998	Высоконадежная
3	ТК-1		0,1	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,998	Высоконадежная
4			37,4	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,05	0,024	0,003	0,9973	0,996	Высоконадежная
5			24,4	0,207	2008	19	1,3	0,282	0,341	9,03	0,024	0,000	0,9998	0,995	Высоконадежная
6			5	0,207	2008	19	1,3	0,282	0,341	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,995	Высоконадежная
7		ТК-6	19,1	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9986	0,994	Высоконадежная
8	ТК-6		8	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,993	Высоконадежная
9			5	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9996	0,993	Высоконадежная
10			0,1	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,993	Высоконадежная
11			77,9	0,207	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,11	0,024	0,006	0,9945	0,988	Высоконадежная
12		ТК-7	79	0,259	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,14	0,024	0,006	0,9944	0,982	Высоконадежная
13	ТК-7		90,5	0,15	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,08	0,024	0,006	0,9936	0,976	Высоконадежная
14		ТК-8	31,3	0,15	2007	20	1,4	0,282	0,362	9,03	0,024	0,000	0,9997	0,975	Высоконадежная
15	ТК-8		0,1	0,15	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,975	Высоконадежная
16			25,6	0,15	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,02	0,024	0,002	0,9982	0,974	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
17			44,9	0,15	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,04	0,024	0,003	0,9968	0,971	Высоконадежная
18			8,5	0,15	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,970	Высоконадежная
19			43	0,1	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,02	0,024	0,003	0,9969	0,967	Высоконадежная
20			75	0,1	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,04	0,024	0,005	0,9947	0,962	Высоконадежная
21			8	0,1	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,00	0,024	0,001	0,9994	0,961	Высоконадежная
22			0,3	0,1	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,961	Высоконадежная
23			10	0,1	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,961	Высоконадежная
24			0,1	0,05	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,961	Высоконадежная
25			51,4	0,05	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,004	0,9963	0,957	Высоконадежная
26			47,5	0,05	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,01	0,024	0,003	0,9966	0,954	Высоконадежная
27		Детский дом (хоз/блок)	7,4	0,05	1976	51	6,4	0,282	2,966	9,00	0,024	0,001	0,9995	0,953	Высоконадежная
Σ	Весь путь		723,6	0,15	1980	47	5,8	-	-	9,03	-	-	-	0,953	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица П.3 Направление 3 от котельной №40

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка от- носительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №40		35	0,207	1978	49	5,8	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9975	0,998	Высоконадежная
2			7	0,207	1978	49	5,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9995	0,997	Высоконадежная
3			68	0,207	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,09	0,024	0,005	0,9952	0,992	Высоконадежная
4			50	0,15	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,05	0,024	0,004	0,9964	0,989	Высоконадежная
5			7	0,15	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9995	0,988	Высоконадежная
6			81	0,15	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,07	0,024	0,006	0,9942	0,982	Высоконадежная
7			36	0,125	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,03	0,024	0,003	0,9974	0,980	Высоконадежная
8			21,5	0,125	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,02	0,024	0,002	0,9985	0,978	Высоконадежная
9			0,1	0,125	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,978	Высоконадежная
10			54	0,125	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,04	0,024	0,004	0,9962	0,975	Высоконадежная
11			19	0,125	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,974	Высоконадежная
12		"ЦентрГорб-ца"	11	0,125	1977	50	6,1	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9992	0,974	Высоконадежная
Σ	Весь путь		389,6	0,15	1980	34	2,8	-	-	9,03	-	-	-	0,974	Высоконадежная

Таблица П.4 Направление 4 от котельной №49

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км} \cdot \text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км} \cdot \text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №49		20	0,309	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,04	0,024	0,001	0,9986	0,999	Высоконадежная
2			7	0,309	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,02	0,024	0,000	0,9995	0,998	Высоконадежная
3		ТК01	18,7	0,25	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,998	Высоконадежная
4	ТК01		4	0,25	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,998	Высоконадежная
5		ТК06	129	0,207	1999	28	2,0	0,282	0,813	9,18	0,024	0,003	0,9975	0,996	Высоконадежная
6	ТК06		17	0,309	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,04	0,024	0,001	0,9988	0,994	Высоконадежная
7			20	0,309	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,04	0,024	0,001	0,9986	0,993	Высоконадежная
8			52	0,309	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,11	0,024	0,004	0,9963	0,989	Высоконадежная
9			46	0,309	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,10	0,024	0,003	0,9967	0,986	Высоконадежная
10			46	0,309	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,10	0,024	0,003	0,9967	0,983	Высоконадежная
11			11	0,259	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9992	0,982	Высоконадежная
12			5	0,259	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9996	0,982	Высоконадежная
13			5	0,259	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,01	0,024	0,000	0,9999	0,982	Высоконадежная
14			8	0,259	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,01	0,024	0,000	0,9999	0,981	Высоконадежная
15			15	0,15	2004	23	1,6	0,282	0,457	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,981	Высоконадежная
16			129	0,15	2004	23	1,6	0,282	0,457	9,12	0,024	0,001	0,9986	0,980	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\prod p_i$	
17			46	0,207	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,06	0,024	0,003	0,9967	0,977	Высоконадежная
18			25	0,207	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9982	0,975	Высоконадежная
19			10	0,15	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,974	Высоконадежная
20			67	0,125	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,05	0,024	0,005	0,9952	0,970	Высоконадежная
21		ОАО "ГУК В.Новгород" уз. №4	57	0,1	1975	52	6,7	0,282	2,966	9,03	0,024	0,004	0,9959	0,966	Высоконадежная
Σ	Весь путь		737,7	0,238	1985	28	2,5	-	-	9,05	-	-	-	0,966	Высоконадежная

Таблица П.5 Направление 5 от котельной №57

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №57		5	0,309	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9996	1,000	Высоконадежная
2			15	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9989	0,999	Высоконадежная
3			17	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9988	0,997	Высоконадежная
4			10	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9993	0,997	Высоконадежная
5		ТК-1	41	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,07	0,024	0,003	0,9971	0,994	Высоконадежная
6	ТК-1		0,5	0,259	1998	29	2,1	0,282	0,942	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,994	Высоконадежная
7			9,5	0,259	1998	29	2,1	0,282	0,942	9,02	0,024	0,000	0,9998	0,994	Высоконадежная
8		ТК-25	84,6	0,259	1998	29	2,1	0,282	0,942	9,15	0,024	0,002	0,9981	0,992	Высоконадежная
9	ТК-25		0,5	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
10			26,5	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9981	0,990	Высоконадежная
11		ТК-23А	26,5	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9981	0,988	Высоконадежная
12	ТК-23А	ТК-13	45,5	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,06	0,024	0,003	0,9968	0,985	Высоконадежная
13	ТК-13	ТК-27	111,5	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,15	0,024	0,008	0,9921	0,977	Высоконадежная
14	ТК-27		3	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9998	0,977	Высоконадежная
15			10	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,976	Высоконадежная
16			5	0,207	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,976	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км}\cdot\text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
17			25	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9982	0,974	Высоконадежная
18			25	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9982	0,972	Высоконадежная
19			34	0,207	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,05	0,024	0,001	0,9989	0,971	Высоконадежная
20			17	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9988	0,970	Высоконадежная
21		ТК-1А	6	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9996	0,970	Высоконадежная
22	ТК-1А	ТК-28	47,5	0,207	1997	30	2,2	0,282	1,104	9,06	0,024	0,001	0,9987	0,968	Высоконадежная
23	ТК-28		44,5	0,207	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,06	0,024	0,001	0,9986	0,967	Высоконадежная
24			1	0,207	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,967	Высоконадежная
25			2,5	0,207	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,967	Высоконадежная
26			0,5	0,207	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,967	Высоконадежная
27			0,5	0,207	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,967	Высоконадежная
28			0,5	0,125	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,967	Высоконадежная
29			55	0,125	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,04	0,024	0,002	0,9979	0,965	Высоконадежная
30			1	0,125	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,965	Высоконадежная
31			90	0,207	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,12	0,024	0,003	0,9966	0,962	Высоконадежная
32			19,2	0,207	2013	14	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,962	Высоконадежная
33			70,8	0,207	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,10	0,024	0,003	0,9973	0,959	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта участка)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
34			2	0,125	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,959	Высоконадежная
35			57,5	0,125	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,04	0,024	0,002	0,9978	0,957	Высоконадежная
36			6	0,125	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,00	0,024	0,000	0,9998	0,957	Высоконадежная
37			32	0,125	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,02	0,024	0,001	0,9988	0,955	Высоконадежная
38			5	0,1	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9996	0,955	Высоконадежная
39			1	0,1	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,955	Высоконадежная
40			37	0,1	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,02	0,024	0,003	0,9974	0,952	Высоконадежная
41			10	0,1	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9993	0,952	Высоконадежная
42			1	0,1	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,952	Высоконадежная
43		ОАО "ГУК В.Новгород"	53	0,1	1995	32	2,5	0,282	1,573	9,03	0,024	0,002	0,9980	0,950	Высоконадежная
Σ	Весь путь		1055,6	0,193	1979	48	6,3	-	-	9,04	-	-	-	0,950	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица П.6 Направление 6 от котельной №62

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №62		12	0,309	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9991	0,999	Высоконадежная
2			16	0,414	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,05	0,024	0,001	0,9989	0,998	Высоконадежная
3			176,7	0,259	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,31	0,024	0,002	0,9982	0,996	Высоконадежная
4			138,2	0,259	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,25	0,024	0,001	0,9986	0,995	Высоконадежная
5			10,5	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9993	0,994	Высоконадежная
6			49,5	0,259	2006	21	1,4	0,282	0,388	9,09	0,024	0,000	0,9995	0,994	Высоконадежная
7			2,5	0,259	2006	21	1,4	0,282	0,388	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,994	Высоконадежная
8		ТК14	27,5	0,259	2006	21	1,4	0,282	0,388	9,05	0,024	0,000	0,9997	0,993	Высоконадежная
9	ТК14		2	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,993	Высоконадежная
10		ЦТП 6201	7	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9995	0,993	Высоконадежная
11	ЦТП 6201		3	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,993	Высоконадежная
12			2	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,992	Высоконадежная
13		ТК1	28	0,259	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,05	0,024	0,000	1,0000	0,992	Высоконадежная
14	ТК1		28,5	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9980	0,990	Высоконадежная
15		ТК10	15	0,259	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,990	Высоконадежная
16	ТК10		39	0,259	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,07	0,024	0,000	0,9999	0,990	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта участка)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
17			0,5	0,259	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,990	Высоконадежная
18		ТК3а	15	0,207	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9989	0,989	Высоконадежная
19	ТК3а	ТК3	57	0,125	1997	30	2,2	0,282	1,104	9,04	0,024	0,002	0,9985	0,988	Высоконадежная
20	ТК3	ТК9	8	0,15	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,01	0,024	0,000	0,9999	0,987	Высоконадежная
21	ТК9		7	0,15	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,987	Высоконадежная
22			14	0,15	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,01	0,024	0,000	0,9996	0,987	Высоконадежная
23			2	0,125	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,987	Высоконадежная
24			11,2	0,15	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,987	Высоконадежная
25			3,2	0,125	2002	25	1,7	0,282	0,559	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,987	Высоконадежная
26			28,8	0,125	2002	25	1,7	0,282	0,559	9,02	0,024	0,000	0,9996	0,986	Высоконадежная
27			25	0,125	2004	23	1,6	0,282	0,457	9,02	0,024	0,000	0,9997	0,986	Высоконадежная
28			5,4	0,15	2008	19	1,3	0,282	0,341	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,986	Высоконадежная
29		ТК7	21,6	0,125	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,986	Высоконадежная
30	ТК7		22,8	0,082	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,986	Высоконадежная
31			9	0,069	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,00	0,024	0,001	0,9994	0,985	Высоконадежная
32		ОАО "ГУК В.Новгород"	15	0,082	1972	55	7,8	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9989	0,984	Высоконадежная
Σ	Весь путь		802,9	0,205	1992	24	2,3	-	-	9,05	-	-	-	0,984	Высоконадежная

Таблица П.7 Направление 7 от котельной №71

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м		Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^{\circ}C$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^{\circ}C$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №71 Левобережная		25	0,804	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,17	0,024	0,002	0,9982	0,998	Высоконадежная
2			50	0,804	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,35	0,024	0,004	0,9964	0,995	Высоконадежная
3			1968	0,804	1992	35	2,9	0,282	2,966	22,63	0,024	0,140	0,8689	0,864	Надежная
4			443,1	0,804	1994	33	2,6	0,282	1,915	12,07	0,024	0,020	0,9798	0,847	Надежная
5			25	0,804	1994	33	2,6	0,282	1,915	9,17	0,024	0,001	0,9988	0,846	Надежная
6			6	0,804	1994	33	2,6	0,282	1,915	9,04	0,024	0,000	0,9997	0,846	Надежная
7			12	0,804	1994	33	2,6	0,282	1,915	9,08	0,024	0,001	0,9994	0,845	Надежная
8			120	0,804	1994	33	2,6	0,282	1,915	9,83	0,024	0,006	0,9945	0,840	Надежная
9			58	0,804	1994	33	2,6	0,282	1,915	9,40	0,024	0,003	0,9973	0,838	Надежная
10		УТ-4	51	0,804	1994	33	2,6	0,282	1,915	9,35	0,024	0,002	0,9977	0,836	Надежная
11	УТ-4	УТ-3	140,1	0,616	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,70	0,024	0,010	0,9900	0,828	Надежная
12	УТ-3		10,5	0,614	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,05	0,024	0,000	0,9999	0,828	Надежная
13			32,3	0,614	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,16	0,024	0,000	0,9997	0,828	Надежная
14			7,4	0,616	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,04	0,024	0,000	0,9999	0,827	Надежная
15			27,6	0,616	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,14	0,024	0,000	0,9996	0,827	Надежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\prod p_i$	
16		УТ-2	142,6	0,616	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,72	0,024	0,002	0,9979	0,825	Надежная
17	УТ-2		63	0,616	2000	27	1,9	0,282	0,710	9,32	0,024	0,001	0,9989	0,824	Надежная
18			24,6	0,616	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,12	0,024	0,000	0,9997	0,824	Надежная
19		УТ-1	46,9	0,616	2000	27	1,9	0,282	0,710	9,24	0,024	0,001	0,9992	0,824	Надежная
20	УТ-1		253	0,616	2000	27	1,9	0,282	0,710	10,27	0,024	0,004	0,9957	0,820	Надежная
21			20	0,614	2002	25	1,7	0,282	0,559	9,10	0,024	0,000	0,9997	0,820	Надежная
22			31,4	0,616	2000	27	1,9	0,282	0,710	9,16	0,024	0,001	0,9995	0,819	Надежная
23			26	0,616	2000	27	1,9	0,282	0,710	9,13	0,024	0,000	0,9996	0,819	Надежная
24			80	0,614	2000	27	1,9	0,282	0,710	9,40	0,024	0,001	0,9986	0,818	Надежная
25			36	0,614	2000	27	1,9	0,282	0,710	9,18	0,024	0,001	0,9994	0,817	Надежная
26		ТК02	301,3	0,614	2002	25	1,7	0,282	0,559	10,51	0,024	0,004	0,9960	0,814	Надежная
27	ТК02	ТК01	138,2	0,614	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,69	0,024	0,002	0,9979	0,812	Надежная
28	ТК01		125,3	0,614	2011	16	1,0	0,070	0,070	9,63	0,024	0,000	0,9998	0,812	Надежная
29		ТК-06	62,9	0,614	2011	16	1,0	0,070	0,070	9,32	0,024	0,000	0,9999	0,812	Надежная
30	ТК-06		83,7	0,614	2011	16	1,0	0,070	0,070	9,42	0,024	0,000	0,9999	0,812	Надежная
31			5,2	0,614	2011	16	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,812	Надежная
32			357,9	0,614	1981	46	5,0	0,282	2,966	10,79	0,024	0,026	0,9748	0,791	Надежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=Pr_i$	
33			6	0,515	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,02	0,024	0,000	0,9996	0,791	Надежная
34		УТ01	43	0,515	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,17	0,024	0,003	0,9969	0,789	Надежная
35	УТ01	УТ03	86,1	0,515	2002	25	1,7	0,282	0,559	9,35	0,024	0,001	0,9988	0,788	Надежная
36	УТ03	УТ02	257	0,515	2001	26	1,8	0,282	0,627	10,04	0,024	0,004	0,9961	0,785	Надежная
37	УТ02		209	0,515	2002	25	1,7	0,282	0,559	9,85	0,024	0,003	0,9972	0,783	Надежная
38		УТ04	47	0,515	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,19	0,024	0,001	0,9993	0,782	Надежная
39	УТ04		21	0,517	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,09	0,024	0,000	0,9997	0,782	Надежная
40		ТК06	1	0,517	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,782	Надежная
41	ТК06	ТК-5	110	0,414	2007	20	1,4	0,282	0,362	9,34	0,024	0,001	0,9990	0,781	Надежная
42	ТК-5		132	0,414	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,41	0,024	0,001	0,9987	0,780	Надежная
43			22,4	0,414	2011	16	1,0	0,070	0,070	9,07	0,024	0,000	1,0000	0,780	Надежная
44			52,3	0,414	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,16	0,024	0,000	0,9999	0,780	Надежная
45			47,1	0,414	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,15	0,024	0,000	0,9999	0,780	Надежная
46		ТК04	1,5	0,414	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,780	Надежная
47	ТК04	ТК03	10	0,414	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	1,0000	0,780	Надежная
48	ТК03		90,7	0,515	1998	29	2,1	0,282	0,942	9,37	0,024	0,002	0,9979	0,778	Надежная
49			21,6	0,309	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,05	0,024	0,000	0,9998	0,778	Надежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\prod p_i$	
50			80,2	0,309	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,18	0,024	0,001	0,9992	0,777	Надежная
51			19,5	0,309	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,04	0,024	0,000	0,9998	0,777	Надежная
52		TK02	44	0,309	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,10	0,024	0,000	0,9999	0,777	Надежная
53	TK02	TK02A	122,8	0,309	2006	21	1,4	0,282	0,388	9,27	0,024	0,001	0,9989	0,776	Надежная
54	TK02A		11,2	0,309	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,02	0,024	0,000	1,0000	0,776	Надежная
55			27,1	0,309	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,06	0,024	0,000	1,0000	0,776	Надежная
56			62	0,309	1999	28	2,0	0,282	0,813	9,14	0,024	0,001	0,9988	0,775	Надежная
57		TK01a	46	0,357	1999	28	2,0	0,282	0,813	9,12	0,024	0,001	0,9991	0,775	Надежная
58	TK01a		18,5	0,309	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,04	0,024	0,001	0,9987	0,774	Надежная
59			72	0,309	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,16	0,024	0,005	0,9949	0,770	Надежная
60			1	0,309	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,770	Надежная
61		Здание Тимура, Садко, ООО Конт	177	0,1	1981	46	5,0	0,282	2,966	9,10	0,024	0,013	0,9874	0,760	Надежная
Σ	Весь путь		6613	0,54	1999	28	2,3	-	-	9,57	-	-	-	0,76	Надежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица П.8 Направление 8 от котельной №63

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка от-носительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №63		15	0,414	1964	63	11,7	0,282	2,966	9,05	0,024	0,001	0,9989	0,999	Высоконадежная
2		ТК 01	2,5	0,414	1964	63	11,7	0,282	2,966	9,01	0,024	0,000	0,9998	0,999	Высоконадежная
3	ТК 01		22	0,414	1996	31	2,4	0,282	1,309	9,07	0,024	0,001	0,9993	0,998	Высоконадежная
4		ТК 02	25	0,414	2001	26	1,8	0,282	0,627	9,08	0,024	0,000	0,9996	0,998	Высоконадежная
5	ТК 02		22	0,414	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,07	0,024	0,000	0,9997	0,997	Высоконадежная
6		ТК 03	32,1	0,414	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,10	0,024	0,000	0,9999	0,997	Высоконадежная
7	ТК 03	ТК 10А	21,3	0,359	2011	16	1,0	0,070	0,070	9,06	0,024	0,000	1,0000	0,997	Высоконадежная
8	ТК 10А	ТК 10	14	0,259	1964	63	11,7	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9990	0,996	Высоконадежная
9	ТК 10	ТК 31А	85	0,259	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,15	0,024	0,001	0,9990	0,995	Высоконадежная
10	ТК 31А	ТК 31	50,5	0,259	2011	16	1,0	0,070	0,070	9,09	0,024	0,000	0,9999	0,995	Высоконадежная
11	ТК 31	ТК 32	35	0,259	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,06	0,024	0,000	0,9996	0,995	Высоконадежная
12	ТК 32		86	0,259	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,15	0,024	0,001	0,9991	0,994	Высоконадежная
13		ТК 41	39,4	0,259	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,07	0,024	0,000	0,9995	0,994	Высоконадежная
14	ТК 41	УТ-1	22	0,259	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,04	0,024	0,000	0,9997	0,993	Высоконадежная
15	УТ-1	ТК 40	55,5	0,259	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,10	0,024	0,001	0,9993	0,993	Высоконадежная
16	ТК 40	ТК 39	18	0,259	1990	37	3,2	0,282	2,966	9,03	0,024	0,001	0,9987	0,991	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участ- ка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка от-носительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
17	ТК 39	ТК 38	23	0,259	2007	20	1,4	0,282	0,362	9,04	0,024	0,000	0,9998	0,991	Высоконадежная
18	ТК 38	ТК 37	50	0,259	2007	20	1,4	0,282	0,362	9,09	0,024	0,000	0,9996	0,991	Высоконадежная
19	ТК 37		60,8	0,15	2005	22	1,5	0,282	0,419	9,06	0,024	0,001	0,9994	0,990	Высоконадежная
20		ТК 32	10	0,15	2004	23	1,6	0,282	0,457	9,01	0,024	0,000	0,9999	0,990	Высоконадежная
21	ТК 32	ТК 34	50	0,15	2004	23	1,6	0,282	0,457	9,05	0,024	0,001	0,9994	0,989	Высоконадежная
22	ТК 34		21,5	0,15	2002	25	1,7	0,282	0,559	9,02	0,024	0,000	0,9997	0,989	Высоконадежная
23			32,5	0,15	2004	23	1,6	0,282	0,457	9,03	0,024	0,000	0,9996	0,989	Высоконадежная
24			40	0,15	1966	61	10,6	0,282	2,966	9,04	0,024	0,003	0,9971	0,986	Высоконадежная
25		ТК-34А	42,5	0,15	1968	59	9,6	0,282	2,966	9,04	0,024	0,003	0,9970	0,983	Высоконадежная
26	ТК-34А		38,2	0,125	2012	15	1,0	0,070	0,070	9,03	0,024	0,000	0,9999	0,983	Высоконадежная
27			17	0,125	2000	27	1,9	0,282	0,710	9,01	0,024	0,000	0,9997	0,983	Высоконадежная
28			14	0,125	1968	59	9,6	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9990	0,982	Высоконадежная
29			62,5	0,082	1966	61	10,6	0,282	2,966	9,03	0,024	0,004	0,9955	0,977	Высоконадежная
30			8	0,082	1966	61	10,6	0,282	2,966	9,00	0,024	0,001	0,9994	0,977	Высоконадежная
31		ООО "УК №9" уз №2	48	0,082	1966	61	10,6	0,282	2,966	9,02	0,024	0,003	0,9966	0,973	Высоконадежная
Σ	Весь путь		1063,3	0,238	1993	34	4,2	-	-	9,05	-	-	-	0,973	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

Таблица П.9 Направление 9 от котельной №34

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(км \cdot год)$	Частота отказов участка, $1/(км \cdot год)$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D											
1	Котельная №34		5	0,408	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,02	0,024	0,000	0,9996	1,000	Высоконадежная
2			1	0,408	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	1,000	Высоконадежная
3			58	0,357	2009	18	1,2	0,282	0,323	9,15	0,024	0,000	0,9995	0,999	Высоконадежная
4		УТ-1А	68	0,357	2009	18	1,2	0,282	0,323	9,18	0,024	0,001	0,9995	0,999	Высоконадежная
5	УТ-1А		1,5	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,998	Высоконадежная
6			40	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,09	0,024	0,003	0,9971	0,996	Высоконадежная
7			120	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,26	0,024	0,009	0,9915	0,987	Высоконадежная
8			27	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,06	0,024	0,002	0,9981	0,985	Высоконадежная
9			179	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,39	0,024	0,013	0,9873	0,973	Высоконадежная
10			52	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,11	0,024	0,004	0,9963	0,969	Высоконадежная
11			53	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,12	0,024	0,004	0,9962	0,965	Высоконадежная
12		УТ1	24	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,05	0,024	0,002	0,9983	0,964	Высоконадежная
13	УТ1	УТ2	68	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,15	0,024	0,005	0,9952	0,959	Высоконадежная
14	УТ2		35	0,309	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,08	0,024	0,002	0,9975	0,957	Высоконадежная
15			1	0,259	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,957	Высоконадежная
16		УТ4	75	0,259	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,13	0,024	0,005	0,9947	0,952	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, 1/(км·год)	Частота отказов участка, 1/(км·год)	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до +12°C меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения +12°C	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\prod p_i$	
17	УТ4	УТ6	150	0,259	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,27	0,024	0,002	0,9982	0,950	Высоконадежная
18	УТ6		1	0,259	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9999	0,950	Высоконадежная
19			7,5	0,259	2011	16	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
20			6	0,259	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
21			6	0,259	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
22			4	0,259	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,01	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
23			1,7	0,259	2010	17	1,0	0,070	0,070	9,00	0,024	0,000	1,0000	0,950	Высоконадежная
24		ТК2	25	0,207	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9982	0,948	Высоконадежная
25	ТК2		12	0,207	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9991	0,947	Высоконадежная
26			61,3	0,207	2009	18	1,2	0,282	0,323	9,08	0,024	0,000	0,9995	0,947	Высоконадежная
27			18	0,207	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,02	0,024	0,001	0,9987	0,946	Высоконадежная
28			9	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,945	Высоконадежная
29			170	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,13	0,024	0,012	0,9879	0,934	Высоконадежная
30			6	0,1	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9996	0,933	Высоконадежная
31			44	0,125	2003	24	1,7	0,282	0,503	9,03	0,024	0,001	0,9995	0,933	Высоконадежная
32			160	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,12	0,024	0,011	0,9886	0,922	Высоконадежная
33			12	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9991	0,921	Высоконадежная

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

№ участка п/п	Наименование участка		Длина участка, м	Диаметр трубопровода на участке, м	Год ввода участка в эксплуатацию	Срок эксплуатации участка, лет	Коэффициент α	Средневзвешенная частота отказов, $1/(\text{км} \cdot \text{год})$	Частота отказов участка, $1/(\text{км} \cdot \text{год})$	Время необходимое для ликвидации повреждения, ч	Относительная доля (накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до $+12^\circ\text{C}$ меньше, чем время ремонта)	Поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры внутри помещения $+12^\circ\text{C}$	Вероятность безотказной работы участка относительно абонента	Средняя вероятность безотказной работы системы	Степень надежности системы теплоснабжения
	Начало	Конец	L	D		τ	α	$\lambda_0=f(\tau)$	λ	z_p	\bar{z}	$\bar{\omega}_i$	p_i	$P_c=\prod p_i$	
34			9	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,921	Высоконадежная
35			6	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,00	0,024	0,000	0,9996	0,920	Высоконадежная
36			68	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,05	0,024	0,005	0,9952	0,916	Высоконадежная
37			34	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9976	0,914	Высоконадежная
38			34	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,03	0,024	0,002	0,9976	0,911	Высоконадежная
39			9	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,01	0,024	0,001	0,9994	0,911	Высоконадежная
40			78	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,06	0,024	0,006	0,9944	0,906	Высоконадежная
41			40	0,125	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,03	0,024	0,003	0,9971	0,903	Высоконадежная
42		ООО "Волна Анкор"	55	0,1	1949	78	24,7	0,282	2,966	9,03	0,024	0,004	0,9961	0,900	Надежная
Σ	Весь путь		1834	0,229	1963	64	19,1	-	-	9,07	-	-	-	0,900	Надежная

Список использованных при разработке документа источников

1. ГОСТ 27.002-89 "Надежность в технике. Термины и определения".
2. СП 124.13330.2012 "Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003". Москва, 2012.
3. "Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения". Утверждены приказом Минэнерго России и Минрегиона России от 29.12.2012 №565/667.
4. Надежность и эффективность в технике. Справочник, том 2. Москва, Издательство "Машиностроение", 1989 г.
5. МДС 41-6.2000 "Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах РФ". Утверждена приказом Госстроя России от 06.09.2000 № 203.
6. Справочник строителя тепловых сетей, С.Е. Захаренко, Ю.С. Захаренко, И.С. Никольский, М.А. Пищиков; Под общ. ред. С. Е. Захаренко. - 2-е изд., перераб. -М.: Энергоатомиздат, 1984 г.