

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОРОД КИРОВО-ЧЕПЕЦК»
КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**



**Обосновывающие материалы
к схеме теплоснабжения:**

**Книга 11. Оценка надежности
теплоснабжения**

**Глава 11. Оценка надежности
теплоснабжения**

Согласовано:
администрация
муниципального образования
«Город Кирово-Чепецк»
Кировской области

Согласовано:
филиал «Кировский»
ПАО «Т Плюс»

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОРОД КИРОВО-ЧЕПЕЦК» КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения:

Книга 11. Оценка надежности теплоснабжения

Глава 11. Оценка надежности теплоснабжения

Содержание

Содержание.....	3
1. Общие положения.....	4
1.1. Описание показателей надежности (вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, живучесть)	4
1.2. Методика определения надёжности работы теплосети	6
2. Расчет вероятности безотказной работы.....	23
2.1. Расчет вероятности безотказной работы тепловых магистралей от Кировской ТЭЦ-3.....	23
2.1.1. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 10-16.....	24
2.1.2. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до Уз 3-47	28
2.1.3. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ПМК-6	35
2.1.4. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 5-12.....	38
2.1.5. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК-4-32.....	48
2.1.6. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до 7НО-57.....	77
2.1.7. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК-5-22.....	81
2.2. Расчет вероятности безотказной работы тепловых магистралей от котельной МКР Каринторф	84
3. Оценка вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам	86
3.1. Допустимые величины недоотпуска тепловой энергии от Кировской ТЭЦ-3	98
3.2. Моделирование аварийных режимов работы в зоне теплоснабжения Кировской ТЭЦ-3	99
3.3. Выводы по разделу	105
4. Мероприятия, обеспечивающие надежность системы теплоснабжения	106
4.1. Качество элементов системы теплоснабжения.....	106
4.2. Резервирование в системе теплоснабжения.....	108
4.3. Установка баков-аккумуляторов горячей воды	113
4.4. Автоматизация управления технологическими процессами производства, транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии	114
4.5. Совершенствование эксплуатации системы теплоснабжения	116
4.6. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения	119
Список использованных источников	120

1. Общие положения

1.1. Описание показателей надежности (вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, живучесть)

Оценка надежности теплоснабжения разрабатывается в соответствии с подпунктом «и» пункта 19 и пункта 46 Постановления Правительства от 22 февраля 2012 г. № 154 «Требования к схемам теплоснабжения». Нормативные требования к надёжности теплоснабжения установлены в СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» в части пунктов 6.27-6.31 раздела «Надежность». В СП 124.13330.2012 надежность теплоснабжения определяется по способности проектируемых и действующих источников теплоты, тепловых сетей и в целом систем централизованного теплоснабжения обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения), а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде, обеспечивать нормативные показатели вероятности безотказной работы, коэффициент готовности и живучести.

Расчет показателей системы с учетом надежности должен производиться для конечного потребителя. При этом минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для источника теплоты 0,97, для тепловых сетей 0,9, для потребителя теплоты 0,99.

Минимально допустимый показатель вероятности безотказной работы системы централизованного теплоснабжения в целом следует принимать равным 0,86.

Нормативные показатели безотказности тепловых сетей обеспечиваются следующими мероприятиями:

- установлением предельно допустимой длины нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;

- местом размещения резервных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;

- достаточностью диаметров выбираемых при проектировании новых или реконструируемых существующих теплопроводов для обеспечения резервной подачи теплоты потребителям при отказах;

- необходимостью замены на конкретных участках тепловых сетей, теплопроводов и конструкций на более надежные, а также обоснованность перехода на надземную или тоннельную прокладку;

- очередностью ремонтов и замен теплопроводов, частично или полностью утративших свой ресурс.

Готовность системы теплоснабжения к исправной работе в течение отопительного периода определяется по числу часов ожидания готовности источника теплоты, тепловых сетей, потребителей теплоты, а также числу часов нерасчетных температур наружного воздуха в данной местности.

Минимально допустимый показатель готовности системы централизованного теплоснабжения к исправной работе принимается равным 0,97 (СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»).

Нормативные показатели готовности систем теплоснабжения обеспечиваются следующими мероприятиями:

- готовностью систем централизованного теплоснабжения к отопительному сезону;
- достаточностью установленной (располагаемой) тепловой мощности источника тепло-вой энергии для обеспечения исправного функционирования системы централизованного теплоснабжения при нерасчетных похолоданиях;
- способностью тепловых сетей обеспечить исправное функционирование системы централизованного теплоснабжения при нерасчетных похолоданиях;
- организационными и техническими мерами, необходимыми для обеспечения исправного функционирования системы централизованного теплоснабжения на уровне заданной готовности;
- максимально допустимым числом часов готовности для источника теплоты.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории. Первая категория – потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных ГОСТ 30494. Например, больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п. Вторая категория – потребители, допускающие снижение температуры в жилых и общественных зданий до 12°С, промышленных зданий до - 8°С.

1.2. Методика определения надёжности работы теплосети

Расчёт надёжности работы теплосети муниципального образования (МО) «Город Кирово-Чепецк» выполняется в соответствии с «Методическими рекомендациями по расчету надёжности работы теплосети» Минэнерго.

Расчет вероятности безотказной работы тепловой сети по отношению к каждому потребителю рекомендуется выполнять с применением приведённого ниже алгоритма.

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

1. На первом этапе расчета устанавливается перечень участков теплопроводов, составляющих этот путь.

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

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

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

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

- средневзвешенная частота (интенсивность) отказов для участков тепловой сети с продолжительностью эксплуатации от 17 и более лет, 1/(км·год).

Частота (интенсивность) отказов каждого участка тепловой сети измеряется с помощью показателя λ_i , который имеет размерность 1/(км·год). Интенсивность отказов всей тепловой сети (без резервирования) по отношению к потребителю представляется как последовательное (в смысле надёжности) соединение элементов 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:

$$P_c = \prod_{i=1}^{i=N} P_i = e^{-\lambda_1 L_1 t} \times e^{-\lambda_2 L_2 t} \times \dots \times e^{-\lambda_n L_n t} = e^{-t \times \sum_{i=1}^{i=N} \lambda_i L_i} = e^{-\lambda_c t}.$$

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

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

где L - протяженность каждого участка, км.

Для описания параметрической зависимости интенсивности отказов рекомендуется

использовать зависимость от срока эксплуатации, следующего вида, близкую по характеру к распределению Вейбулла:

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

где t - срок эксплуатации участка, лет.

Для распределения Вейбулла рекомендуется использовать следующие эмпирические коэффициенты:

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

Поскольку представленные статистические данные о технологических нарушениях, предоставленные, недостаточно полные, то среднее значение интенсивности отказов принимается равным $\lambda = 0,05$ 1/(год·км)

Значения интенсивности отказов $\lambda(t)$ в зависимости от продолжительности эксплуатации t при значении $\lambda = 0,05$ 1/(год·км) представлены в таблице 1.3.1. и на рисунке 1.3.1.

Таблица 1.3.1

Наименование показателя	Продолжительность работы участка теплосети, лет									
	1	3	4	5	10	15	20	25	30	35
Значение коэффициента α , ед	0,80	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,36	1,75	2,24	2,88
Интенсивность отказов $\lambda(t)$ 1/(год·км)	0,079	0,0636	0,050	0,050	0,050	0,050	0,0641	0,0990	0,1954	0,525

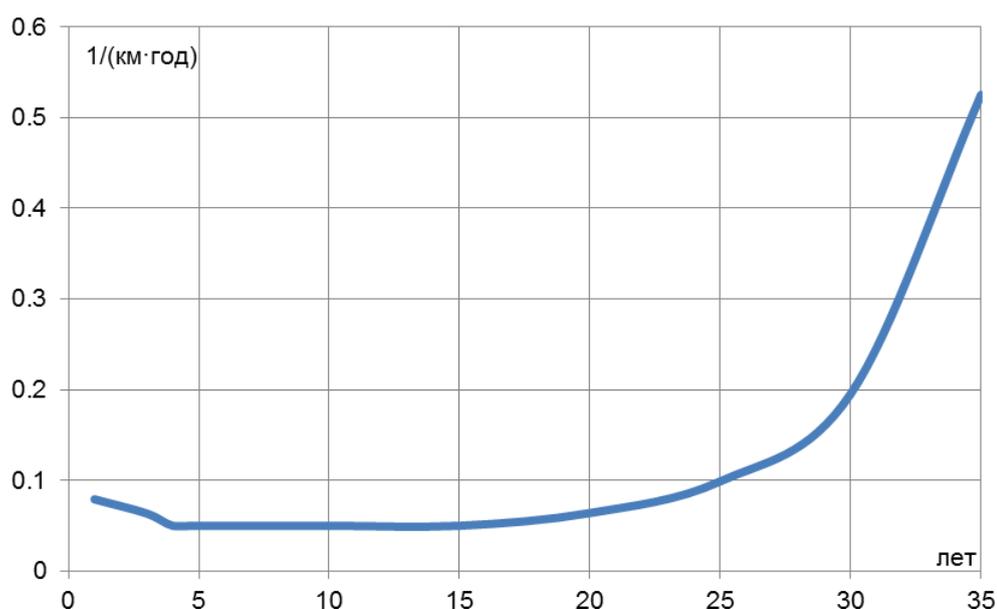


Рис. 1.3.1. Интенсивность отказов в зависимости от срока эксплуатации участка тепловой сети

При использовании данной зависимости 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.

4. 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). При отсутствии этих данных зависимость повторяемости температур наружного воздуха для местоположения тепловых сетей принимают по данным СНиП 23-01-99 или Справочника «Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей».

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

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

где t_b - внутренняя температура, которая устанавливается в помещении через время z в часах, после наступления исходного события, °С;

z - время отсчитываемое после начала исходного события, ч;

t'_b - температура в отапливаемом помещении, которая была в момент начала исходного события, °С;

t_n - температура наружного воздуха, усредненная на периоде времени z , °С;

Q_0 - подача теплоты в помещение, Дж/ч;

$q_0 V$ - удельные расчетные тепловые потери здания, Дж/(ч×°С);

β - коэффициент аккумуляции помещения (здания), ч.

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

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

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

Расчет проводится для каждой градации повторяемости температуры наружного воздуха.

Расчет времени снижения температуры внутри отапливаемого помещения для г. Кирово-Чепецк при коэффициенте аккумуляции жилого здания $\beta = 40$ часов приведён в таблице 1.3.2. Продолжительность отопительного периода составляет 5544 ч.

Таблица 1.3.2

Температура наружного воздуха, °С	Повторяемость температур наружного воздуха, ч	Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12 °С
8	1872	36,65
3	432	20,43
-2	648	14,27
-7	576	10,98
-12	528	8,93
-17	456	7,52
-22	624	6,50
-27	240	5,72
-29	24	5,46

6. 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 теплоснабжения потребителя.

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

$$z_p = a \left[1 + (b + c \times L_{с.з}) D^{1.2} \right],$$

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;

$L_{с.з}$ - расстояние между секционирующими задвижками, м;

D - условный диаметр трубопровода, м.

Согласно рекомендациям Е.Я. Соколова для подземной прокладки теплопроводов в непроходных каналах значения постоянных коэффициентов равны:

$$a=6; b=0,5; c=0,0015.$$

Значения расстояний между секционирующими задвижками $L_{с.з}$ берутся из соответствующей базы электронной модели. Если эти значения в базах модели не определены, тогда расчёт выполняется по значениям, определённым СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»:

$$L_{с.з} = \begin{cases} \leq 1000 \text{ м при } D_i \geq 100 \text{ мм} \\ \leq 1500 \text{ м при } 400 < D_i \leq 500 \text{ мм} \\ \leq 3000 \text{ м при } D_i \geq 600 \text{ мм} \\ \leq 5000 \text{ м при } D_i \geq 900 \text{ мм} \end{cases}$$

Расчет выполняется для каждого участка, входящего в путь от источника до абонента:

- вычисляется время ликвидации повреждения на i-м участке;
- по каждой градации повторяемости температур 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 и поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры в отапливаемом помещении до температуры +12 °С:

$$\bar{z} = \left(1 - \frac{z_{i,j}}{z_p} \right) \times \frac{\tau_j}{\tau_{он}}$$

$$\bar{\omega} = \lambda_i \times L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{i,j}$$

- вычисляется вероятность безотказной работы участка тепловой сети относительно абонента

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

Расчёт резервируемых линий осуществляется следующим образом:

- 1) производится расчёт надёжности каждой из резервных линий в отдельности в соответствии с методикой, описанной ранее;
- 2) полученные вероятности безотказной работы каждой из резервных линий суммируются, а полученное значение (не более 1,0) используется для расчёта исследуемого участка теплосети от источника до потребителя.

2. Расчет вероятности безотказной работы

Анализ на соответствие существующей системы теплоснабжения г. Кирово-Чепецк проведен по СНиП 41-02-2003.

В качестве основных критериев оценки надежности тепловых сетей приняты:

- вероятность безотказной работы [Р];
- коэффициент готовности системы [КГ];
- живучесть системы [Ж].
- минимально допустимые значения показателя вероятности безотказной работы:
- источника тепловой энергии – РИТ = 0,97;
- тепловых сетей – РТС = 0,9;
- потребителя тепловой энергии – РПТ = 0,99;
- системы в целом – РСЦТ = 0,86.
- коэффициент готовности системы теплоснабжения КГ = 0,97.

Соблюдение данных нормативных показателей в конкретной системе теплоснабжения (источник тепловой энергии, тепловая сеть, потребитель) означает, что:

- при отказах в системе теплоснабжения температура в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий в период отказа не будет опускаться ниже плюс 12 °С, в промышленных зданиях ниже плюс 8 °С. Математическое ожидание отказа не более 14 раз за 100 лет;
- расчетная температура воздуха в отапливаемых помещениях плюс 18 – 20°С будет поддерживаться в течение всего отопительного периода, за исключением 264 часов. В течение 264 часов температура воздуха может опускаться до плюс 16 ÷ 18 °С.

2.1. Расчет вероятности безотказной работы тепловых магистралей от Кировской ТЭЦ-3

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения Кировской ТЭЦ-3 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

- 1) Кировская ТЭЦ-3 – ТК 10-16;
- 2) Кировская ТЭЦ-3 – Уз 3-47;
- 3) Кировская ТЭЦ-3 – ПМК-6;
- 4) Кировская ТЭЦ-3 – ТК-5-12;
- 5) Кировская ТЭЦ-3 – ТК-4-32;
- 6) Кировская ТЭЦ-3 – 7НО-57;
- 7) Кировская ТЭЦ-3 – ТК-5-22.

Расчет выполнялся согласно методике, рассмотренной в разделе 1.1 настоящего отчета. Результаты расчета вероятности безотказной работы каждого участка и тепловой магистрали в целом приведены в таблицах и на рисунках соответствующих разделов.

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности

работы тепловых магистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.1.1. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 10-16

Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 10-16 тепловой сети г. Кирово-Чепецк представлен на рис. 2.1.1, для резервного на рис. 2.1.2. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепловой магистрали за базовый (2017) год приведены в табл. 2.1.1. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.1.3, для резервного участка – на рис. 2.1.3..



Рис. 2.1.1. Расчетный участок тепловой сети от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 10-16

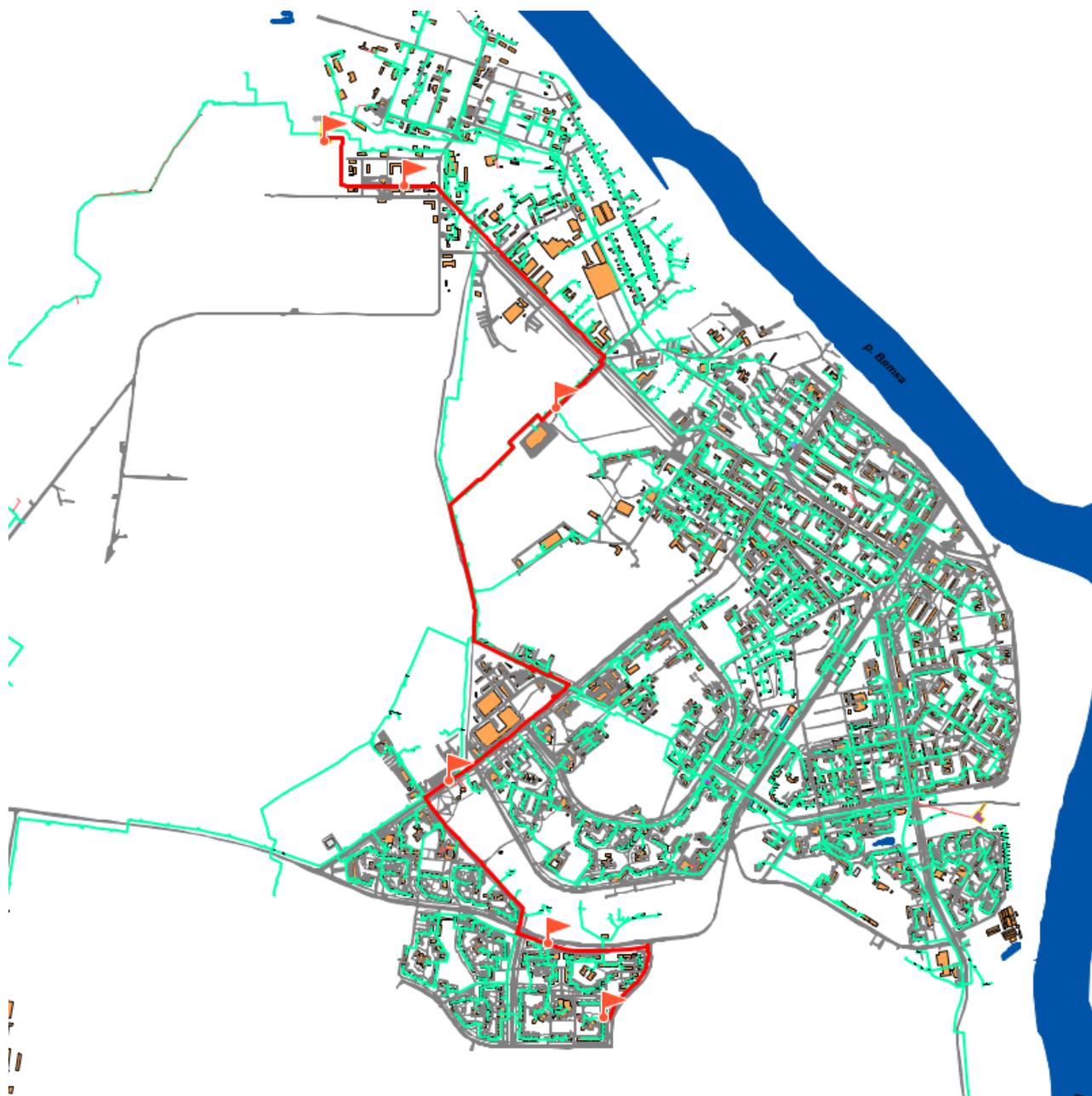


Рис. 2.1.2. Резервный участок тепловой сети от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 10-16

Таблица 2.1.1.

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
Основная магистраль							
1	ТЭЦ	7ТК-4	779	1977	0,5250	0,94525	0,99989
2	7ТК-4	7ТК-5	92,7	1977	0,5250	0,94525	0,97257
3	7ТК-5	7ТК-6	162	1977	0,5250	0,94525	0,95891
4	7ТК-6	7ТК-7	119,3	1977	0,5250	0,94525	0,95208
5	7ТК-7	7ТК-8	157	1977	0,5250	0,94525	0,94866
6	7ТК-8	7ТК-9а	175,5	1977	0,5250	0,94525	0,94696
7	7ТК-9а	7ТК-9	6,5	1977	0,5250	0,94525	0,94610
8	7ТК-9	Уз. 7НО-10	147	1977	0,5250	0,94525	0,94567

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
9	Уз. 7НО-10	III-1,2 в 7П- 1	1068	1977	0,5250	0,94525	0,94546
10	III-1,2 в 7П- 1	7 Павильон 1	2,64	1977	0,5250	0,94525	0,94535
11	7 Павильон 1	7 Павильон 1а	218,1	1972	0,5250	0,93919	0,94530
12	7 Павильон 1а	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	823	1972	0,5250	0,93919	0,94224
13	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	331	1977	0,5250	0,94525	0,94072
14	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	7 павильон 2	218	1977	0,5250	0,94525	0,94298
15	7 павильон 2	III-7 III-8 в 7П-2 к ТК 7-01	2,38	1997	0,0641	0,96949	0,94412
16	III-7 III-8 в 7П-2 к ТК 7-01	ТК 7-01	11,7	1997	0,0641	0,96949	0,95680
17	ТК 7-01	ТК 7-01а	163,9	1997	0,0641	0,96949	0,96314
18	ТК 7-01а	ТК 7-02	85,7	1997	0,0641	0,96949	0,96632
19	ТК 7-02	ТК 7-03	101,7	1997	0,0641	0,96949	0,96790
20	ТК 7-03	ТК 7-04	94	1977	0,5250	0,94525	0,96870
21	ТК 7-04	ТК 7-05	98	1977	0,5250	0,94525	0,95697
22	ТК 7-05	ТК 7-06	127,9	2014	0,0636	0,99009	0,95111
23	ТК 7-06	ТК 7-06а	115	1977	0,5250	0,94525	0,97060
24	ТК 7-06а	ТК 7-07	152	1977	0,5250	0,94525	0,95792
25	ТК 7-07	3/а в ТК 7-07 Отп ул Школьн	1,19	1978	0,5250	0,94646	0,95159
26	3/а в ТК 7-07 Отп ул Школьн	Перемычка 7- 07	0,76	1978	0,5250	0,94646	0,94902
27	Перемычка 7- 07	ТК 10-1	43	1978	0,5250	0,94646	0,94774
28	ТК 10-1	ТК 10-2	120	1978	0,5250	0,94646	0,94710
29	ТК 10-2	ТК 10-3	118	1978	0,5250	0,94646	0,94678
30	ТК 10-3	ТК 10-4	183	1978	0,5250	0,94646	0,94662
31	ТК 10-4	ТК 10-5	112	1978	0,5250	0,94646	0,94654
32	ТК 10-5	ТК 10-6	114	1989	0,0990	0,95979	0,94650
33	ТК 10-6	ТК 10-7	100	1989	0,0990	0,95979	0,95315
34	ТК 10-7	ТК 10-8	110	1989	0,0990	0,95979	0,95647
35	ТК 10-8	ТК 10-10	176	1996	0,0641	0,96828	0,95813
36	ТК 10-10	ТК 10-11	304,5	1992	0,0990	0,96343	0,96320
37	ТК 10-11	ТК 10-12	166,5	1992	0,0990	0,96343	0,96332
38	ТК 10-12	перемычка 10- 13	89	1992	0,0990	0,96343	0,96337
39	перемычка 10- 13	ТК 10-13	1,4	1992	0,0990	0,96343	0,96340
40	ТК 10-13	3/а в ТК 10-13 Отп.МКР9 Тк10-14	1,26	1992	0,0990	0,96343	0,96341
41	3/а в ТК 10-13 Отп.МКР9 Тк10-14	ТК 10-14	110,8	1992	0,0990	0,96343	0,96342
42	ТК 10-14	ТК 10-15	120,2	1992	0,0990	0,96343	0,96342
43	ТК 10-15	ТК 10-16	217	1992	0,0990	0,96343	0,96343

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
44	ТК 10-16	ТК 10-17	50,3	1991	0,0990	0,96222	0,96343
Итого по расчетному участку							0,96343
Резервная магистраль							
1	ТЭЦ	Уз. т.А отпуск	502	2002	0,0500	0,97555	0,99989
2	Уз. т.А отпуск	ТК 3-01	76	1996	0,0641	0,96828	0,98772
3	ТК 3-01	ТК 3-02	120	1953	0,5250	0,91616	0,97800
4	ТК 3-02	ТК 3-03	193	1953	0,5250	0,91616	0,94708
5	ТК 3-03	ТК 3-04	23	1953	0,5250	0,91616	0,93162
6	ТК 3-04	ТК 3-05	64	1953	0,5250	0,91616	0,92389
7	ТК 3-05	ТК 3-06	40	1953	0,5250	0,91616	0,92002
8	ТК 3-06	перемычка 3-07 от 3-06	112	1985	0,1954	0,95494	0,91809
9	перемычка 3-07 от 3-06	I-1 I-2 в ТК 3-07	0,76	1985	0,1954	0,95494	0,93652
10	I-1 I-2 в ТК 3-07	Уз. 3-07-3	0,83	1985	0,1954	0,95494	0,94573
11	Уз. 3-07-3	ТК 3-07	0,2	1985	0,1954	0,95494	0,95034
12	ТК 3-07	Уз. 3-07-2	0,59	1995	0,0641	0,96706	0,95264
13	Уз. 3-07-2	Уз. 3-07-1	0,78	1995	0,0641	0,96706	0,95985
14	Уз. 3-07-1	перемычка 3-07	1,5	1995	0,0641	0,96706	0,96346
15	перемычка 3-07	перемычка 3-07а	89	1995	0,0641	0,96706	0,96526
16	перемычка 3-07а	I-3 I-4	0,62	1995	0,0641	0,96706	0,96616
17	I-3 I-4	Уз. ТК 3-08а	48	1995	0,0641	0,96706	0,96661
18	Уз. ТК 3-08а	ТК ЗНО-21 см. диам	92	1995	0,0641	0,96706	0,96684
19	ТК ЗНО-21 см. диам	Уз. 3-09А	70	1995	0,0641	0,96706	0,96695
20	Уз. 3-09А	ТК 3-10	74	1995	0,0641	0,96706	0,96701
21	ТК 3-10	Уз. Техдом	7,3	1995	0,0641	0,96706	0,96704
22	Уз. Техдом	3-10а Уз. САХ	120,8	1995	0,0641	0,96706	0,96705
23	3-10а Уз. САХ	сужение 3-11	79,54	1995	0,0641	0,96706	0,96706
24	сужение 3-11	ТК 3-11а	43,6	1995	0,0641	0,96706	0,96706
25	ТК 3-11а	перемычка 3-12 от 3-11	85,15	1995	0,0641	0,96706	0,96706
26	перемычка 3-12 от 3-11	ТК 3-12	2,18	1995	0,0641	0,96706	0,96706
27	ТК 3-12	I-5 I-6 в ТК 3-12	1,03	1995	0,0641	0,96706	0,96706
28	I-5 I-6 в ТК 3-12	перемычка 3-12 к 3-13	0,93	1995	0,0641	0,96706	0,96706
29	перемычка 3-12 к 3-13	ТК 3-13	129	1995	0,0641	0,96706	0,96706
30	ТК 3-13	ТК 3-14	120,45	1995	0,0641	0,96706	0,96706
31	ТК 3-14	ТК 3-15	198,6	1995	0,0641	0,96706	0,96706
32	ТК 3-15	Уз. ТК 3-15а	0,59	1996	0,0641	0,96828	0,96706
33	Уз. ТК 3-15а	перемычка Узловая от 3-15а	43	1996	0,0641	0,96828	0,96767

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
34	перемычка Узловая от 3-15а	I-7 I-8 в Павильоне Узловая	1,5	1996	0,0641	0,96828	0,96797
35	I-7 I-8 в Павильоне Узловая	Павильон Узловая ТК-1	3,5	1996	0,0641	0,96828	0,96812
36	Павильон Узловая ТК-1	II-3 II-4 в ПУзл. к ТК 8-00	2,5	1965	0,5250	0,93070	0,96820
37	II-3 II-4 в ПУзл. к ТК 8-00	ТК 8-00	27,08	1965	0,5250	0,93070	0,94945
38	ТК 8-00	Уз. 8-01а	337	1965	0,5250	0,93070	0,94008
39	Уз. 8-01а	Павильон 8-01	1,88	1965	0,5250	0,93070	0,93539
40	Павильон 8-01	3/а в ТК Павильон 8-01	2,91	1965	0,5250	0,93070	0,93305
41	3/а в ТК Павильон 8-01	Уз. 8-01в	1,42	1965	0,5250	0,93070	0,93188
42	Уз. 8-01в	Уз. Абсолют 8НО-29	1213,14	1965	0,5250	0,93070	0,93129
43	Уз. Абсолют 8НО-29	Уз. Г/К№ К-5-1	254,59	1965	0,5250	0,93070	0,93100
44	Уз. Г/К№ К-5-1	8НО-35 Уз. Г/К№ К-8	326,66	1965	0,5250	0,93070	0,93085
45	8НО-35 1 Уз. Г/К№ К-8	3/а Связь d700 с d250 через 7П-Велконт	1,5	1982	0,1954	0,95131	0,93078
46	3/а Связь d700 с d250 через 7П-Велконт	8НО-35 Уз. Г/К№ К-8	1,5	1982	0,1954	0,95131	0,94104
47	перемычка Пав. Лепсе	8НО-35 1 Уз. Г/К№ К-8	23,59	1977	0,5250	0,94525	0,94618
48	3/а в ТК ПАВ Лепсе	перемычка Пав. Лепсе	0,81	1977	0,5250	0,94525	0,94571
49	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	3/а в ТК ПАВ Лепсе	1,08	1977	0,5250	0,94525	0,94548
50	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	7 павильон 2	218	1977	0,5250	0,94525	0,94536
51	7 павильон 2	III-7 III-8 в 7П-2 к ТК 7-01	2,38	1997	0,0641	0,96949	0,94531
52	III-7 III-8 в 7П-2 к ТК 7-01	ТК 7-01	11,7	1997	0,0641	0,96949	0,95740
53	ТК 7-01	ТК 7-01а	163,9	1997	0,0641	0,96949	0,96344
54	ТК 7-01а	ТК 7-02	85,7	1997	0,0641	0,96949	0,96647
55	ТК 7-02	ТК 7-03	101,7	1997	0,0641	0,96949	0,96798
56	ТК 7-03	ТК 7-04	94	1977	0,5250	0,94525	0,96873
57	ТК 7-04	ТК 7-05	98	1977	0,5250	0,94525	0,95699
58	ТК 7-05	ТК 7-06	127,9	2014	0,0636	0,99009	0,95112
59	ТК 7-06	ТК 7-06а	115	1977	0,5250	0,94525	0,97061
60	ТК 7-06а	ТК 7-07	152	1977	0,5250	0,94525	0,95793
61	ТК 7-07	3/а в ТК 7-07 Отп ул Школьн	1,19	1978	0,5250	0,94646	0,95159
62	3/а в ТК 7-07 Отп ул Школьн	Перемычка 7-07	0,76	1978	0,5250	0,94646	0,94902
63	Перемычка 7-	ТК 10-1	43	1978	0,5250	0,94646	0,94774

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
	07						
64	ТК 10-1	ТК 10-2	120	1978	0,5250	0,94646	0,94710
65	ТК 10-2	ТК 10-3	118	1978	0,5250	0,94646	0,94678
66	ТК 10-3	ТК 10-4	183	1978	0,5250	0,94646	0,94662
67	ТК 10-4	ТК 10-5	112	1978	0,5250	0,94646	0,94654
68	ТК 10-5	ТК 10-6	114	1989	0,0990	0,95979	0,94650
69	ТК 10-6	ТК 10-7	100	1989	0,0990	0,95979	0,95315
70	ТК 10-7	ТК 10-8	110	1989	0,0990	0,95979	0,95647
71	ТК 10-8	ТК 10-10	176	1996	0,0641	0,96828	0,95813
72	ТК 10-10	ТК 10-11	304,5	1992	0,0990	0,96343	0,96320
73	ТК 10-11	ТК 10-12	166,5	1992	0,0990	0,96343	0,96332
74	ТК 10-12	перемычка 10-13	89	1992	0,0990	0,96343	0,96337
75	перемычка 10-13	ТК 10-13	1,4	1992	0,0990	0,96343	0,96340
76	ТК 10-13	З/а в ТК 10-13 Отп.МКР9 Тк10-14	1,26	1992	0,0990	0,96343	0,96341
77	З/а в ТК 10-13 Отп.МКР9 Тк10-14	ТК 10-14	110,8	1992	0,0990	0,96343	0,96342
78	ТК 10-14	ТК 10-15	120,2	1992	0,0990	0,96343	0,96342
79	ТК 10-15	ТК 10-16	217	1992	0,0990	0,96343	0,96343
80	ТК 10-16	ТК 10-17	50,3	1991	0,0990	0,96222	0,96343
81	ТК 10-17	З/а в ТК 10-17 Поб11,Ю631	1,11	1991	0,0990	0,96222	0,96282
Итого по расчетному участку							0,96282

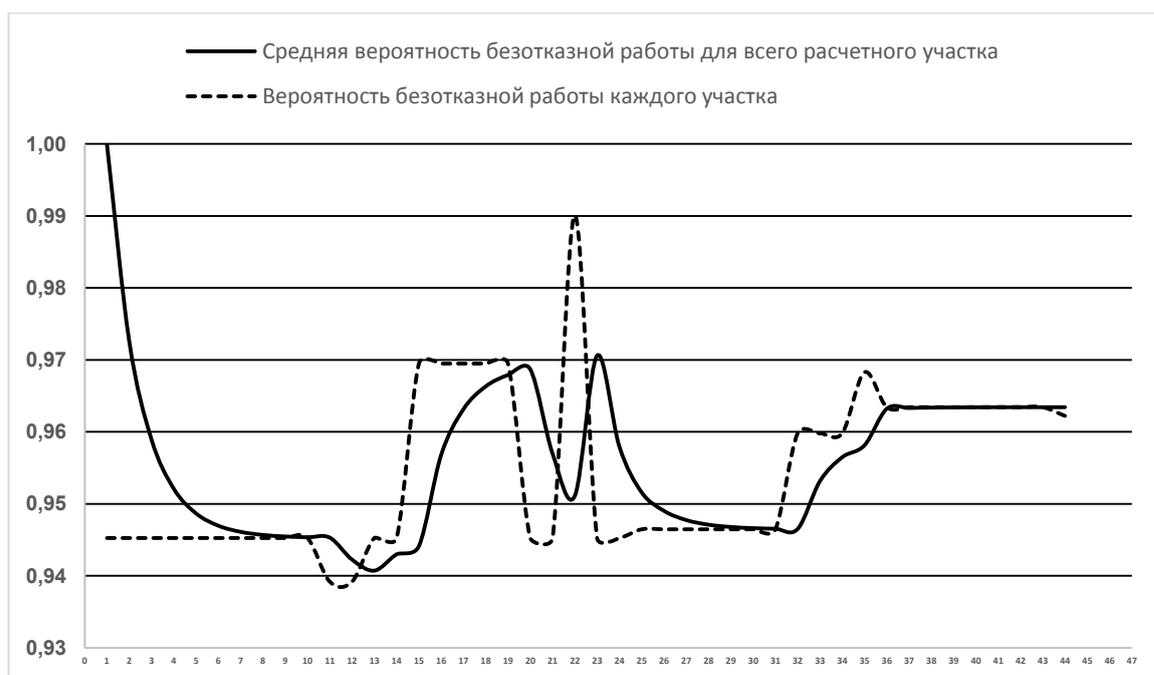


Рис. 2.1.3. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 10-16 в 2018 г. основная.



Рис. 2.1.4. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 10-16 в 2016 г. резерв.

Из рисунков 2.1.2 и 2.1.3 следует, что данная тепловая магистраль в 2018 г. обладает показателями безаварийной работы выше минимально допустимых значений. Для повышения коэффициента надежности рекомендуется произвести перекладку тепловой магистрали от ТК 7-07 до ТК 7-10.

2.1.2. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до Уз 3-47

Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до Уз 3-47 тепловой сети г. Кирово-Чепецк представлен на рис. 2.1.5, резервный участок представлен на рис. 2.1.6. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепловой магистрали за базовый (2017) год приведены в табл. 2.1.2. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепловой магистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.1.7, для резервного участка – на рис. 2.1.8.



Рис. 2.1.5. Расчетный участок тепловой сети Кировская ТЭЦ-3 – Уз 3-47



Рис. 2.1.6. Расчетный участок тепловой сети Кировская ТЭЦ-3 – Уз 3-47

Таблица 2.1.2

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
Основная магистраль							
1	ТЭЦ	Уз. т.А отпуск	502	2002	0,0500	0,95609	0,99980
2	Уз. т.А отпуск	ТК 3-01	76	1996	0,0641	0,93995	0,96987
3	ТК 3-01	ТК 3-02	120	1953	0,5250	0,82428	0,89708
4	ТК 3-02	ТК 3-03	193	1953	0,5250	0,82428	0,86068
5	ТК 3-03	ТК 3-04	23	1953	0,5250	0,82428	0,84248
6	ТК 3-04	ТК 3-05	64	1953	0,5250	0,82428	0,83338
7	ТК 3-05	ТК 3-06	40	1953	0,5250	0,82428	0,82883
8	ТК 3-06	перемычка 3-07 от 3-06	112	1985	0,1954	0,91036	0,86959
9	ТК 3-07	Уз. 3-07-2	0,59	1995	0,0641	0,93726	0,90343
10	Уз. 3-07-2	Уз. 3-07-1	0,78	1995	0,0641	0,93726	0,92034
11	Уз. 3-07-3	ТК 3-07	0,2	1985	0,1954	0,91036	0,91535
12	перемычка 3-07 от 3-06	I-1 I-2 в ТК 3-07	0,76	1985	0,1954	0,91036	0,91286
13	I-1 I-2 в ТК 3-07	Уз. 3-07-3	0,83	1985	0,1954	0,91036	0,91161
14	Уз. 3-07-1	перемычка 3-07	1,5	1995	0,0641	0,93726	0,92443
15	перемычка 3-07	перемычка 3-07а	89	1995	0,0641	0,93726	0,93085
16	перемычка 3-07а	I-3 I-4	0,62	1995	0,0641	0,93726	0,93405

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
17	I-3 I-4	Уз. ТК 3-08а	48	1995	0,0641	0,93726	0,93566
18	Уз. ТК 3-08а	ТК 3НО-21 см. диам	92	1995	0,0641	0,93726	0,93646
19	ТК 3НО-21 см. диам	Уз. 3-09А	70	1995	0,0641	0,93726	0,93686
20	Уз. 3-09А	ТК 3-10	74	1995	0,0641	0,93726	0,93706
21	ТК 3-10	Уз. Техдом	7,3	1995	0,0641	0,93726	0,93716
22	Уз. Техдом	3-10а Уз. САХ	120,8	1995	0,0641	0,93726	0,93721
23	3-10а Уз. САХ	сужение 3-11	79,54	1995	0,0641	0,93726	0,93723
24	сужение 3-11	ТК 3-11а	43,6	1995	0,0641	0,93726	0,93725
25	ТК 3-11а	перемычка 3-12 от 3-11	85,15	1995	0,0641	0,93726	0,93725
26	ТК 3-12	I-5 I-6 в ТК 3-12	1,03	1995	0,0641	0,93726	0,93726
27	перемычка 3-12 от 3-11	ТК 3-12	2,18	1995	0,0641	0,93726	0,93726
28	перемычка 3-12 к 3-13	ТК 3-13	129	1995	0,0641	0,93726	0,93726
29	I-5 I-6 в ТК 3-12	перемычка 3-12 к 3-13	0,93	1995	0,0641	0,93726	0,93726
30	ТК 3-13	ТК 3-14	120,45	1995	0,0641	0,93726	0,93726
31	ТК 3-14	ТК 3-15	198,6	1995	0,0641	0,93726	0,93726
32	ТК 3-15	Уз. ТК 3-15а	0,59	1996	0,0641	0,93995	0,93860
33	Уз. ТК 3-15а	перемычка Узловая от 3-15а	43	1996	0,0641	0,93995	0,93928
34	перемычка Узловая от 3-15а	I-7 I-8 в Павильоне Узловая	1,5	1996	0,0641	0,93995	0,93961
35	I-7 I-8 в Павильоне Узловая	Павильон Узловая ТК-1	3,5	1996	0,0641	0,93995	0,93978
36	Павильон Узловая ТК-1	перемычка Узловая к 3-16	5	1996	0,0641	0,93995	0,93987
37	перемычка Узловая к 3-16	ТК 3-16	101	1996	0,0641	0,93995	0,93991
38	ТК 3-16	I-39 I-40 в ТК 3-16 к ТК 3-17	1,15	2010	0,0500	0,97761	0,95876
39	I-39 I-40 в ТК 3-16 к ТК 3-17	ТК 3-17	92	2010	0,0500	0,97761	0,96818
40	ТК 3-17	ТК 3-17а	60	2010	0,0500	0,97761	0,97290
41	ТК 3-17а	ТК 3-18	53	2010	0,0500	0,97761	0,97525
42	ТК 3-18	ТК 3-19	127	2005	0,0500	0,96416	0,96971
43	ТК 3-19	ТК 3-20	93	2005	0,0500	0,96416	0,96693
44	ТК 3-20	ТК 3-20а	21,5	2005	0,0500	0,96416	0,96555
45	ТК 3-20а	перемычка 3-21	1,58	2005	0,0500	0,96416	0,96485
46	перемычка 3-21	I-9 I-10 в ТК 3-30	125,5	2005	0,0500	0,96416	0,96451
47	ТК 3-30	Уз. ТК 3-30-2	1	2004	0,0500	0,96147	0,96299
48	I-9 I-10 в ТК 3-30	ТК 3-30	1,78	2005	0,0500	0,96416	0,96357
49	Уз. ТК 3-30-2	ТК 3-31	66,6	2002	0,0500	0,95609	0,95983
50	ТК 3-31	перемычка 3-31	0,88	1954	0,5250	0,82697	0,89340

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
51	I-11 I-12 в ТК 3-31	ТК 3-32	126	2016	0,0790	0,99375	0,94358
52	перемычка 3-31	I-11 I-12 в ТК 3-31	0,88	1954	0,5250	0,82697	0,88527
53	ТК 3-32	ТК 3-33	194	2016	0,0790	0,99375	0,93951
54	ТК 3-33	ТК 3-34	80	2016	0,0790	0,99375	0,96663
55	ТК 3-34	ТК 3-35	60	2017	0,0790	0,99644	0,98154
56	ТК 3-35	I-17 I-18 в ТК 3-36	65	2017	0,0790	0,99644	0,98899
57	ТК 3-36	ТК 3-36А	102	2008	0,0500	0,97223	0,98061
58	I-17 I-18 в ТК 3-36	ТК 3-36	1,18	2017	0,0790	0,99644	0,98852
59	ТК 3-36А	ТК 3-37	71	2007	0,0500	0,96954	0,97903
60	ТК 3-37	ТК 3-37а	106,8	2000	0,0500	0,95071	0,96487
61	ТК 3-37а	Уз. 3-37б	26	2000	0,0500	0,95071	0,95779
62	ТК 3-37б	перемычка 3-37б	0,85	2000	0,0500	0,95071	0,95425
63	I-35 I-36 в ТК 3-37б	ТК 3-38	44,8	2000	0,0500	0,95071	0,95248
64	перемычка 3-37б	I-35 I-36 в ТК 3-37б	0,92	2000	0,0500	0,95071	0,95160
65	Уз. 3-37б	ТК 3-37б	0,83	2000	0,0500	0,95071	0,95115
66	ТК 3-38	ТК 3-39	57,1	2000	0,0500	0,95071	0,95093
67	ТК 3-39	ТК 3-40	44,3	2000	0,0500	0,95071	0,95082
68	ТК 3-40	ТК 3-41	67,1	2000	0,0500	0,95071	0,95077
69	ТК 3-41	перемычка 3-42 от 3-41	169,9	2000	0,0500	0,95071	0,95074
70	перемычка 3-42 от 3-41	I-29 I-30 от Уз. 3-42	0,89	2000	0,0500	0,95071	0,95072
71	ТК 3-42	перемычка 3-42 к 3-43	1,6	2000	0,0500	0,95071	0,95072
72	I-29 I-30 от Уз. 3-42	ТК 3-42	0,55	2000	0,0500	0,95071	0,95071
73	перемычка 3-42 к 3-43	ТК 3-43	41	2000	0,0500	0,95071	0,95071
74	ТК 3-43	ТК 3-44	7	1955	0,5250	0,82966	0,89019
75	ТК 3-44	Уз. 3-45-2	50	1958	0,5250	0,83773	0,86396
76	I-31 I-32 от Уз. 3-45-2	ТК 3-45	1,42	1958	0,5250	0,83773	0,85084
77	Уз. 3-45-2	I-31 I-32 от Уз. 3-45-2	0,57	1958	0,5250	0,83773	0,84429
78	ТК 3-45	Уз. 3-45-1	1,22	1958	0,5250	0,83773	0,84101
79	Уз. 3-45-1	ТК 3-45а	18	1958	0,5250	0,83773	0,83937
80	ТК 3-45а	3/а от Уз. 3-45а	0,84	1958	0,5250	0,83773	0,83855
81	3/а от Уз. 3-45а	Уз. 3-45б	14,6	1958	0,5250	0,83773	0,83814
82	Уз. 3-45б	Уз. 3-45в-1	17	1958	0,5250	0,83773	0,83793
83	Уз. 3-45в-1	Уз. 3-45в	26	1958	0,5250	0,83773	0,83783
84	Уз. 3-45в	Уз. 3-45г	43,6	1958	0,5250	0,83773	0,83778
85	Уз. 3-45г	Уз. 3-45г-1	27,6	1958	0,5250	0,83773	0,83776
86	Уз. 3-45г-1	Уз. 3-45г-1	12	1958	0,5250	0,83773	0,83774

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
87	Уз. 3-45г-1	ТК 3-45д	20	1958	0,5250	0,83773	0,83774
88	ТК 3-45д	Уз 3-46	120	1958	0,5250	0,83773	0,83773
89	Уз 3-46	ТК 3-47	48,6	1958	0,5250	0,83773	0,83773
Итого по расчетному участку							0,83773
Резервная магистраль							
1	ТЭЦ	7ТК-4	779	1977	0,5250	0,88884	0,99980
2	7ТК-4	7ТК-5	92,7	1977	0,5250	0,88884	0,94432
3	7ТК-5	7ТК-6	162	1977	0,5250	0,88884	0,91658
4	7ТК-6	7ТК-7	119,3	1977	0,5250	0,88884	0,90271
5	7ТК-7	7ТК-8	157	1977	0,5250	0,88884	0,89577
6	7ТК-8	7ТК-9а	175,5	1977	0,5250	0,88884	0,89231
7	7ТК-9а	7ТК-9	6,5	1977	0,5250	0,88884	0,89057
8	7ТК-9	Уз. 7НО-10	147	1977	0,5250	0,88884	0,88971
9	Уз. 7НО-10	III-1,2 в 7П- 1	1068	1977	0,5250	0,88884	0,88927
10	7 Павильон 1	7 Павильон 1а	218,1	1972	0,5250	0,87539	0,88233
11	7 Павильон 1а	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	823	1972	0,5250	0,87539	0,87886
12	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	331	1977	0,5250	0,88884	0,88385
13	III-1,2 в 7П- 1	7 Павильон 1	2,64	1977	0,5250	0,88884	0,88635
14	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	7 павильон 2	218	1977	0,5250	0,88884	0,88759
15	7 павильон 2	3-9 3-10 в 7П-2 к ТК 5-01	3,96	1981	0,5250	0,8996	0,89360
16	3-9 3-10 в 7П-2 к ТК 5-01	ТК 5-01	58	1981	0,5250	0,8996	0,89660
17	ТК 5-01	ТК 5-02	36	1981	0,5250	0,8996	0,89810
18	ТК 5-02	ТК 5-02А	196	1981	0,5250	0,8996	0,89885
19	ТК 5-02А	ТК 5-03	334	1981	0,5250	0,8996	0,89922
20	ТК 5-03	перемычка 5-04	230	1981	0,5250	0,8996	0,89941
21	перемычка 5-04	ТК 5-04	1,51	1981	0,5250	0,8996	0,89951
22	ТК 5-04	III-23, 24 ТК 5-04	0,72	1989	0,0990	0,92112	0,91031
23	III-23, 24 ТК 5-04	ТК 5-05	67	1989	0,0990	0,92112	0,91572
24	3/а в ТК 5-05 к ТК 14-1	ТК 5-05	1,1	1989	0,0990	0,92112	0,91842
25	ТК 14-1	ТК 14-2	97	1989	0,0990	0,92112	0,91977
26	ТК 14-1	3/а в ТК 5-05 к ТК 14-1	20	1989	0,0990	0,92112	0,92044
27	ТК 14-2	ТК 14-3	156	1989	0,0990	0,92112	0,92078
28	ТК 14-3	ТК 14-4	114	1989	0,0990	0,92112	0,92095
29	ТК 14-4	3/а в ТК 14-4 Секц.	1,09	1989	0,0990	0,92112	0,92104
30	3/а в ТК 14-4 Секц.	ТК 14-5	120	1989	0,0990	0,92112	0,92108
31	ТК 14-5	ТК 14-6	78,5	1970	0,5250	0,87001	0,89554
32	ТК 14-6	3/а в ТК 14-6	0,94	1970	0,5250	0,87001	0,88278
33	3/а в ТК 14-6	Уз. лабор. ЦРБ 14-6а	219,91	1988	0,0990	0,91843	0,90060

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
34	Уз. лабор. ЦРБ 14-6а	Уз. Поликл. ЦРБ 14-6б	62,64	1988	0,0990	0,91843	0,90952
35	Уз. Поликл. ЦРБ 14-6б	Уз. Связь с 350 14-6в	112,65	1988	0,0990	0,91843	0,91397
36	ТК 3-47	З/а от Уз.3-47 К корпусам ЦРБ	1,19	1965	0,5250	0,85656	0,88527
37	З/а от Уз.3-47 К корпусам ЦРБ	Уз. 3-47б	3,17	1965	0,5250	0,85656	0,87091
38	Уз. Связь с 350 14-6в		1	1970	0,5250	0,87001	0,87046
Итого по расчетному участку							0,87046



Рис. 2.1.7. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от ТЭЦ-3 до Уз 3-47 основная



Рис. 2.1.8. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от ТЭЦ-3 до Уз 3-47 резерв

Из анализа рис. 2.1.7 и 2.1.7 следует, что тепловая магистраль Кировская ТЭЦ-3 – Уз 3-47 обладает неудовлетворительными показателями безаварийной работы, т.к. значения вероятностей безаварийной работы отдельных её участков не соответствуют допустимым значениям.

Поскольку вероятность безотказной работы некоторых участков меньше допустимых, для повышения надёжности рекомендуется произвести перекладку трубопроводов тепломагистрали от ТК 3-42 до 3-47 и от 7ТК-4 до 7ТК-9.

2.1.3. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ПМК-6

Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ПМК-6 тепловой сети г. Кирово-Чепецк представлен на рис. 2.1.9. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепловой магистрали за базовый (2017) год приведены в табл. 2.1.3. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепловой магистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.1.10.

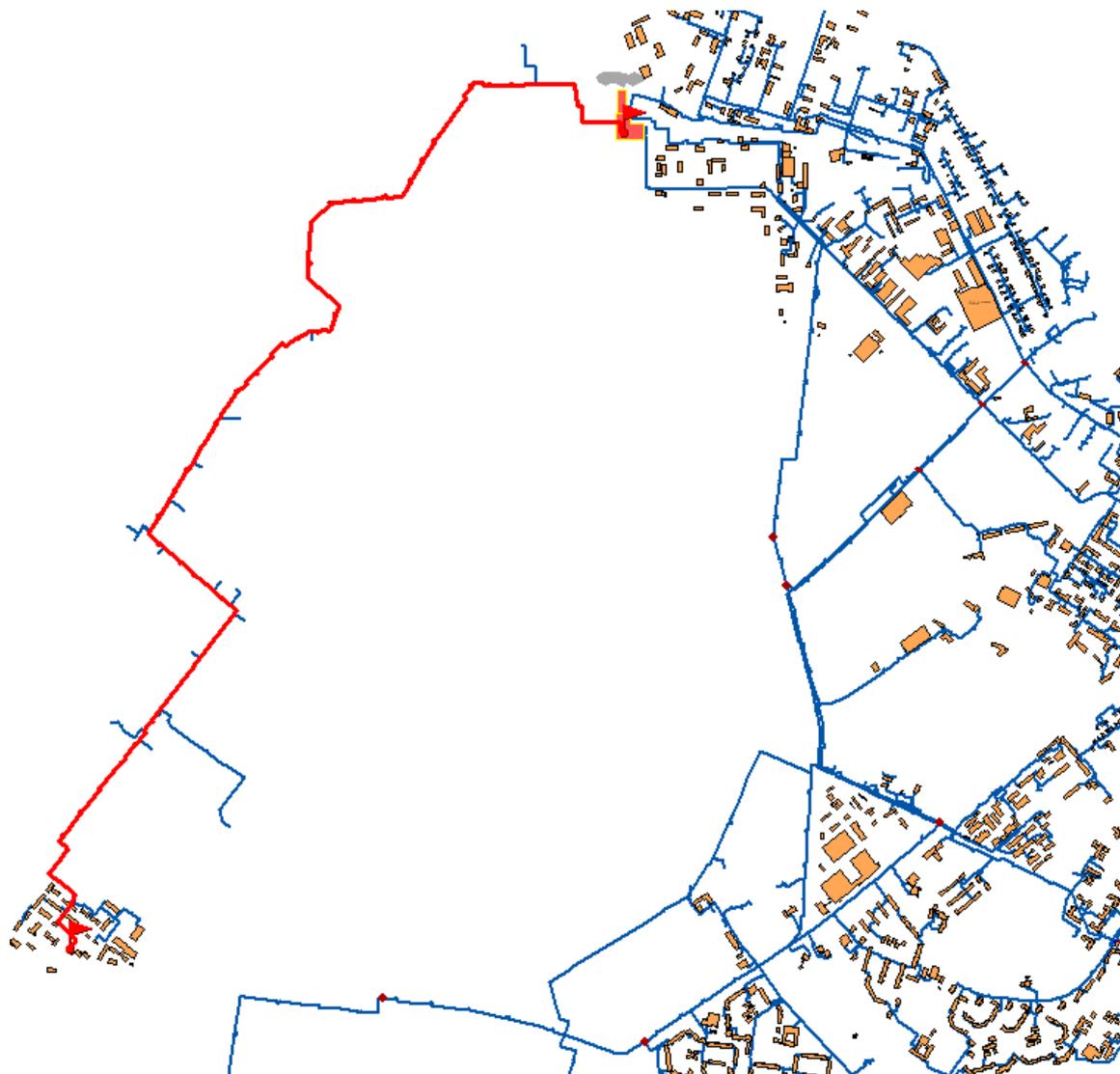


Рис. 2.1.9. Расчетный участок теплосети Кировской ТЭЦ-3 до ПМК-6

Таблица 2.1.3

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
Основная магистраль							
1	ТЭЦ	11НО-7	243	1976	0,5250	0,88615	0,99980
2	11НО-7	VI-16 11 НО-9 с/задвижка	136,15	2010	0,0500	0,97761	0,98870
3	11НО-10	11НО-11	109,1	2010	0,0500	0,97761	0,98316
4	VI-16 11 НО-9 с/задвижка	11НО-10	1,5	2010	0,0500	0,97761	0,98038

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
5	11НО-11	VI-18 11 НО-9 с/задвижка	1,5	1976	0,5250	0,88615	0,93327
6	VI-18 11 НО-9 с/задвижка	11НО-15	478,2	1976	0,5250	0,88615	0,90971
7	11НО-15	11НО-18 Павильон	302,05	1976	0,5250	0,88615	0,89793
8	11НО-18 Павильон	11НО-24	1,5	1976	0,5250	0,88615	0,89204
9	11НО-24	VI-3 VI-4 11НО-30	549,35	1976	0,5250	0,88615	0,88909
10	11НО-30	11НО-32	220,25	1976	0,5250	0,88615	0,88762
11	VI-3 VI-4 11НО-30	11НО-30	2,49	1976	0,5250	0,88615	0,88689
12	11НО-32	11НО-34	193,65	1976	0,5250	0,88615	0,88652
13	11НО-34	11НО-35-1	156,38	1976	0,5250	0,88615	0,88633
14	11НО-35-1	11НО-35-2	2,31	1976	0,5250	0,88615	0,88624
15	11НО-35-2	VI-6, 5 от Уз. 11НО-35-2	4	1976	0,5250	0,88615	0,88620
16	VI-6, 5 от Уз. 11НО-35-2	11НО-42	98,48	1976	0,5250	0,88615	0,88617
17	11НО-42	11НО-46	210,61	1976	0,5250	0,88615	0,88616
18	11НО-46	11НО-47	80,63	1976	0,5250	0,88615	0,88616
19	11НО-47	11НО-49	93,25	1976	0,5250	0,88615	0,88615
20	11НО-49	11НО-50	46,62	1976	0,5250	0,88615	0,88615
21	11НО-50	11НО-54	252,18	1976	0,5250	0,88615	0,88615
22	11НО-54	11НО-57	241,36	1976	0,5250	0,88615	0,88615
23	11НО-57	11НО-58	82,9	1976	0,5250	0,88615	0,88615
24	11НО-58	перемычка 11НО-59	22,45	1976	0,5250	0,88615	0,88615
25	11НО-59	V-7,8 11НО-59 Отп.к ПМК-2	0,97	1976	0,5250	0,88615	0,88615
26	перемычка 11НО-59	11НО-59	1,14	1976	0,5250	0,88615	0,88615
27	V-7,8 11НО-59 Отп.к ПМК-2	11П-ПМК Секц. №1,2	920	1976	0,5250	0,88615	0,88615
28	11П-ПМК Секц. №1,2	перемычка ЦП. Т1, №5	2,5	1992	0,0990	0,92919	0,90767
29	Уз. ПУ ПМК-1	З/а от Уз. ПУ ПМК-1 №11,12	30	1992	0,0990	0,92919	0,91843
30	перемычка ЦП. Т1, №5	11П-ПМК Секц. №3,4	2,5	1992	0,0990	0,92919	0,92381
31	11П-ПМК Секц. №3,4	Уз. ПУ ПМК-1	2,5	1992	0,0990	0,92919	0,92650
32	З/а от Уз. ПУ ПМК-1 №11,12	Уз. 1 ПМК-2	30	1992	0,0990	0,92919	0,92785
33	Уз. 1 ПМК-2	Уз. ПМК-10	34	1992	0,0990	0,92919	0,92852
34	Уз. ПМК-10	Уз. Мелтораторов	166	1992	0,0990	0,92919	0,92885
35	Уз. Мелтораторов	Уз. ПМК-6	39	1970	0,5250	0,87001	0,89943
Итого по расчетному участку							0,89943

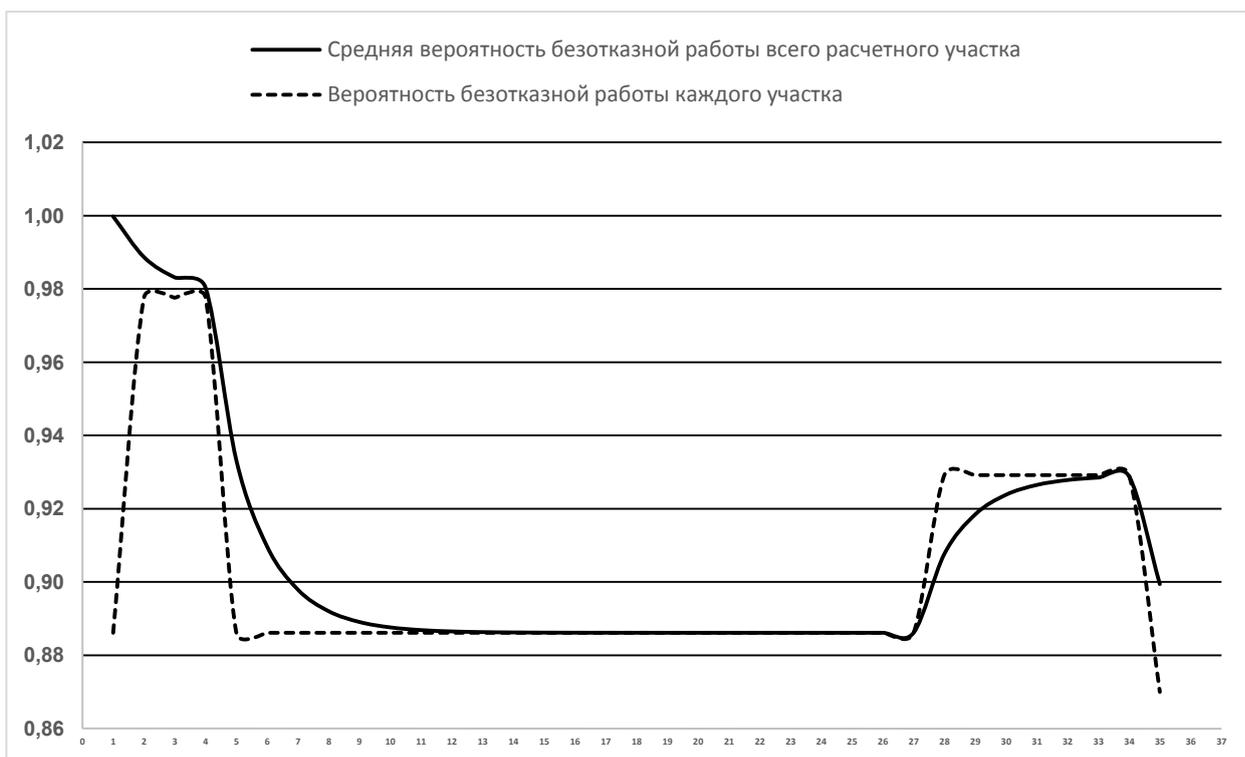


Рис. 2.1.10. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от Кировской ТЭЦ-3 до ПМК-6

Из анализа рис. 2.1.10 следует, что показатели надёжности тепловой магистрали Кировская ТЭЦ-3 – ПМК-6 не удовлетворяет нормативным значениям. Рекомендуется перекладка всей тепловой магистрали кроме участка 11НО-8 – 11НО-11. После выполнения перекладок тепловая магистраль Кировская ТЭЦ-3 – ТК-8 будет обладать допустимыми показателями безаварийной работы вплоть до 2032 г.

2.1.4. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 5-12

Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК 5-12 тепловой сети г. Кирово-Чепецк представлен на рис. 2.1.11, резервный участок на рис. 2.1.12. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепловой магистрали за базовый (2017) год приведены в табл. 2.1.4. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепловой магистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.1.13, для резервного участка – на рис. 2.1.14.



Рис. 2.1.11. Расчетный участок теплосети Кировской ТЭЦ-3 до ТК 5-12



Рис. 2.1.12. Резервный участок теплосети Кировской ТЭЦ-3 до ТК 5-12

Таблица 2.1.4

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
Основная магистраль							
1	Уз. 6НО-10	Уз. 6НО-13	255,6	1961	0,5250	0,84580	0,99980
2	Уз. 6НО-10	0-61 0-62 Уз.6НО-10	1,38	2007	0,0500	0,96954	0,98467
3	0-61 0-62 Уз.6НО-10	3/а в ТК А-1	100,05	2007	0,0500	0,96954	0,97710
4	Уз. 6НО-13	Уз. 6НО-14	98	1961	0,5250	0,84580	0,91145
5	ТК 6-01	ТК-2М	7	1961	0,5250	0,84580	0,87863
6	Уз. 6НО-14	ТК 6-01	2	1961	0,5250	0,84580	0,86221
7	ТК-2М	ТК 2М'	35,94	1961	0,5250	0,84580	0,85401
8	ТК 2М'	ТК 6-02	203	1961	0,5250	0,84580	0,84990
9	3/а в ТК А-1	ТК А-1	1,5	2007	0,0500	0,96954	0,90972

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
10	ТК 6-02	Уз. от ТК 6-02 перех.	7	1961	0,5250	0,84580	0,87776
11	Уз. от ТК 6-02 перех.	Уз. от ТК 6-02 перех.	22,8	1961	0,5250	0,84580	0,86178
12	Уз. от ТК 6-02 перех.	Уз. 6НО-23	346,4	1961	0,5250	0,84580	0,85379
13	Уз. 6НО-23	ТК 6-03	188,8	1961	0,5250	0,84580	0,84980
14	ТК 6-03	ТК 6-03	21,5	1961	0,5250	0,84580	0,84780
15	ТК 6-03	ТК 6-04	90,5	1961	0,5250	0,84580	0,84680
16	ТК 6-04	ТК 6-04 - подпорн.стенка	13,5	1961	0,5250	0,84580	0,84630
17	ТК 6-04 - подпорн.стенка	Уз. 6НО-28	183	1961	0,5250	0,84580	0,84605
18	Уз. 6НО-28	Уз. на Модуль	25	1961	0,5250	0,84580	0,84592
19	Уз. на Модуль	Уз. 6НО-28	231	1961	0,5250	0,84580	0,84586
20	опуск перед ТК 6-05	ТК 6-05	30	1961	0,5250	0,84580	0,84583
21	ТК 6-05	ТК 6-05а	143	1961	0,5250	0,84580	0,84582
22	ТК 6-05а	ТК 6-06	57	1961	0,5250	0,84580	0,84581
23	6 Павильон 1	II-39 II-40 в 6 Павильон 1	1,46	1989	0,0990	0,92112	0,88346
24	ТК 6-06	перемычка 6Пав1 от 6-06	4,3	1961	0,5250	0,84580	0,86463
25	II-39 II-40 в 6 Павильон 1	Уз. 6ПАВ-1-1	1	1989	0,0990	0,92112	0,89288
26	перемычка 6Пав1 от 6-06	6 Павильон 1	5	1961	0,5250	0,84580	0,86934
27	перемычка 6Пав1 к 6-07	ТК 6-09	185,2	1989	0,0990	0,92112	0,89523
28	Уз. 6ПАВ-1-1	перемычка 6Пав1 к 6-07	0,8	1989	0,0990	0,92112	0,90817
29	ТК 6-09	ТК 6-10	147,8	1989	0,0990	0,92112	0,91465
30	ТК 6-10	ТК 6-11	124,8	1989	0,0990	0,92112	0,91788
31	ТК 6-11	ТК 6-12	87	1989	0,0990	0,92112	0,91950
32	ТК 6-12	ТК 6-13	6	1989	0,0990	0,92112	0,92031
33	ТК 6-13	ТК 6-14	74	1989	0,0990	0,92112	0,92072
34	ТК 6-14	ТК 6-15	97	1989	0,0990	0,92112	0,92092
35	ТК 6-15	ТК 6-16	179	1989	0,0990	0,92112	0,92102
36	ТК 6-16	ТК 6-17	94	1989	0,0990	0,92112	0,92107
37	ТК 6-17	Уз. 4-10-2	48	1989	0,0990	0,92112	0,92109
38	Уз. 4-10-2	Уз НПС-1-1	5	1962	0,5250	0,84849	0,88479
39	Уз. 4-10-1	ТК 4-11	44	1960	0,5250	0,84311	0,86395
40	Уз. 4-10-1	Уз НПС-1-4	5	1960	0,5250	0,84311	0,85353
41	Уз НПС-1-1	2-7	0,7	1962	0,5250	0,84849	0,85101
42	2-7	Уз НПС-1-2	0,7	1962	0,5250	0,84849	0,84975
43	Уз НПС-1-2	Клапан рассечки	0,82	1962	0,5250	0,84849	0,84912
44	Клапан рассечки	Уз НПС-1-3	1,3	1962	0,5250	0,84849	0,84881

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
45	2-9 от Уз.НПС-1-3	Уз НПС-1-3	0,77	1962	0,5250	0,84849	0,84865
46	Уз НПС-1-4	2-9 от Уз.НПС-1-3	0,78	1962	0,5250	0,84849	0,84857
47	ТК 4-11	ТК 4-12	80	1998	0,0500	0,94533	0,89695
48	ТК 4-12	ТК 4-13	163	1998	0,0500	0,94533	0,92114
49	ТК 4-13	ТК 4-14	162	1998	0,0500	0,94533	0,93323
50	ТК 4-14	перемычка 4-14	1,92	1960	0,5250	0,84311	0,88817
51	перемычка 4-14	ТК 4-15	75	1960	0,5250	0,84311	0,86564
52	ТК 4-15	ТК 4-15а	76	1960	0,5250	0,84311	0,85438
53	ТК 4-15а	ТК 4-16	73	1960	0,5250	0,84311	0,84874
54	ТК 4-16	ТК 4-17	103	1960	0,5250	0,84311	0,84593
55	ТК 4-17	ТК 4-18	116	1960	0,5250	0,84311	0,84452
56	ТК 4-18	ТК 4-19	87	2010	0,0500	0,97761	0,91106
57	ТК 4-19	ТК 4-20	100	1998	0,0500	0,94533	0,92820
58	ТК 4-20	2-19 2-20 в ТК 4-20	0,89	1996	0,0641	0,93995	0,93407
59	2-19 2-20 в ТК 4-20	ТК 4-21А	72	1996	0,0641	0,93995	0,93701
60	ТК 4-21А	ТК 4-21	59	1996	0,0641	0,93995	0,93848
61	ТК 4-21	ТК 4-21Б	72	1996	0,0641	0,93995	0,93922
62	ТК 4-21Б	ТК 4-21В	75	1996	0,0641	0,93995	0,93958
63	ТК 4-21В	ТК 4-22	58	1996	0,0641	0,93995	0,93977
64	ТК 4-22	ТК 4-23	56	1996	0,0641	0,93995	0,93986
65	ТК 4-23	ТК 4-24	77	1996	0,0641	0,93995	0,93990
66	ТК 4-24	перемычка 4-25 от 4-24	78	1996	0,0641	0,93995	0,93993
67	ТК 4-25	II-21 II-22 в ТК 4-25	0,27	1996	0,0641	0,93995	0,93994
68	перемычка 4-25 от 4-24	ТК 4-25	1	1996	0,0641	0,93995	0,93994
69	II-21 II-22 в ТК 4-25	перемычка 4-25 к 4-26	1	1996	0,0641	0,93995	0,93995
70	перемычка 4-25 к 4-26	ТК 4-26	76	1996	0,0641	0,93995	0,93995
71	ТК 4-26	ТК 4-27	73	1994	0,0641	0,93457	0,93726
72	ТК 4-27	ТК 4-28	165	1994	0,0641	0,93457	0,93591
73	ТК 4-28	ТК 4-29	50,5	1994	0,0641	0,93457	0,93524
74	ТК 4-29	ТК 4-30	60,5	1994	0,0641	0,93457	0,93491
75	ТК 4-30	ТК 4-31	116	1994	0,0641	0,93457	0,93474
76	ТК 4-31	ТК 4-32	115	1994	0,0641	0,93457	0,93465
77	ТК 4-32	перемычка в сторону ТК 4-32	31	1996	0,0641	0,93995	0,93730
78	ТК 5-12	III-39 III-40 ТК 5-12	0,65	1996	0,0641	0,93995	0,93863
79	III-39 III-40 ТК 5-12	перемычка в сторону ТК 4-32	0,97	1996	0,0641	0,93995	0,93929
Итого по расчетному участку							0,93929

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
Резервная магистраль							
1	ТЭЦ	Уз. т.А отпуск	502	2002	0,0500	0,95609	0,99980
2	Уз. т.А отпуск	ТК 3-01	76	1996	0,0641	0,93995	0,96987
3	ТК 3-01	ТК 3-02	120	1953	0,5250	0,82428	0,89708
4	ТК 3-02	ТК 3-03	193	1953	0,5250	0,82428	0,86068
5	ТК 3-03	ТК 3-04	23	1953	0,5250	0,82428	0,84248
6	ТК 3-04	ТК 3-05	64	1953	0,5250	0,82428	0,83338
7	ТК 3-05	ТК 3-06	40	1953	0,5250	0,82428	0,82883
8	ТК 3-06	перемычка 3-07 от 3-06	112	1985	0,1954	0,91036	0,86959
9	ТК 3-07	Уз. 3-07-2	0,59	1995	0,0641	0,93726	0,90343
10	Уз. 3-07-2	Уз. 3-07-1	0,78	1995	0,0641	0,93726	0,92034
11	Уз. 3-07-3	ТК 3-07	0,2	1985	0,1954	0,91036	0,91535
12	перемычка 3-07 от 3-06	I-1 I-2 в ТК 3-07	0,76	1985	0,1954	0,91036	0,91286
13	I-1 I-2 в ТК 3-07	Уз. 3-07-3	0,83	1985	0,1954	0,91036	0,91161
14	Уз. 3-07-1	перемычка 3-07	1,5	1995	0,0641	0,93726	0,92443
15	перемычка 3-07	перемычка 3-07а	89	1995	0,0641	0,93726	0,93085
16	перемычка 3-07а	I-3 I-4	0,62	1995	0,0641	0,93726	0,93405
17	I-3 I-4	Уз. ТК 3-08а	48	1995	0,0641	0,93726	0,93566
18	Уз. ТК 3-08а	ТК ЗНО-21 см. диам	92	1995	0,0641	0,93726	0,93646
19	ТК ЗНО-21 см. диам	Уз. 3-09А	70	1995	0,0641	0,93726	0,93686
20	Уз. 3-09А	ТК 3-10	74	1995	0,0641	0,93726	0,93706
21	ТК 3-10	Уз. Техдом	7,3	1995	0,0641	0,93726	0,93716
22	Уз. Техдом	3-10а Уз. САХ	120,8	1995	0,0641	0,93726	0,93721
23	3-10а Уз. САХ	сужение 3-11	79,54	1995	0,0641	0,93726	0,93723
24	сужение 3-11	ТК 3-11а	43,6	1995	0,0641	0,93726	0,93725
25	ТК 3-11а	перемычка 3-12 от 3-11	85,15	1995	0,0641	0,93726	0,93725
26	Уз. 6ПАВ1-2	ТК 6-07	100	1961	0,5250	0,84580	0,89153
27	перемычка 6Пав1 к 6-07	ТК 6-09	185,2	1989	0,0990	0,92112	0,90632
28	Уз. 6ПАВ-1-1	перемычка 6Пав1 к 6-07	0,8	1989	0,0990	0,92112	0,91372
29	Уз. 6ПАВ1-2	3/а от Уз. 6ПАВ1-2	7	1989	0,0990	0,92112	0,91742
30	3/а от Уз. 6ПАВ1-2	Уз. 6ПАВ-1-1	1,18	1989	0,0990	0,92112	0,91927
31	ТК 3-12	I-5 I-6 в ТК 3-12	1,03	1995	0,0641	0,93726	0,92827
32	перемычка 3-12 от 3-11	ТК 3-12	2,18	1995	0,0641	0,93726	0,93276
33	перемычка 3-12 к 3-13	ТК 3-13	129	1995	0,0641	0,93726	0,93501
34	I-5 I-6 в ТК 3-12	перемычка 3-12 к 3-13	0,93	1995	0,0641	0,93726	0,93614

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
35	ТК 6-09	ТК 6-10	147,8	1989	0,0990	0,92112	0,92863
36	ТК 3-13	ТК 3-14	120,45	1995	0,0641	0,93726	0,93294
37	ТК 6-10	ТК 6-11	124,8	1989	0,0990	0,92112	0,92703
38	ТК 6-11	ТК 6-12	87	1989	0,0990	0,92112	0,92408
39	ТК 6-12	ТК 6-13	6	1989	0,0990	0,92112	0,92260
40	ТК 6-13	ТК 6-14	74	1989	0,0990	0,92112	0,92186
41	ТК 3-14	ТК 3-15	198,6	1995	0,0641	0,93726	0,92956
42	ТК 6-14	ТК 6-15	97	1989	0,0990	0,92112	0,92534
43	ТК 6-15	ТК 6-16	179	1989	0,0990	0,92112	0,92323
44	ТК 6-16	ТК 6-17	94	1989	0,0990	0,92112	0,92217
45	ТК 3-15	Уз. ТК 3-15а	0,59	1996	0,0641	0,93995	0,93106
46	Уз. ТК 3-15а	перемычка Узловая от 3-15а	43	1996	0,0641	0,93995	0,93551
47	ТК 6-17	Уз. 4-10-2	48	1989	0,0990	0,92112	0,92831
48	Уз. 4-10-2	Уз НПС-1-1	5	1962	0,5250	0,84849	0,88840
49	перемычка Узловая от 3-15а	1-7 1-8 в Павильоне Узловая	1,5	1996	0,0641	0,93995	0,91418
50	1-7 1-8 в Павильоне Узловая	Павильон Узловая ТК-1	3,5	1996	0,0641	0,93995	0,92706
51	Уз. 4-10-1	ТК 4-11	44	1960	0,5250	0,84311	0,88509
52	Уз. 4-10-1	Уз НПС-1-4	5	1960	0,5250	0,84311	0,86410
53	Уз НПС-1-1	2-7	0,7	1962	0,5250	0,84849	0,85629
54	2-7	Уз НПС-1-2	0,7	1962	0,5250	0,84849	0,85239
55	Уз НПС-1-2	Клапан рассечки	0,82	1962	0,5250	0,84849	0,85044
56	Клапан рассечки	Уз НПС-1-3	1,3	1962	0,5250	0,84849	0,84947
57	2-9 от Уз.НПС-1-3	Уз НПС-1-3	0,77	1962	0,5250	0,84849	0,84898
58	Уз НПС-1-4	2-9 от Уз.НПС-1-3	0,78	1962	0,5250	0,84849	0,84873
59	ТК 4-11	ТК 4-12	80	1998	0,0500	0,94533	0,89703
60	ТК 4-12	ТК 4-13	163	1998	0,0500	0,94533	0,92118
61	ТК 4-13	ТК 4-14	162	1998	0,0500	0,94533	0,93326
62	ТК 4-14	перемычка 4-14	1,92	1960	0,5250	0,84311	0,88818
63	перемычка 4-14	ТК 4-15	75	1960	0,5250	0,84311	0,86565
64	ТК 4-15	ТК 4-15а	76	1960	0,5250	0,84311	0,85438
65	ТК 4-15а	ТК 4-16	73	1960	0,5250	0,84311	0,84874
66	ТК 4-16	ТК 4-17	103	1960	0,5250	0,84311	0,84593
67	ТК 6-07	ТК 6-08	96	1961	0,5250	0,84580	0,84586
68	ТК 4-17	ТК 4-18	116	1960	0,5250	0,84311	0,84449
69	ТК 4-18	ТК 4-19	87	2010	0,0500	0,97761	0,91105
70	ТК 4-19	ТК 4-20	100	1998	0,0500	0,94533	0,92819
71	ТК 4-20	2-19 2-20 в ТК 4-20	0,89	1996	0,0641	0,93995	0,93407

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
72	2-19 2-20 в ТК 4-20	ТК 4-21А	72	1996	0,0641	0,93995	0,93701
73	ТК 4-21А	ТК 4-21	59	1996	0,0641	0,93995	0,93848
74	ТК 4-21	ТК 4-21Б	72	1996	0,0641	0,93995	0,93921
75	ТК 4-21Б	ТК 4-21В	75	1996	0,0641	0,93995	0,93958
76	ТК 4-21В	ТК 4-22	58	1996	0,0641	0,93995	0,93977
77	ТК 6-08	II-1 II-2 в Павильон Узловая	34,4	1961	0,5250	0,84580	0,89278
78	ТК 4-22	ТК 4-23	56	1996	0,0641	0,93995	0,91637
79	ТК 4-23	ТК 4-24	77	1996	0,0641	0,93995	0,92816
80	ТК 4-24	перемычка 4-25 от 4-24	78	1996	0,0641	0,93995	0,93405
81	II-1 II-2 в Павильон Узловая	Павильон Узловая ТК-1	2,65	1961	0,5250	0,84580	0,88993
82	ТК 4-25	II-21 II-22 в ТК 4-25	0,27	1996	0,0641	0,93995	0,91494
83	перемычка 4-25 от 4-24	ТК 4-25	1	1996	0,0641	0,93995	0,92744
84	II-21 II-22 в ТК 4-25	перемычка 4-25 к 4-26	1	1996	0,0641	0,93995	0,93370
85	перемычка 4-25 к 4-26	ТК 4-26	76	1996	0,0641	0,93995	0,93682
86	ТК 4-26	ТК 4-27	73	1994	0,0641	0,93457	0,93570
87	ТК 4-27	ТК 4-28	165	1994	0,0641	0,93457	0,93513
88	ТК 4-28	ТК 4-29	50,5	1994	0,0641	0,93457	0,93485
89	ТК 4-29	ТК 4-30	60,5	1994	0,0641	0,93457	0,93471
90	ТК 4-30	ТК 4-31	116	1994	0,0641	0,93457	0,93464
91	ТК 4-31	ТК 4-32	115	1994	0,0641	0,93457	0,93461
92	ТК 4-32	перемычка в сторону ТК 4-32	31	1996	0,0641	0,93995	0,93728
93	ТК 5-12	III-39 III-40 ТК 5-12	0,65	1996	0,0641	0,93995	0,93861
94	III-39 III-40 ТК 5-12	перемычка в сторону ТК 4-32	0,97	1996	0,0641	0,93995	0,93928
Итого по расчетному участку							0,93928

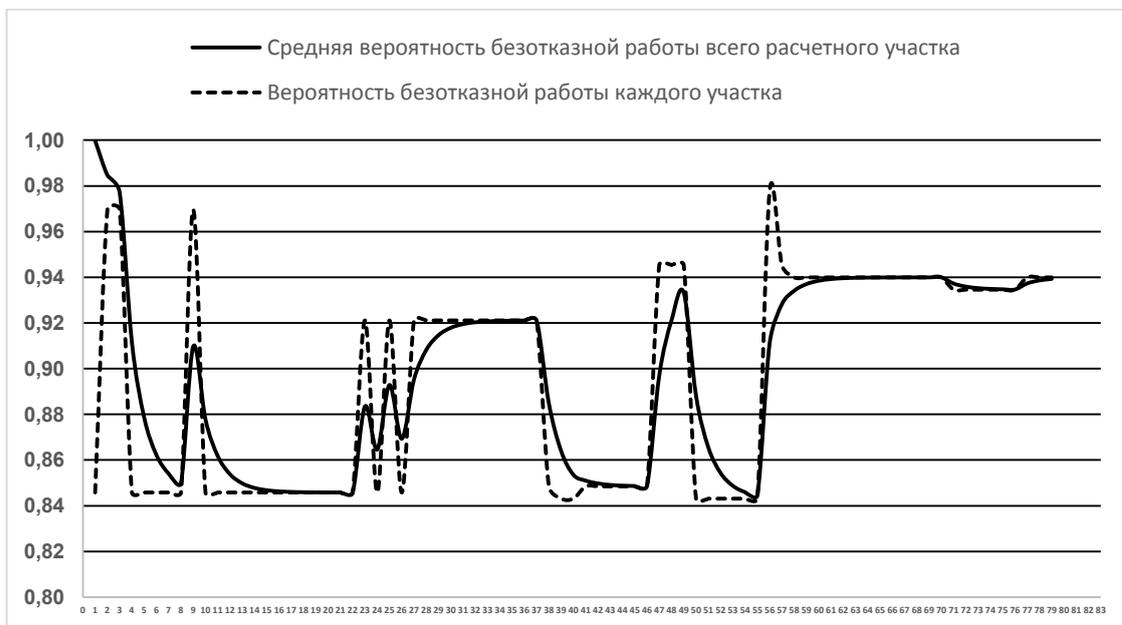


Рис. 2.1.13 Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от ТЭЦ-3 до 5-12 основная



Рис. 2.1.14 Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от ТЭЦ-3 до 5-12 резерв

Из анализа рис. 2.1.13 – 2.1.14 видно, что тепломагистраль ТЭЦ-3 – ТК 5-12 обладает показателями безаварийной работы, соответствующие нормативным значениям, однако, значения вероятности безаварийной работы отдельных её участков близко к значениям, не соответствующим нормативным. Это вызвано продолжительным сроком службы отдельных участков – более 50 лет. Для достижения коэффициента надежности, удовлетворяющего нормативным значениям, необходимо в период 2018-2033 гг. произвести перекладку некоторых участков тепловых магистралей, перечень которых указан в табл. 2.1.5.

Таблица 2.1.5

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Срок эксплуатации
1	Уз. 6НО-10	Уз. 6НО-13	255,6	1961	56

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Срок эксплуатации
2	Уз. 6НО-13	Уз. 6НО-14	98	1961	56
3	ТК 6-01	ТК-2М	7	1961	56
4	Уз. 6НО-14	ТК 6-01	2	1961	56
5	ТК-2М	ТК 2М'	35,94	1961	56
6	ТК 2М'	ТК 6-02	203	1961	56
7	ТК 6-02	Уз. от ТК 6-02 перех.	7	1961	56
8	Уз. от ТК 6-02 перех.	Уз. от ТК 6-02 перех.	22,8	1961	56
9	Уз. от ТК 6-02 перех.	Уз. 6НО-23	346,4	1961	56
10	Уз. 6НО-23	ТК 6-03	188,8	1961	56
11	ТК 6-03	ТК 6-03	21,5	1961	56
12	ТК 6-03	ТК 6-04	90,5	1961	56
13	ТК 6-04	ТК 6-04 - подпорн.стенка	13,5	1961	56
14	ТК 6-04 - подпорн.стенка	Уз. 6НО-28	183	1961	56
15	Уз. 6НО-28	Уз. на Модуль	25	1961	56
16	Уз. на Модуль	Уз. 6НО-28	231	1961	56
17	опуск перед ТК 6-05	ТК 6-05	30	1961	56
18	ТК 6-05	ТК 6-05а	143	1961	56
19	ТК 6-05а	ТК 6-06	57	1961	56
20	ТК 6-06	перемычка 6Пав1 от 6-06	4,3	1961	56
21	перемычка 6Пав1 от 6-06	6 Павильон 1	5	1961	56
22	Уз. 4-10-2	Уз НПС-1-1	5	1962	55
23	Уз. 4-10-1	ТК 4-11	44	1960	57
24	Уз. 4-10-1	Уз НПС-1-4	5	1960	57
25	Уз НПС-1-1	2-7	0,7	1962	55
26	2-7	Уз НПС-1-2	0,7	1962	55
27	Уз НПС-1-2	Клапан рассечки	0,82	1962	55
28	Клапан рассечки	Уз НПС-1-3	1,3	1962	55
29	2-9 от Уз.НПС-1-3	Уз НПС-1-3	0,77	1962	55
30	Уз НПС-1-4	2-9 от Уз.НПС-1-3	0,78	1962	55
31	ТК 4-14	перемычка 4-14	1,92	1960	57
32	перемычка 4-14	ТК 4-15	75	1960	57
33	ТК 4-15	ТК 4-15а	76	1960	57
34	ТК 4-15а	ТК 4-16	73	1960	57
35	ТК 4-16	ТК 4-17	103	1960	57
36	ТК 4-17	ТК 4-18	116	1960	57
37	ТК 3-01	ТК 3-02	120	1953	64
38	ТК 3-02	ТК 3-03	193	1953	64
39	ТК 3-03	ТК 3-04	23	1953	64
40	ТК 3-04	ТК 3-05	64	1953	64
41	ТК 3-05	ТК 3-06	40	1953	64
42	Уз. 6ПАВ1-2	ТК 6-07	100	1961	56
43	Уз. 4-10-2	Уз НПС-1-1	5	1962	55
44	Уз. 4-10-1	ТК 4-11	44	1960	57
45	Уз. 4-10-1	Уз НПС-1-4	5	1960	57

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Срок эксплуатации
46	Уз НПС-1-1	2-7	0,7	1962	55
47	2-7	Уз НПС-1-2	0,7	1962	55
48	Уз НПС-1-2	Клапан рассечки	0,82	1962	55
49	Клапан рассечки	Уз НПС-1-3	1,3	1962	55
50	2-9 от Уз.НПС-1-3	Уз НПС-1-3	0,77	1962	55
51	Уз НПС-1-4	2-9 от Уз.НПС-1-3	0,78	1962	55
52	ТК 4-14	перемычка 4-14	1,92	1960	57
53	перемычка 4-14	ТК 4-15	75	1960	57
54	ТК 4-15	ТК 4-15а	76	1960	57
55	ТК 4-15а	ТК 4-16	73	1960	57
56	ТК 4-16	ТК 4-17	103	1960	57
57	ТК 6-07	ТК 6-08	96	1961	56
58	ТК 4-17	ТК 4-18	116	1960	57
59	ТК 6-08	II-1 II-2 в Павильон Узловая	34,4	1961	56
60	II-1 II-2 в Павильон Узловая	Павильон Узловая ТК-1	2,65	1961	56

2.1.5. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК-4-32

Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК-4-32 тепловой сети г. Кирово-Чепецк представлен на рис. 2.1.15, резервный на рис. 2.1.16. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепловой магистрали за базовый (2017) год приведены в табл. 2.1.6. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепловой магистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.1.17, для резервного участка – на рис. 2.1.18.

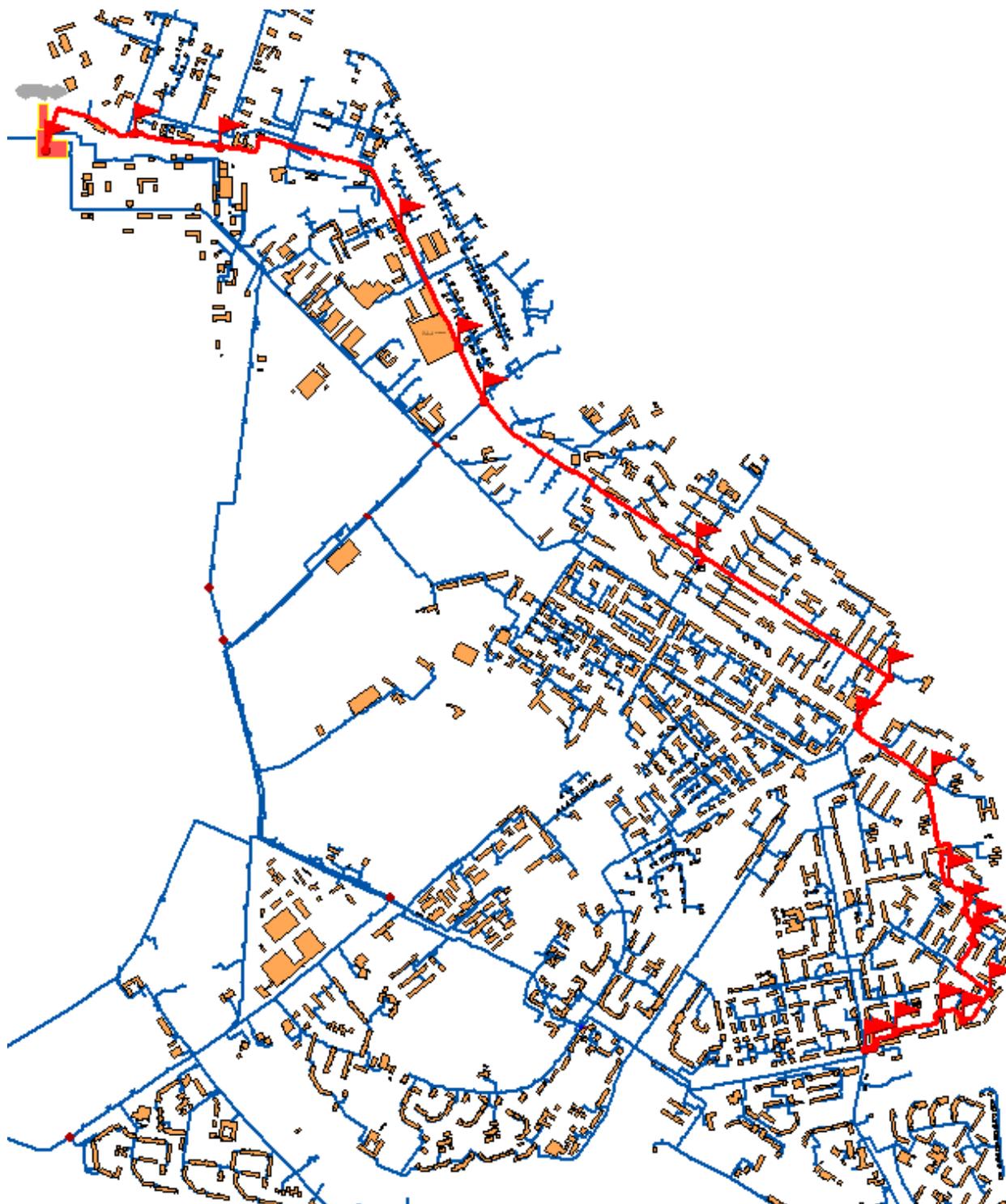


Рис. 2.1.15. Расчетный участок теплосети Кировской ТЭЦ-3 до ТК-4-32



Рис. 2.1.16. Расчетный участок теплосети Кировской ТЭЦ-3 до ТК-4-32

Таблица 2.1.6

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
Основная магистраль							
1	ТЭЦ	Уз. т.А отпуск	502	2002	0,050	0,95609	0,99980
2	Уз. т.А отпуск	ТК 3-01	76	1996	0,064	0,93995	0,96987
3	ТК 3-01	ТК 3-02	120	1953	0,525	0,82428	0,89708
4	ТК 3-02	ТК 3-03	193	1953	0,525	0,82428	0,86068
5	ТК 3-03	ТК 3-04	23	1953	0,525	0,82428	0,84248
6	ТК 3-04	ТК 3-05	64	1953	0,525	0,82428	0,83338
7	ТК 3-05	ТК 3-06	40	1953	0,525	0,82428	0,82883
8	ТК 3-06	перемычка 3-07 от 3-06	112	1985	0,195	0,91036	0,86959

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
9	ТК 3-07	Уз. 3-07-2	0,59	1995	0,064	0,93726	0,90343
10	Уз. 3-07-2	Уз. 3-07-1	0,78	1995	0,064	0,93726	0,92034
11	Уз. 3-07-3	ТК 3-07	0,2	1985	0,195	0,91036	0,91535
12	перемычка 3-07 от 3-06	I-1 I-2 в ТК 3-07	0,76	1985	0,195	0,91036	0,91286
13	I-1 I-2 в ТК 3-07	Уз. 3-07-3	0,83	1985	0,195	0,91036	0,91161
14	Уз. 3-07-1	перемычка 3-07	1,5	1995	0,064	0,93726	0,92443
15	перемычка 3-07	перемычка 3-07а	89	1995	0,064	0,93726	0,93085
16	перемычка 3-07а	I-3 I-4	0,62	1995	0,064	0,93726	0,93405
17	I-3 I-4	Уз. ТК 3-08а	48	1995	0,064	0,93726	0,93566
18	Уз. ТК 3-08а	ТК ЗНО-21 см. диам	92	1995	0,064	0,93726	0,93646
19	ТК ЗНО-21 см. диам	Уз. 3-09А	70	1995	0,064	0,93726	0,93686
20	Уз. 3-09А	ТК 3-10	74	1995	0,064	0,93726	0,93706
21	ТК 3-10	Уз. Техдом	7,3	1995	0,064	0,93726	0,93716
22	Уз. Техдом	3-10а Уз. САХ	120,8	1995	0,064	0,93726	0,93721
23	3-10а Уз. САХ	сужение 3-11	79,54	1995	0,064	0,93726	0,93723
24	сужение 3-11	ТК 3-11а	43,6	1995	0,064	0,93726	0,93725
25	ТК 3-11а	перемычка 3-12 от 3-11	85,15	1995	0,064	0,93726	0,93725
26	Уз. 6ПАВ1-2	ТК 6-07	100	1961	0,525	0,84580	0,89153
27	перемычка 6Пав1 к 6-07	ТК 6-09	185,2	1989	0,099	0,92112	0,90632
28	Уз. 6ПАВ-1-1	перемычка 6Пав1 к 6-07	0,8	1989	0,099	0,92112	0,91372
29	Уз. 6ПАВ1-2	3/а от Уз. 6ПАВ1-2	7	1989	0,099	0,92112	0,91742
30	3/а от Уз. 6ПАВ1-2	Уз. 6ПАВ-1-1	1,18	1989	0,099	0,92112	0,91927
31	ТК 3-12	I-5 I-6 в ТК 3-12	1,03	1995	0,064	0,93726	0,92827
32	перемычка 3-12 от 3-11	ТК 3-12	2,18	1995	0,064	0,93726	0,93276
33	перемычка 3-12 к 3-13	ТК 3-13	129	1995	0,064	0,93726	0,93501
34	I-5 I-6 в ТК 3-12	перемычка 3-12 к 3-13	0,93	1995	0,064	0,93726	0,93614
35	ТК 6-09	ТК 6-10	147,8	1989	0,099	0,92112	0,92863
36	ТК 3-13	ТК 3-14	120,45	1995	0,064	0,93726	0,93294
37	ТК 6-10	ТК 6-11	124,8	1989	0,099	0,92112	0,92703
38	ТК 6-11	ТК 6-12	87	1989	0,099	0,92112	0,92408
39	ТК 6-12	ТК 6-13	6	1989	0,099	0,92112	0,92260
40	ТК 6-13	ТК 6-14	74	1989	0,099	0,92112	0,92186
41	ТК 3-14	ТК 3-15	198,6	1995	0,064	0,93726	0,92956
42	ТК 6-14	ТК 6-15	97	1989	0,099	0,92112	0,92534
43	ТК 6-15	ТК 6-16	179	1989	0,099	0,92112	0,92323
44	ТК 6-16	ТК 6-17	94	1989	0,099	0,92112	0,92217
45	ТК 3-15	Уз. ТК 3-15а	0,59	1996	0,064	0,93995	0,93106

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
46	Уз. ТК 3-15а	перемычка Узловая от 3-15а	43	1996	0,064	0,93995	0,93551
47	ТК 6-17	Уз. 4-10-2	48	1989	0,099	0,92112	0,92831
48	Уз. 4-10-2	Уз НПС-1-1	5	1962	0,525	0,84849	0,88840
49	перемычка Узловая от 3-15а	I-7 I-8 в Павильоне Узловая	1,5	1996	0,064	0,93995	0,91418
50	I-7 I-8 в Павильоне Узловая	Павильон Узловая ТК-1	3,5	1996	0,064	0,93995	0,92706
51	Уз. 4-10-1	ТК 4-11	44	1960	0,525	0,84311	0,88509
52	Уз. 4-10-1	Уз НПС-1-4	5	1960	0,525	0,84311	0,86410
53	Уз НПС-1-1	2-7	0,7	1962	0,525	0,84849	0,85629
54	2-7	Уз НПС-1-2	0,7	1962	0,525	0,84849	0,85239
55	Уз НПС-1-2	Клапан рассечки	0,82	1962	0,525	0,84849	0,85044
56	Клапан рассечки	Уз НПС-1-3	1,3	1962	0,525	0,84849	0,84947
57	2-9 от Уз.НПС-1-3	Уз НПС-1-3	0,77	1962	0,525	0,84849	0,84898
58	Уз НПС-1-4	2-9 от Уз.НПС-1-3	0,78	1962	0,525	0,84849	0,84873
59	ТК 4-11	ТК 4-12	80	1998	0,050	0,94533	0,89703
60	ТК 4-12	ТК 4-13	163	1998	0,050	0,94533	0,92118
61	ТК 4-13	ТК 4-14	162	1998	0,050	0,94533	0,93326
62	ТК 4-14	перемычка 4-14	1,92	1960	0,525	0,84311	0,88818
63	перемычка 4-14	ТК 4-15	75	1960	0,525	0,84311	0,86565
64	ТК 4-15	ТК 4-15а	76	1960	0,525	0,84311	0,85438
65	ТК 4-15а	ТК 4-16	73	1960	0,525	0,84311	0,84874
66	ТК 4-16	ТК 4-17	103	1960	0,525	0,84311	0,84593
67	ТК 6-07	ТК 6-08	96	1961	0,525	0,84580	0,84586
68	ТК 4-17	ТК 4-18	116	1960	0,525	0,84311	0,84449
69	ТК 4-18	ТК 4-19	87	2010	0,050	0,97761	0,91105
70	ТК 4-19	II-17 II-18 в ТК 4-19	1,2	1965	0,525	0,85656	0,88380
71	II-17 II-18 в ТК 4-19	ТК 2-01	140,47	1965	0,525	0,85656	0,87018
72	ТК 2-01	ТК 2-02	83	1965	0,525	0,85656	0,86337
73	ТК 6-08	II-1 II-2 в Павильон Узловая	34,4	1961	0,525	0,84580	0,85459
74	ТК 2-02	ТК 2-03	50	1965	0,525	0,85656	0,85557
75	II-1 II-2 в Павильон Узловая	Павильон Узловая ТК-1	2,65	1961	0,525	0,84580	0,85069
76	ТК 2-03	ТК 2-04	77	1965	0,525	0,85656	0,85362
77	ТК 2-04	2-35 2-36 в ТК 2-04	1,19	1965	0,525	0,85656	0,85509
78	2-35 2-36 в ТК 2-04	ТК 2-05	47,53	1965	0,525	0,85656	0,85583
79	ТК 2-05	ТК 2-06	101	1965	0,525	0,85656	0,85619

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
80	TK 2-06	TK 2-06A	155,5	1965	0,525	0,85656	0,85638
81	TK 2-06A	TK 2-07	53,5	1965	0,525	0,85656	0,85647
82	TK 2-07	TK 2-08	100	1965	0,525	0,85656	0,85651
83	TK 2-08	TK 2-09	110,71	1965	0,525	0,85656	0,85654
84	II-25 II-26 в TK 4-32	TK 2-34	26,19	1965	0,525	0,85656	0,85655
85	TK 4-32	II-25 II-26 в TK 4-32	1,31	1965	0,525	0,85656	0,85655
86	TK 2-34	TK 2-33	83	1965	0,525	0,85656	0,85656
87	TK 2-09	TK 2-10	6	2018	0,079	0,99913	0,92784
88	TK 2-10	TK 2-11	46	1965	0,525	0,85656	0,89220
89	TK 2-11	3/a в TK 2-12	80	1965	0,525	0,85656	0,87438
90	TK 2-33	TK 2-32	36	1965	0,525	0,85656	0,86547
91	TK 2-32	TK 2-31	39,78	1965	0,525	0,85656	0,86102
92	TK 2-12	3/a в TK 2-13	64,98	1966	0,525	0,85925	0,86013
93	3/a в TK 2-12	TK 2-12	1	1966	0,525	0,85925	0,85969
94	TK 2-31	TK 2-30	66,5	1965	0,525	0,85656	0,85813
95	TK 2-13	2-31 2-32 в TK 2-13	1,23	1967	0,525	0,86194	0,86003
96	3/a в TK 2-13	TK 2-13	1,26	1967	0,525	0,86194	0,86099
97	2-31 2-32 в TK 2-13	TK 2-14	44,99	1967	0,525	0,86194	0,86146
98	TK 2-30	3/a в TK 2-30	1,52	1965	0,525	0,85656	0,85901
99	3/a в TK 2-30	TK 2-29	42,58	1965	0,525	0,85656	0,85779
100	TK 2-14	Уз. Лермонтова 14	58	1967	0,525	0,86194	0,85986
101	TK 2-29	TK 2-28	43,12	1965	0,525	0,85656	0,85821
102	Уз. Лермонтова 14	TK 2-22	118	1967	0,525	0,86194	0,86008
103	Уз. Лермонтова 14	Уз. Лермонтова 14	1	1967	0,525	0,86194	0,86101
104	TK 2-28	TK 2-27	54,2	1965	0,525	0,85656	0,85878
105	TK 2-22	3/a в TK 2-23	27,6	2007	0,050	0,96954	0,91416
106	TK 2-23	TK 2-24	65,8	1967	0,525	0,86194	0,88805
107	3/a в TK 2-23	TK 2-23	1,4	2007	0,050	0,96954	0,92880
108	TK 2-27	TK 2-26	61	1966	0,525	0,85925	0,89402
109	TK 2-26	3/a в TK 2-26	1,13	1966	0,525	0,85925	0,87664
110	3/a в TK 2-26	TK 2-25	25,04	1966	0,525	0,85925	0,86794
111	3/a в TK 2-25	TK 2-24	49	1966	0,525	0,85925	0,86360
112	TK 2-25	3/a в TK 2-25	1,42	1966	0,525	0,85925	0,86142
Итого по расчетному участку							0,86142
Резервная магистраль							
1	TK 1-08	I-25 I-26 в TK 1-07	127,8	1954	0,525	0,82697	0,99980
2	I-25 I-26 в TK 1-07	TK 1-07	4	2012	0,050	0,98299	0,99139
3	ТЭЦ	Уз. т.А отпуск	502	2002	0,050	0,95609	0,97374
4	Уз. т.А отпуск	TK 3-01	76	1996	0,064	0,93995	0,95685

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
5	ТК 3-01	ТК 3-02	120	1953	0,525	0,82428	0,89056
6	ТК 3-02	ТК 3-03	193	1953	0,525	0,82428	0,85742
7	ТК 3-03	ТК 3-04	23	1953	0,525	0,82428	0,84085
8	ТК 3-04	ТК 3-05	64	1953	0,525	0,82428	0,83257
9	ТК 3-05	ТК 3-06	40	1953	0,525	0,82428	0,82842
10	ТК 3-06	перемычка 3-07 от 3-06	112	1985	0,195	0,91036	0,86939
11	ТК 3-07	Уз. 3-07-2	0,59	1995	0,064	0,93726	0,90333
12	Уз. 3-07-2	Уз. 3-07-1	0,78	1995	0,064	0,93726	0,92029
13	Уз. 3-07-3	ТК 3-07	0,2	1985	0,195	0,91036	0,91533
14	перемычка 3-07 от 3-06	I-1 I-2 в ТК 3-07	0,76	1985	0,195	0,91036	0,91284
15	I-1 I-2 в ТК 3-07	Уз. 3-07-3	0,83	1985	0,195	0,91036	0,91160
16	Уз. 3-07-1	перемычка 3-07	1,5	1995	0,064	0,93726	0,92443
17	перемычка 3-07	перемычка 3-07а	89	1995	0,064	0,93726	0,93085
18	перемычка 3-07а	I-3 I-4	0,62	1995	0,064	0,93726	0,93405
19	I-3 I-4	Уз. ТК 3-08а	48	1995	0,064	0,93726	0,93566
20	Уз. ТК 3-08а	ТК ЗНО-21 см. диам	92	1995	0,064	0,93726	0,93646
21	ТК ЗНО-21 см. диам	Уз. 3-09А	70	1995	0,064	0,93726	0,93686
22	Уз. 3-09А	ТК 3-10	74	1995	0,064	0,93726	0,93706
23	ТК 3-10	Уз. Техдом	7,3	1995	0,064	0,93726	0,93716
24	Уз. Техдом	3-10а Уз. САХ	120,8	1995	0,064	0,93726	0,93721
25	3-10а Уз. САХ	сужение 3-11	79,54	1995	0,064	0,93726	0,93723
26	сужение 3-11	ТК 3-11а	43,6	1995	0,064	0,93726	0,93725
27	ТК 3-11а	перемычка 3-12 от 3-11	85,15	1995	0,064	0,93726	0,93725
28	ТК 3-12	I-5 I-6 в ТК 3-12	1,03	1995	0,064	0,93726	0,93726
29	перемычка 3-12 от 3-11	ТК 3-12	2,18	1995	0,064	0,93726	0,93726
30	перемычка 3-12 к 3-13	ТК 3-13	129	1995	0,064	0,93726	0,93726
31	I-5 I-6 в ТК 3-12	перемычка 3-12 к 3-13	0,93	1995	0,064	0,93726	0,93726
32	ТК 3-13	ТК 3-14	120,45	1995	0,064	0,93726	0,93726
33	ТК 3-14	ТК 3-15	198,6	1995	0,064	0,93726	0,93726
34	ТК 3-15	Уз. ТК 3-15а	0,59	1996	0,064	0,93995	0,93860
35	Уз. ТК 3-15а	перемычка Узловая от 3-15а	43	1996	0,064	0,93995	0,93928
36	перемычка Узловая от 3-15а	I-7 I-8 в Павильоне Узловая	1,5	1996	0,064	0,93995	0,93961
37	I-7 I-8 в Павильоне Узловая	Павильон Узловая ТК-1	3,5	1996	0,064	0,93995	0,93978
38	Павильон Узловая ТК-1	перемычка Узловая к 3-16	5	1996	0,064	0,93995	0,93987
39	перемычка Узловая к 3-16	ТК 3-16	101	1996	0,064	0,93995	0,93991

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
40	ТК 3-16	I-39 I-40 в ТК 3-16 к ТК 3-17	1,15	2010	0,050	0,97761	0,95876
41	I-39 I-40 в ТК 3-16 к ТК 3-17	ТК 3-17	92	2010	0,050	0,97761	0,96818
42	ТК 3-17	ТК 3-17а	60	2010	0,050	0,97761	0,97290
43	ТК 3-17а	ТК 3-18	53	2010	0,050	0,97761	0,97525
44	ТК 3-18	ТК 3-19	127	2005	0,050	0,96416	0,96971
45	ТК 3-19	ТК 3-20	93	2005	0,050	0,96416	0,96693
46	ТК 3-20	ТК 3-20а	21,5	2005	0,050	0,96416	0,96555
47	ТК 3-20а	перемычка 3-21	1,58	2005	0,050	0,96416	0,96485
48	ТК 4-20	2-19 2-20 в ТК 4-20	0,89	1996	0,064	0,93995	0,95240
49	перемычка 3-21	I-9 I-10 в ТК 3-30	125,5	2005	0,050	0,96416	0,95828
50	ТК 4-20	2-15 2-16 в ТК 4-20	1	1956	0,525	0,83235	0,89532
51	2-15 2-16 в ТК 4-20	ТК 1-10	159	1956	0,525	0,83235	0,86383
52	2-19 2-20 в ТК 4-20	ТК 4-21А	72	1996	0,064	0,93995	0,90189
53	ТК 3-30	Уз. ТК 3-30-2	1	2004	0,050	0,96147	0,93168
54	I-9 I-10 в ТК 3-30	ТК 3-30	1,78	2005	0,050	0,96416	0,94792
55	Уз. ТК 3-30-2	ТК 3-31	66,6	2002	0,050	0,95609	0,95201
56	ТК 3-31	перемычка 3-31	0,88	1954	0,525	0,82697	0,88949
57	ТК 4-21А	ТК 4-21	59	1996	0,064	0,93995	0,91472
58	I-11 I-12 в ТК 3-31	ТК 3-32	126	2016	0,079	0,99375	0,95423
59	перемычка 3-31	I-11 I-12 в ТК 3-31	0,88	1954	0,525	0,82697	0,89060
60	ТК 4-21	ТК 4-21Б	72	1996	0,064	0,93995	0,91528
61	ТК 3-32	ТК 3-33	194	2016	0,079	0,99375	0,95451
62	ТК 4-21Б	ТК 4-21В	75	1996	0,064	0,93995	0,94723
63	ТК 4-21В	ТК 4-22	58	1996	0,064	0,93995	0,94359
64	ТК 4-22	ТК 4-23	56	1996	0,064	0,93995	0,94177
65	ТК 4-23	ТК 4-24	77	1996	0,064	0,93995	0,94086
66	ТК 3-33	ТК 3-34	80	2016	0,079	0,99375	0,96731
67	ТК 4-24	перемычка 4-25 от 4-24	78	1996	0,064	0,93995	0,95363
68	ТК 3-34	ТК 3-35	60	2017	0,079	0,99644	0,97503
69	ТК 4-25	II-21 II-22 в ТК 4-25	0,27	1996	0,064	0,93995	0,95749
70	перемычка 4-25 от 4-24	ТК 4-25	1	1996	0,064	0,93995	0,94872
71	II-21 II-22 в ТК 4-25	перемычка 4-25 к 4-26	1	1996	0,064	0,93995	0,94434
72	перемычка 4-25 к 4-26	ТК 4-26	76	1996	0,064	0,93995	0,94214
73	ТК 3-35	I-17 I-18 в ТК 3-36	65	2017	0,079	0,99644	0,96929
74	ТК 3-36	ТК 3-36А	102	2008	0,050	0,97223	0,97076
75	ТК 4-26	ТК 4-27	73	1994	0,064	0,93457	0,95267

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
76	I-17 I-18 в ТК 3-36	ТК 3-36	1,18	2017	0,079	0,99644	0,97455
77	ТК 4-27	ТК 4-28	165	1994	0,064	0,93457	0,95456
78	ТК 3-36А	ТК 3-37	71	2007	0,050	0,96954	0,96205
79	ТК 3-37	I-19 I-20 в ТК 3-37	0,94	1954	0,525	0,82697	0,89451
80	I-19 I-20 в ТК 3-37	ТК 1-01	36	2003	0,050	0,95878	0,92665
81	ТК 1-01	ТК 1-02	84,8	1954	0,525	0,82697	0,87681
82	ТК 4-28	ТК 4-29	50,5	1994	0,064	0,93457	0,90569
83	ТК 4-29	ТК 4-30	60,5	1994	0,064	0,93457	0,92013
84	ТК 4-30	ТК 4-31	116	1994	0,064	0,93457	0,92735
85	ТК 1-02	ТК 1-03	95,2	1954	0,525	0,82697	0,87716
86	ТК 4-31	ТК 4-32	115	1994	0,064	0,93457	0,90586
87	ТК 1-03	I-21 I-22 в ТК 1-03	1,02	1954	0,525	0,82697	0,86642
88	I-21 I-22 в ТК 1-03	ТК 1-04	33,19	1954	0,525	0,82697	0,84669
89	ТК 1-04	ТК 1-05	50	2003	0,050	0,95878	0,90274
90	ТК 1-05	ТК 1-06	124,9	1954	0,525	0,82697	0,86485
91	ТК 1-10	ТК 1-09	65,2	1954	0,525	0,82697	0,84591
92	ТК 1-09	I-27 I-28 в ТК 1-08	22	1954	0,525	0,82697	0,83644
93	I-27 I-28 в ТК 1-08	ТК 1-08	1,22	1954	0,525	0,82697	0,83171
94	I-23 I-24 в ТК 1-06	ТК 1-06	1,28	1954	0,525	0,82697	0,82934
95	ТК 1-07	I-23 I-24 в ТК 1-06	79,2	1954	0,525	0,82697	0,82815
Итого по расчетному участку							0,82815



Рис. 2.1.17. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от ТЭЦ-3 до ТК-4-32 основная

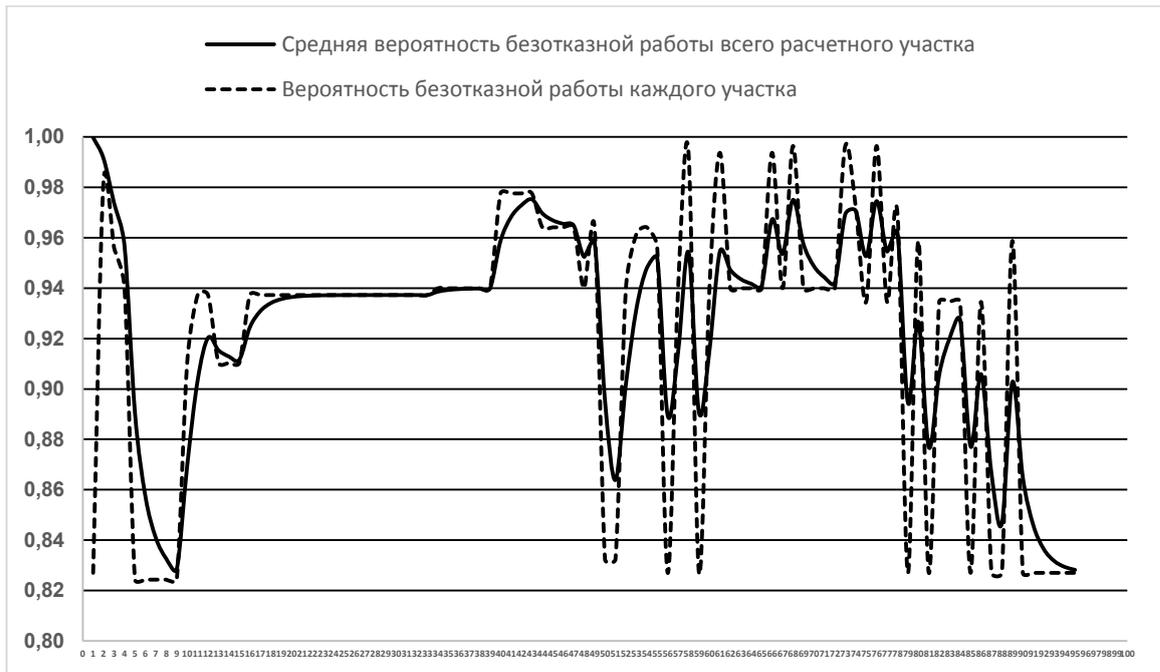


Рис. 2.1.18. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от ТЭЦ-3 до ТК-4-32 резерв

Из анализа рис. 2.1.17, 2.1.18 следует, что тепловая магистраль Кировская ТЭЦ-3 – ТК-4-32 обладает значениями показателями безаварийной работы не соответствующим нормативным. Поэтому рекомендуется частичная перекладка тепловой магистрали, а именно: от ТК 4-10 до ТК 4-18, от ТК 2-01 до ТК 2-28, от ТК 3-01 до ТК 3-07, от ТК 1-01 до ТК 1-09. После выполнения перекладок тепловая магистраль Кировская ТЭЦ-3 – ТК-4-32 будет обладать допустимыми показателями безаварийной работы вплоть до 2033 г

2.1.6. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до 7НО-57

Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до 7НО-57 тепловой сети г. Кирово-Чепецк представлен на рис. 2.1.19. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепловой магистрали за базовый (2017) год приведены в табл. 2.1.7. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепловой магистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.1.20.

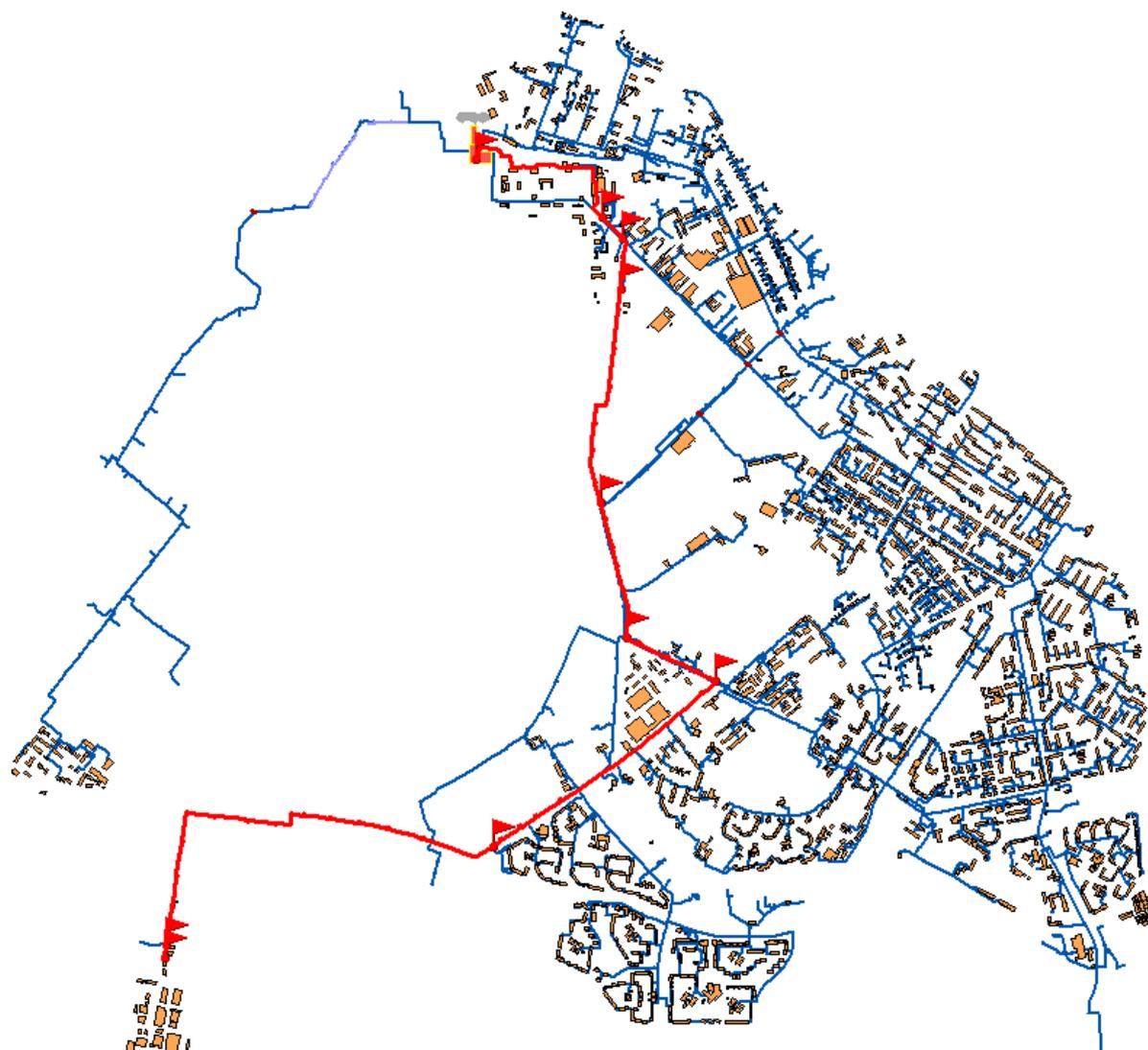


Рис. 2.1.19. Расчетный участок теплосети Кировской ТЭЦ-3 до 7НО-57

Таблица 2.1.7.

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотк. работы
Основная магистраль							
1	ТЭЦ	7ТК-4	779	1977	0,5250	0,88884	0,99980
2	7ТК-4	7ТК-5	92,7	1977	0,5250	0,88884	0,94432
3	7ТК-5	7ТК-6	162	1977	0,5250	0,88884	0,91658
4	7ТК-6	7ТК-7	119,3	1977	0,5250	0,88884	0,90271

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотк. работы
5	7ТК-7	7ТК-8	157	1977	0,5250	0,88884	0,89577
6	7ТК-8	7ТК-9а	175,5	1977	0,5250	0,88884	0,89231
7	7ТК-9	Уз. 7НО-10	147	1977	0,5250	0,88884	0,89057
8	7ТК-9а	7ТК-9	6,5	1977	0,5250	0,88884	0,88971
9	Уз. 7НО-10	III-1,2 в 7П- 1	1068	1977	0,5250	0,88884	0,88927
10	7 Павильон 1	7 Павильон1а	218,1	1972	0,5250	0,87539	0,88233
11	III-1,2 в 7П- 1	7 Павильон 1	2,64	1977	0,5250	0,88884	0,88559
12	7 Павильон 1а	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	823	1972	0,5250	0,87539	0,88049
13	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	331	1977	0,5250	0,88884	0,88466
14	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	7 павильон 2	218	1977	0,5250	0,88884	0,88675
15	7 павильон 2	III-7III-8 в7П-2к ТК 7-01	2,38	1997	0,0641	0,94264	0,91470
16	ТК 7-01	ТК 7-01а	163,9	1997	0,0641	0,94264	0,92867
17	III-7 III-8 в 7П-2 к ТК 7-01	ТК 7-01	11,7	1997	0,0641	0,94264	0,93565
18	ТК 7-01а	ТК 7-02	85,7	1997	0,0641	0,94264	0,93915
19	ТК 7-02	ТК 7-03	101,7	1997	0,0641	0,94264	0,94089
20	ТК 7-03	ТК 7-04	94	1977	0,5250	0,88884	0,91487
21	ТК 7-04	ТК 7-05	98	1977	0,5250	0,88884	0,90185
22	ТК 7-05	ТК 7-06	127,9	2014	0,0636	0,98837	0,94511
23	ТК 7-06	ТК 7-06а	115	1977	0,5250	0,88884	0,91698
24	ТК 7-06а	ТК 7-07	152	1977	0,5250	0,88884	0,90291
25	ТК 7-07	ТК 7-08	182	1978	0,5250	0,89153	0,89722
26	ТК 7-08	ТК 7-09	156	1978	0,5250	0,89153	0,89437
27	ТК 7-09	Уз. РКЦ	251	1980	0,5250	0,89691	0,89564
28	Уз. РКЦ	7 Павильон 3	20	1980	0,5250	0,89691	0,89628
29	7 Павильон 3	III-19 и 20 в 7П- 3	2,3	1980	0,5250	0,89691	0,89659
30	III-19и20 в 7П-3	ТК 7-10	299	1980	0,5250	0,89691	0,89675
31	ТК 7-10	7 Павильон 4	865	1980	0,5250	0,89691	0,89683
32	7 Павильон 4	III-19а, 20а в 7П- 4	2,2	1980	0,5250	0,89691	0,89687
33	III-19а, 20а в 7П- 4	Уз. ИЧП Лес	1262	1980	0,5250	0,89691	0,89689
34	Уз. ИЧП Лес	ТК 7-11	246	1980	0,5250	0,89691	0,89690
35	ТК 7-11	ТК 7-11	0,73	1980	0,5250	0,89691	0,89691
Итого по расчетному участку							0,89691

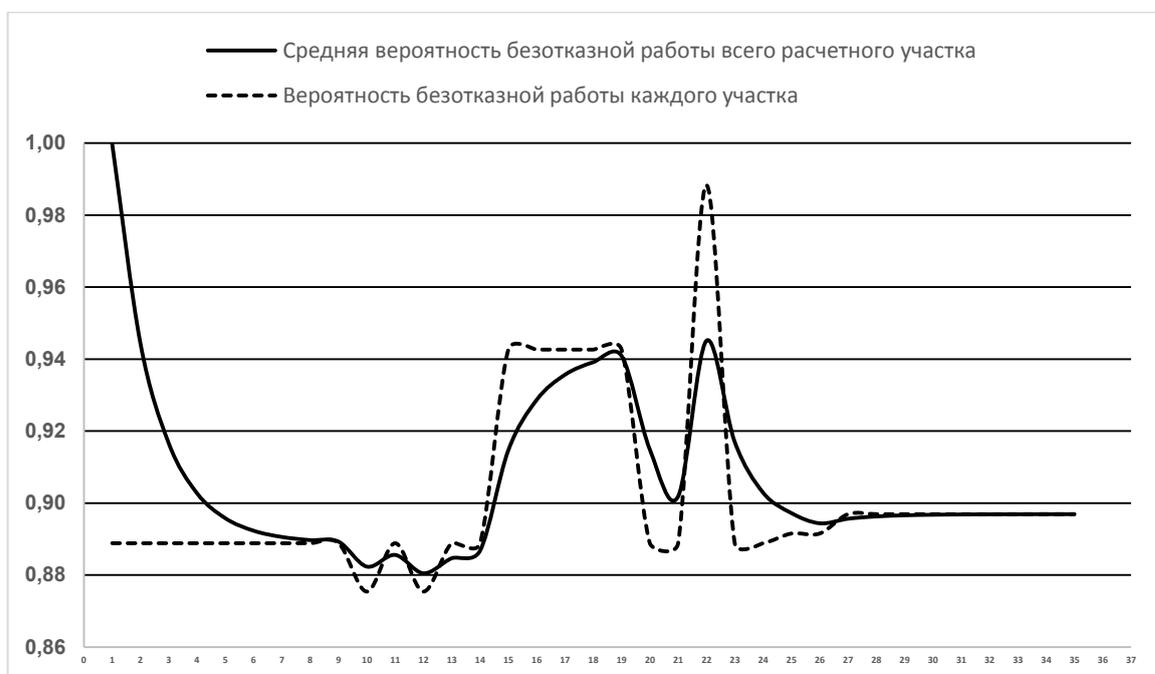


Рис. 2.1.20. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от Кировской ТЭЦ-3 до 7НО-57 г.

Исходя из представленных данных на рис. 2.1.20 сделан вывод, что тепломагистраль ТЭЦ – 7НО-57 по состоянию на 2017 г. обладает показателями безаварийной работы, не соответствующими нормативным значениям. Рекомендуется произвести перекладку трубопроводов, указан в табл. 2.1.8. После перекладки значения показателя безаварийной работы будут соответствовать нормативным до 2032г.

Таблица 2.1.8

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Срок эксплуатации
1	ТЭЦ	7ТК-4	779	1977	40
2	7ТК-4	7ТК-5	92,7	1977	40
3	7ТК-5	7ТК-6	162	1977	40
4	7ТК-6	7ТК-7	119,3	1977	40
5	7ТК-7	7ТК-8	157	1977	40
6	7ТК-8	7ТК-9а	175,5	1977	40
7	7ТК-9	Уз. 7НО-10	147	1977	40
8	7ТК-9а	7ТК-9	6,5	1977	40
9	Уз. 7НО-10	III-1,2 в 7П- 1	1068	1977	40
10	7 Павильон 1	7 Павильон 1а	218,1	1972	45
11	III-1,2 в 7П- 1	7 Павильон 1	2,64	1977	40
12	7 Павильон 1а	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	823	1972	45
13	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	331	1977	40
14	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	7 павильон 2	218	1977	40
15	ТК 7-03	ТК 7-04	94	1977	40
16	ТК 7-04	ТК 7-05	98	1977	40

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Срок эксплуатации
17	ТК 7-06	ТК 7-06а	115	1977	40
18	ТК 7-06а	ТК 7-07	152	1977	40
19	ТК 7-07	ТК 7-08	182	1978	39
20	ТК 7-08	ТК 7-09	156	1978	39
21	ТК 7-09	Уз. РКЦ	251	1980	37
22	Уз. РКЦ	7 Павильон 3	20	1980	37
23	7 Павильон 3	III-19 и 20 в 7П-3	2,3	1980	37
24	III-19 и 20 в 7П-3	ТК 7-10	299	1980	37
25	ТК 7-10	7 Павильон 4	865	1980	37
26	7 Павильон 4	III-19а, 20а в 7П- 4	2,2	1980	37
27	III-19а, 20а в 7П- 4	Уз. ИЧП Лес	1262	1980	37
28	Уз. ИЧП Лес	ТК 7-11	246	1980	37
29	ТК 7-11	З/а в ТК 7-11 отп. Пригородный	0,73	1980	37

2.1.7. Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК-5-22

Расчетный участок от Кировской ТЭЦ-3 до ТК-5-22 тепловой сети г. Кирово-Чепецк представлен на рис. 2.1.21. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепловой магистрали за базовый (2017) год приведены в табл. 2.1.9. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепловой магистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.1.22.



Рис. 2.1.21. Расчетный участок теплосети Кировской ТЭЦ-3 до ТК-5-22

Таблица 2.1.9

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
Основная магистраль							
1	ТЭЦ	7ТК-4	779	1977	0,525	0,88884	0,99980
2	7ТК-4	7ТК-5	92,7	1977	0,525	0,88884	0,94432
3	7ТК-5	7ТК-6	162	1977	0,525	0,88884	0,91658
4	7ТК-6	7ТК-7	119,3	1977	0,525	0,88884	0,90271
5	7ТК-7	7ТК-8	157	1977	0,525	0,88884	0,89577
6	7ТК-8	7ТК-9а	175,5	1977	0,525	0,88884	0,89231
7	7ТК-9	Уз. 7НО-10	147	1977	0,525	0,88884	0,89057
8	7ТК-9а	7ТК-9	6,5	1977	0,525	0,88884	0,88971
9	Уз. 7НО-10	III-1,2 в 7П- 1	1068	1977	0,525	0,88884	0,88927
10	7 Павильон 1	7 Павильон 1а	218,1	1972	0,525	0,87539	0,88233
11	III-1,2 в 7П- 1	7 Павильон 1	2,64	1977	0,525	0,88884	0,88559
12	7 Павильон 1а	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	823	1972	0,525	0,87539	0,88049
13	7-НО- 23 Уз.Совхоз Чеп 1	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	331	1977	0,525	0,88884	0,88466
14	7НО-25 ПАВ ЛЕПСЕ	7 павильон 2	218	1977	0,525	0,88884	0,88675
15	7 павильон 2	3-9 3-10 в 7П-2 к ТК 5-01	3,96	1981	0,525	0,89960	0,89318
16	3-9 3-10 в 7П-2 к ТК 5-01	ТК 5-01	58	1981	0,525	0,89960	0,89639
17	ТК 5-01	ТК 5-02	36	1981	0,525	0,89960	0,89799
18	ТК 5-02	ТК 5-02А	196	1981	0,525	0,89960	0,89880
19	ТК 5-02А	ТК 5-03	334	1981	0,525	0,89960	0,89920
20	ТК 5-03	перемычка 5-04	230	1981	0,525	0,89960	0,89940
21	ТК 5-04	III-23, 24 ТК 5-04	0,72	1989	0,099	0,92112	0,91026
22	перемычка 5-04	ТК 5-04	1,51	1981	0,525	0,89960	0,90493
23	III-23, 24 ТК 5-04	ТК 5-05	67	1989	0,099	0,92112	0,91302
24	ТК 5-05	Уз. НПС-2-1	15,51	1989	0,099	0,92112	0,91707
25	Уз. НПС-2-1	Уз. НПС-2-2	1,63	1989	0,099	0,92112	0,91910
26	3-23а 3-26 от Уз. НПС -2-2	Уз. НПС-2-3	1,13	1989	0,099	0,92112	0,92011
27	Уз. НПС-2-6	ТК 5-05а	50,83	1989	0,099	0,92112	0,92061
28	Клапан расщетки	Уз. НПС-2-6	1,15	1989	0,099	0,92112	0,92087
29	Уз. НПС-2-4	3-23а 3-26 от Уз. НПС -2-2	1,13	1989	0,099	0,92112	0,92099
30	Уз. НПС-2-5	Уз. НПС-2-4	1,13	1989	0,099	0,92112	0,92106
31	Уз. НПС-2-5	Клапан расщетки	1,13	1989	0,099	0,92112	0,92109
32	Уз. НПС-2-2	Уз. НПС-2-3	1,13	1989	0,099	0,92112	0,92110
33	ТК 5-05а	ТК 5-06	226,6	1989	0,099	0,92112	0,92111
34	ТК 5-06	ТК 5-07	181	1989	0,099	0,92112	0,92112
35	ТК 5-07	ТК 5-08	93	1989	0,099	0,92112	0,92112
36	ТК 5-08	ТК 5-09	186	1989	0,099	0,92112	0,92112
37	ТК 5-09	ТК 5-10	169	1989	0,099	0,92112	0,92112
38	ТК 5-10	ТК 5-11	161,6	1989	0,099	0,92112	0,92112
39	ТК 5-11	перемычка в сторону ТК 5-11	160,18	1989	0,099	0,92112	0,92112
40	ТК 5-12	ТК 5-13	123	1989	0,099	0,92112	0,92112
41	III-41 III-42 ТК 5-12	ТК 5-12	0,63	1989	0,099	0,92112	0,92112
42	перемычка в сторону ТК 5-11	III-41 III-42 ТК 5-12	0,79	1989	0,099	0,92112	0,92112
43	ТК 5-13	ТК 5-14	92	1989	0,099	0,92112	0,92112
44	ТК 5-14	ТК 5-15	111	1989	0,099	0,92112	0,92112
45	ТК 5-15	ТК 5-16	58	1989	0,099	0,92112	0,92112
46	ТК 5-16	ТК 5-17	212	1984	0,1954	0,90767	0,91439

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
47	ТК 5-17	III-43 III-44 Уз. ТК 5-17	1	1989	0,099	0,92112	0,91776
48	III-43 III-44 Уз. ТК 5-17	ТК 5-18	212	1989	0,099	0,92112	0,91944
49	ТК 5-18	ТК 5-19	130	1989	0,099	0,92112	0,92028
50	ТК 5-19	ТК 5-20А	100,66	1989	0,099	0,92112	0,92070
51	ТК 5-20А	ТК 5-20	6,34	1989	0,099	0,92112	0,92091
52	ТК 5-20	3/а в ТК 5-20 Секц.	1,33	1989	0,099	0,92112	0,92101
53	3/а в ТК 5-20 Секц.	Тк 5-20 см.диам. - т.А	30	1989	0,099	0,92112	0,92107
54	Тк 5-20 см.диам. - т.А	т.А(подъем)- см.д. ТК 5-22	194	1989	0,099	0,92112	0,92109
55	т.А(подъем)- см.д. ТК 5-22	ТК 5-22 Водозабор	614	1989	0,099	0,92112	0,92111
Итого по расчетному участку							0,92111



Рис. 2.1.22. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от Кировской ТЭЦ-3 до ТК-5-22 в 2014 г.

Исходя из представленных данных на рис. 2.1.22 сделан вывод, что теплотрасса ТЭЦ – ТК-5-22 по состоянию на 2017 г. обладает показателями безаварийной работы, соответствующими нормативным значениям

2.2. Расчет вероятности безотказной работы тепловых магистралей от котельной МКР Каринторфф

Расчетный участок от котельной БМК-8,0 до ул. Участковая д.4,4а,5 тепловой сети микрорайона Каринторфф представлен на рис. 2.2.1.

Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепловой магистрали за базовый год актуализации (2017) год приведены в табл. 2.2.1.

Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепловой магистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.2.2.



Рис. 2.2.1. Расчетный участок теплосети от котельной БМК – 8,0 до ул. Участковой д. 4,4а,5.

Таблица 2.2.1

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
Основная магистраль							
1	Котельная	ТК-02	93	1972	4,174	0,9999	0,9999
2	ТК-02	ТК-3	211	1972	4,174	0,9997	0,9996

№	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Год ввода в эксплуатацию	Интенсивность отказов	Вероятность безотказной работы	Средняя вероятность безотказной работы
3	ТК-3	ТК-30	133	1972	4,174	1,0000	0,9996
4	ТК-30	ТК-51	161	1973	2,926	1,0000	0,9996
5	ТК-51	ТК-64	276	1973	2,926	1,0000	0,9996
6	ТК-64	ТК-68	310	1973	2,926	1,0000	0,9996
7	ТК-68	ТК-70	71	1975	1,531	1,0000	0,9996
8	ТК-70	ул. Участковая д.4, 4а, 5	60	1977	0,866	1,0000	0,9996
Итого по расчетному участку							0,9996

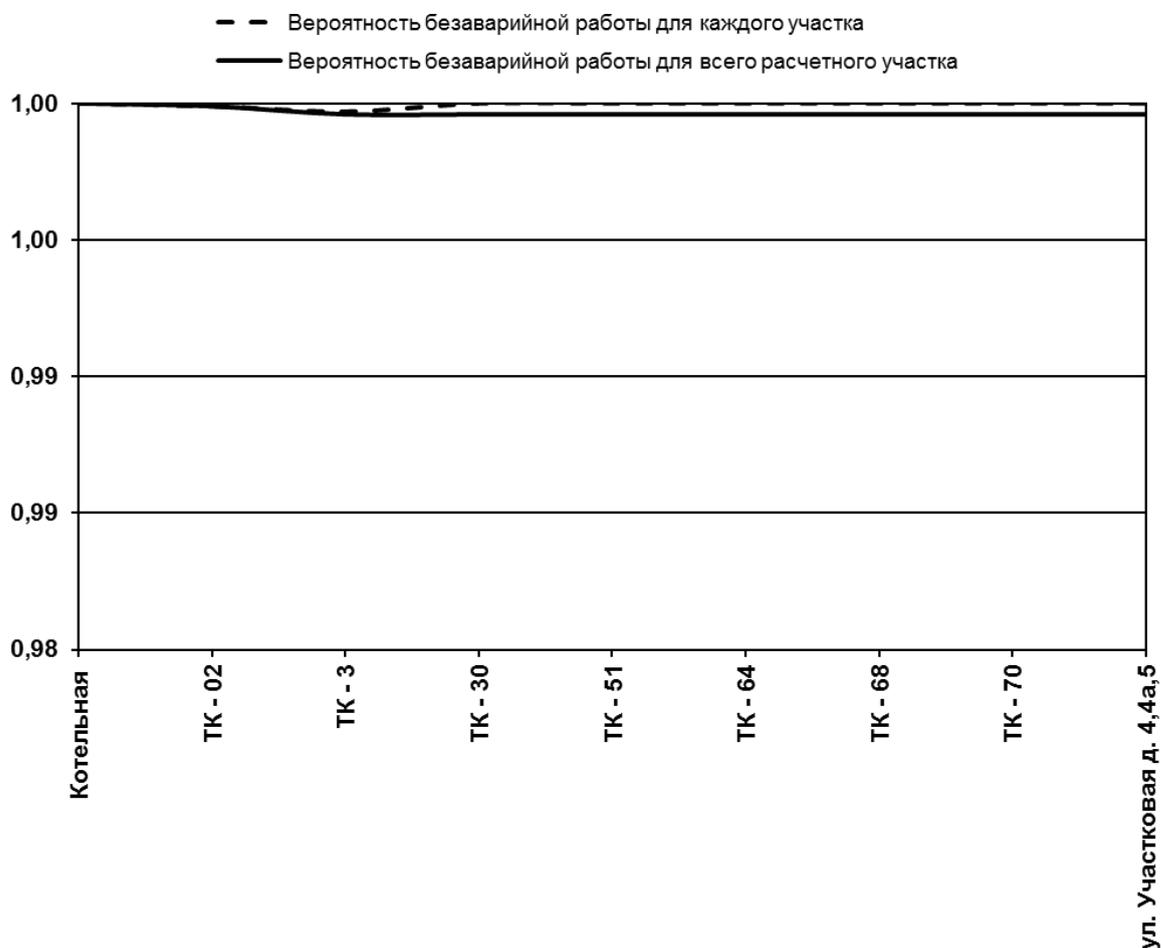


Рис. 2.2.2. Вероятность безаварийной работы тепловой магистрали от котельной Каринторф до ул. Участковая д.4, 4а, 5

Исходя из представленных данных на рис. 2.2.2 сделан вывод, что участок от котельной БМК-8,0 до ул. Участковая д.4,4а,5 тепловой сети микрорайона Каринторф по состоянию на 2017 г. обладает показателями безаварийной работы, соответствующими нормативным значениям.

3. Оценка вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам

На Кировской ТЭЦ-3 применяются закольцованные системы теплоснабжения. Между магистральными выводами имеются перемычки. В случае аварии на одном из трубопроводов есть возможность осуществлять теплоснабжение от другой тепломагистрали. Отказ более одного элемента считается недостижимым событием, однако, такая система теплоснабжения будет считаться надежной только в случае возможности осуществления теплоснабжения при выводе из эксплуатации одного из магистральных выводов. Для проверки такой возможности в электронной модели были проведены гидравлические расчеты в смоделированных аварийных ситуациях.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

Первая категория - потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных ГОСТ 30494. Например, больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.

Вторая категория - потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч. Например, жилые и общественные здания до 12°C; промышленные здания до 8°C.

Третья категория - остальные потребители.

По СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» при авариях (отказах) на источнике теплоты на его выходных коллекторах в течение всего ремонтно-восстановительного периода должны обеспечиваться:

- подача 100% необходимой теплоты потребителям первой категории (если иные режимы не предусмотрены договором);
- подача теплоты на отопление и вентиляцию жилищно-коммунальным и промышленным потребителям второй и третьей категорий в размере 87% для расчетной температуры -30°C;
- заданный потребителем аварийный режим расхода пара и технологической горячей воды;
- заданный потребителем аварийный тепловой режим работы неотключаемых вентиляционных систем;
- среднесуточный расход теплоты за отопительный период на горячее водоснабжение (при невозможности его отключения).

3.1. Допустимые величины недоотпуска тепловой энергии от Кировской ТЭЦ-3

Согласно СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» при авариях (отказах) на источнике теплоты на его выходных коллекторах в течение всего ремонтно-восстановительного периода допустимое снижение теплоты при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления -30°C составляет 87%.

Распределение тепловой нагрузки потребителей по категориям в базовом (2017 г.) и в планируемом периоде (2018 – 2033 гг.) и результаты расчетов допустимых величин недоотпуска тепловой энергии представлено в табл. 3.1.1.

Таблица 3.1.1

Показатели	Ед. изм.	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023-2028	2029-2033
Фактическая тепловая нагрузка абонентов, в том числе:	Гкал/ч	286,5	281,7	281,7	281,7	281,7	281,7	280,8	279,8
Тепловые потери при передаче тепловой энергии	Гкал/ч	38,7	38,4	36	35,7	30,7	26,1	25,9	25,9
Нагрузка потребителей, в т.ч.:	Гкал/ч	283,3	264,2	234,3	250,8	251,0	255,6	254,9	253,9
1-й категории	Гкал/ч	10,32	10,32	10,32	10,32	10,32	10,32	10,32	10,32
Среднее время восстановления	ч	8	8	8	8	8	8	8	8
Недоотпуск	Гкал	2266	2114	1874	2006	2008	2045	2039	2031

3.2. Моделирование аварийных режимов работы в зоне теплоснабжения Кировской ТЭЦ-3

Для анализа аварийных режимов работы тепловой сети Кировской ТЭЦ-3 произведено отключение следующих участков:

- ТК 3-18 – ТК 3-19 (Рис. 3.2.1);
- ТК 7-02 – ТК 7-03 (Рис. 3.2.2).

Расход сетевой воды уменьшен до расчетного значения, который обеспечит 87% нагрузки отопления при температуре -30°C и отключении ГВС у потребителей.



Рис. 3.2.1. Отключенный участок ТК 3-18 – ТК 3-19 тепловой сети Кировской ТЭЦ-3

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.2.1. В смоделированной аварийной ситуации величина расчетного располагаемого напора достаточна для теплоснабжения потребителей.

Таблица 3.2.1

Наименование узла	Геодезическая высота, м	Напор в подающем трубопроводе, м	Напор в обратном трубопроводе, м	Располагаемый напор, м
ТЭЦ	122	288.3	168	120.3
ТК 3-01	122	286.338	169.31	117.029
ТК 3-02	122	284.105	170.79	113.315
ТК 3-03	122	282.144	172.09	110.054
ТК 3-04	122	280.125	173.43	106.695
ТК 3-05	123	278.663	174.4	104.263
ТК 3-06	123	277.639	175.08	102.559
перемычка 3-07 от 3-06	133	275.576	176.448	99.128
I-1 I-2	133	275.492	176.505	98.988
Уз. 3-07-3	133	275.435	176.543	98.892
ТК 3-07	133	275.432	176.546	98.886
Уз. 3-07-2	133	275.431	176.546	98.884
Уз. 3-07-1	133	275.429	176.547	98.882
перемычка 3-07а	135	275.241	176.674	98.567
I-3 I-4	135	275.225	176.685	98.54
Уз. ТК 3-08а	135.19	275.149	176.736	98.413
ТК 3-09	138.8	274.804	176.967	97.837
ТК 3-10	136.3	274.062	177.465	96.597
Уз. Техдом	136.3	274.048	177.475	96.573
Уз. САХ	135.4	273.702	177.707	95.996
сужение 3-11	137	273.487	177.857	95.63
ТК 3-11а	138	273.219	178.035	95.184
перемычка 3-12 от 3-11	141.38	272.562	178.472	94.09
Уз. ТК 3-12	139.6	272.549	178.481	94.068
ТК 3-12	141.38	272.539	178.488	94.051
I-5 I-6	141.38	272.507	178.509	93.998
перемычка 3-12 к 3-13	141.38	272.502	178.512	93.99
ТК 3-13	143	271.573	179.122	92.451
ТК 3-14	145.8	270.733	179.671	91.062
ТК 3-15	149.28	268.043	181.423	86.62
Уз. ТК 3-15а	149.28	268.04	181.424	86.615
перемычка Узловая от 3-15а	150	267.881	181.528	86.353
I-7 I-8	150	267.847	181.55	86.298
Павильон Узловая	150	267.831	181.56	86.27

Наименование узла	Геодезическая высота, м	Напор в подающем трубопроводе, м	Напор в обратном трубопроводе, м	Располагаемый напор, м
II-3 II-4	150	267.81	181.568	86.241
TK 8-00	150	267.728	181.599	86.129
TK 8-00A	150	267.557	181.664	85.893
Уз. 8-00а	150	267.441	181.708	85.733
Уз. 8-01а	149	266.968	181.902	85.066
Павильон 8-01	149.1	266.954	181.91	85.043
1-45 1-46	149.1	266.936	181.92	85.016
Уз. 8-016	149	266.922	181.928	84.995
TK 9-20	178	265.145	182.892	82.253
TK 9-19	178.6	264.724	183.124	81.6
1-43 1-44	178.6	264.711	183.131	81.58
TK 9-18	178.5	264.291	183.367	80.924
TK 9-17	178.8	263.914	183.573	80.341
Запорная арматура	179.3	263.528	183.782	79.746
Уз. Олимпия 1	179.5	263.526	183.783	79.743
TK 9-16	179.3	263.525	183.784	79.741
TK 9-05	179.6	263.185	183.948	79.237
Запорная арматура	179.7	263.187	183.946	79.241
TK 9-04	179.7	263.189	183.943	79.245
1-37 1-38	180.94	263.327	183.744	79.583
TK 9-03	180.94	263.329	183.741	79.588
TK 9-02	179.9	263.536	183.559	79.977
TK 9-01	178.16	263.72	183.4	80.32
TK 9-00	176.7	263.825	183.314	80.511
I-13 I-14	170.75	264.029	183.147	80.881
TK 3-31	170.75	264.039	183.139	80.901
I-11 I-12	170.75	263.976	183.156	80.821
TK 3-32	169.32	261.467	183.824	77.643
TK 3-33	163.57	257.466	184.843	72.624
TK 3-34	163.7	256.16	185.163	70.997
TK 3-35	163	255.28	185.363	69.917
I-17 I-18	164	254.565	185.523	69.042
TK 3-36	164	254.55	185.527	69.023

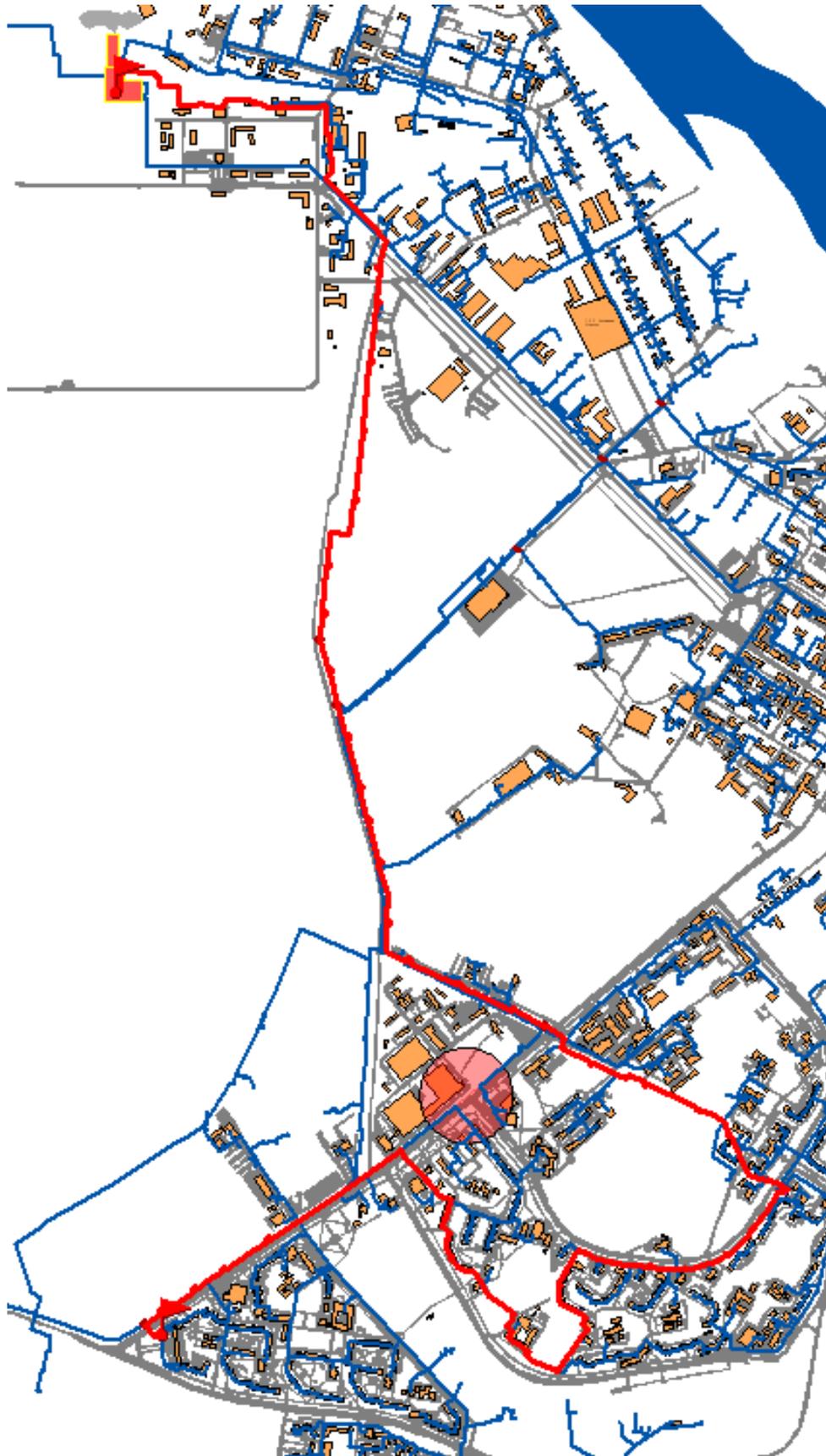


Рис. 3.2.2. Отключенный участок ТК 7-02 – ТК 7-03 тепловой сети Кировской ТЭЦ-3

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.2.2. В смоделированной аварийной ситуации величина расчетного располагаемого напора достаточна для теплоснабжения потребителей.

Таблица 3.2.2

Наименование узла	Геодезическая высота, м	Напор в подающем трубопроводе, м	Напор в обратном трубопроводе, м	Располагаемый напор, м
ТЭЦ	122	288.3	168	120.3
7ТК-4	131	282.442	171.789	110.653
7ТК-5	130.01	282.005	172.071	109.934
7ТК-6	129.45	280.956	172.751	108.205
7ТК-7	128.4	280.149	173.272	106.877
7ТК-8	135.15	278.766	174.173	104.593
Уз. 7НО-10	137	276.335	175.753	100.582
3-1 3-2	136.11	268.473	180.853	87.62
7 Павильон 1	136.11	268.457	180.863	87.594
7 Павильон 1а	132.5	266.927	181.858	85.069
Уз. Совхоз Чеп 1	139.4	260.409	185.829	74.58
ПАВ ЛЕПСЕ	145	257.862	187.374	70.488
7 павильон 2	150.27	256.467	188.204	68.263
3-9 3-10	150.27	256.396	188.248	68.148
ТК 5-02	154.92	255.678	188.683	66.995
ТК 5-02А	161.76	253.997	189.684	64.312
ТК 5-03	179.32	250.891	191.529	59.362
перемычка 5-04	167.7	249.157	192.557	56.6
ТК 5-04	167.7	249.108	192.586	56.521
III-23 III-24	167.7	249.064	192.613	56.451
ТК 5-05	159.5	248.405	193.006	55.399
Уз. НПС-2-1	159.48	248.262	193.05	55.212
13210	159.48	248.234	193.06	0
Уз. НПС-2-8	159.48	250.265	193.061	57.205
ТК 15-1	159.48	249.471	193.074	56.398
ТК 15-2	159.34	249.07	193.315	55.755
ТК 15-3	160.45	247.774	194.048	53.726
ТК 15-4	161.57	247.131	194.403	52.728
ТК 15-5	162.25	246.582	194.705	51.877
ТК 15-6	162.24	246.49	194.755	51.735
ТК 15-7	163.49	246.319	194.831	51.488
ТК 15-8	163.76	246.283	194.846	51.437
ТК 15-9	164.07	246.105	194.895	51.211
ТК 15-10	164.47	246.028	194.911	51.117
Запорная арматура	164.47	246.025	194.911	51.114
ТК 15-10-1	160.5	245.955	194.919	51.036
Запорная арматура	160.5	245.947	194.919	51.028
Уз. Сосновая 12-1	160.3	245.937	194.92	51.017
Уз. Сосновая 12-2	160.3	245.9	194.92	50.98
ТК 15-10-2	160.3	245.885	194.916	50.969

Наименование узла	Геодезическая высота, м	Напор в подающем трубопроводе, м	Напор в обратном трубопроводе, м	Располагаемый напор, м
Уз. Сосновая 12-3	160.3	245.874	194.914	50.96
Уз. Сосновая 12-4	160.3	245.872	194.897	50.975
Уз. Сосновая 12-5	160.3	245.88	194.701	51.178
Уз. Сосновая 12-6	158	245.948	194.383	51.565
Запорная арматура	158	245.964	194.341	51.623
ТК 19-7-2	157.3	246.587	192.722	53.865
Запорная арматура	157.3	246.635	192.64	53.996
ТК 19-7-1	157	247.633	190.959	56.674
Запорная арматура	157	247.648	190.937	56.711
Запорная арматура	153.97	248.581	189.665	58.915
ТК 19-7	153.97	248.599	189.64	58.958
ТК 19-6	153.4	249.441	189.577	59.864
Запорная арматура	155.5	250.02	189.534	60.486
Уз. Некрасова 21-1	155.5	250.065	189.53	60.535
ТК 19-5	155.53	251.018	189.449	61.57
Запорная арматура	155.25	253.209	189.232	63.977
ТК 19-4	155.25	253.244	189.229	64.015
Уз. Некрасова 11-4	156.1	253.503	189.195	64.309
Уз. Некрасова 11-3	156	253.751	189.159	64.592
Уз. Некрасова 11-2	155.7	253.984	189.123	64.861
Уз. Некрасова 11-1	155.65	254.275	189.074	65.201
ТК 19-3	155.65	254.478	189.038	65.44
Уз. Некрасова 9-3	155.65	254.505	189.034	65.471
Запорная арматура	155.65	254.525	189.03	65.495
Уз. Некрасова 9-2	153.62	255.073	188.926	66.147
Уз. Некрасова 9-1	153.62	255.081	188.924	66.157
ТК 19-2	150	255.142	188.906	66.236
ТК 19-1	149.5	255.25	188.872	66.378
Запорная арматура	149.21	255.422	188.816	66.607
ТК 7-05	149.21	255.429	188.814	66.615
ТК 7-06	146.64	255.109	189.012	66.097
ТК 7-06а	149	254.836	189.181	65.655
ТК 7-07	150.5	254.481	189.401	65.081
ТК 7-08	150.5	254.469	189.409	65.06
ТК 7-09	150	254.458	189.416	65.042
7 Павильон 3	152.5	254.451	189.42	65.031
Запорная арматура	152.5	254.42	189.44	64.979
перемычка 7Пав3	152.5	254.406	189.449	64.956
ТК 7П-3-1	152.3	253.814	189.83	63.983
Запорная арматура	152.3	253.798	189.841	63.957
ТК 7П-3-2	152.3	253.683	189.914	63.769

3.3. Выводы по разделу

Трубопроводы резервных участков тепловых сетей Кировской ТЭЦ-3 имеют значительный запас по пропускной способности, позволяющий обеспечить тепловой энергией конечных потребителей.

4. Мероприятия, обеспечивающие надежность системы теплоснабжения

Надежность систем теплоснабжения определяется:

- качеством элементов теплоснабжения;
- структурным, временным, нагрузочным и функциональным резервированием в системе теплоснабжения;
- уровнем автоматизации управления технологическими процессами производства, транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии;
- качеством выполнения строительно-монтажных и ремонтных работ.

4.1. Качество элементов системы теплоснабжения

Статистические данные о причинах технологических нарушений в системах теплоснабжения объектов ЖКХ г. Кирово-Чепецк свидетельствуют об удовлетворительном качестве элементов систем и, прежде всего, элементов тепловых сетей: металла труб, тепловой изоляции, запорной арматуры, конструкций теплопроводов и каналов, защиты теплопроводов от внутренней и наружной коррозии.

Защита труб от внутренней коррозии, как известно, выполняется путем повышения pH в пределах рекомендаций ПТЭ, уменьшения содержания кислорода в сетевой воде, покрытия внутренней поверхности стальных труб антикоррозионными составами или применения коррозионностойких сталей, применения безреагентного электрохимического способа обработки воды, применения водоподготовки и де-аэрации подпиточной воды, применения ингибиторов коррозии. Для контроля за внутренней коррозией на подающих и обратных трубопроводах водяных тепловых сетей на выводах с источника теплоты и в наиболее характерных местах предусматривается установка индикаторов коррозии. Многофакторность коррозионных процессов не позволяет сформировать единые рекомендации. Конкретные мероприятия определяются на основе аудита систем с выявлением причин интенсивной коррозии и способов их предотвращения.

При защите труб от наружной коррозии предусматриваются конструктивные решения в соответствии с требованиями РД 153-34.0-20.518 [7]. Так, для конструкций теплопроводов в пенополиуретановой теплоизоляции с герметичной наружной оболочкой нанесение антикоррозионного покрытия на стальные трубы не требуется, но обязательно устанавливается устройство системы оперативного дистанционного контроля, сигнализирующее о проникновении влаги в теплоизоляционный шов, при использовании труб из ВЧШГ, теплопроводов в пенополимерминеральной теплоизоляции независимо от способов прокладки защита от наружной коррозии металла труб не требуется. Для конструкций теплопроводов с другими теплоизоляционными материалами независимо от способов прокладки применяются антикоррозионные покрытия, наносимые непосредственно на наружную поверхность стальной трубы. Неизолированные в заводских условиях концы трубных секций, отводов, тройника и других металлоконструкций

покрываются антикоррозионным слоем на транзитных участках тепловых сетей, а также в камерах с ответвлениями труб устанавливаются поперечные токопроводящие перемычки. На сальниковых компенсаторах токопроводящие перемычки выполняются из многожильного медного провода, кабеля, стального троса. В остальных случаях применяется прутковая или полосовая сталь. Сечение перемычек определяется расчетным путем и принимается не менее 50 мм² (по меди). Длина перемычек определяется с учетом максимального теплового удлинения трубопровода. Стальные перемычки обеспечиваются защитным покрытием от коррозии.

В ходе эксплуатации многочисленных тепловых сетей установлено, что при температуре 70-80°C протекает интенсивный процесс наружной коррозии, имеющий язвенный характер, приводящий к значительному коррозионному повреждению металлических поверхностей, контактирующих с увлажненной тепловой изоляцией. Одним из возможных способов снижения отказов тепловой сети в результате коррозионных повреждений теплопроводов с канальной и бесканальной прокладкой может стать ввод режима работы тепловой сети при повышенной температуре в подающем трубопроводе в летний период. Так, по результатам проведенных исследований и наблюдений в эксплуатационных условиях Москвы установлено, что повышение температуры теплоносителя в летний период до 100°C приводит к подсушиванию тепловой изоляции и снижению интенсивности коррозии и повреждаемости в 2÷2,5 раза. В этом случае обеспечение работы тепловой сети по повышенному температурному графику в летний период требует обязательного оснащения всех подключенных к тепловой сети систем горячего водоснабжения средствами автоматизации. Целесообразность мероприятия требует технико-экономического обоснования для конкретных условий.

При выборе способа защиты стальных труб тепловых сетей от внутренней коррозии и схем подготовки подпиточной воды обязательно учитываются параметры сетевой воды, жесткость, водородный показатель pH, содержание в воде кислорода и свободной угольной кислоты, содержание сульфатов и хлоридов, содержание в воде органических примесей (окисляемость воды). Качество исходной воды для открытых и закрытых систем теплоснабжения должно отвечать требованиям СанПиН 2.1.4.1074 и правилам технической эксплуатации электрических станций и тепловых сетей, утвержденным Минэнерго России. Для закрытых систем теплоснабжения при наличии термической деаэрации допускается использовать техническую воду.

4.2. Резервирование в системе теплоснабжения

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

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

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

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

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

Кроме этого, указанные объекты оборудуются вводами для подключения передвижных

котельных к источнику электроэнергии мощностью 10÷50 кВт (в зависимости от типа котельной).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

лимитом пропускной возможности газовых сетей.

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

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

Для предотвращения разрегулировки тепловой сети в аварийных ситуациях устанавливается лимитированная подача теплоносителя всем взаимно резервируемым потребителям. Лимиты подачи теплоносителя определяются по результатам сопоставления трех параметров: времени остывания представительного помещения здания до допустимой температуры, величины допустимого снижения температуры и длительности ремонта головного элемента тепловой сети - теплопровода, поскольку он имеет наибольшую длительность восстановления. При отказе элемента магистральной сети на всех ЦТП, гидравлически связанных с аварийным участком, автоматические регуляторы расхода, установленные на входных тепломагистралях, перестраивают подачу теплоносителя в сеть на лимитированную. Кроме того, для предотвращения гидравлической разрегулировки распределительных тепловых сетей и систем отопления на ЦТП включаются подмешивающие насосы, которые при снижении температуры теплоносителя доводят его расход в этих сетях до расчетного значения. В этот период отключение нагрузки горячего водоснабжения в ЦТП может поддерживать температуру теплоносителя на расчетном или близком к нему уровне. Для потребителей первой категории предусматривается индивидуальная регулировка в их местных тепловых пунктах.

Организация совместной работы нескольких источников теплоты на единую тепловую сеть позволяет в случае аварии на одном из источников частично обеспечивать единые тепловые нагрузки за счет других источников теплоты. Расчет тепловых и гидравлических аварийных режимов тепловой сети выполняется разработчиком Схемы теплоснабжения, а их реализация - теплоснабжающими организациями.

Прокладка резервных трубопроводных связей как в тепловых сетях одного района

теплоснабжения, так и смежных теплосетевых районов города обеспечивает непрерывное теплоснабжение потребителей со значительным снижением недоотпуска теплоты во время аварий. Количество и диаметры перемычек определяются, исходя из нормальных и аварийных режимов работы сети, с учетом снижения расхода теплоносителя в соответствии с данными, представленными в табл. 4.2.1. Места размещения резервных трубопроводных соединений между смежными теплопроводами и их количество определяется расчетным путем с использованием в качестве критерия такого показателя надежности как вероятность безотказной работы.

Таблица 4.2.1

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

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

При обеспечении безотказности тепловых сетей определяются:

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

Наличие автоматизированных тепловых пунктов, подключенных к тепловой сети по независимой схеме или с помощью смесительных насосов, позволяет почти в течение всего отопительного сезона компенсировать снижение расхода в тепловой сети повышением температуры сетевой воды, обеспечивая необходимую подачу тепла. В системах теплоснабжения от крупных источников теплоты (мощностью 300 Гкал/ч и более) устраиваются узлы распределения с двухсторонним присоединением к тепловой сети, обеспечивающим в случае аварии подачу тепла через перемычки между магистралями, а в идеальном случае - путем подключения к двум магистралям. Наличие в тепловой сети узлов распределения позволяет получить управляемую систему теплоснабжения, т.е. обеспечить возможность точного распределения циркулирующей воды в нормальном и аварийном режимах, а при совместной работе теплоисточников - возможность изменения режима работы сети в широких пределах. Подключение центральных тепловых пунктов к распределительным тепловым сетям может выполняться аналогичным образом, то есть с двухсторонним подключением ЦТП и устройством соответствующих перемычек.

Структурное резервирование разветвленных тупиковых тепловых сетей осуществляется делением последовательно соединенных участков теплопроводов секционирующими задвижками. К полному отказу тупиковой тепловой сети приводят лишь

отказы головного участка и головной задвижки теплосети. Отказы других элементов основного ствола и головных элементов основных ответвлений теплосети приводят к существенным нарушениям ее работы, но при этом остальная часть потребителей получает тепло в необходимых количествах. Отказы на участках небольших ответвлений приводят только к незначительным нарушениям теплоснабжения, и отражается на обеспечении теплом небольшого количества потребителей. Возможность подачи тепла неотключенным потребителям в аварийных ситуациях обеспечивается использованием секционирующих задвижек. Задвижки устанавливаются по ходу теплоносителя в начале участка после ответвления к потребителю. Такое расположение позволяет подавать теплоноситель потребителю по этому ответвлению при отказе последующего участка теплопровода.

4.3. Установка баков-аккумуляторов горячей воды

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

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

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

В закрытых системах теплоснабжения на источниках теплоты мощностью 100 МВт и более предусматривается установка баков запаса химически обработанной и деаэрированной подпиточной воды вместимостью 3% объема воды в системе теплоснабжения, при этом обеспечивается обновление воды в баках.

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

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

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

4.4. Автоматизация управления технологическими процессами производства, транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии

Структура систем автоматического управления обеспечивает реализацию многоступенчатого регулирования отпуска тепловой энергии, необходимость которого определяется особенностями системы, а также автоматическое обнаружение мест отказов в тепловых сетях и их локализацию, переход от нормального режима к послеаварийному и затем опять к нормальному, защиту от повышения давления и гидравлического удара. Выполнение этих функций возможно лишь при ликвидации характерного для современных систем теплоснабжения недостатка в средствах автоматического регулирования, который становится особенно ощутимым с ростом единичных мощностей источников теплоты и систем. Наибольшая эффективность может быть достигнута в условиях комплексной автоматизации в рамках АСУ ТП и реализации АСДУ.

Основной задачей автоматизации регулирования отпуска теплоты на отопление и горячее водоснабжение в тепловых пунктах зданий (ЦТП, ИТП) является обеспечение комфортных условий в отапливаемых помещениях при существенной экономии теплоты и, соответственно, топлива. Одновременно с решением главной задачи автоматизация тепловых пунктов повышает надежность систем теплоснабжения и позволяет:

- улучшить состояние изоляции трубопроводов и снизить коррозионную повреждаемость тепловых сетей;

- обеспечить подачу теплоты потребителям в требуемом количестве (соответствующем температуре наружного воздуха) при ликвидации аварий в сетях с резервированием;

- обеспечить устойчивость гидравлических режимов работы систем отопления зданий при снижении температуры сетевой воды относительно требуемой по графику;

- обеспечить автономную циркуляцию в местных системах отопления при аварийном падении давления в тепловых сетях, позволяющую снизить вероятность повреждений систем отопления потребителей.

Улучшение состояния изоляции трубопроводов и улучшение условий работы компенсаторных устройств обеспечивается осуществлением центрального регулирования отпуска теплоты на источнике теплоты по ступенчатому температурному графику регулирования при постоянной температуре.

Наличие автоматизации отпуска теплоты в тепловых пунктах тепловых сетей с резервированием (путем устройства перемычек между тепловыми сетями смежных районов) позволяет осуществить широкое маневрирование температурой сетевой воды.

При ликвидации аварий на отдельных участках сети можно, повысив температуру теплоносителя, подать всем потребителям теплоту на отопление в полном объеме (соответствующую температуре наружного воздуха) при сниженном расходе сетевой воды на отопление. Значение этого расхода определяется расчетом для каждой конкретной сети с учетом имеющихся перемычек и места аварии.

Гидравлический режим работы автоматизированных систем отопления здания ухудшается при снижении температуры теплоносителя относительно графика температуры сетевой воды, в том числе при аварии на источнике теплоты. При этом регулирующие клапаны авторегуляторов отпуска теплоты на отопление полностью открываются, и возможна разрегулировка тепловой сети, так как головные потребители отберут из сети больший расход, чем концевые потребители. Чем ниже гидравлическая устойчивость сети, тем больше величина указанной разрегулировки и тем больше снижается надежность теплоснабжения. Устранить этот недостаток возможно путем установки дополнительных регуляторов давления (перепада давления). Однако, это приводит, во-первых, к усложнению работы средств автоматизации в тепловых пунктах из-за взаимного влияния авторегуляторов отпуска теплоты и гидравлического режима, а во-вторых, к удорожанию системы автоматизации.

Снизить вероятность повреждений систем отопления зданий от замораживания при аварийном прекращении подачи теплоносителя из сети (например, в результате падения давления в тепловой сети) позволяет организация автономной циркуляции воды в местных системах отопления. При наличии циркуляции воды, кроме того, увеличивается временной диапазон для выполнения необходимого слива воды из систем отопления. В получивших наибольшее распространение ЦТП с корректирующими насосами смешения указанная циркуляция обеспечивается установкой на подающем трубопроводе на входе в ЦТП электроконтактных манометров (ЭКМ), которые приводят в действие насос смешения (или оба насоса, если подача каждого составляет 50% от расчетного расхода воды на отопление).

4.5. Совершенствование эксплуатации системы теплоснабжения

Надежность системы теплоснабжения в значительной степени определяется организацией эксплуатации системы, взаимодействия поставщиков тепловой энергии и их потребителями, своевременным проведением ремонтов, заменой изношенного оборудования, наличием аварийно-восстановительной службы и организацией аварийных ремонтов. Последнее является особенно важным при наличии значительной доли ветхих теплопроводов и их высокой повреждаемости.

Организация аварийно-восстановительной службы, ее численности и технической оснащенности в каждом конкретном случае решается на основе технико-экономического обоснования с учетом оптимального сочетания структурного резерва системы теплоснабжения и временного резерва путем использования аккумулирующей способности зданий. Процесс восстановления отказавших теплопроводов совершенствуется нормированием продолжительности ликвидации аварий и определением оптимального состава аварийно-восстановительной службы.

Классификация повреждений в системах теплоснабжения регламентируется МДК 4-01.2001 «Методические рекомендации по техническому расследованию и учету технологических нарушений в системах коммунального энергоснабжения и работе энергетических организаций жилищно-коммунального комплекса» (утверждены приказом Госстроя России от 20.08.01 № 191) [96]. Нормы времени на восстановление должны определяться с учетом требований данного документа и местных условий.

Для качественного выполнения ремонтных работ в составе СЦТ предусматриваются:

- аварийно-восстановительные службы (АВС), численность персонала и техническая оснащенность которых обеспечивает полное восстановление теплоснабжения при отказах на тепловых сетях в сроки, указанные в табл. 4.5;

- собственные ремонтно-эксплуатационные базы (РЭБ) - для районов тепловых сетей с объемом эксплуатации 1000 условных единиц и более. Численность персонала и техническая оснащенность РЭБ определяются с учетом состава оборудования, применяемых конструкций теплопроводов, тепловой изоляции и т.д.;

- механические мастерские - для участков (цехов) тепловых сетей с объемом эксплуатации менее 1000 условных единиц;

- единые ремонтно-эксплуатационные базы - для тепловых сетей, которые входят в состав подразделений тепловых электростанций, районных котельных или промышленных предприятий.

При подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканальной прокладке величина подачи теплоты (%) для обеспечения внутренней температуры воздуха в отапливаемых помещениях не ниже 12°C в течение ремонтно-восстановительного периода после отказов принимается в соответствии с таблицей 4.5 1.

Таблица 5.5.1

Диаметр труб тепловых сетей, мм	Время восстановления теплоснабжения, ч	Расчетная температура наружного воздуха, °С				
		-10	-20	-30	-40	-50
		Допускаемое снижение подачи теплоты, %, до				
300	15	32	50	60	59	64
400	18	41	56	65	63	68
500	22	49	63	70	69	73
600	26	52	68	75	73	77
700	29	59	70	76	75	78
800-1000	40	66	75	80	79	82
1200-1400	до 54	71	79	83	82	85

Время ликвидации аварий в значительной мере зависит от наличия запасных частей и материалов. Поэтому особое внимание уделяется поддержанию необходимого запаса материалов, деталей, узлов и оборудования.

Основой надежной, бесперебойной и экономичной работы систем теплоснабжения является выполнение правил эксплуатации, а также своевременное и качественное проведение профилактических ремонтов.

Подготовка системы теплоснабжения к отопительному сезону проводится в соответствии с [8]. Выполнение в полном объеме перечня работ по подготовке источников, тепловых сетей и потребителей к отопительному сезону в значительной степени обеспечит надежное и качественное теплоснабжение потребителей.

С целью определения состояния строительно-изоляционных конструкций, тепловой изоляции и трубопроводов производятся шурфовки, которые в настоящее время являются наиболее достоверным способом оценки состояния элементов подземных прокладок тепловых сетей. Для проведения шурфовок ежегодно составляются планы. Количество проводимых шурфовок устанавливается предприятием тепловых сетей и зависит от протяженности тепловой сети, ее состояния, вида изоляционных конструкций. Результаты шурфовок учитываются при составлении плана ремонтов тепловых сетей.

Тепловые сети от источника теплоснабжения до тепловых пунктов, включая магистральные, разводящие трубопроводы и абонентские ответвления, подвергаются испытаниям на расчетную температуру теплоносителя не реже одного раза в год. Целью испытаний водяных тепловых сетей на расчетную температуру теплоносителя является проверка тепловой сети на прочность в условиях температурных деформаций, вызванных повышением температуры до расчетных значений, а также проверка в этих условиях компенсирующей способности элементов тепловой сети.

Тепловые сети, находящиеся в эксплуатации, подвергаются испытаниям на гидравлическую плотность ежегодно после окончания отопительного периода для выявления дефектов, подлежащих устранению при капитальном ремонте и после окончания ремонта перед включением сетей в эксплуатацию. Испытания проводятся по отдельным, отходящим от источника тепла магистралям при отключенных водо-подогревательных установках, системах теплоснабжения и открытых воздушниках у потребителей. При испытании на гидравлическую плотность давление в самых высоких точках сети доводится до пробного (1,25 рабочего), но не ниже 1,6 МПа (16 кгс/см²). Температура воды в трубопроводах при испытаниях не превышает 45°С.

Для дистанционного обнаружения мест повреждения трубопроводов тепловых сетей канальной и бесканальной прокладки под слоем фунта на глубине до 3 - 4 м в зависимости от типа грунта и вида дефекта используются течеискатели.

В процессе эксплуатации особое внимание уделяется выполнению всех требований нормативных документов, что существенно уменьшает число отказов в период отопительного сезона.

4.6. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения

В соответствии с результатами расчетов, на основании п. 4.1-4.5. в зоне теплоснабжения Кировской ТЭЦ-3 предлагаются следующие основные мероприятия, обеспечивают надежность системы теплоснабжения:

1) перекладка участков тепловых сетей, имеющих наибольшую вероятность отказа (перечень участков показан в разделе 2);

2) строительство тепловых сетей для обеспечения нормативной надежности теплоснабжения – резервирование существующих участков тепловых сетей (предложения даны в Книге 8);

3) реконструкция и строительство тепловых сетей, обеспечивающих перераспределение тепловой нагрузки из зон с дефицитом тепловой мощности в зоны с избытком тепловой мощности (предложения даны в Книге 8);

Результаты гидравлических расчетов (Книга 4) показали, что система теплоснабжения в зоне Кировской ТЭЦ-3 на сегодня разрегулирована в результате отсутствия у значительной части абонентов (более чем в 95% ИТП) регулирующих устройств в тепловых пунктах зданий (что усугубляется несоответствием фактически установленных сопел элеваторов в ИТП рекомендуемым расчетным значениям). Поэтому особое внимание следует уделить мероприятиям, необходимым для обеспечения нормальной работы тепловых узлов потребителей тепловой энергии и системы теплоснабжения в целом:

- промывка систем отопления у всех абонентов для снижения сопротивления СО и приведения величины теплоотдачи отопительных приборов к номинальным величинам;

- приведение диаметров сужающих устройств к расчетным величинам для поддержания корректной работы систем отопления;

- установка у всех потребителей регуляторов расхода для поддержания расчетного расхода сетевой воды;

- установка у всех абонентов регуляторов температуры ГВС для исключения отклонений от нормативного значения 60 °С;

- проведение энергоаудита с целью определения фактических теплоизоляционных свойств строительных конструкций зданий, фактической тепловой нагрузки зданий, тепловой нагрузки ГВС;

- предусмотреть замену элеваторных узлов системы отопления на узлы с насосным подмешиванием, в том числе и для экономии теплопотребления;

- реализация мероприятий по переходу на закрытую систему теплоснабжения (горячего водоснабжения).

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 27.07.2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении».
2. Федеральный Закон Российской Федерации от 23.11.2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.02.2012 г. №154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» (в редакции ПП РФ от 03.04.2018 №405).
4. Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения. Утв. Приказом №565/667 Минэнерго и Минрегион России 29.12.2012 г.
5. СП 124.13330.2012 "СНиП 41-02-2003. Тепловые сети"(утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. N 280)
6. Приказ Минэнерго России от 29.11.2016 № 1256 (ред. от 21.06.2017) «Об утверждении Методических указаний по расчету уровня надежности и качества поставляемых товаров и оказываемых услуг для организации по управлению единой национальной (общероссийской) электрической сетью и территориальных сетевых организаций» (Зарегистрировано в Минюсте России 27.12.2016 № 44983).
7. РД 153-34.0-20.518-2003 «Типовая инструкция по защите трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии».
8. 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», разработанные РАО «Роскоммунэнерго».
9. МДК 4-01.2001 «Методические рекомендации по техническому расследованию и учету технологических нарушений в системах коммунального энергоснабжения и работе энергетических организаций жилищно-коммунального комплекса» (утверждены приказом Госстроя России от 20.08.01 № 191).