Закрытое Акционерное Общество

«И В Э Н Е Р Г О С Е Р В И С»

Юр. адрес: 153002, г. Иваново, ул.Шестернина, д. 3, Тел/факс: (4932) 37-22-02
ИНН 3731028511, КПП 370201001, ОГРН 1033700079951
ОКПО 44753410, ОКОНХ 71100
e-mail: office@ivenser.com

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД ОРСК»

Книга 10

Оценка надежности теплоснабжения

«УТВЕРЖДАЮ»
Главный инженер
ОАО «Оренбургская ТГК»
_____ В.А. Великороднов
«___» _____ 2014 г.

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД ОРСК»

Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения

Книга 10. Оценка надежности теплоснабжения

Генеральный директор
ЗАО «Ивэнергосервис»
_____ Е. В. Барочкин
«_____» _____ 2014 г.

Иваново, 2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Общие положения 5

1.1. Общие сведения о текущем состоянии тепловых сетей г. Орск 5

1.2. Описание показателей надежности (вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, живучесть) 7

1.3. Методика определения надёжности работы теплосети 9

Раздел 2. Расчет вероятности безотказной работы 14

2.1. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей Орской ТЭЦ-1 14

2.2. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №1 43

2.3. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №2 58

2.4. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №3 67

2.5. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №4 73

2.6. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №5 83

2.7. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №6 107

2.8. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №7 114

2.9. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №8 131

2.10. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №9 143

2.11. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №10 149

2.12. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №12 161

2.13. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной ОАО «ОКУ» 167

2.14. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной ЗАО «ОМК» 175

2.15. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной ОАО «РЖД» 177

2.16. Выводы по разделу 2 179

Раздел 3. Анализ аварийных режимов работы системы теплоснабжения г. Орск 181

3.1. Допустимые величины недоотпуска тепловой энергии от источников теплоснабжения г. Орск 182

3.2. Моделирование аварийных режимов работы системы теплоснабжения г. Орск 185

3.3. Выводы по разделу 196

Раздел 4. Перспективные показатели надежности теплоснабжения 197

4.1. Обоснование перспективных показателей надежности 197

4.2. Перспективные показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии 199

4.3. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии 201
4.4. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенным объемом недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии 203
4.5. Перспективные показатели надежности, определяемые средневзвешенной величиной отклонений температуры теплоносителя в результате нарушений в подаче тепловой энергии 205
4.6. Выводы по разделу 206
Раздел 5. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения 207
5.1. Качество элементов системы теплоснабжения 207
5.2. Резервирование в системе теплоснабжения 208
5.3. Установка баков-аккумуляторов горячей воды 213
5.4. Автоматизация управления технологическими процессами производства, транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии 214
5.5. Совершенствование эксплуатации системы теплоснабжения 216
Список использованных источников 219

Раздел 1. Общие положения

1.1. Общие сведения о текущем состоянии тепловых сетей г. Орск

Основным источником теплоснабжения в г. Орск является Орская ТЭЦ-1. Также в границах города имеются крупные котельные, образующие изолированные системы теплоснабжения. Небольшие котельные (установленная тепловая мощность менее 10 Гкал/ч) частично располагаются внутри зон действия крупных источников тепла, а некоторые из них обеспечивают теплом удаленные районы города.

Перечень организаций, получающих и распределяющих тепловую энергию от Орской ТЭЦ-1 по договорам на теплоснабжение, с указанием принадлежности тепловых сетей представлен в табл. 1.1.

Таблица 1.1. **Перечень теплосетевых организаций г. Орск**

Источник теплоснабжения	**Принадлежность источника**	**Тепловые сети**	**Теплосетевая организация, эксплуатирующая тепловые сети**	**Принадлежность тепловых сетей**
Орская ТЭЦ-1	Филиал ОАО «Оренбургская ТГК» ТГК-7	Магистральные	МУП «ОПТС»	Муниципальная собственность
			ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ»	ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ»
			ОАО «Орский механический завод»	ОАО «Орский механический завод»
			ОАО «Орский машиностроительный завод»	ОАО «Орский машиностроительный завод»
			ООО «Ринг»	ООО «Ринг»
			ООО «Уральская мебельная фабрика»	ООО «Уральская мебельная фабрика»
			ОАО "Орский завод металлоконструкций"	ОАО "Орский завод металлоконструкций"

МУП «ОПТС» является теплосетевой организацией с 01.01.2014. Осуществляет доставку тепла от Орской ТЭЦ-1 населению и предприятиям г. Орска по следующим тепломагистралям: Нефтяник, Соцгород, Северная, Победа.

ОАО «ОЗМК» с мая 2014 г. не осуществляет теплопотребление.

Система теплоснабжения - закрытая с преимущественным присоединением водонагревателей горячего водоснабжения по двухступенчатой смешанной схеме.

Фактическое количество потребителей, подключенных по открытой схеме, не превышает 5% от общего числа абонентов. Температурный график теплосети - $t_{пр}$ / $t_{обр}$ = 130/70°С при расчетной температуре наружного воздуха $t_{нв}$ = - 31°С.

Климатические данные района согласно СНиП 23-01-99 средняя температура января – (-14,8^{0}С), июля – (+21,9^{0}С), наиболее холодной пятидневки – (-31^{0}С), продолжительность отопительного периода – 225 суток.

Транспорт тепла от Орской ТЭЦ-1 до потребителей правобережной части города осуществляется по системе существующих тепловых сетей с головными участками

2 Ду 700 мм на теплорайон Машиностроителей (Новый город), 2 Ду600 мм на теплорайон Нефтяников и 2 Ду700 мм (тепломагистраль Северная) для жилищно-коммунального сектора и по самостоятельным выводам на предприятия 2 Ду600, 6 Ду500, 4 Ду300, 2 Ду250 мм.

Общая протяженность магистральных тепловых сетей правобережной части г. Орска составляет 30 км. Прокладка тепловых сетей - преимущественно подземная в непроходных каналах. Теплоносителем для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения является перегретая вода с максимальной температурой в подающем трубопроводе 130°С. Водяные тепловые сети двухтрубные, циркуляционные. Регулирование отпуска тепла - качественное, путем изменения температуры сетевой воды по отопительному графику 130/70°С.

Перекачка теплоносителя обеспечивается работой сетевых насосов Орской ТЭЦ-1 и подкачивающими насосными станциями на тепломагистралях, необходимость которых вызвана перепадами высотных отметок и значительной протяженностью тепломагистралей. Тепловая изоляция выполнена из минераловатных материалов и пенополиуретана.

Основной тип арматуры, установленной в тепловых сетях г. Орск, 30сНЖ и 30с541НЖ. На тепломагистрали «Соцгород» установлены регулирующие клапаны РК-1 от ТК-310 до ТК-318 ø500, от ТК-310 до ТК-311 ø700. На остальных участках регуляторы не установлены.

Тепловые сети г. Орск выполнены преимущественно по нормам проектирования 1959 г. Поэтому, срок эксплуатации трубопроводов составляет от 26 до 55 лет.

Распределение материальной характеристики трубопроводов от Орской ТЭЦ-1 по диаметрам представлено на рис. 1.1.

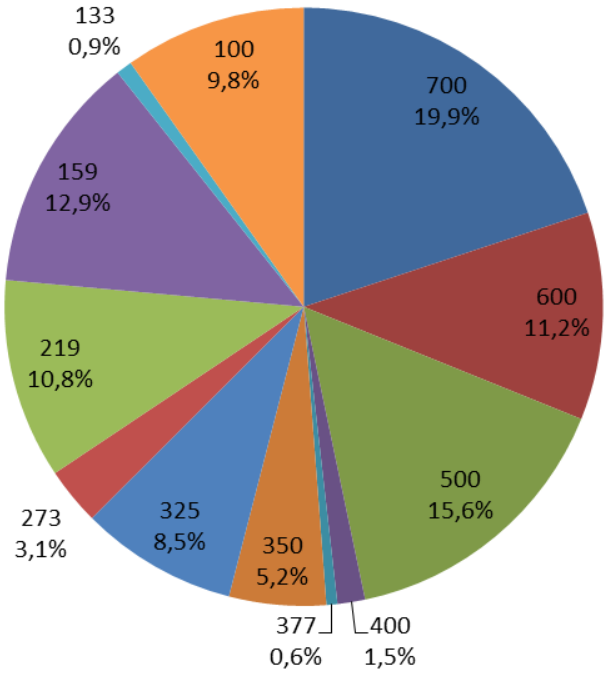

Рис. 1.1. **Распределение материальной характеристики тепломагистралей от Орской ТЭЦ-1 по диаметрам трубопроводов**

Предписания государственных надзорных органов по запрещению эксплуатации тепловых сетей отсутствуют.

Более подробная информация по тепловым сетям г. Орск представлена в Книге 2 «Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения г. Орск».

Согласно предоставленной статистике в 2012 г. произошло 92 отказа, в 2014 г. – 91.

В Книге 10 «Оценка надежности теплоснабжения» рассмотрены следующие разделы:

- расчет вероятности безотказной работы нерезервированных тепломагистралей в системе теплоснабжения г. Орск;

- определение участков тепловой сети с показателем безотказной работы ниже нормативных значений;

- расчет вероятности безотказной работы нерезервированных тепломагистралей с учетом предложений по реконструкции и новому строительству участков тепловой сети г. Орск;

- оценка надежности теплоснабжения в аварийных режимах работы по результатам анализа значений показателей, полученных в ходе гидравлического расчета.

По результатам проведенного анализа разработаны рекомендации по реконструкции участков, не отвечающих нормативным показателям безотказной работы теплосети.

1.2. 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 установ-лены в СНиП 41.02.2003 «Тепловые сети» в части пунктов 6.27-6.31 раздела «Надежность». В СНиП 41.02.2003 надежность теплоснабжения определяется по способности проектируемых и действующих источников теплоты, тепловых сетей и в целом систем централизованного теп-лоснабжения обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения), а также техноло-гических 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 центра-лизованного 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 реконструируе-мых 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 пери-ода 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 (СНиП 41.02.2003 «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 теп-лоснабжения при нерасчетных похолоданиях;

- способностью тепловых сетей обеспечить исправное функционирование системы цен-трализованного 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 обще-ственных зданий до 12°С, промышленных зданий до - 8°С.

1.3. Методика определения надёжности работы теплосети

Расчёт надёжности работы теплосети г. Орск выполняется в соответствии с «Методическими рекомендациями по расчету надежности работы теплосети» Минэнерго.

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

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

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

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

4. На основе обработки данных по отказам и 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 надежности) 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:

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

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

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

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:

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

где τ- срок эксплуатации участка, лет.

Для распределения Вейбулла рекомендуется использовать следующие эмпирические коэффициенты:

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

Поскольку представленные статистические данные о технологических нарушениях, предоставленные, недостаточно полные, то среднее значение интенсивности отказов принимается равным $\lambda_0 = 0,05$ 1/(год·км).

Значения интенсивности отказов $\lambda(t)$ в зависимости от продолжительности эксплуатации τ при значении $\lambda_0 = 0,05$ 1/(год·км) представлены в табл. 1.2 и на рис. 1.2.

Таблица 1.2. **Значения интенсивности отказов от продолжительности эксплуатации**

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 λ(t), 1/(год·км)	0,079	0,0636	0,050	0,050	0,050	0,050	0,0641	0,0990	0,1954	0,525

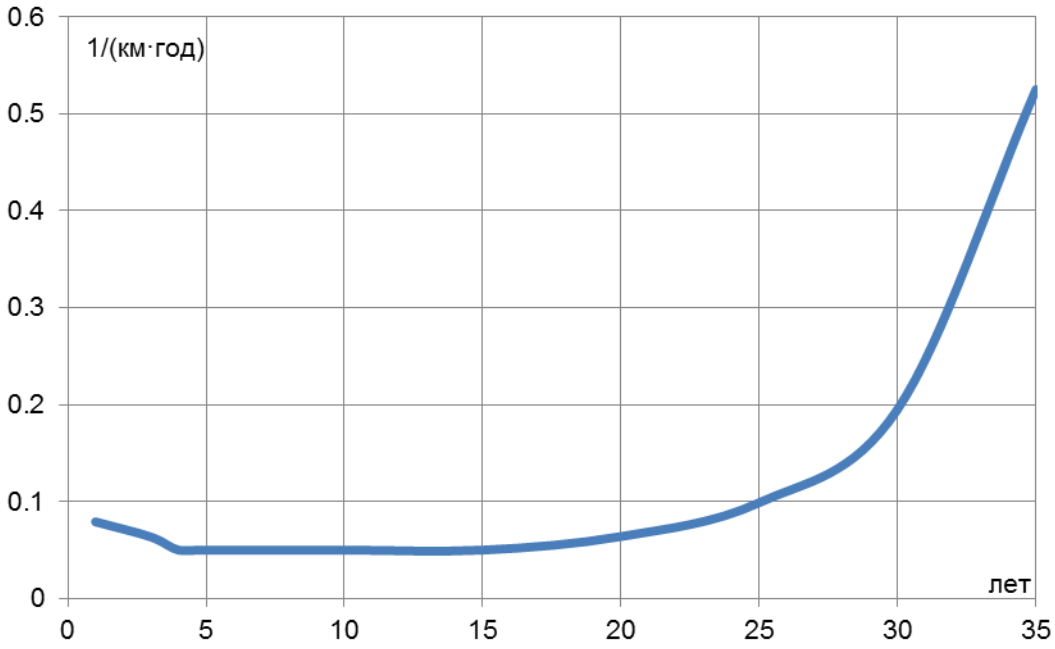

Рис. 1.2. **Интенсивность отказов в зависимости от срока эксплуатации участка тепловой сети**

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.

5. 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 2.01.01.82 или Справочника «Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей».

6. 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 (СНиП 41-02-2003. Тепловые сети).

Для расчета времени снижения температуры в жилом здании используют формулу:

$$t_в = t_н + \frac{Q_o}{q_o V} + \frac{t'_в - t_н - \frac{Q_o}{q_o V}}{\exp(z/\beta)}$$

где $t_в$ - внутренняя температура, которая устанавливается в помещении через время z в часах, после наступления исходного события, °С; z - время отсчитываемое после начала исходного события, ч; $t'_в$ - температура в отапливаемом помещении, которая была в момент начала исходного события, ^{0}С; $t_н$ - температура наружного воздуха, усредненная на периоде времени z, °С; Q_o - подача теплоты в помещение, Дж/ч; $q_o V$ - удельные расчетные тепловые потери здания, Дж/(ч×^{0}С); β - коэффициент аккумуляции помещения (здания), ч.

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

$$z = \beta \times \ln \frac{(t_в - t_н)}{(t_{в.а} - t_н)}$$

где $t_{в.а}$ – 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. Орск при коэффициенте аккумуляции жилого здания $\beta = 40$ часов приведён в табл. 1.3. Продолжительность отопительного периода составляет 5400 ч.

Таблица 1.3. **Время снижения температуры внутри отапливаемого помещения**

Температура наружного воздуха, ^{0}C	Повторяемость температур наружного воздуха, ч	Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12 ^{0}C
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

7. 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:

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

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 СНиП41-02-2003 «Тепловые сети»:

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

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 ^{o}C:

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

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

- вычисляется вероятность безотказной работы участка тепловой сети относительно абонента

$$p_i = \exp\left(-\overline{\omega}_i\right).$$

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.

Раздел 2. Расчет вероятности безотказной работы

2.1. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей Орской ТЭЦ-1

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения Орской ТЭЦ-1 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) Орская ТЭЦ-1 – уз. 722;
2) Орская ТЭЦ-1 – уз. 137;
3) Орская ТЭЦ-1 – уз. 3168;
4) Орская ТЭЦ-1 – ул. Докучаева, 54а.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.1.1. Расчетный участок от Орской ТЭЦ-1 до уз. 722

Расчетный участок от Орской ТЭЦ-1 до уз. 722 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.1. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за базовый (2013) год приведены в табл. 2.1. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.2.

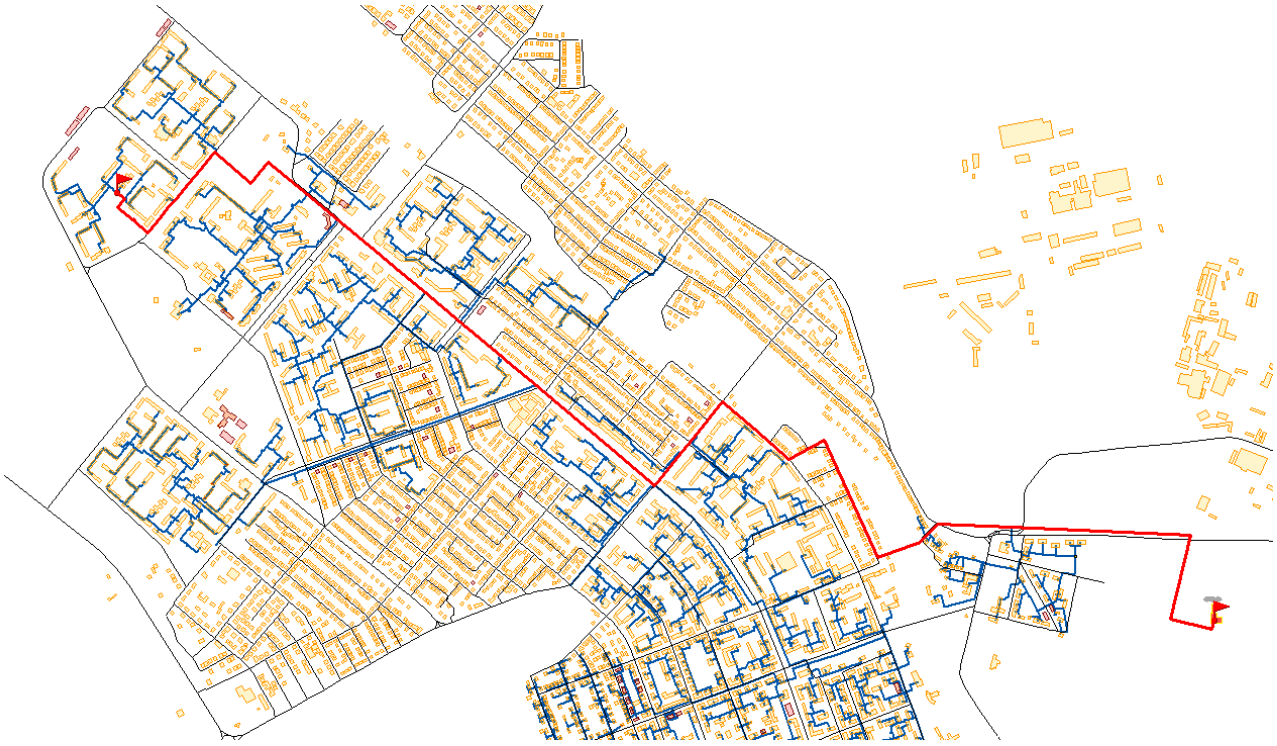

Рис. 2.1. **Расчетный участок теплосети Орская ТЭЦ-1 – уз. 722**

Таблица 2.1. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети Орская ТЭЦ-1 – уз. 722 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, Р	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	ТЭЦ-1	уз. 1 ул. Союзная	1989	1100	700	14,408	0,099	0,0215	0,9787	0,9787
2	уз. 1 ул. Союзная	уз. 2 Орское ш.	1989	290	700	9,657	0,099	0,0024	0,9976	0,9764
3	уз. 2 Орское ш.	уз. 195	1989	862,2	700	13,013	0,099	0,0144	0,9857	0,9624
4	уз. 195	уз. 194	1989	280	700	9,598	0,099	0,0023	0,9977	0,9602
5	уз. 194	уз. 193	1989	80	700	8,425	0,099	0,0004	0,9996	0,9598
6	уз. 193	уз. 117	1989	183,4	700	9,031	0,099	0,0012	0,9988	0,9586
7	уз. 117	уз .121	1989	266	700	9,516	0,099	0,0021	0,9979	0,9566
8	уз .121	уз. 122	1989	282	700	9,610	0,099	0,0023	0,9977	0,9544
9	уз. 122	уз. 123	1989	157	700	8,876	0,099	0,0010	0,9990	0,9535
10	уз. 123	уз. 124	1989	160	600	8,405	0,099	0,0008	0,9992	0,9527
11	уз. 124	уз. 125	1989	261,9	600	8,902	0,099	0,0016	0,9984	0,9512
12	уз. 125	уз. 126	1989	202,6	700	9,144	0,099	0,0014	0,9986	0,9499
13	уз. 126	уз. 127	1989	112,3	600	8,173	0,099	0,0005	0,9995	0,9494
14	уз. 127	уз. 127А	1989	168,9	700	8,946	0,099	0,0011	0,9989	0,9483
15	уз. 127А	уз. 128	1989	127,8	600	8,248	0,099	0,0006	0,9994	0,9478
16	уз. 128	уз. 129	1989	128,8	600	8,253	0,099	0,0006	0,9994	0,9472
17	уз. 129	уз. 1 ул. Пацаева	1989	515,2	500	9,324	0,099	0,0038	0,9962	0,9436
18	уз. 1 ул. Пацаева	уз. 717	1989	81,4	350	7,059	0,099	0,0001	0,9999	0,9435
19	уз. 717	уз. 718	1989	88,6	350	7,077	0,099	0,0002	0,9998	0,9433
20	уз. 718	уз. 719	1989	81,5	350	7,059	0,099	0,0001	0,9999	0,9432

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
21	уз. 719	уз. 720	1989	31,1	350	6,931	0,099	0,0000	1,0000	0,9432
22	уз. 720	уз. 721	1989	49	350	6,976	0,099	0,0001	0,9999	0,9431
23	уз. 721	уз. 722	1989	277,2	350	7,559	0,099	0,0008	0,9992	0,9424
Итого по расчетному участку										0,9424

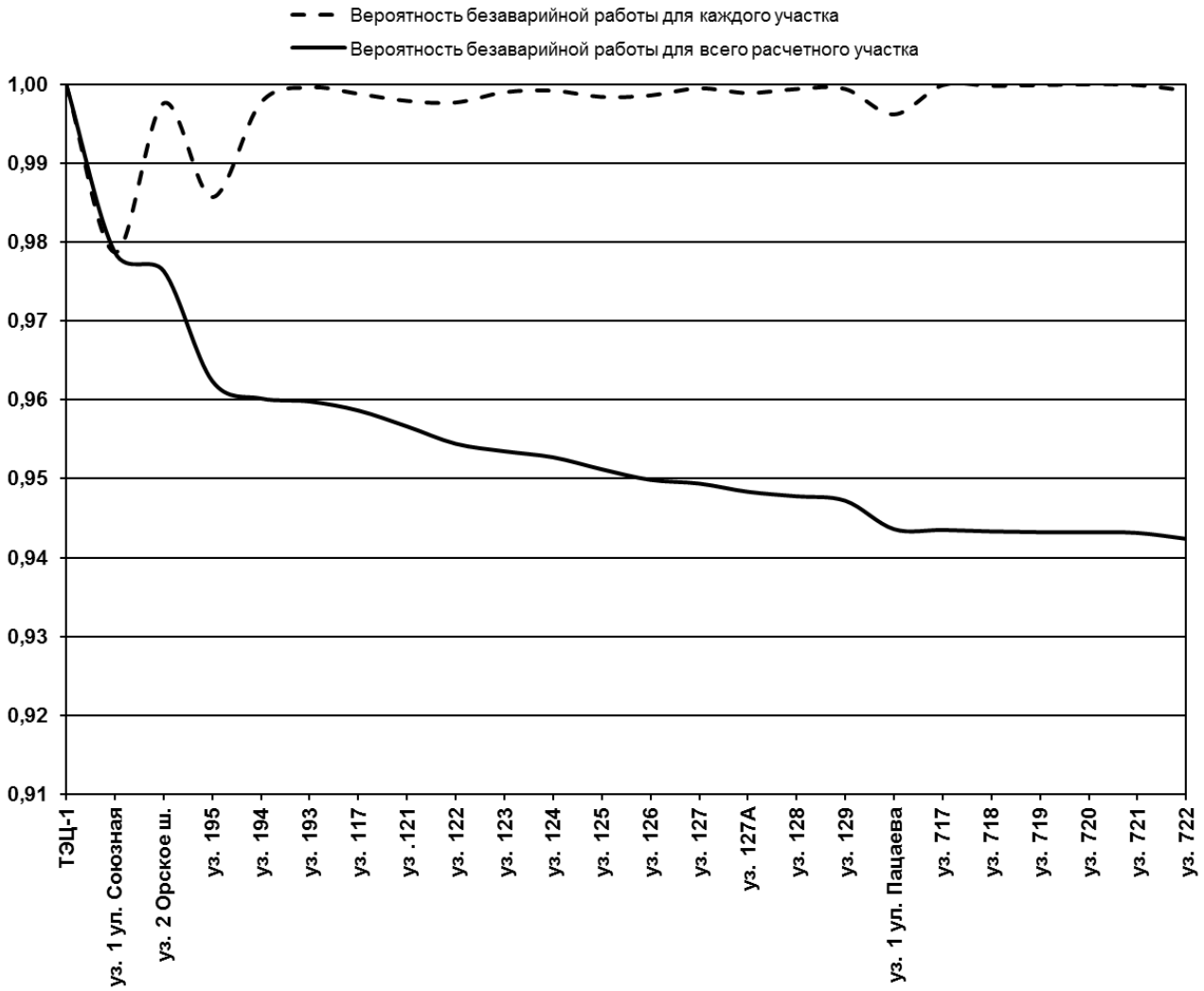

Рис. 2.2. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до уз. 722 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.2 следует, что тепломагистраль Орская ТЭЦ-1 – уз. 722 в 2013 г. обладает показателями безаварийной работы выше минимально допустимых значений. Минимально допустимые значения будут достигнуты в 2018 г. (табл. 2.2, рис. 2.3). Поэтому в 2019 г. рекомендуется произвести перекладку данной тепломагистрали. Протяженность расчетного участка составляет 5,79 км.

Таблица 2.2. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети Орская ТЭЦ-1 – уз. 722 в 2018 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, Р	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	ТЭЦ-1	уз. 1 ул. Союзная	1989	1100	700	14,408	0,167	0,0362	0,9644	0,9644
2	уз. 1 ул. Союзная	уз. 2 Орское ш.	1989	290	700	9,657	0,167	0,0041	0,9959	0,9604
3	уз. 2 Орское ш.	уз. 195	1989	862,2	700	13,013	0,167	0,0242	0,9761	0,9375
4	уз. 195	уз. 194	1989	280	700	9,598	0,167	0,0038	0,9962	0,9339
5	уз. 194	уз. 193	1989	80	700	8,425	0,167	0,0007	0,9993	0,9333
6	уз. 193	уз. 117	1989	183,4	700	9,031	0,167	0,0020	0,9980	0,9314
7	уз. 117	уз .121	1989	266	700	9,516	0,167	0,0036	0,9964	0,9281
8	уз .121	уз. 122	1989	282	700	9,610	0,167	0,0039	0,9961	0,9244
9	уз. 122	уз. 123	1989	157	700	8,876	0,167	0,0016	0,9984	0,9230
10	уз. 123	уз. 124	1989	160	600	8,405	0,167	0,0014	0,9986	0,9217
11	уз. 124	уз. 125	1989	261,9	600	8,902	0,167	0,0027	0,9973	0,9192
12	уз. 125	уз. 126	1989	202,6	700	9,144	0,167	0,0023	0,9977	0,9171
13	уз. 126	уз. 127	1989	112,3	600	8,173	0,167	0,0008	0,9992	0,9163
14	уз. 127	уз. 127А	1989	168,9	700	8,946	0,167	0,0018	0,9982	0,9147
15	уз. 127А	уз. 128	1989	127,8	600	8,248	0,167	0,0010	0,9990	0,9138
16	уз. 128	уз. 129	1989	128,8	600	8,253	0,167	0,0010	0,9990	0,9129
17	уз. 129	уз. 1 ул. Пацаева	1989	515,2	500	9,324	0,167	0,0064	0,9936	0,9070
18	уз. 1 ул. Пацаева	уз. 717	1989	81,4	350	7,059	0,167	0,0003	0,9997	0,9067
19	уз. 717	уз. 718	1989	88,6	350	7,077	0,167	0,0003	0,9997	0,9065
20	уз. 718	уз. 719	1989	81,5	350	7,059	0,167	0,0003	0,9997	0,9062

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
21	уз. 719	уз. 720	1989	31,1	350	6,931	0,167	0,0001	0,9999	0,9061
22	уз. 720	уз. 721	1989	49	350	6,976	0,167	0,0001	0,9999	0,9060
23	уз. 721	уз. 722	1989	277,2	350	7,559	0,167	0,0013	0,9987	0,9048
Итого по расчетному участку										0,9048

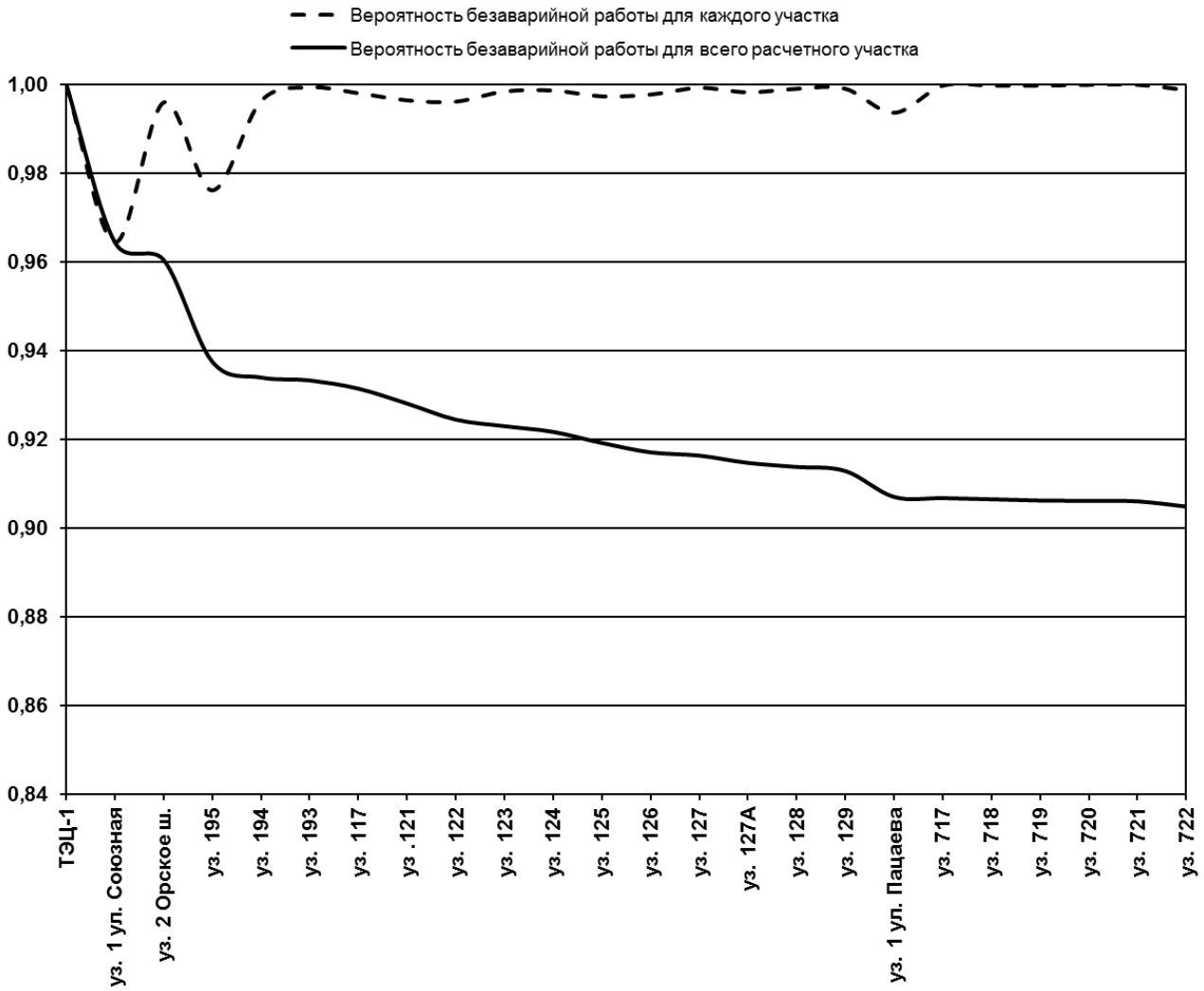

Рис. 2.3. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до уз. 722 в 2018 г.**

2.1.2. Расчетный участок от Орской ТЭЦ-1 до уз. 137

Расчетный участок от Орской ТЭЦ-1 до уз. 137 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.4. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за базовый (2013) год приведены в табл. 2.3. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.5.

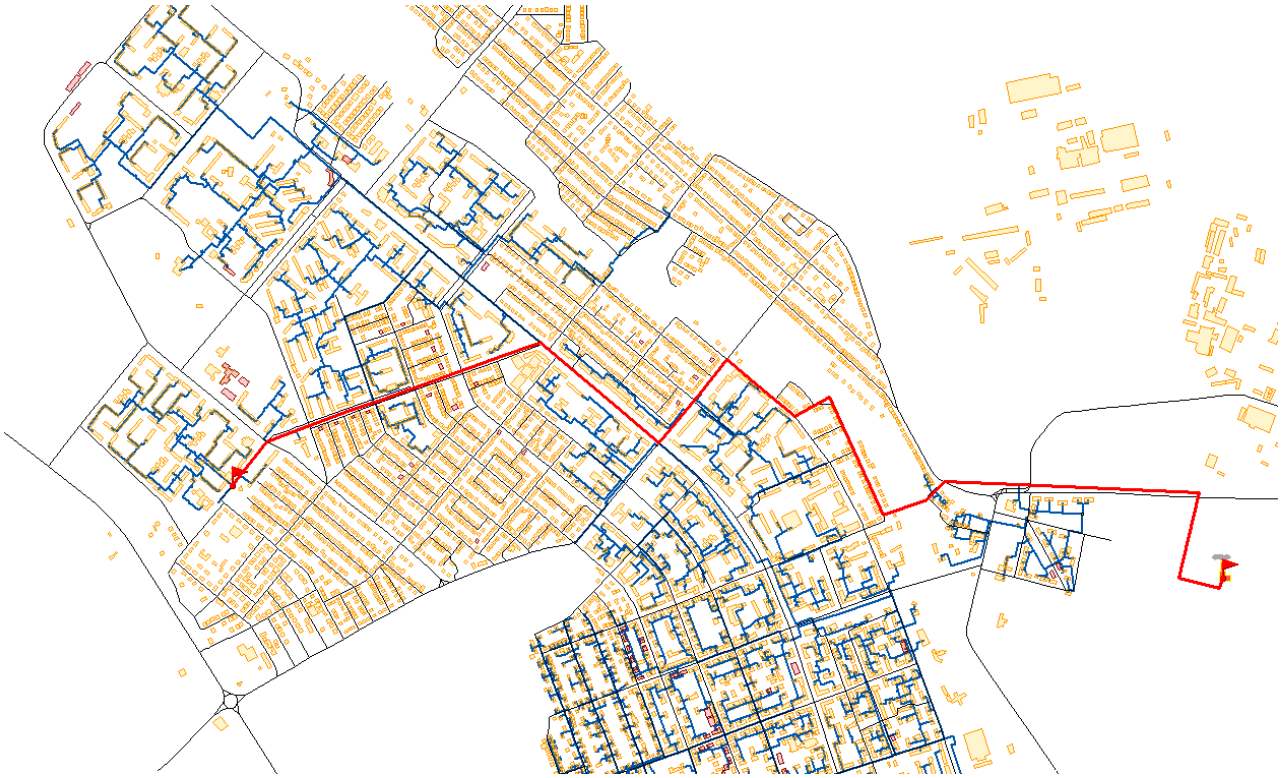

Рис. 2.4. **Расчетный участок теплосети Орская ТЭЦ-1 – уз. 137**

Таблица 2.3. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети Орской ТЭЦ-1 – уз. 137 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, Р	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	ТЭЦ-1	уз. 1 ул. Союзная	1989	1100	700	14,408	0,099	0,0215	0,9787	0,9787
2	уз. 1 ул. Союзная	уз. 2 Орское ш.	1989	290	700	9,657	0,099	0,0024	0,9976	0,9764
3	уз. 2 Орское ш.	уз. 195	1989	862,2	700	13,013	0,099	0,0144	0,9857	0,9624
4	уз. 195	уз. 194	1989	280	700	9,598	0,099	0,0023	0,9977	0,9602
5	уз. 194	уз. 193	1989	80	700	8,425	0,099	0,0004	0,9996	0,9598
6	уз. 193	уз. 117	1989	183,4	700	9,031	0,099	0,0012	0,9988	0,9586
7	уз. 117	уз .121	1989	266	700	9,516	0,099	0,0021	0,9979	0,9566
8	уз .121	уз. 122	1989	282	700	9,610	0,099	0,0023	0,9977	0,9544
9	уз. 122	уз. 123	1989	157	700	8,876	0,099	0,0010	0,9990	0,9535
10	уз. 123	уз. 130	1989	170	500	7,972	0,099	0,0007	0,9993	0,9528
11	уз. 130	уз. 131	1989	287	500	8,430	0,099	0,0015	0,9985	0,9514
12	уз. 131	уз. 132	1989	280,3	500	8,404	0,099	0,0014	0,9986	0,9500
13	уз. 132	уз. 133	1989	115,3	500	7,758	0,099	0,0004	0,9996	0,9497
14	уз. 133	уз. 134	1989	180	500	8,011	0,099	0,0007	0,9993	0,9490
15	уз. 134	уз. 135	1989	125,2	500	7,796	0,099	0,0004	0,9996	0,9486
16	уз. 135	уз. 136	1989	181,3	500	8,016	0,099	0,0007	0,9993	0,9480
17	уз. 136	уз. 137	1989	35	500	7,443	0,099	0,0001	0,9999	0,9479
Итого по расчетному участку										0,9479

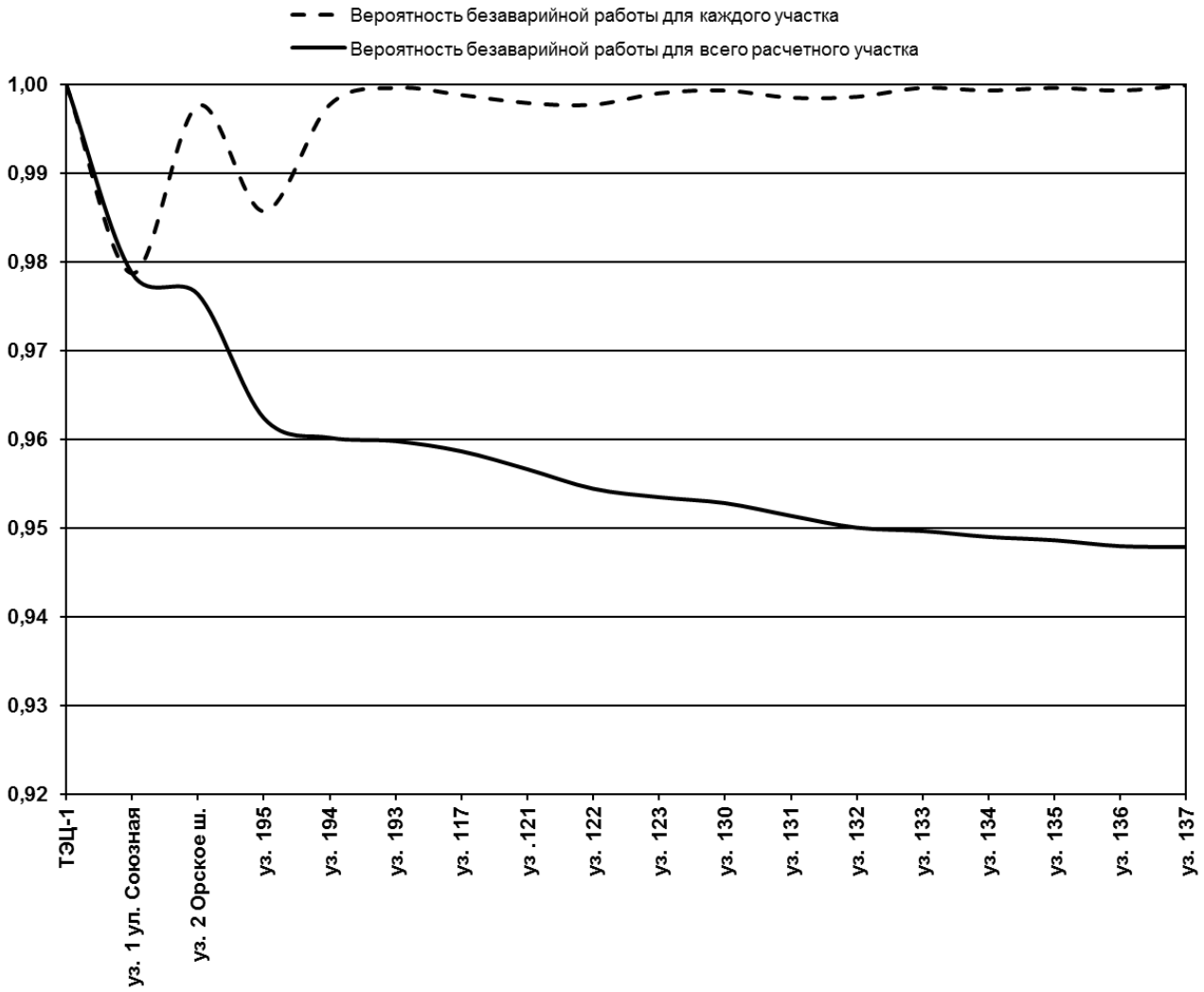

Рис. 2.5. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до уз. 137 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.5 следует, что тепломагистраль Орская ТЭЦ-1 – уз. 137 по состоянию на 2013 г. обладает допустимыми показателями безаварийной работы.

Минимально допустимые значения будут достигнуты в 2019 г. (табл. 2.4, рис. 2.6). Поэтому в 2020 г. рекомендуется произвести перекладку данной тепломагистрали. Протяженность расчетного участка составляет 4,87 км.

Таблица 2.4. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети Орской ТЭЦ-1 – уз. 137 в 2019 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	ТЭЦ-1	уз. 1 ул. Союзная	1989	1100	700	14,408	0,195	0,0423	0,9586	0,9586
2	уз. 1 ул. Союзная	уз. 2 Орское ш.	1989	290	700	9,657	0,195	0,0047	0,9953	0,9541
3	уз. 2 Орское ш.	уз. 195	1989	862,2	700	13,013	0,195	0,0283	0,9721	0,9275
4	уз. 195	уз. 194	1989	280	700	9,598	0,195	0,0045	0,9955	0,9233
5	уз. 194	уз. 193	1989	80	700	8,425	0,195	0,0008	0,9992	0,9226
6	уз. 193	уз. 117	1989	183,4	700	9,031	0,195	0,0023	0,9977	0,9204
7	уз. 117	уз .121	1989	266	700	9,516	0,195	0,0041	0,9959	0,9167
8	уз .121	уз. 122	1989	282	700	9,610	0,195	0,0045	0,9955	0,9125
9	уз. 122	уз. 123	1989	157	700	8,876	0,195	0,0019	0,9981	0,9108
10	уз. 123	уз. 130	1989	170	500	7,972	0,195	0,0013	0,9987	0,9096
11	уз. 130	уз. 131	1989	287	500	8,430	0,195	0,0029	0,9971	0,9070
12	уз. 131	уз. 132	1989	280,3	500	8,404	0,195	0,0028	0,9972	0,9044
13	уз. 132	уз. 133	1989	115,3	500	7,758	0,195	0,0008	0,9992	0,9037
14	уз. 133	уз. 134	1989	180	500	8,011	0,195	0,0014	0,9986	0,9025
15	уз. 134	уз. 135	1989	125,2	500	7,796	0,195	0,0009	0,9991	0,9016
16	уз. 135	уз. 136	1989	181,3	500	8,016	0,195	0,0015	0,9985	0,9003
17	уз. 136	уз. 137	1989	35	500	7,443	0,195	0,0002	0,9998	0,9001
Итого по расчетному участку										0,9001

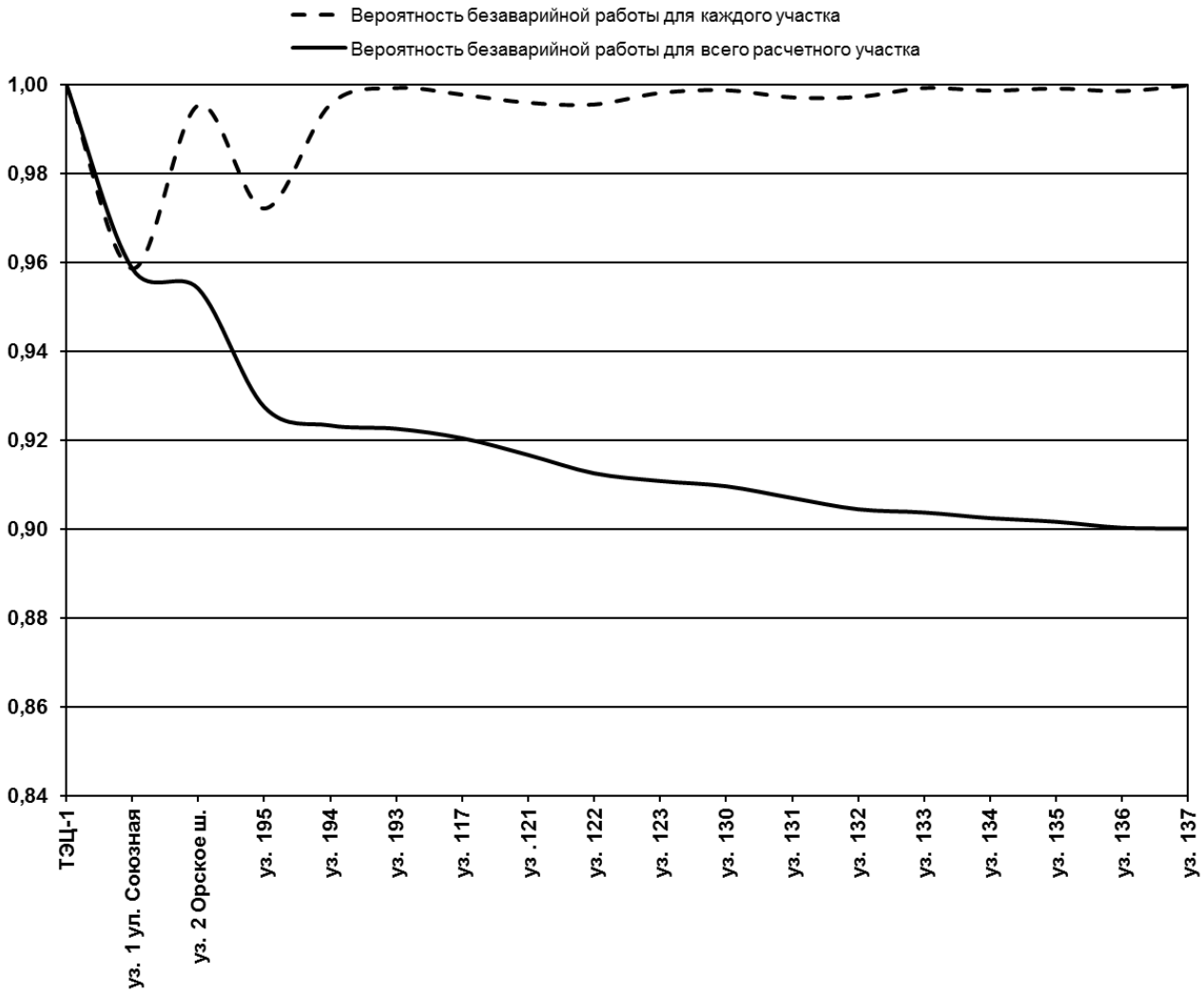

Рис. 2.6. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до уз. 137 в 2019 г.**

2.1.3. Расчетный участок от Орской ТЭЦ-1 до уз. 3168

Расчетный участок от Орской ТЭЦ-1 до уз. 3168 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.7. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за базовый (2013) год приведены в табл. 2.5. Расчетный путь теплоносителя от Орской ТЭЦ-1 до уз. 3168 при отключении участка уз. 338 – уз. 3102 представлен на рис. 2.8. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.9, для резервных участков – на рис. 2.10.

Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали в 2028 г. приведены в табл. 2.6. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути по состоянию на 2028 г. представлено на рис. 2.11, для резервных участков – на рис. 2.12.

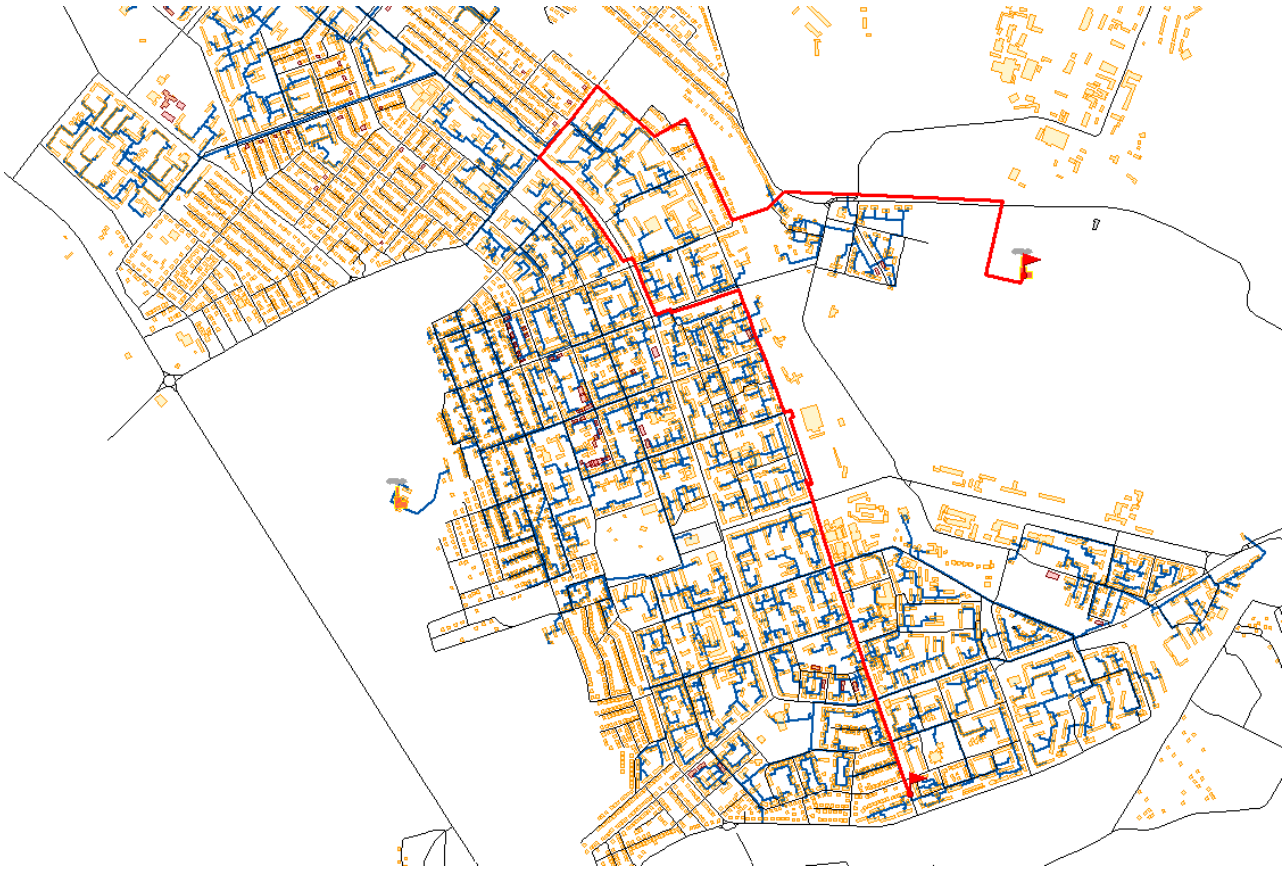

Рис. 2.7. **Расчетный участок теплосети Орской ТЭЦ-1 – уз. 3168**

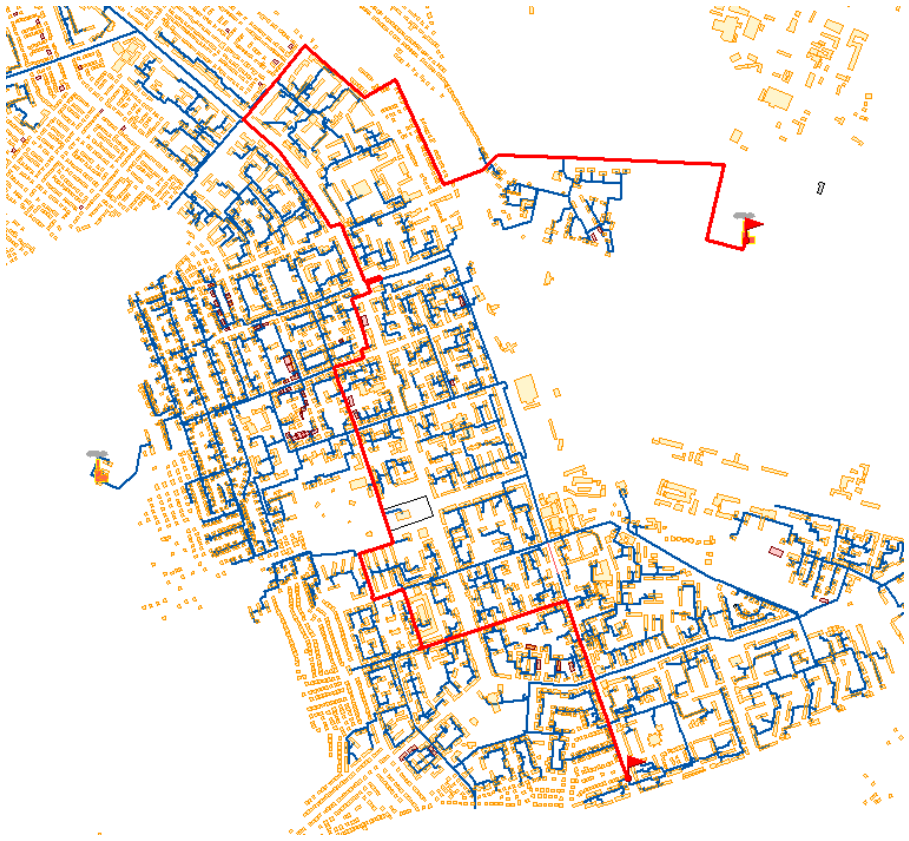

Рис. 2.8. **Расчетный путь теплоносителя от Орской ТЭЦ-1 до уз. 3168 при отключении участка уз. 338 – уз. 3102**

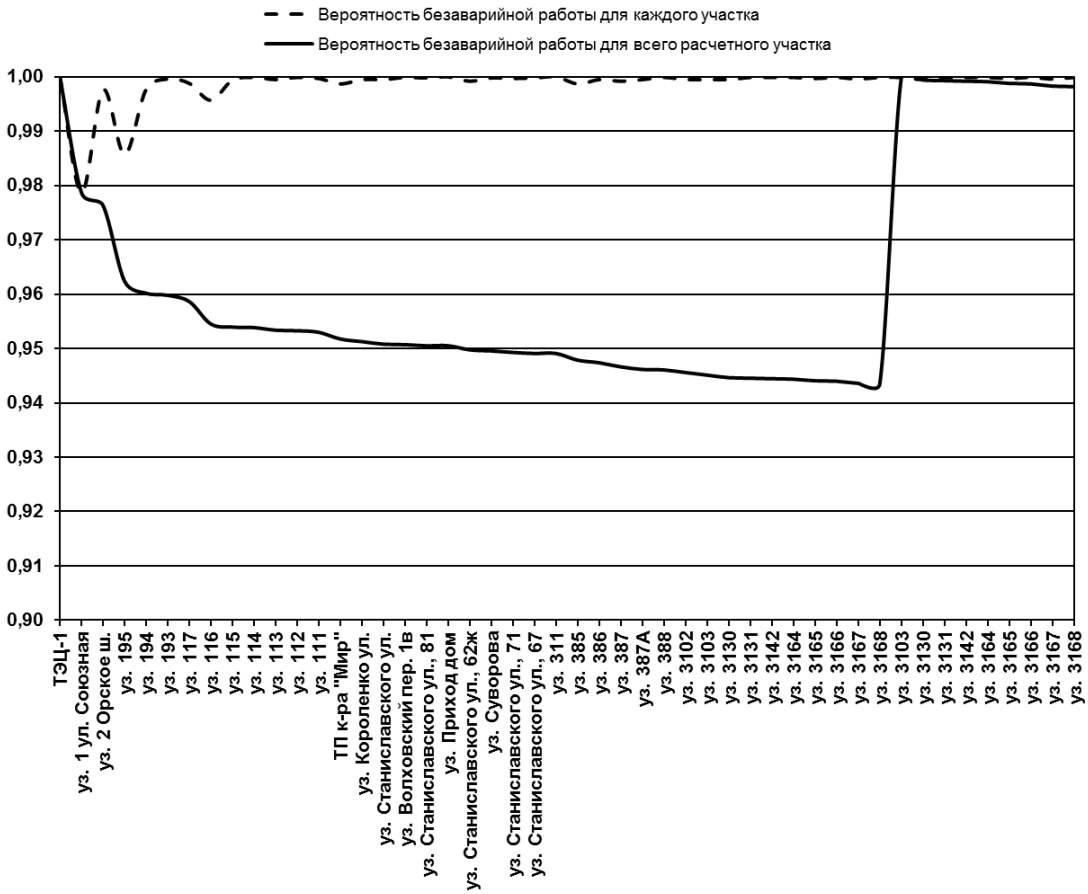

Рис. 2.9. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до уз. 3168 в 2013 г.**

Таблица 2.5. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети Орская ТЭЦ-1 – уз. 3168 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Основная тепломагистраль										
1	ТЭЦ-1	уз. 1 ул. Союзная	1989	1100	700	14,408	0,099	0,0215	0,9787	0,9787
2	уз. 1 ул. Союзная	уз. 2 Орское ш.	1989	290	700	9,657	0,099	0,0024	0,9976	0,9764
3	уз. 2 Орское ш.	уз. 195	1989	862,2	700	13,013	0,099	0,0144	0,9857	0,9624
4	уз. 195	уз. 194	1989	280	700	9,598	0,099	0,0023	0,9977	0,9602
5	уз. 194	уз. 193	1989	80	700	8,425	0,099	0,0004	0,9996	0,9598
6	уз. 193	уз. 117	1989	183,4	700	9,031	0,099	0,0012	0,9988	0,9586
7	уз. 117	уз. 116	1989	474,4	600	9,938	0,099	0,0043	0,9957	0,9545
8	уз. 116	уз. 115	1989	134	600	8,279	0,099	0,0006	0,9994	0,9539
9	уз. 115	уз. 114	1989	23	600	7,737	0,099	0,0001	0,9999	0,9538
10	уз. 114	уз. 113	1989	105	600	8,137	0,099	0,0005	0,9995	0,9534
11	уз. 113	уз. 112	1989	40	600	7,820	0,099	0,0001	0,9999	0,9533
12	уз. 112	уз. 111	1989	65	600	7,942	0,099	0,0003	0,9997	0,9530
13	уз. 111	ТП к-ра "Мир"	1989	228	600	8,737	0,099	0,0013	0,9987	0,9518
14	ТП к-ра "Мир"	уз. Короленко ул.	1989	107	600	8,147	0,099	0,0005	0,9995	0,9513
15	уз. Короленко ул.	уз. Станиславского ул.	1989	112	600	8,171	0,099	0,0005	0,9995	0,9508
16	уз. Станиславского ул.	уз. Волховский пер. 1в	1989	65	300	6,845	0,099	0,0001	0,9999	0,9507
17	уз. Волховский пер. 1в	уз. Станиславского ул., 81	1989	111	300	6,943	0,099	0,0002	0,9998	0,9505

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
18	уз. Станиславского ул., 81	уз. Приход дом	1989	16	300	6,741	0,099	0,0000	1,0000	0,9505
19	уз. Приход дом	уз. Станиславского ул., 62ж	1989	325	300	7,397	0,099	0,0008	0,9992	0,9498
20	уз. Станиславского ул., 62ж	уз. Суворова	1989	120	300	6,962	0,099	0,0002	0,9998	0,9496
21	уз. Суворова	уз. Станиславского ул., 71	1989	151	300	7,028	0,099	0,0003	0,9997	0,9493
22	уз. Станиславского ул., 71	уз. Станиславского ул., 67	1989	100	300	6,920	0,099	0,0002	0,9998	0,9491
23	уз. Станиславского ул., 67	уз. 311	1989	25	300	6,760	0,099	0,0000	1,0000	0,9491
24	уз. 311	уз. 385	1989	435	300	7,631	0,099	0,0013	0,9987	0,9479
25	уз. 385	уз. 386	1989	111	600	8,166	0,099	0,0005	0,9995	0,9474
26	уз. 386	уз. 387	1989	157	600	8,391	0,099	0,0008	0,9992	0,9466
27	уз. 387	уз. 387А	1989	139	500	7,850	0,099	0,0005	0,9995	0,9462
28	уз. 387А	уз. 388	1989	50	500	7,502	0,099	0,0001	0,9999	0,9461
29	уз. 388	уз. 3102	1989	146,5	500	7,880	0,099	0,0005	0,9995	0,9456
30	уз. 3102	уз. 3103	1989	147	500	7,882	0,099	0,0005	0,9995	0,9451
31	уз. 3103	уз. 3130	1989	175	400	7,524	0,099	0,0005	0,9995	0,9446
32	уз. 3130	уз. 3131	1989	95,5	300	6,910	0,099	0,0001	0,9999	0,9445
33	уз. 3131	уз. 3142	1989	97,5	300	6,914	0,099	0,0001	0,9999	0,9444
34	уз. 3142	уз. 3164	1989	75,3	300	6,867	0,099	0,0001	0,9999	0,9444

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
35	уз. 3164	уз. 3165	1989	153,5	300	7,033	0,099	0,0003	0,9997	0,9441
36	уз. 3165	уз. 3166	1989	42,5	300	6,798	0,099	0,0001	0,9999	0,9440
37	уз. 3166	уз. 3167	1989	184,4	300	7,099	0,099	0,0004	0,9996	0,9436
38	уз. 3167	уз. 3168	1989	72,8	250	6,693	0,099	0,0001	0,9999	0,9435
Итого по участку										0,9435
Резервная тепломагистраль										
1	ТП к-ра "Мир"	уз. Ленина пр., 57	1989	115,7	500	7,759	0,099	0,0004	0,9996	0,9514
2	уз. Ленина пр., 57	уз. 204	1989	12	500	7,353	0,099	0,0000	1,0000	0,9514
3	уз. 204	уз. 273	1989	78	350	7,050	0,099	0,0001	0,9999	0,9513
4	уз. 273	уз. 274	1989	115	350	7,145	0,099	0,0002	0,9998	0,9511
5	уз. 274	уз. 275	1989	71	350	7,032	0,099	0,0001	0,9999	0,9510
6	уз. 275	уз. 276	1989	20	350	6,902	0,099	0,0000	1,0000	0,9510
7	уз. 276	уз. 277	1989	67	350	7,022	0,099	0,0001	0,9999	0,9509
8	уз. 277	уз. 278	1989	163,1	350	7,268	0,099	0,0004	0,9996	0,9505
9	уз. 278	уз. 286	1989	28	300	6,767	0,099	0,0000	1,0000	0,9505
10	уз. 286	уз. 287	1989	77	300	6,871	0,099	0,0001	0,9999	0,9504
11	уз. 287	уз. 288	1989	51	300	6,816	0,099	0,0001	0,9999	0,9503
12	уз. 288	уз. 288А	1989	44	300	6,801	0,099	0,0001	0,9999	0,9502
13	уз. 288А	уз. 289	1989	135	300	6,994	0,099	0,0002	0,9998	0,9500
14	уз. 289	уз. 3101В	1989	148,8	300	7,023	0,099	0,0003	0,9997	0,9498
15	уз. 3101В	уз. 3101Б	1989	115,9	300	6,953	0,099	0,0002	0,9998	0,9496
16	уз. 3101Б	уз. 3101А	1989	73,9	300	6,864	0,099	0,0001	0,9999	0,9495

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
17	уз. 3101А	уз. 3101	1989	55,1	300	6,824	0,099	0,0001	0,9999	0,9494
18	уз. 3101	уз. 3100	1989	141	300	7,007	0,099	0,0002	0,9998	0,9492
19	уз. 3100	уз. 399А	1989	166	300	7,060	0,099	0,0003	0,9997	0,9489
20	уз. 399А	уз. 399	1989	97	300	6,913	0,099	0,0001	0,9999	0,9488
21	уз. 399	уз. 398	1989	24	300	6,758	0,099	0,0000	1,0000	0,9488
22	уз. 398	уз. 396	1989	296	300	7,336	0,099	0,0007	0,9993	0,9481
23	уз. 396	уз. 395А	1989	72,3	400	7,216	0,099	0,0002	0,9998	0,9480
24	уз. 395А	уз. 395	1989	71,5	350	7,034	0,099	0,0001	0,9999	0,9479
25	уз. 395	уз. Ленинского комсомола ул., 43	1989	172	200	6,659	0,099	0,0002	0,9998	0,9477
26	уз. Ленинского комсомола ул., 43	уз. 3117	1989	121	150	6,420	0,099	0,0001	0,9999	0,9476
27	уз. 3117	уз. 3116	1989	46,6	200	6,496	0,099	0,0000	1,0000	0,9476
28	уз. 3116	уз. 3115	1989	82	300	6,881	0,099	0,0001	0,9999	0,9475
29	уз. 3115	уз. 3114	1989	70	300	6,856	0,099	0,0001	0,9999	0,9474
30	уз. 3114	уз. 3113	1989	101	300	6,922	0,099	0,0002	0,9998	0,9472
31	уз. 3113	уз. 3112	1989	73	300	6,862	0,099	0,0001	0,9999	0,9471
32	уз. 3112	уз. 3104	1989	309	300	7,363	0,099	0,0008	0,9992	0,9463
Итого по участку										0,9463
Основная тепломагистраль										
39	уз. 3104	уз. 3103	1989	50	300	6,814	0,099	0,0001	0,9999	0,9999
40	уз. 3103	уз. 3130	1989	175	400	7,524	0,099	0,0005	0,9995	0,9994
41	уз. 3130	уз. 3131	1989	95,5	300	6,910	0,099	0,0001	0,9999	0,9993

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
42	уз. 3131	уз. 3142	1989	97,5	300	6,914	0,099	0,0001	0,9999	0,9992
43	уз. 3142	уз. 3164	1989	75,3	300	6,867	0,099	0,0001	0,9999	0,9991
44	уз. 3164	уз. 3165	1989	153,5	300	7,033	0,099	0,0003	0,9997	0,9988
45	уз. 3165	уз. 3166	1989	42,5	300	6,798	0,099	0,0001	0,9999	0,9987
46	уз. 3166	уз. 3167	1989	184,4	300	7,099	0,099	0,0004	0,9996	0,9983
47	уз. 3167	уз. 3168	1989	72,8	250	6,693	0,099	0,0001	0,9999	0,9982
Итого по расчетному участку										0,9982

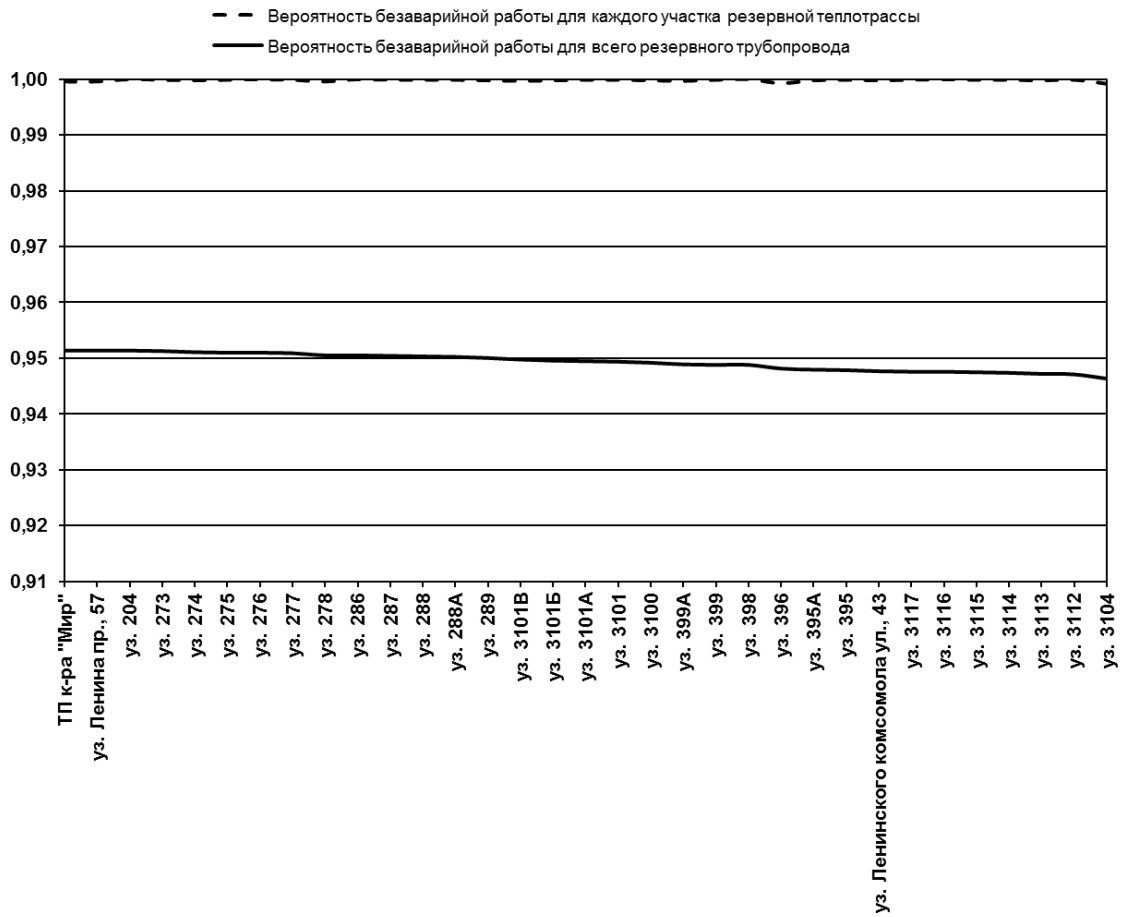

Рис. 2.10. **Вероятность безаварийной работы резервных участков тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до уз. 3168 в 2013 г.**

Из анализа данных, представленных в табл. 2.5 и на рис. 2.9, рис. 2.10 следует, что тепломагистраль Орская ТЭЦ-1 – уз. 3168 обладает показателями безаварийной работы, значительно выше допустимых значений. Это обусловлено наличием резервных участков тепломагистрали.

Перекладки трубопроводой тепломагистрали для обеспечения допустимых показателей безаварийной работы рекомендуется производить поэтапно (табл. 2.6): в 2018 г. – 2,8 км (ø700 мм), в 2019 г. – 4,3 км.

Таблица 2.6. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети Орская ТЭЦ-1 – уз. 3168 в 2028 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Основная тепломагистраль										
1	ТЭЦ-1	уз. 1 ул. Союзная	2018	1100	700	14,408	0,05	0,0108	0,9893	0,9893
2	уз. 1 ул. Союзная	уз. 2 Орское ш.	2018	290	700	9,657	0,05	0,0012	0,9988	0,9881
3	уз. 2 Орское ш.	уз. 195	2018	862,2	700	13,013	0,05	0,0073	0,9927	0,9809
4	уз. 195	уз. 194	2018	280	700	9,598	0,05	0,0012	0,9988	0,9797
5	уз. 194	уз. 193	2018	80	700	8,425	0,05	0,0002	0,9998	0,9795
6	уз. 193	уз. 117	2018	183,4	700	9,031	0,05	0,0006	0,9994	0,9789
7	уз. 117	уз. 116	2019	474,4	600	9,938	0,05	0,0022	0,9978	0,9768
8	уз. 116	уз. 115	2019	134	600	8,279	0,05	0,0003	0,9997	0,9765
9	уз. 115	уз. 114	2019	23	600	7,737	0,05	0,0000	1,0000	0,9765
10	уз. 114	уз. 113	2019	105	600	8,137	0,05	0,0002	0,9998	0,9763
11	уз. 113	уз. 112	2019	40	600	7,820	0,05	0,0001	0,9999	0,9762
12	уз. 112	уз. 111	2019	65	600	7,942	0,05	0,0001	0,9999	0,9761
13	уз. 111	ТП к-ра "Мир"	2019	228	600	8,737	0,05	0,0007	0,9993	0,9754
14	ТП к-ра "Мир"	уз. Короленко ул.	2019	107	600	8,147	0,05	0,0002	0,9998	0,9752
15	уз. Короленко ул.	уз. Станиславского ул.	2019	112	600	8,171	0,05	0,0003	0,9997	0,9749
16	уз. Станиславского ул.	уз. Волховский пер. 1в	2019	65	300	6,845	0,05	0,0000	1,0000	0,9749
17	уз. Волховский пер. 1в	уз. Станиславского ул., 81	2019	111	300	6,943	0,05	0,0001	0,9999	0,9748

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
18	уз. Станиславского ул., 81	уз. Приход дом	2019	16	300	6,741	0,05	0,0000	1,0000	0,9748
19	уз. Приход дом	уз. Станиславского ул., 62ж	2019	325	300	7,397	0,05	0,0004	0,9996	0,9744
20	уз. Станиславского ул., 62ж	уз. Суворова	2019	120	300	6,962	0,05	0,0001	0,9999	0,9743
21	уз. Суворова	уз. Станиславского ул., 71	2019	151	300	7,028	0,05	0,0001	0,9999	0,9742
22	уз. Станиславского ул., 71	уз. Станиславского ул., 67	2019	100	300	6,920	0,05	0,0001	0,9999	0,9742
23	уз. Станиславского ул., 67	уз. 311	2019	25	300	6,760	0,05	0,0000	1,0000	0,9742
24	уз. 311	уз. 385	2019	435	300	7,631	0,05	0,0007	0,9993	0,9735
25	уз. 385	уз. 386	2019	111	600	8,166	0,05	0,0002	0,9998	0,9733
26	уз. 386	уз. 387	2019	157	600	8,391	0,05	0,0004	0,9996	0,9729
27	уз. 387	уз. 387А	2019	139	500	7,850	0,05	0,0003	0,9997	0,9726
28	уз. 387А	уз. 388	2019	50	500	7,502	0,05	0,0001	0,9999	0,9725
29	уз. 388	уз. 3102	2019	146,5	500	7,880	0,05	0,0003	0,9997	0,9722
30	уз. 3102	уз. 3103	2019	147	500	7,882	0,05	0,0003	0,9997	0,9719
31	уз. 3103	уз. 3130	2019	175	400	7,524	0,05	0,0002	0,9998	0,9717
32	уз. 3130	уз. 3131	2019	95,5	300	6,910	0,05	0,0001	0,9999	0,9716
33	уз. 3131	уз. 3142	2019	97,5	300	6,914	0,05	0,0001	0,9999	0,9715
34	уз. 3142	уз. 3164	2019	75,3	300	6,867	0,05	0,0001	0,9999	0,9714

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
35	уз. 3164	уз. 3165	2019	153,5	300	7,033	0,05	0,0001	0,9999	0,9713
36	уз. 3165	уз. 3166	2019	42,5	300	6,798	0,05	0,0000	1,0000	0,9713
37	уз. 3166	уз. 3167	2019	184,4	300	7,099	0,05	0,0002	0,9998	0,9711
38	уз. 3167	уз. 3168	2019	72,8	250	6,693	0,05	0,0000	1,0000	0,9711
Итого по участку										0,9711
Резервная тепломагистраль										
1	ТП к-ра "Мир"	уз. Ленина пр., 57	1989	115,7	500	7,759	1,531	0,0061	0,9939	0,9695
2	уз. Ленина пр., 57	уз. 204	1989	12	500	7,353	1,531	0,0004	0,9996	0,9691
3	уз. 204	уз. 273	1989	78	350	7,050	1,531	0,0022	0,9978	0,9669
4	уз. 273	уз. 274	1989	115	350	7,145	1,531	0,0036	0,9964	0,9635
5	уз. 274	уз. 275	1989	71	350	7,032	1,531	0,0020	0,9980	0,9615
6	уз. 275	уз. 276	1989	20	350	6,902	1,531	0,0005	0,9995	0,9611
7	уз. 276	уз. 277	1989	67	350	7,022	1,531	0,0018	0,9982	0,9593
8	уз. 277	уз. 278	1989	163,1	350	7,268	1,531	0,0057	0,9943	0,9539
9	уз. 278	уз. 286	1989	28	300	6,767	1,531	0,0005	0,9995	0,9534
10	уз. 286	уз. 287	1989	77	300	6,871	1,531	0,0017	0,9983	0,9518
11	уз. 287	уз. 288	1989	51	300	6,816	1,531	0,0010	0,9990	0,9508
12	уз. 288	уз. 288А	1989	44	300	6,801	1,531	0,0009	0,9991	0,9500
13	уз. 288А	уз. 289	1989	135	300	6,994	1,531	0,0036	0,9964	0,9465
14	уз. 289	уз. 3101В	1989	148,8	300	7,023	1,531	0,0041	0,9959	0,9427
15	уз. 3101В	уз. 3101Б	1989	115,9	300	6,953	1,531	0,0029	0,9971	0,9399
16	уз. 3101Б	уз. 3101А	1989	73,9	300	6,864	1,531	0,0016	0,9984	0,9384

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
17	уз. 3101А	уз. 3101	1989	55,1	300	6,824	1,531	0,0011	0,9989	0,9374
18	уз. 3101	уз. 3100	1989	141	300	7,007	1,531	0,0038	0,9962	0,9338
19	уз. 3100	уз. 399А	1989	166	300	7,060	1,531	0,0047	0,9953	0,9294
20	уз. 399А	уз. 399	1989	97	300	6,913	1,531	0,0023	0,9977	0,9273
21	уз. 399	уз. 398	1989	24	300	6,758	1,531	0,0004	0,9996	0,9269
22	уз. 398	уз. 396	1989	296	300	7,336	1,531	0,0109	0,9892	0,9169
23	уз. 396	уз. 395А	1989	72,3	400	7,216	1,531	0,0024	0,9976	0,9147
24	уз. 395А	уз. 395	1989	71,5	350	7,034	1,531	0,0020	0,9980	0,9129
25	уз. 395	уз. Ленинского комсомола ул., 43	1989	172	200	6,659	1,531	0,0026	0,9974	0,9105
26	уз. Ленинского комсомола ул., 43	уз. 3117	1989	121	150	6,420	1,531	0,0010	0,9990	0,9096
27	уз. 3117	уз. 3116	1989	46,6	200	6,496	1,531	0,0004	0,9996	0,9092
28	уз. 3116	уз. 3115	1989	82	300	6,881	1,531	0,0019	0,9981	0,9075
29	уз. 3115	уз. 3114	1989	70	300	6,856	1,531	0,0015	0,9985	0,9061
30	уз. 3114	уз. 3113	1989	101	300	6,922	1,531	0,0024	0,9976	0,9040
31	уз. 3113	уз. 3112	1989	73	300	6,862	1,531	0,0016	0,9984	0,9025
32	уз. 3112	уз. 3104	1989	309	300	7,363	1,531	0,0116	0,9885	0,8921
Итого по участку										0,8921
Основная тепломагистраль										
39	уз. 3104	уз. 3103	1989	50	300	6,814	1,531	0,0010	0,9990	0,9990
40	уз. 3103	уз. 3130	1989	175	400	7,524	1,531	0,0074	0,9926	0,9916
41	уз. 3130	уз. 3131	1989	95,5	300	6,910	1,531	0,0023	0,9977	0,9893

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
42	уз. 3131	уз. 3142	1989	97,5	300	6,914	1,531	0,0023	0,9977	0,9871
43	уз. 3142	уз. 3164	1989	75,3	300	6,867	1,531	0,0017	0,9983	0,9854
44	уз. 3164	уз. 3165	1989	153,5	300	7,033	1,531	0,0042	0,9958	0,9812
45	уз. 3165	уз. 3166	1989	42,5	300	6,798	1,531	0,0008	0,9992	0,9804
46	уз. 3166	уз. 3167	1989	184,4	300	7,099	1,531	0,0055	0,9945	0,9751
47	уз. 3167	уз. 3168	1989	72,8	250	6,693	1,531	0,0012	0,9988	0,9739
Итого по расчетному участку										0,9739

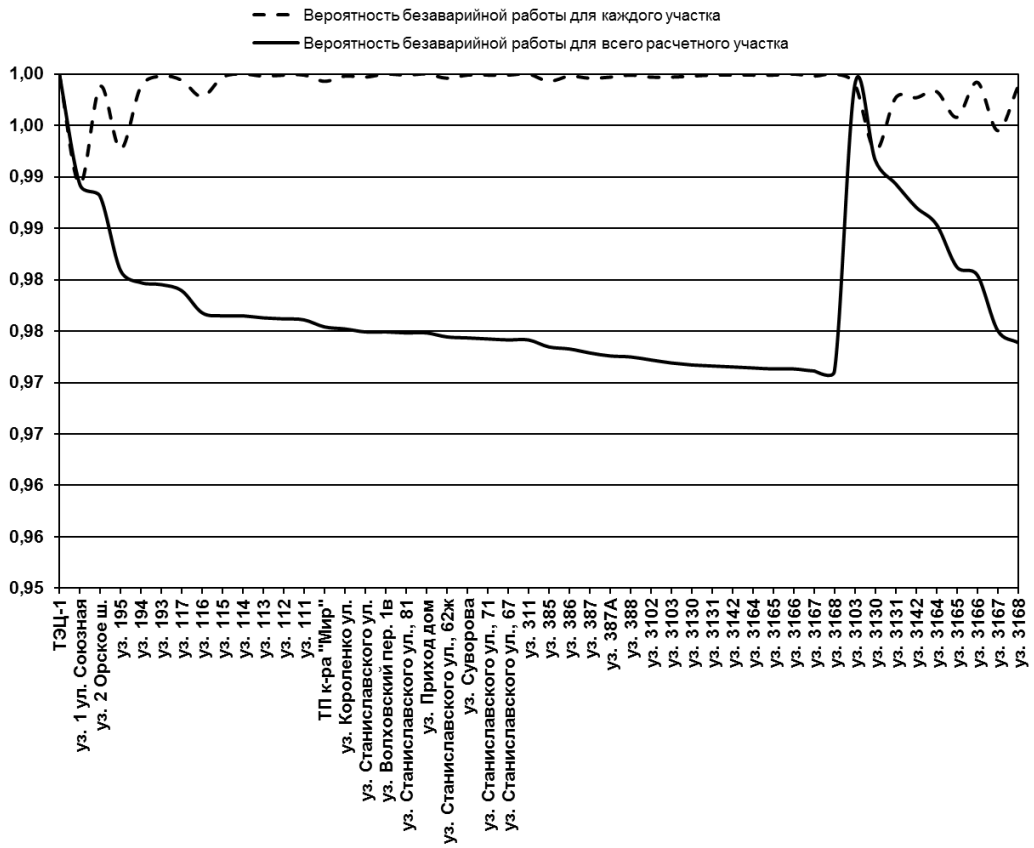

Рис. 2.11. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до уз. 3168 в 2028 г.**

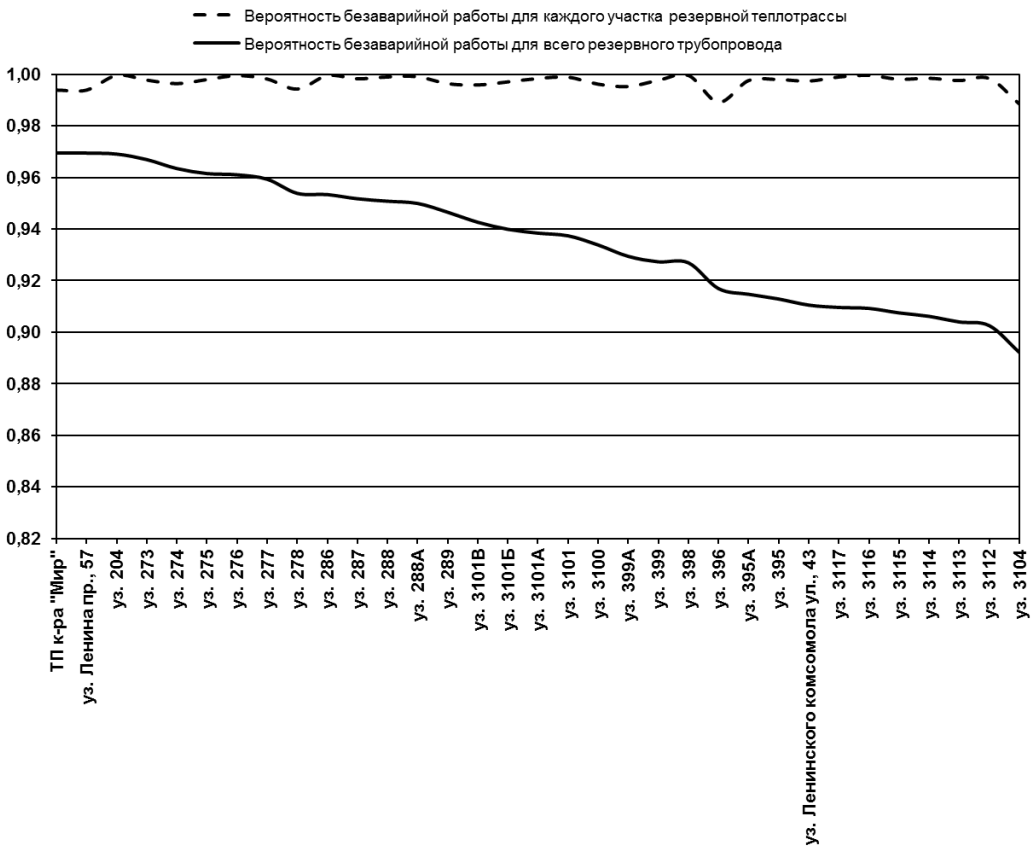

Рис. 2.12. **Вероятность безаварийной работы резервных участков тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до уз. 3168 в 2028 г.**

2.1.4. Расчетный участок от Орской ТЭЦ-1 до ул. Докучаева 54а

Расчетный участок от Орской ТЭЦ-1 до ул. Докучаева, 54а тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.13. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за базовый (2013) год приведены в табл. 2.7. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.14.

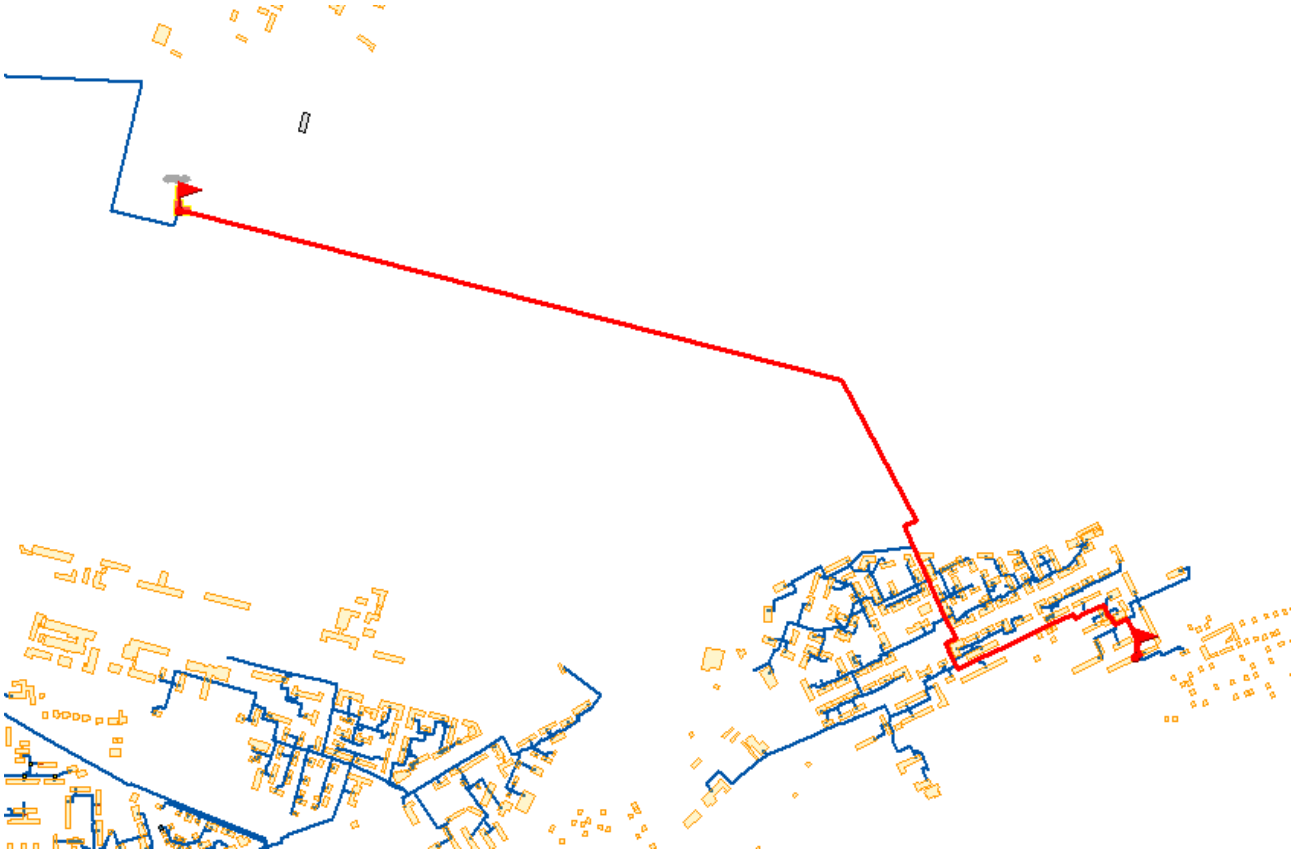

Рис. 2.13. **Расчетный участок теплосети Орская ТЭЦ-1 – ул. Докучаева, 54а**

Таблица 2.7. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети Орской ТЭЦ-1 – ул. Докучаева, 54а в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	ТЭЦ-1	ТП ул. Строителей	1989	2661,5	400	14,976	0,099	0,0557	0,9458	0,9458
2	ТП ул. Строителей	ТК-1	1989	43	300	6,799	0,099	0,0001	0,9999	0,9457
3	ТК-1	ТК-2	1989	37	300	6,786	0,099	0,0000	1,0000	0,9457
4	ТК-2	ТК-3	1989	80	300	6,877	0,099	0,0001	0,9999	0,9456
5	ТК-3	ТК-4	1989	54	300	6,822	0,099	0,0001	0,9999	0,9455
6	ТК-4	ТК-5	1989	53,7	300	6,821	0,099	0,0001	0,9999	0,9454
7	ТК-5	ТК-6	1989	39	300	6,790	0,099	0,0000	1,0000	0,9454
8	ТК-6	ТК-7	1989	15	200	6,454	0,099	0,0000	1,0000	0,9454
9	ТК-7	ТК-8	1989	23	300	6,756	0,099	0,0000	1,0000	0,9454
10	ТК-8	ТК-9	1989	40	300	6,792	0,099	0,0001	0,9999	0,9453
11	ТК-9	ТК-11	1989	75	300	6,867	0,099	0,0001	0,9999	0,9452
12	ТК-11	ТК-12	1989	204,5	200	6,702	0,099	0,0002	0,9998	0,9450
13	ТК-12	ТК-13	1989	147	200	6,627	0,099	0,0001	0,9999	0,9449
14	ТК-13	ТК-14	1989	132	200	6,607	0,099	0,0001	0,9999	0,9449
15	ТК-14	ТК-15	1989	28	200	6,471	0,099	0,0000	1,0000	0,9449
16	ТК-15	ТК-16	1989	43	150	6,348	0,099	0,0000	1,0000	0,9449
17	ТК-16	ТК-17	1989	50	150	6,354	0,099	0,0000	1,0000	0,9449
18	ТК-17	ТК-19	1989	123,5	150	6,422	0,099	0,0001	0,9999	0,9448
19	ТК-19	ул. Докучаева, 54а	1989	16,6	70	6,130	0,099	0,0000	1,0000	0,9448
Итого по расчетному участку										0,9448

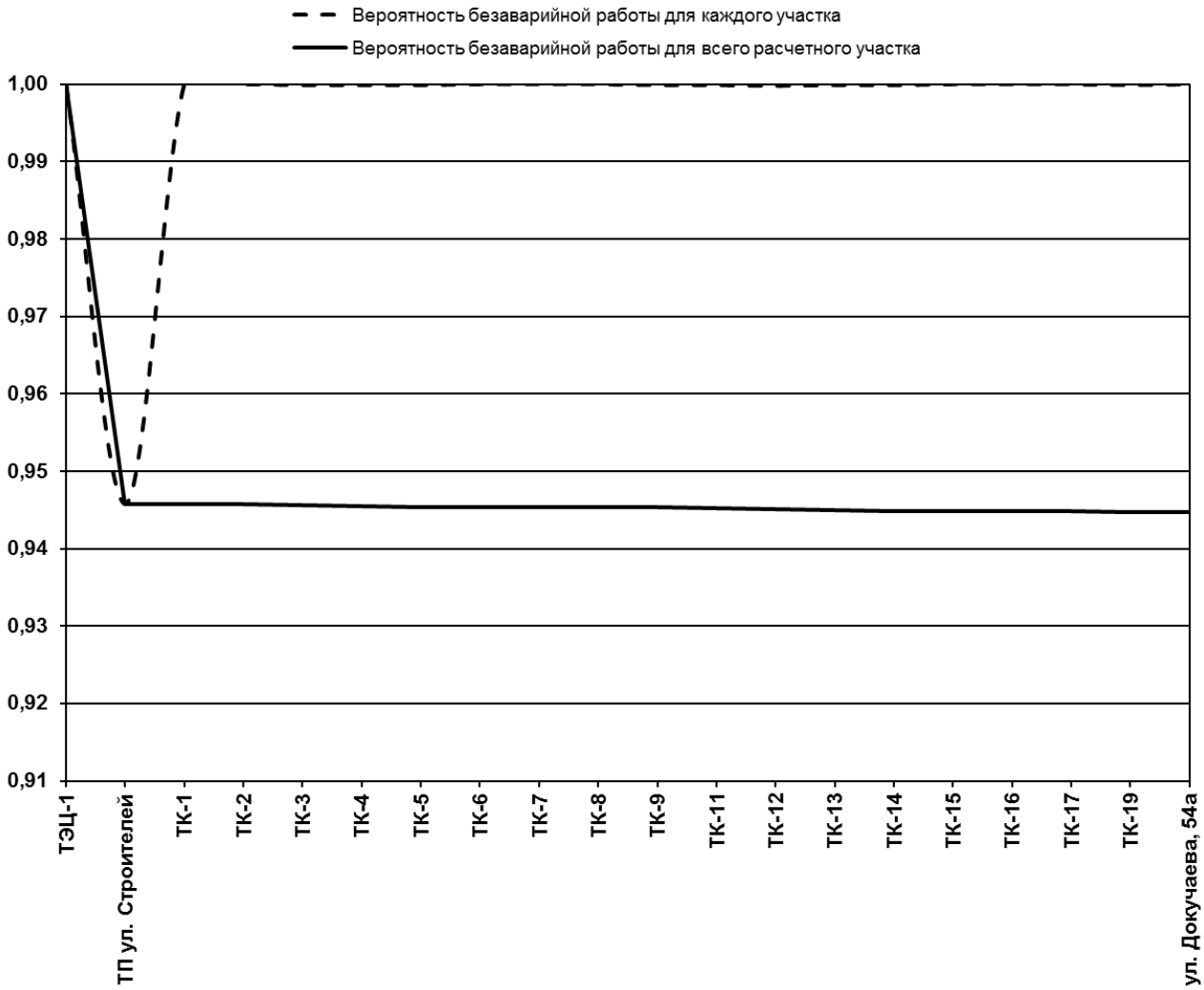

Рис. 2.14. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от Орской ТЭЦ-1 до ул. Докучаева, 54а в 2013 г.**

Из анализа данных, представленных в табл. 2.7 и на рис. 2.14 следует, что тепломагистраль Орская ТЭЦ-1 – ул. Докучаева 54а по состоянию на 2013 г. обладает допустимыми показателями безаварийной работы.

Минимально допустимые значения будут достигнуты в 2019 г. ввиду наличия протяженного участка Орская ТЭЦ-1 – ТП ул. Строителей со сроком службы более 30 лет. Поэтому в 2019 г. рекомендуется произвести перекладку данного участка тепломагистрали, что позволит достичь показателями безаварийной работы значительно выше допустимых вплоть до 2028 г. Протяженность расчетного участка составляет 2,66 км.

2.2. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №1

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №1 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №1 - ТК-88;
2) котельная №1 - ТК-17в;
3) котельная №1 – ТК-50.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

На основании полученных результатов даны рекомендации по реконструкции теплосети котельной №1 г. Орск для увеличения показателей безаварийности работы.

2.2.1. Расчетный участок от котельной №1 до ТК-88

Расчетный участок от котельной №1 до ТК-88 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.15. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали в 2013 г. приведены в табл. 2.8. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути в 2013 г. представлено на рис. 2.16. Перспективные показатели работы тепломагистрали (по состоянию на 2022 г.) приведены в табл. 2.9 и на рис. 2.17.

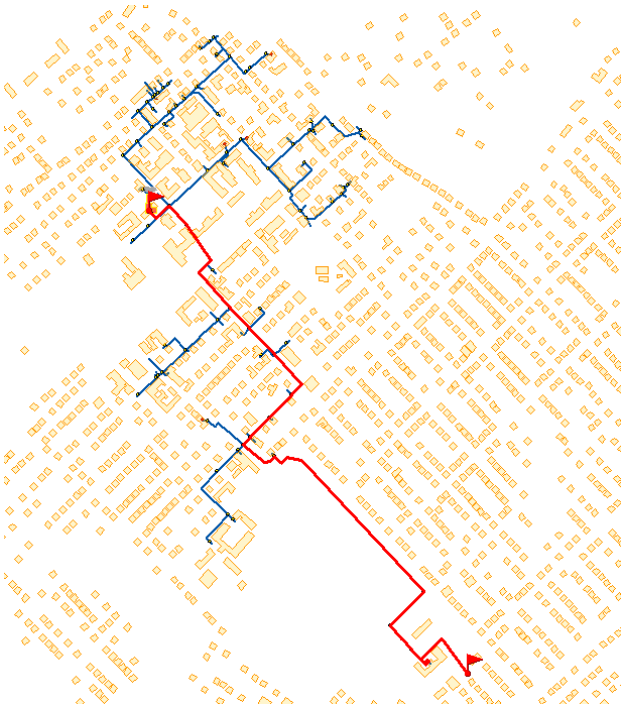

Рис. 2.15. **Расчетный участок теплосети котельная №1 – ТК-88**

Таблица 2.8. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №1 – ТК-88 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №1	ТК-1	1977	10,0	200	6,448	0,866	0,0000	1,0000	1,0000
2	ТК-1	ТК-2	1977	40,0	200	6,487	0,866	0,0002	0,9998	0,9998
3	ТК-2	ТК-7	1977	42,0	200	6,490	0,866	0,0002	0,9998	0,9996
4	ТК-7	ул. Советская 78	1977	85,0	200	6,546	0,866	0,0005	0,9995	0,9991
5	ул. Советская 78	ТК-8	1977	105,0	200	6,572	0,866	0,0007	0,9993	0,9984
6	ТК-8	ТК-73	1977	50,0	200	6,500	0,866	0,0003	0,9997	0,9981
7	ТК-73	ТК-76	1977	60,0	200	6,513	0,866	0,0003	0,9997	0,9978
8	ТК-76	ТК-79	1977	95,0	150	6,396	0,866	0,0004	0,9996	0,9974
9	ТК-79	ТК-80	1977	60,0	150	6,363	0,866	0,0003	0,9997	0,9971
10	ТК-80	ТК-81	1977	53,0	150	6,357	0,866	0,0002	0,9998	0,9969
11	ТК-81	ТК-82	1977	17,0	150	6,324	0,866	0,0001	0,9999	0,9968
12	ТК-82	ТК-86	1977	85,0	100	6,238	0,866	0,0003	0,9997	0,9965
13	ТК-86	ТК-85	1977	20,0	100	6,201	0,866	0,0001	0,9999	0,9964
14	ТК-85	ТК-94	1977	450,0	100	6,445	0,866	0,0022	0,9978	0,9942
15	ТК-94	ТК-93	1977	105,0	100	6,249	0,866	0,0004	0,9996	0,9938
16	ТК-93	ТК-92	1977	31,0	100	6,207	0,866	0,0001	0,9999	0,9937
17	ТК-92	ул. Коммунистов-Большивиков 1	1977	52,0	100	6,219	0,866	0,0002	0,9998	0,9935
18	ул. Коммунистов-Большивиков 1	ТК-88	1977	166,0	70	6,185	0,866	0,0006	0,9994	0,9929
Итого по расчетному участку										0,9929

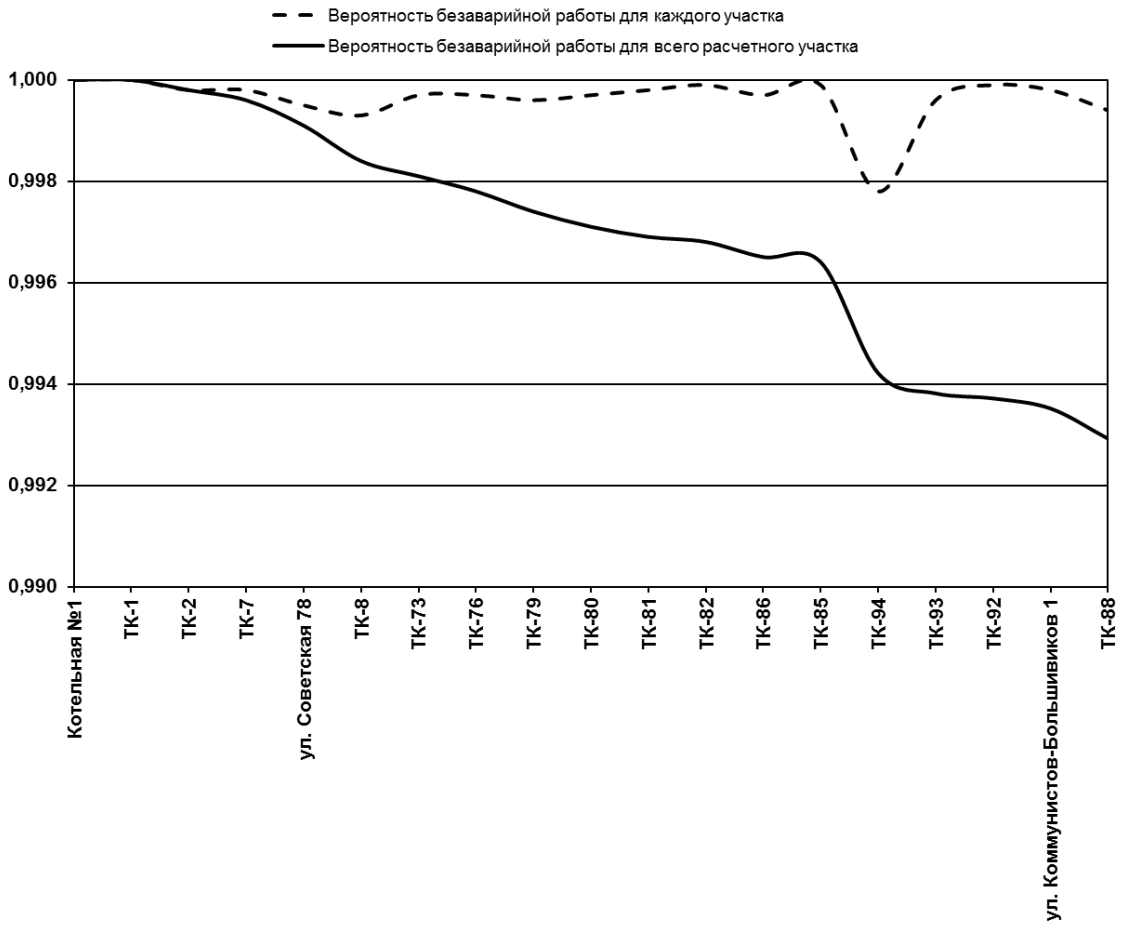

Рис. 2.16. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №1 до ТК-88 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.16 следует, что тепломагистраль котельная №1 – ТК-88 по состоянию на 2013 г. обладает высокими показателями безаварийной работы, вероятности безаварийной работы отдельных её участков значительно выше минимально-допустимых значений.

Таблица 2.9. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №1 – ТК-88 в 2022 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №1	ТК-1	1977	10,0	200	6,448	13,948	0,0008	0,9992	0,9992
2	ТК-1	ТК-2	1977	40,0	200	6,487	13,948	0,0033	0,9967	0,9959
3	ТК-2	ТК-7	1977	42,0	200	6,490	13,948	0,0035	0,9965	0,9924
4	ТК-7	ул. Советская 78	1977	85,0	200	6,546	13,948	0,0084	0,9916	0,9841
5	ул. Советская 78	ТК-8	1977	105,0	200	6,572	13,948	0,0113	0,9888	0,9731
6	ТК-8	ТК-73	1977	50,0	200	6,500	13,948	0,0042	0,9958	0,9690
7	ТК-73	ТК-76	1977	60,0	200	6,513	13,948	0,0053	0,9947	0,9638
8	ТК-76	ТК-79	1977	95,0	150	6,396	13,948	0,0070	0,9930	0,9571
9	ТК-79	ТК-80	1977	60,0	150	6,363	13,948	0,0043	0,9957	0,9530
10	ТК-80	ТК-81	1977	53,0	150	6,357	13,948	0,0037	0,9963	0,9494
11	ТК-81	ТК-82	1977	17,0	150	6,324	13,948	0,0011	0,9989	0,9484
12	ТК-82	ТК-86	1977	85,0	100	6,238	13,948	0,0050	0,9950	0,9437
13	ТК-86	ТК-85	1977	20,0	100	6,201	13,948	0,0011	0,9989	0,9426
14	ТК-85	ТК-94	1977	450,0	100	6,445	13,948	0,0355	0,9651	0,9097
15	ТК-94	ТК-93	1977	105,0	100	6,249	13,948	0,0063	0,9937	0,9040
16	ТК-93	ТК-92	1977	31,0	100	6,207	13,948	0,0017	0,9983	0,9025
17	ТК-92	ул. Коммунистов-Большивиков 1	1977	52,0	100	6,219	13,948	0,0030	0,9970	0,8998
18	ул. Коммунистов-Большивиков 1	ТК-88	1977	166,0	70	6,185	13,948	0,0089	0,9911	0,8917
Итого по расчетному участку										0,8917

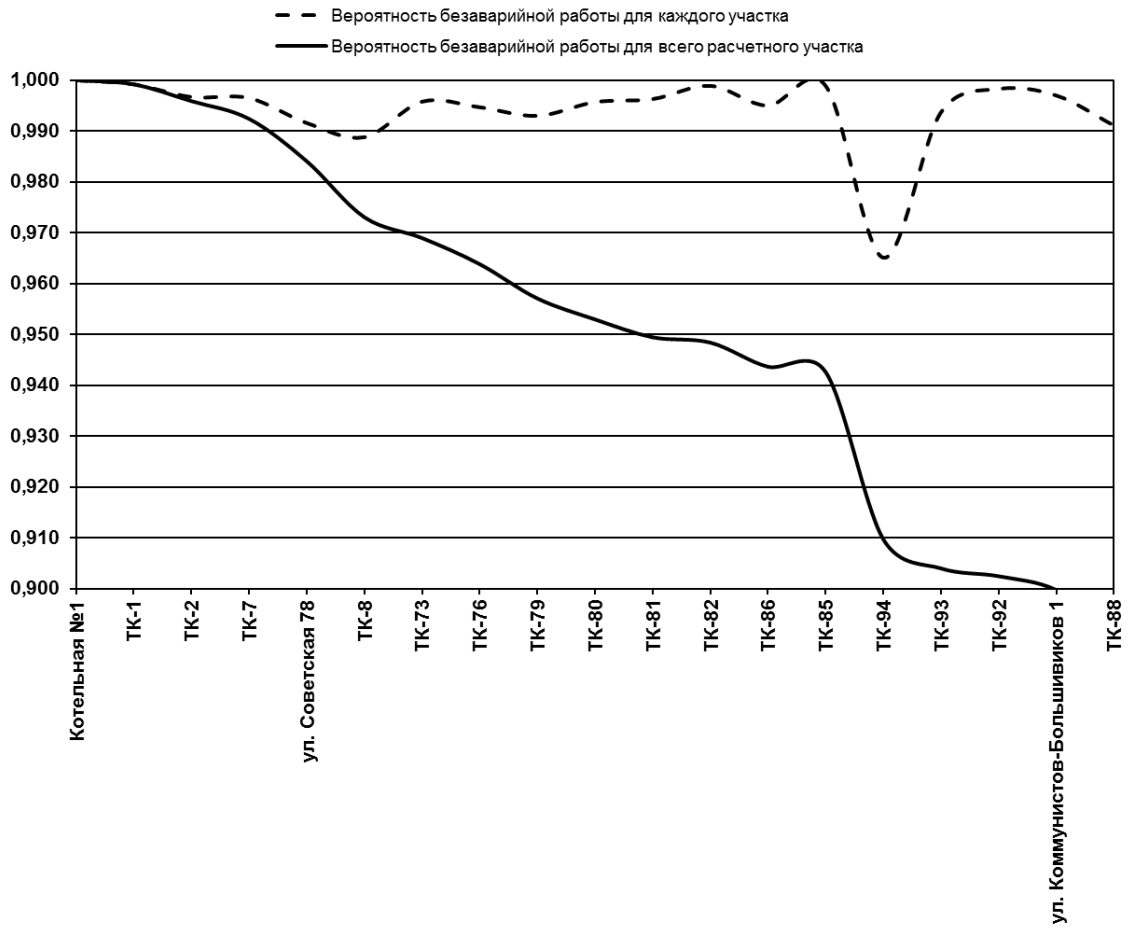

Рис. 2.17. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №1 до ТК-88 в 2022 г.**

Из анализа рис. 2.17 следует, что тепломагистраль котельная №1 – ТК-88 на участке ул. Коммунистов-Большевиков, 1 - ТК-88 в 2022 г. достигнет минимально-допустимых показателей безаварийной работы. Срок службы к 2022 г. будет составлять 45 лет. Минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты при сроке службы 45 лет ввиду небольшой протяженности данного участка теплосети – 1,53 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2022 г.

2.2.2. Расчетный участок от котельной №1 до ТК-17в

Расчетный участок от котельной №1 до ТК-17в тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.18. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали в 2013 г. приведены в табл. 2.10. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути для 2013 г. представлено на рис. 2.19. Перспективные показатели работы тепломагистрали (по состоянию на 2025 г.) приведены в табл. 2.11 и на рис. 2.20.

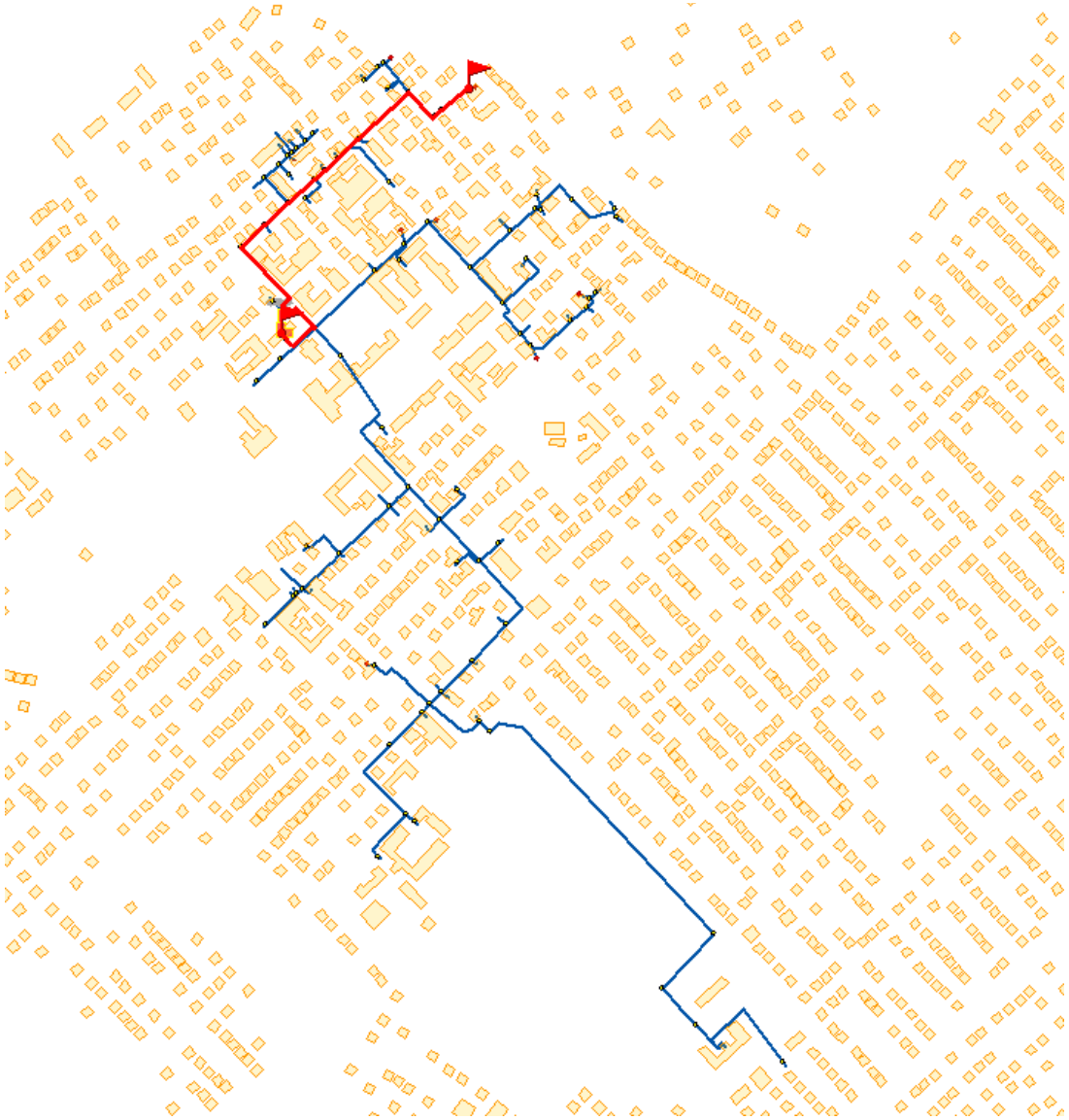

Рис. 2.18. **Расчетный участок теплосети котельная №1 – ТК-17в**

Таблица 2.10. **Результаты расчета вероятности безотказной работы расчетного участка теплосети котельная №1 – ТК-17в в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №1	ТК-1	1977	10,0	200	6,448	0,866	0,0000	1,0000	1,0000
2	ТК-1	ТК-2	1977	40,0	200	6,487	0,866	0,0002	0,9998	0,9998
3	ТК-2	ТК-3	1977	40,0	200	6,487	0,866	0,0002	0,9998	0,9996
4	ТК-3	ТК-6	1977	5,0	200	6,441	0,866	0,0000	1,0000	0,9996
5	ТК-6	ТК-10	1977	95,0	200	6,559	0,866	0,0006	0,9994	0,9990
6	ТК-10	ТК-11	1977	35,0	200	6,481	0,866	0,0002	0,9998	0,9988
7	ТК-11	ТК-12	1977	36,0	200	6,482	0,866	0,0002	0,9998	0,9986
8	ТК-12	ТК-13	1977	40,0	200	6,487	0,866	0,0002	0,9998	0,9984
9	ТК-13	ТК-14	1977	15,0	200	6,454	0,866	0,0001	0,9999	0,9983
10	ТК-14	ТК-15	1977	18,0	200	6,458	0,866	0,0001	0,9999	0,9982
11	ТК-15	ТК-16	1977	30,0	100	6,206	0,866	0,0001	0,9999	0,9981
12	ТК-16	ТК-17	1977	80,0	100	6,235	0,866	0,0003	0,9997	0,9978
13	ТК-17	ТК-17а	1977	43,0	50	6,093	0,866	0,0001	0,9999	0,9977
14	ТК-17а	ТК-17б	1977	8,0	50	6,084	0,866	0,0000	1,0000	0,9977
15	ТК-17б	ТК-17в	1977	36,0	50	6,091	0,866	0,0001	0,9999	0,9976
Итого по расчетному участку										0,9976

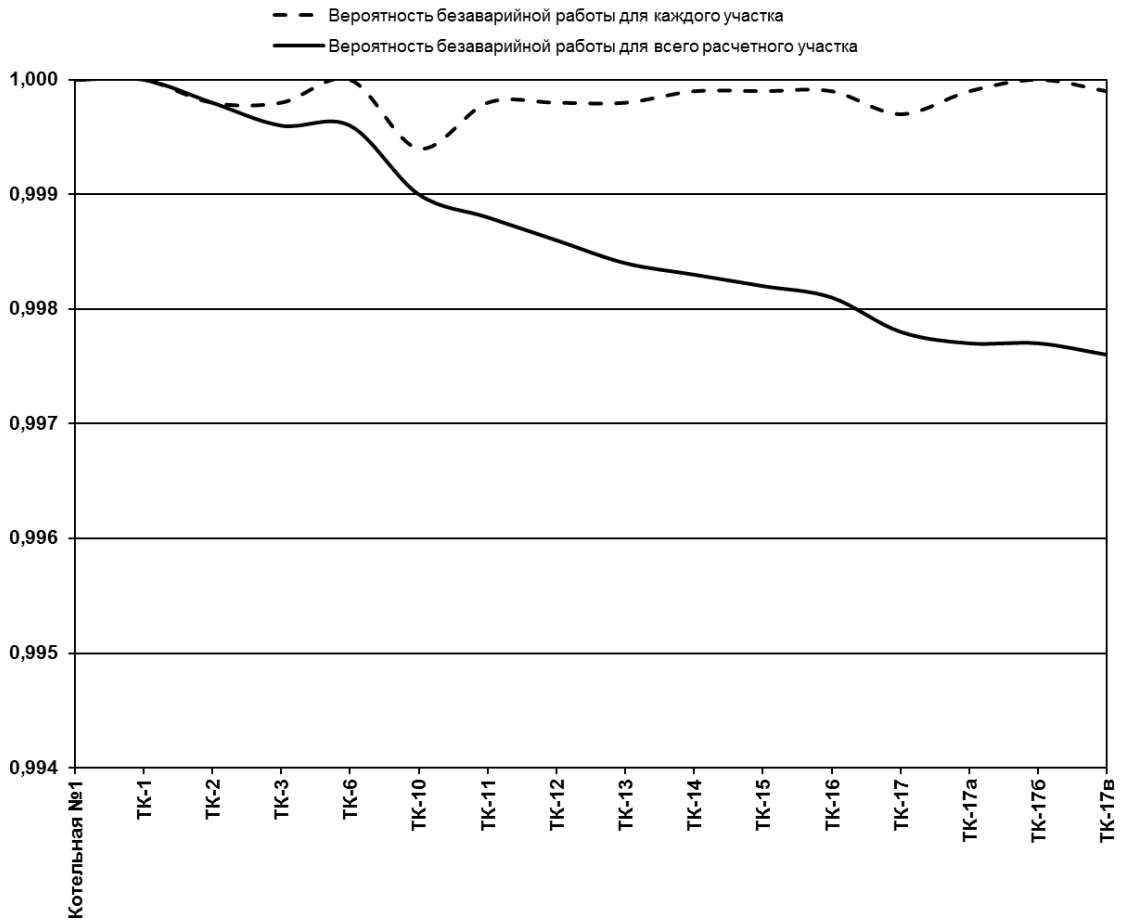

Рис. 2.19. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №1 до ТК-17в в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.19 следует, что тепломагистраль котельная №1 – ТК-17в в 2013 г. обладает высокими показателями безаварийной работы, вероятности безаварийной работы отдельных её участков значительно выше минимально-допустимых значений.

Таблица 2.11. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №1 – ТК-17в в 2025 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №1	ТК-1	1977	10,0	200	6,448	59,217	0,0034	0,9966	0,9966
2	ТК-1	ТК-2	1977	40,0	200	6,487	59,217	0,0140	0,9861	0,9827
3	ТК-2	ТК-3	1977	40,0	200	6,487	59,217	0,0140	0,9861	0,9691
4	ТК-3	ТК-6	1977	5,0	200	6,441	59,217	0,0017	0,9983	0,9674
5	ТК-6	ТК-10	1977	95,0	200	6,559	59,217	0,0418	0,9591	0,9279
6	ТК-10	ТК-11	1977	35,0	200	6,481	59,217	0,0122	0,9879	0,9166
7	ТК-11	ТК-12	1977	36,0	200	6,482	59,217	0,0126	0,9875	0,9052
8	ТК-12	ТК-13	1977	40,0	200	6,487	59,217	0,0140	0,9861	0,8926
9	ТК-13	ТК-14	1977	15,0	200	6,454	59,217	0,0051	0,9949	0,8881
10	ТК-14	ТК-15	1977	18,0	200	6,458	59,217	0,0061	0,9939	0,8826
11	ТК-15	ТК-16	1977	30,0	100	6,206	59,217	0,0071	0,9929	0,8764
12	ТК-16	ТК-17	1977	80,0	100	6,235	59,217	0,0199	0,9803	0,8591
13	ТК-17	ТК-17а	1977	43,0	50	6,093	59,217	0,0080	0,9920	0,8522
14	ТК-17а	ТК-17б	1977	8,0	50	6,084	59,217	0,0015	0,9985	0,8510
15	ТК-17б	ТК-17в	1977	36,0	50	6,091	59,217	0,0067	0,9933	0,8453
Итого по расчетному участку										0,8453

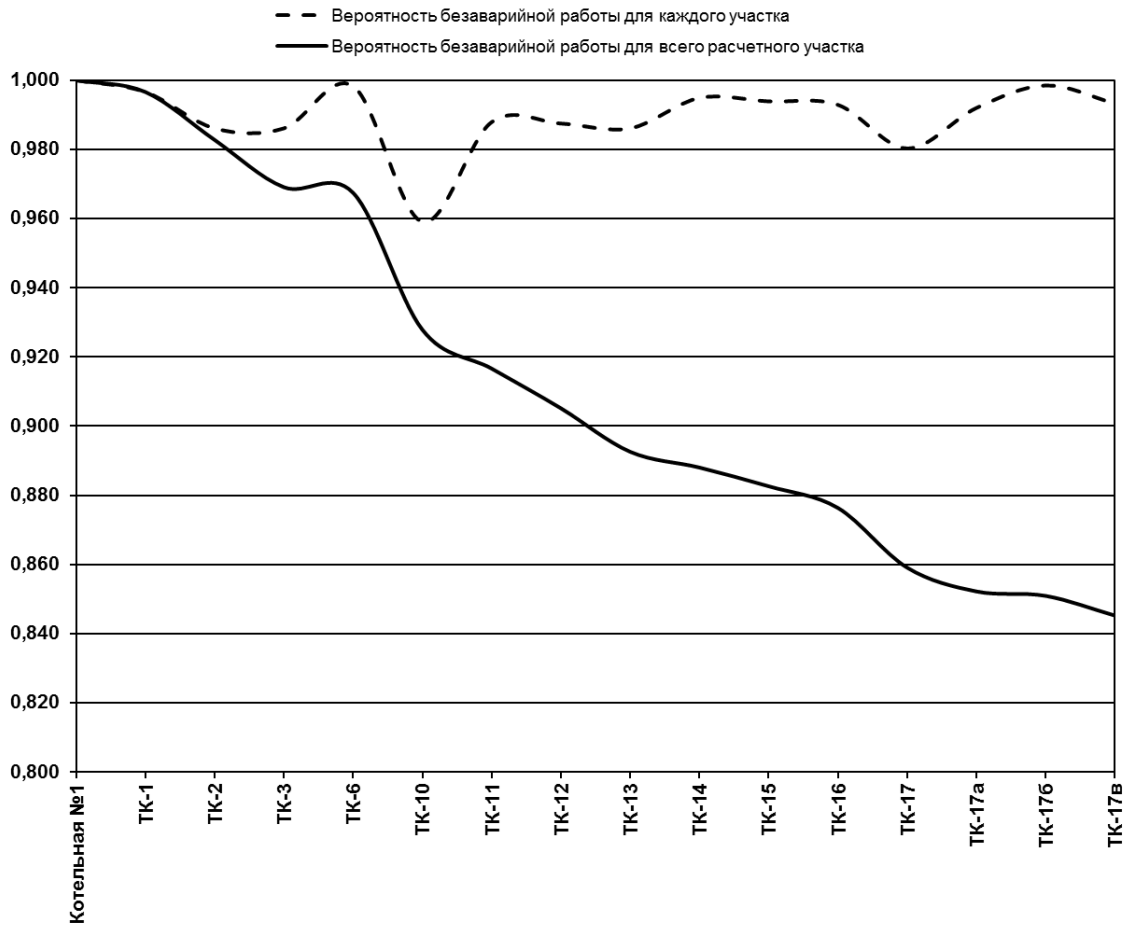

Рис. 2.20. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №1 до ТК-17в в 2025 г.**

Из анализа рис. 2.20 следует, что тепломагистраль котельная №1 – ТК-17в на участке ТК-12 – ТК-17в в 2024 г. достигнет минимально-допустимых показателей безаварийной работы. Срок службы к 2025 г. будет составлять 48 лет. Минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты при сроке службы 48 лет ввиду небольшой протяженности данного участка теплосети – 0,53 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2025 г.

2.2.3. Расчетный участок от котельной №1 до ТК-50

Расчетный участок от котельной №1 до ТК-50 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.21. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали в 2013 г. приведены в табл. 2.12. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути для 2013 г. представлено на рис. 2.22. Перспективные показатели работы тепломагистрали (по состоянию на 2024 г.) приведены в табл. 2.13 и на рис. 2.23.

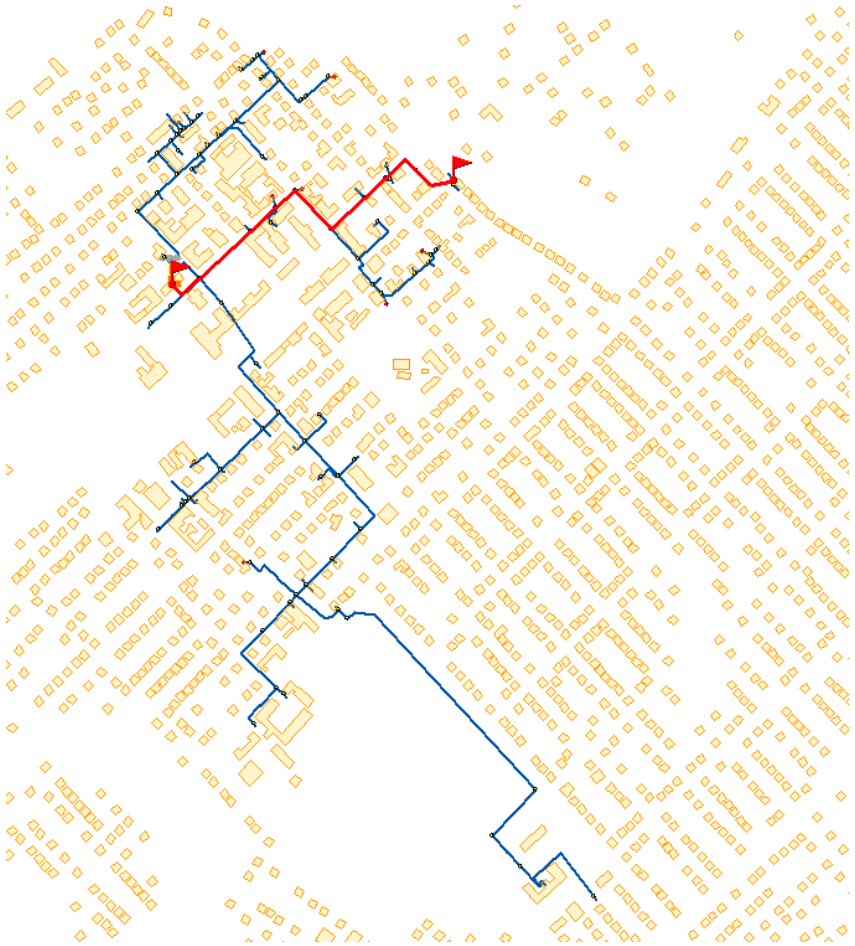

Рис. 2.21. **Расчетный участок теплосети котельная №1 – ТК-50**

Таблица 2.12. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №1 – ТК-50 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №1	ТК-1	1977	10,0	200	6,448	0,866	0,0000	1,0000	1,0000
2	ТК-1	ТК-2	1977	40,0	200	6,487	0,866	0,0002	0,9998	0,9998
3	ТК-2	ТК-4	1977	90,0	200	6,552	0,866	0,0006	0,9994	0,9992
4	ТК-4	ТК-32	1977	45,0	200	6,494	0,866	0,0002	0,9998	0,9990
5	ТК-32	ТК-5	1977	35,0	200	6,481	0,866	0,0002	0,9998	0,9988
6	ТК-5	ТК-33	1977	70,0	200	6,526	0,866	0,0004	0,9996	0,9984
7	ТК-33	ТК-34	1977	74,0	125	6,302	0,866	0,0003	0,9997	0,9981
8	ТК-34	ТК-35	1977	48,0	100	6,217	0,866	0,0002	0,9998	0,9979
9	ТК-35	ТК-39	1977	80,0	100	6,235	0,866	0,0003	0,9997	0,9976
10	ТК-39	уз.	1977	66,0	70	6,148	0,866	0,0002	0,9998	0,9974
11	уз.	ТК-50	1977	5,0	50	6,084	0,866	0,0000	1,0000	0,9974
Итого по расчетному участку										0,9974

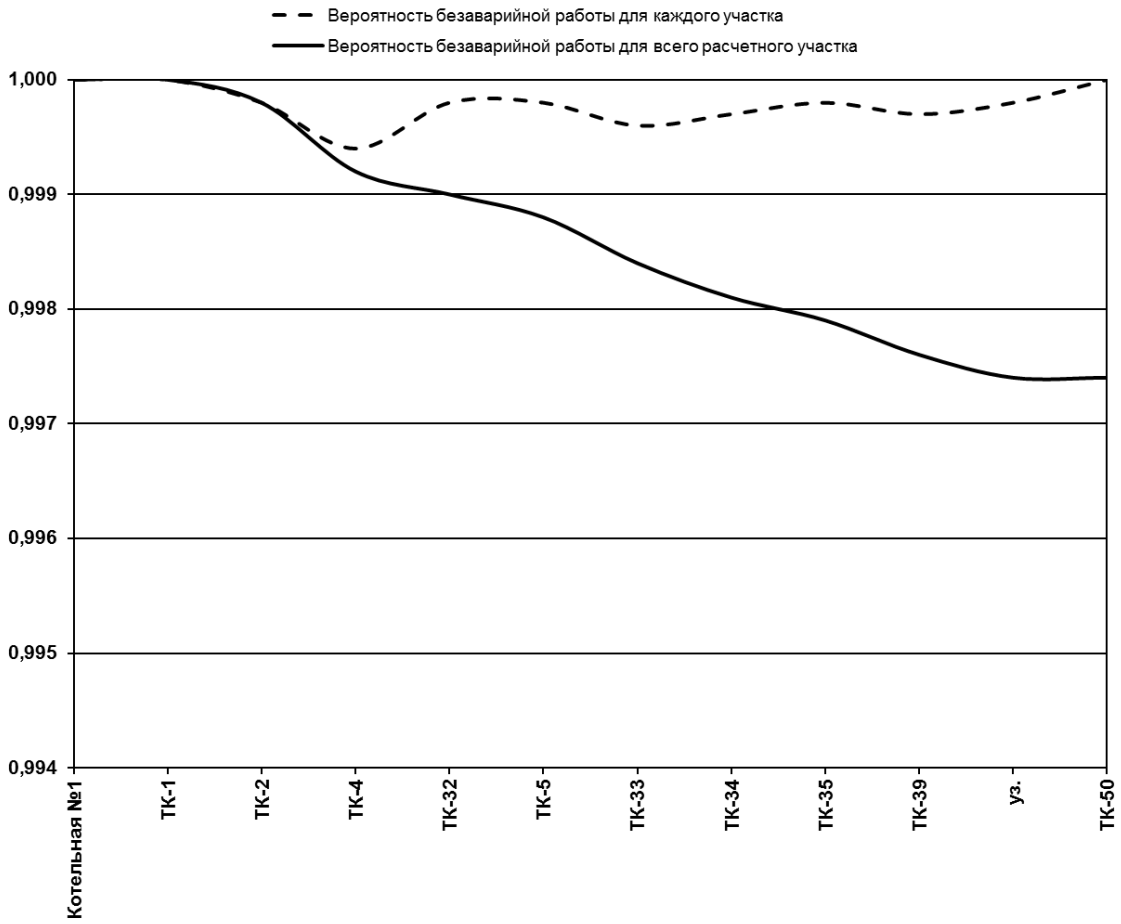

Рис. 2.22. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №1 до ТК-50 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.22 следует, что тепломагистраль котельная №1 – ТК-50 в 2013 г. обладает высокими показателями безаварийной работы, вероятности безаварийной работы отдельных её участков значительно выше минимально-допустимых значений.

Таблица 2.13. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №1 – ТК-50 в 2024 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №1	ТК-1	1977	10,0	200	6,448	35,525	0,0020	0,9980	0,9980
2	ТК-1	ТК-2	1977	40,0	200	6,487	35,525	0,0084	0,9916	0,9896
3	ТК-2	ТК-4	1977	90,0	200	6,552	35,525	0,0232	0,9771	0,9670
4	ТК-4	ТК-32	1977	45,0	200	6,494	35,525	0,0096	0,9904	0,9577
5	ТК-32	ТК-5	1977	35,0	200	6,481	35,525	0,0073	0,9927	0,9507
6	ТК-5	ТК-33	1977	70,0	200	6,526	35,525	0,0165	0,9836	0,9351
7	ТК-33	ТК-34	1977	74,0	125	6,302	35,525	0,0123	0,9878	0,9237
8	ТК-34	ТК-35	1977	48,0	100	6,217	35,525	0,0069	0,9931	0,9173
9	ТК-35	ТК-39	1977	80,0	100	6,235	35,525	0,0119	0,9882	0,9065
10	ТК-39	уз.	1977	66,0	70	6,148	35,525	0,0083	0,9917	0,8990
11	уз.	ТК-50	1977	5,0	50	6,084	35,525	0,0005	0,9995	0,8985

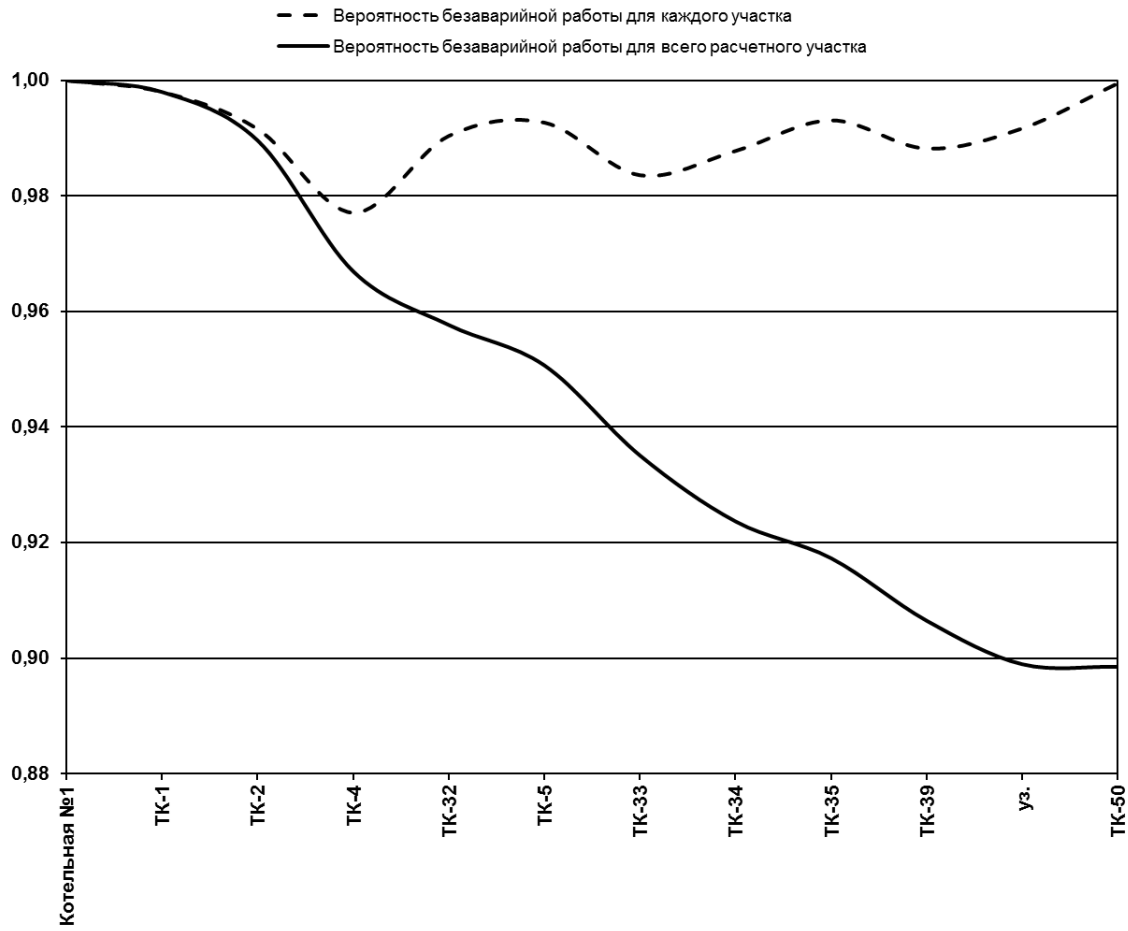

Рис. 2.23. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №1 до ТК-50 в 2024 г.**

Из анализа рис. 2.23 следует, что тепломагистраль котельная №1 – ТК-50 на участке ТК-39 – ТК-50 в 2024 г. достигнет минимально-допустимых показателей безаварийной работы. Срок службы к 2025 г. будет составлять 47 лет. Минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты при сроке службы 47 лет ввиду небольшой протяженности данного участка теплосети – 0,53 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2024 г.

2.3. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №2

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №2 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №2 – уз. Мастерская;
2) котельная №2 – уз. Склад;
3) котельная №2 – ул. Подзорова, 79.

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

В 2015 г. котельная №2 будет выведена из эксплуатации, а тепловая нагрузка потребителей будет подключена в БМК ул. Соколова, 85.

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.3.1. Расчетный участок от котельной №2 до уз. Мастерская

Расчетный участок от котельной №2 до уз. Мастерская тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.24. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.14. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.25.

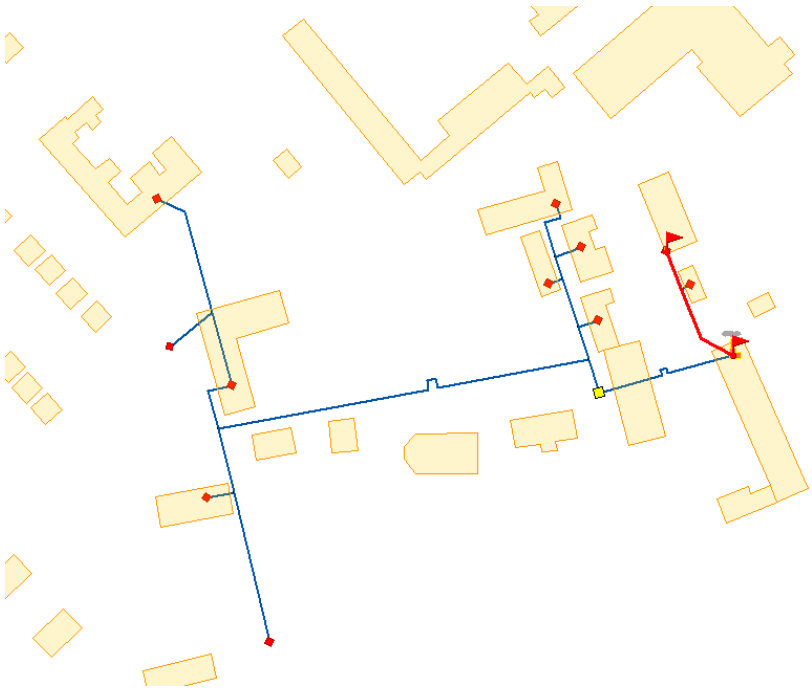

Рис. 2.24. **Расчетный участок теплосети котельная №2 – уз. Мастерская**

Таблица 2.14. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №2 – уз. Мастерская в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №2	уз.	1962	38,0	80	6,161	635,342	0,0883	0,9155	0,9155
2	уз.	Мастерская по рем. радиотех.	1962	15,0	80	6,151	635,342	0,0341	0,9665	0,8848
Итого по расчетному участку										0,8848

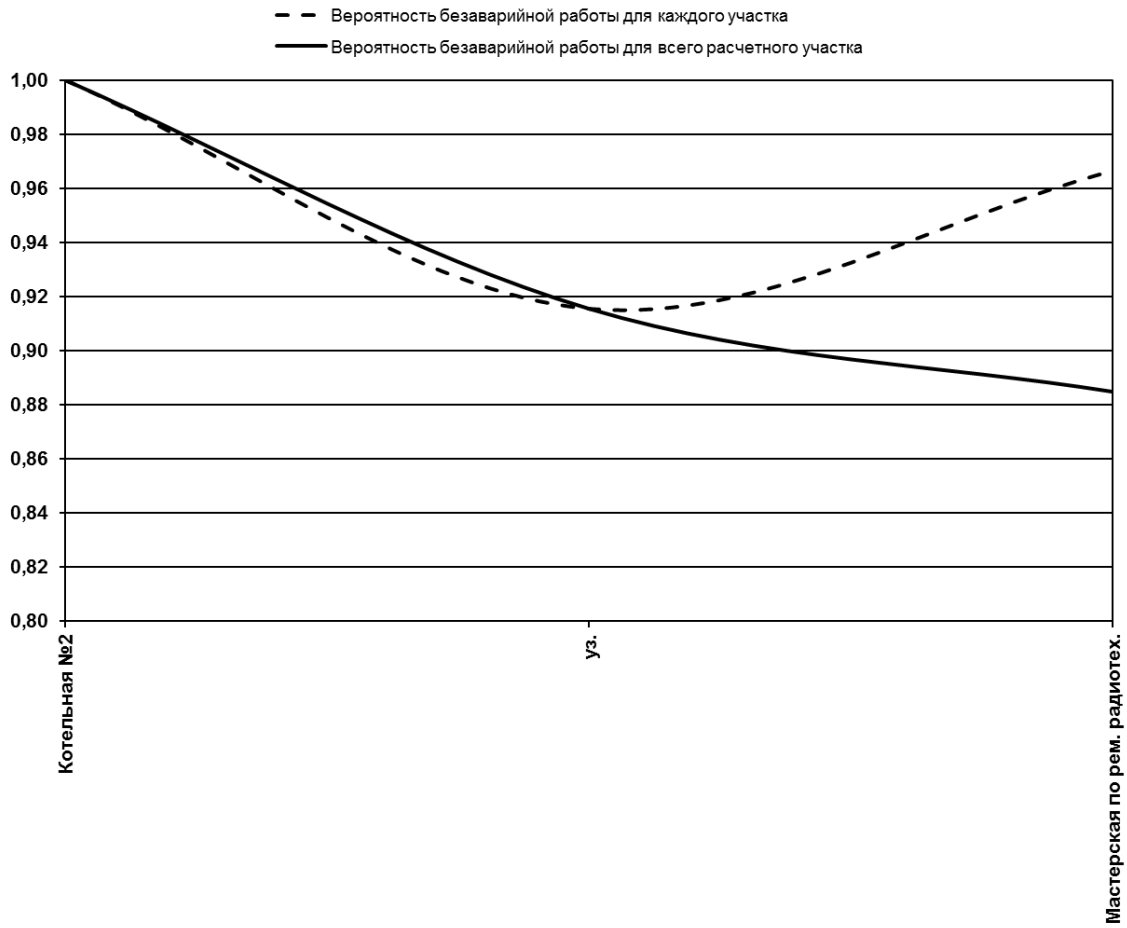

Рис. 2.25. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №2 до уз. Мастерская в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.25 следует, что тепломагистраль котельная №2 – уз. Мастерская в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы ниже допустимых. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 62 года. Минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты при сроке службы 62 года ввиду небольшой протяженности данного участка теплосети – 0,053 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.3.2. Расчетный участок от котельной №2 до уз. Склад

Расчетный участок от котельной №2 до уз. Склад тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.26. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.15. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.27.

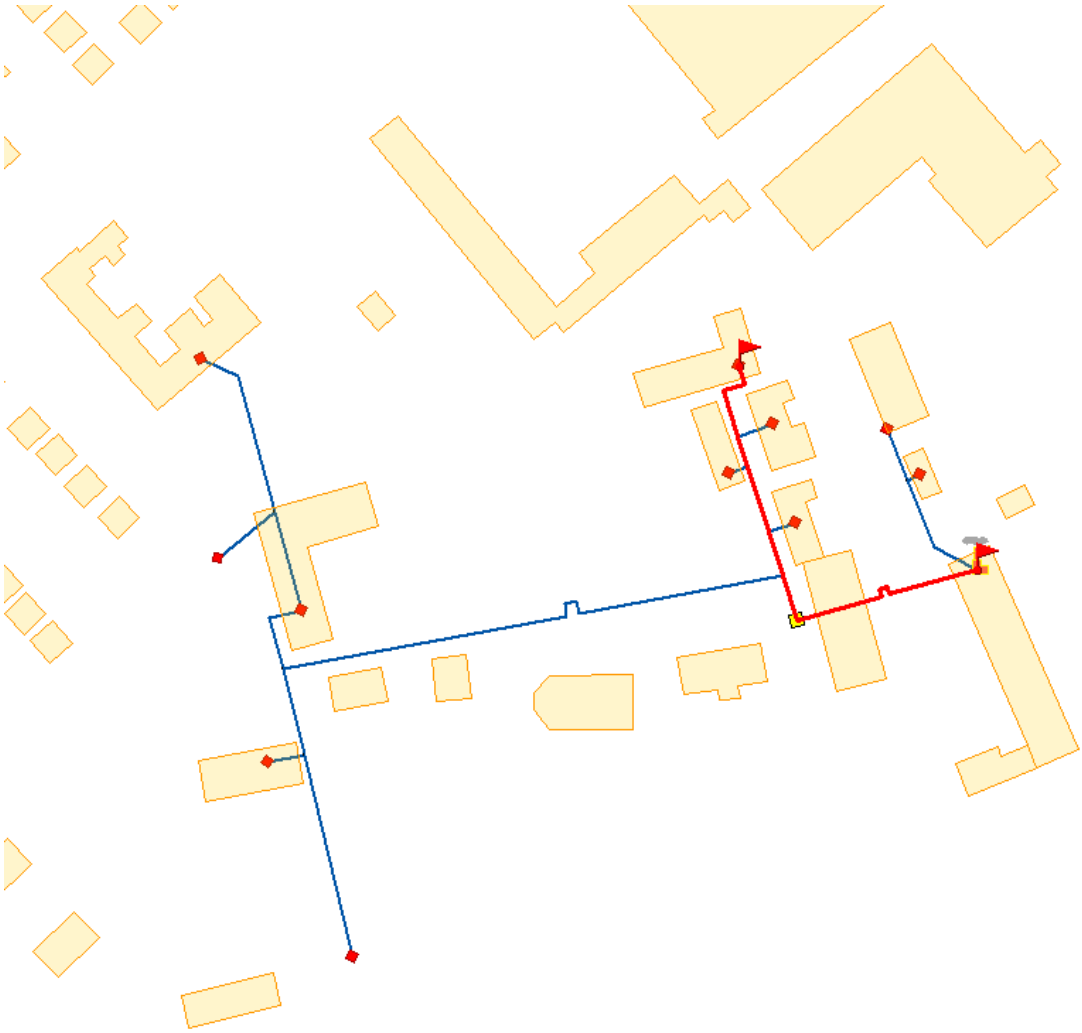

Рис. 2.26. **Расчетный участок теплосети котельная №2 – уз. Склад**

Таблица 2.15. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №2 – уз. Склад в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №2	ТК1	1962	60,0	150	6,363	635,342	0,1941	0,8236	0,8236
2	ТК1	уз.1	1962	15,0	80	6,151	635,342	0,0341	0,9665	0,7960
3	уз.1	уз.2	1962	15,0	80	6,151	635,342	0,0341	0,9665	0,7693
4	уз.2	уз.3	1962	30,0	80	6,158	635,342	0,0693	0,9330	0,7178
5	уз.3	уз.4	1962	10,0	80	6,149	635,342	0,0227	0,9776	0,7017
6	уз.4	Склад на 50 вагонов	1962	30,0	80	6,158	635,342	0,0693	0,9330	0,6547
Итого по расчетному участку										0,6547

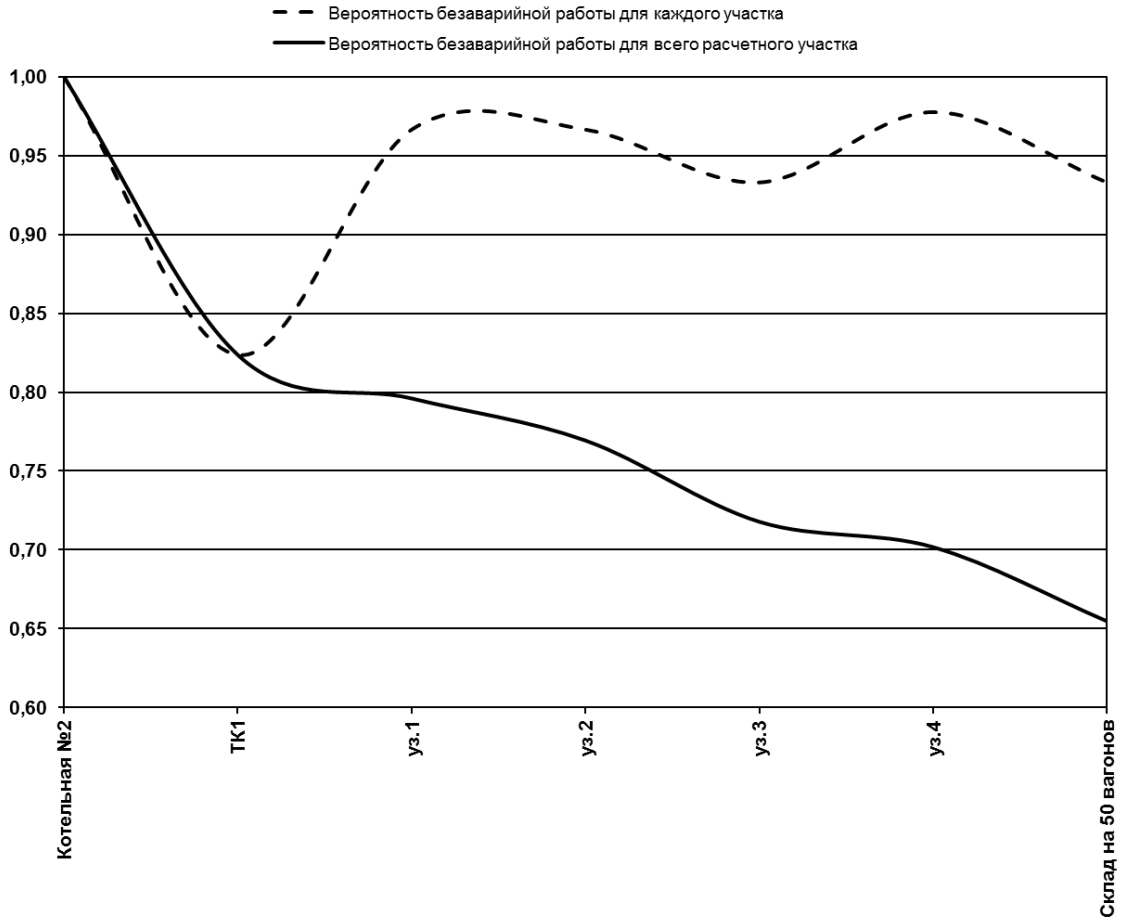

Рис. 2.27. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №2 до уз. Склад в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.27 следует, что тепломагистраль котельная №2 – уз. Склад в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы значительно ниже допустимых. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 62 года. Протяженность данного участка теплосети составляет 0,16 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.3.3. Расчетный участок от котельной №2 до ул. Подзорова, 79

Расчетный участок от котельной №2 до ул. Подзорова, 79 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.28. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.16. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.29.

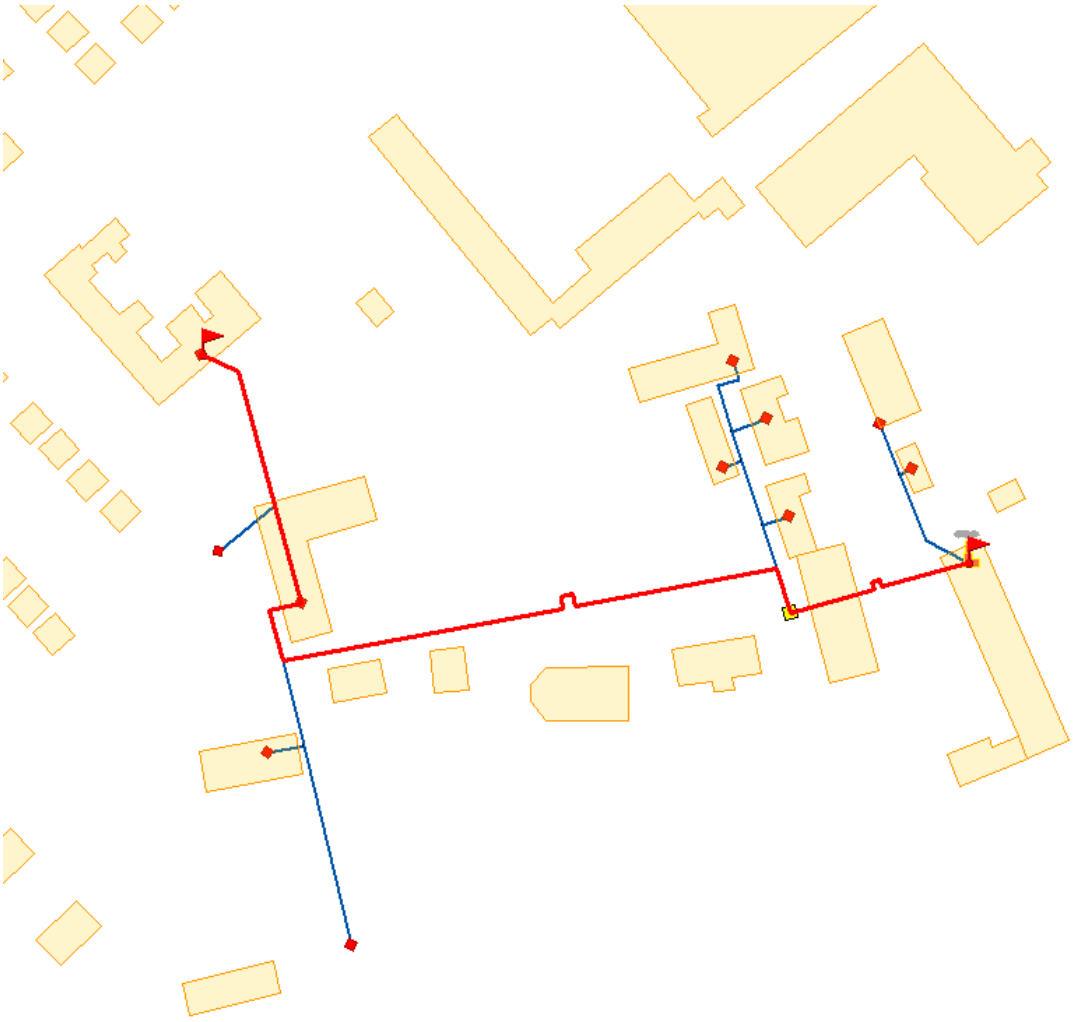

Рис. 2.28. **Расчетный участок теплосети котельная №2 – ул. Подзорова, 79**

Таблица 2.16. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №2 – ул. Подзорова, 79 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №2	ТК1	1962	60,0	150	6,363	635,342	0,1941	0,8236	0,8236
2	ТК1	уз.1	1962	15,0	80	6,151	635,342	0,0341	0,9665	0,7960
3	уз.1	уз.2	1962	205,0	80	6,234	635,342	0,5451	0,5798	0,4615
4	уз.2	Адм. здание ОМТ и ХО	1962	20,0	80	6,154	635,342	0,0458	0,9552	0,4408
5	Адм. здание ОМТ и ХО	Кинолологичес-кая служба	1962	30,0	80	6,158	635,342	0,0693	0,9330	0,4113
6	Кинолологичес-кая служба	ул. Подзорова 79	1962	63,0	80	6,172	635,342	0,1496	0,8611	0,3542
Итого по расчетному участку										0,3542

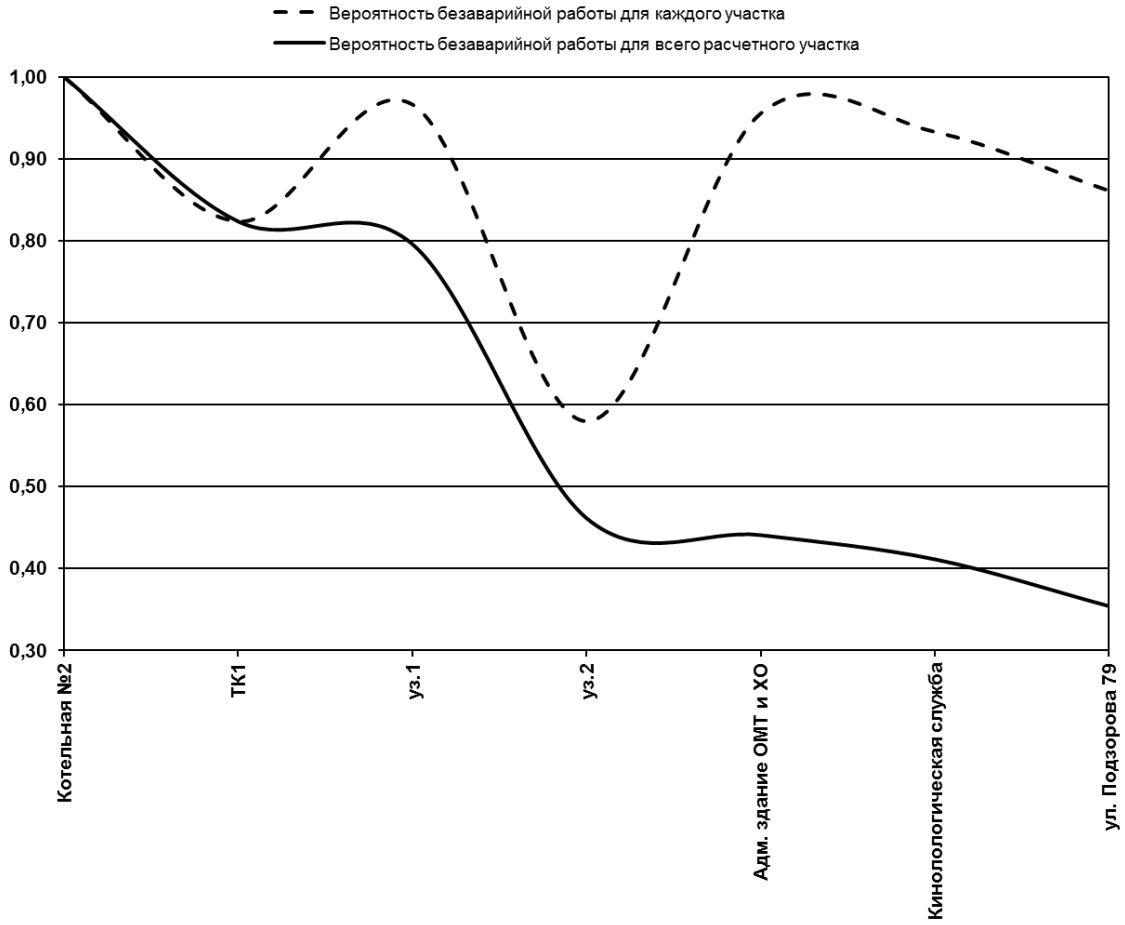

Рис. 2.29. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №2 до ул. Подзорова, 79 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.29 следует, что тепломагистраль котельная №2 – ул. Подзорова, 79 в 2013 г. имеет крайне низкие показатели безаварийной работы. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 62 года. Протяженность данного участка теплосети составляет 0,393 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.4. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №3

В тепловой сети котельной №3 имеется единственный трубопровод до потребителя. Определение вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №3 производилось по данному пути.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.4.1. Расчетный участок от котельной №3

Расчетный участок от котельной №3 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.30. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.17, за 2022 г. – в табл. 2.18.

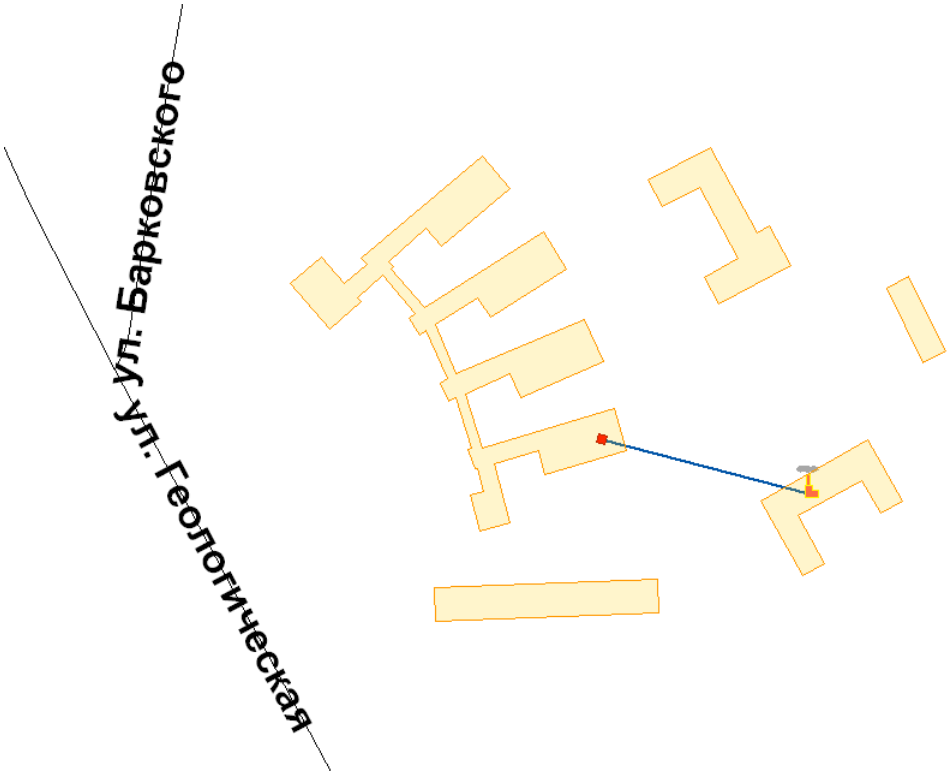

Рис. 2.30. **Расчетный участок теплосети от котельной №3**

Из анализа показателей вероятности безаварийной работы участка тепловой сети от котельной №3 следует, что в 2022 г. будут достигнуты минимально-допустимые величины данных показателей. Поэтому, рекомендуется произвести перекладку трубопроводов указанного участка в 2022 г.

Таблица 2.17. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети от котельной №3 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №3	Потребитель	1970	50,0	70	6,142	9,101	0,0016	0,9984	0,9984

Таблица 2.18. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети от котельной №3 в 2022 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №3	Потребитель	1970	50,0	70	6,142	635,342	0,1117	0,8943	0,8943

2.4.2. Расчетный участок от котельной №3 до ТК-31

В 2019 г. к котельной №3 будет подключена тепловая нагрузка нагрузка пос. Круторожино (одновременно с выводом из эксплуатации котельной ОАО «ОКУ»).

Расчетный участок от котельной №3 до ТК-31 представлен на рис. 2.31. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2019 год приведены в табл. 2.19 и на рис. 2.32, за 2028 г. – в табл. 2.20 и на рис. 2.33.

Рис. 2.31. **Расчетный участок теплосети от котельной №3 до ТК-31**

Показатели вероятности безаварийной работы расчетного участка тепловой сети от котельной №3 до ТК-31 значительно ниже минимально-допустимых величин. Поэтому, рекомендуется произвести перекладку трубопроводов указанного участка в 2019 г.

Таблица 2.19. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети от котельной №3 до ТК-31 в 2019 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №3	ТК5	2019	550,0	200	7,152	0,126	0,0014	0,9986	0,9986
2	ТК5	ТК3	1970	28,0	200	6,471	107,698	0,0176	0,9826	0,9812
3	ТК3	ТК1	1970	173,0	200	6,661	107,698	0,1832	0,8326	0,8170
4	ТК3	ТК2	1970	52,5	200	6,503	107,698	0,0343	0,9663	0,7894
5	ТК1	ТК22	1970	50,5	200	6,501	107,698	0,0328	0,9677	0,7639
6	ТК2	ТК23	1970	43,0	200	6,491	107,698	0,0276	0,9728	0,7432
7	ТК22	ТК24	1970	42,5	150	6,347	107,698	0,0228	0,9775	0,7264
8	ТК23	ТК26	1970	29,0	150	6,335	107,698	0,0153	0,9848	0,7154
9	ТК24	ТК27	1970	36,0	150	6,341	107,698	0,0192	0,9810	0,7018
10	ТК26	ТК28	1970	125,0	150	6,423	107,698	0,0741	0,9286	0,6517
11	ТК27	ТК29	1970	5,0	150	6,313	107,698	0,0026	0,9974	0,6500
12	ТК28	ТК30	1970	48,0	150	6,352	107,698	0,0259	0,9744	0,6334
13	ТК29	ТК31	1970	14,0	40	6,066	107,698	0,0044	0,9956	0,6306
Итого по расчетному участку										0,6306

Таблица 2.20. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети от котельной №3 до ТК-31 в 2028 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №3	ТК5	2019	550,0	200	7,152	0,05	0,0006	0,9994	0,9994
2	ТК5	ТК3	1970	28,0	200	6,471	0,05	0,0000	1,0000	0,9994
3	ТК3	ТК1	1970	173,0	200	6,661	0,05	0,0001	0,9999	0,9993
4	ТК3	ТК2	1970	52,5	200	6,503	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
5	ТК1	ТК22	1970	50,5	200	6,501	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
6	ТК2	ТК23	1970	43,0	200	6,491	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
7	ТК22	ТК24	1970	42,5	150	6,347	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
8	ТК23	ТК26	1970	29,0	150	6,335	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
9	ТК24	ТК27	1970	36,0	150	6,341	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
10	ТК26	ТК28	1970	125,0	150	6,423	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
11	ТК27	ТК29	1970	5,0	150	6,313	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
12	ТК28	ТК30	1970	48,0	150	6,352	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
13	ТК29	ТК31	1970	14,0	40	6,066	0,05	0,0000	1,0000	0,9993
Итого по расчетному участку										0,9993

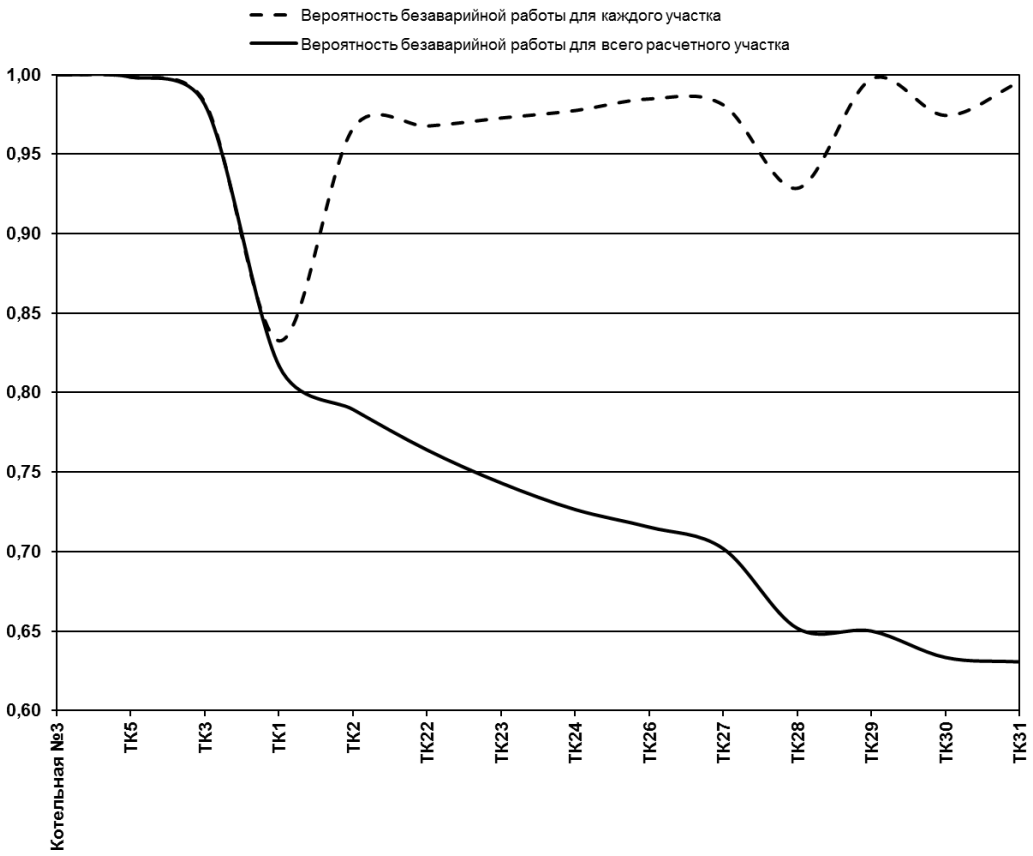

Рис. 2.32. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №3 до ТК-31 в 2019 г.**

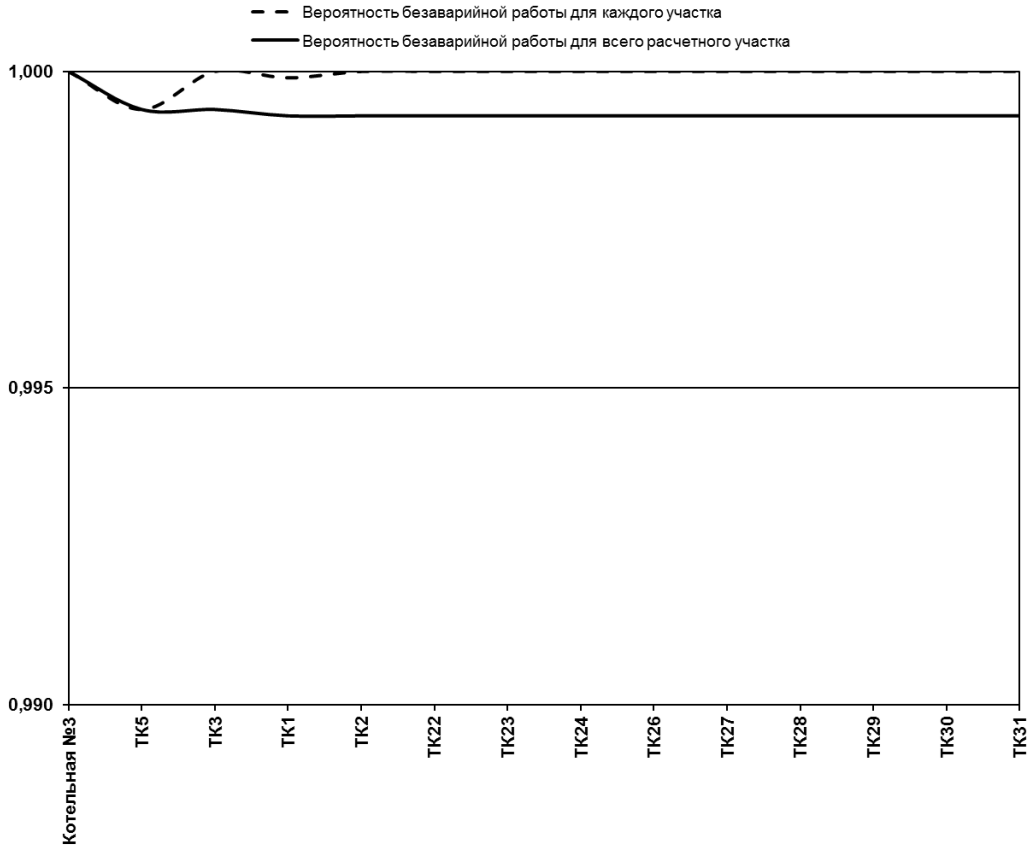

Рис. 2.33. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №3 до ТК-31 в 2028 г.**

2.5. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №4

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №4 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №4 – уз. 622;
2) котельная №4 – уз. 651;
3) котельная №4 – уз. 600.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

На основании полученных результатов даны рекомендации по реконструкции теплосети котельной №4 г. Орск для увеличения показателей безаварийности работы.

2.5.1. Расчетный участок от котельной №4 до уз. 622

Расчетный участок от котельной №4 до уз. 622 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.34. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали в 2013 г. приведены в табл. 2.21. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.35.

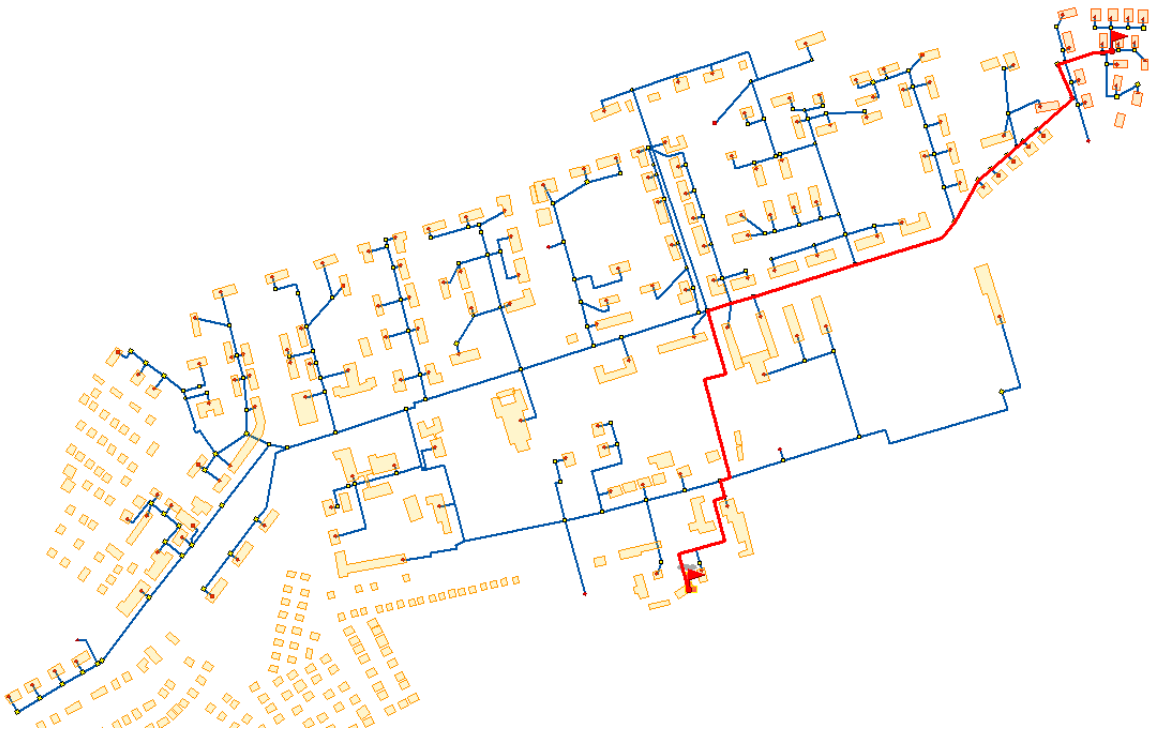

Рис. 2.34. **Расчетный участок теплосети котельная №4 – уз. 622**

Таблица 2.21. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №4 – уз. 622 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №4	уз.601	1970	300,0	400	7,898	9,101	0,1039	0,9013	0,9013
2	уз.601	уз.602	1970	30,0	400	7,089	9,101	0,0052	0,9948	0,8966
3	уз.602	уз.602а	1970	15,0	400	7,044	9,101	0,0025	0,9975	0,8944
4	уз.602а	уз.603	1970	250,0	200	6,761	9,101	0,0276	0,9728	0,8700
5	уз.603	уз.604	1970	30,0	300	6,771	9,101	0,0034	0,9966	0,8671
6	уз.604	уз.605	1970	41,0	300	6,794	9,101	0,0048	0,9952	0,8629
7	уз.605	уз.606	1970	168,0	300	7,064	9,101	0,0285	0,9719	0,8387
8	уз.606	уз.610	1970	218,0	300	7,170	9,101	0,0413	0,9595	0,8047
9	уз.610	уз.614	1970	60,0	200	6,513	9,101	0,0034	0,9966	0,8020
10	уз.614	уз.615	1970	37,0	200	6,483	9,101	0,0020	0,9980	0,8004
11	уз.615	уз.616	1970	36,0	200	6,482	9,101	0,0019	0,9981	0,7988
12	уз.616	уз.617	1970	32,0	200	6,477	9,101	0,0017	0,9983	0,7975
13	уз.617	уз.616А	1970	10,0	200	6,448	9,101	0,0005	0,9995	0,7971
14	уз.616А	уз.618	1970	47,0	200	6,496	9,101	0,0026	0,9974	0,7950
15	уз.618	уз.618А	1970	160,0	200	6,644	9,101	0,0137	0,9864	0,7842
16	уз.618А	уз.619	1970	110,0	200	6,578	9,101	0,0079	0,9921	0,7780
17	уз.619	уз.620	1970	32,0	200	6,477	9,101	0,0017	0,9983	0,7767
18	уз.620	уз.621	1970	74,0	150	6,376	9,101	0,0035	0,9965	0,7740
19	уз.621	уз.622	1970	10,0	150	6,317	9,101	0,0004	0,9996	0,7737
Итого по участку										0,7737

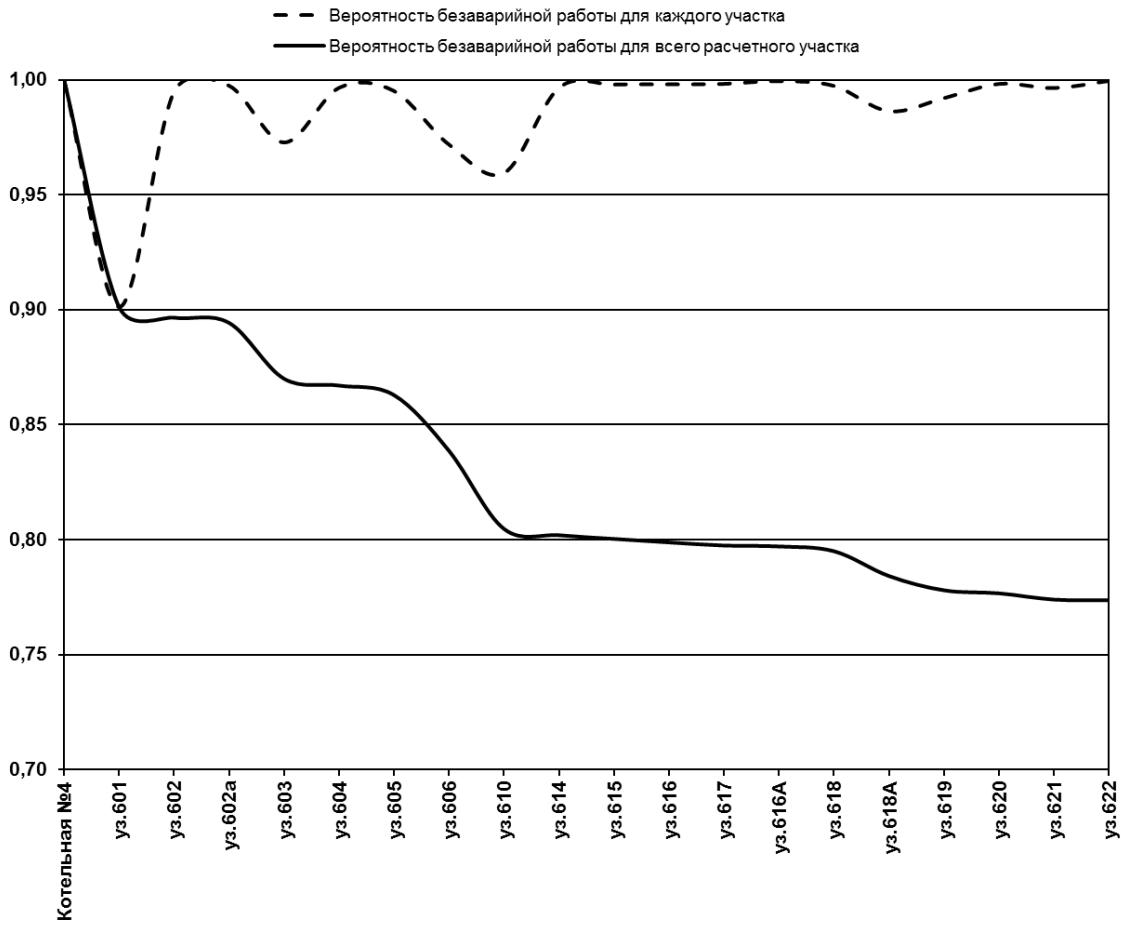

Рис. 2.35. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №4 до уз. 622 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.35 следует, что тепломагистраль котельная №4 – уз. 622 в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы значительно ниже допустимых. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 44 года. Протяженность данного участка теплосети составляет 1,66 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.5.2. Расчетный участок от котельной №4 до уз. 651

Расчетный участок от котельной №4 до уз. 651 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.36. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.22. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.37.

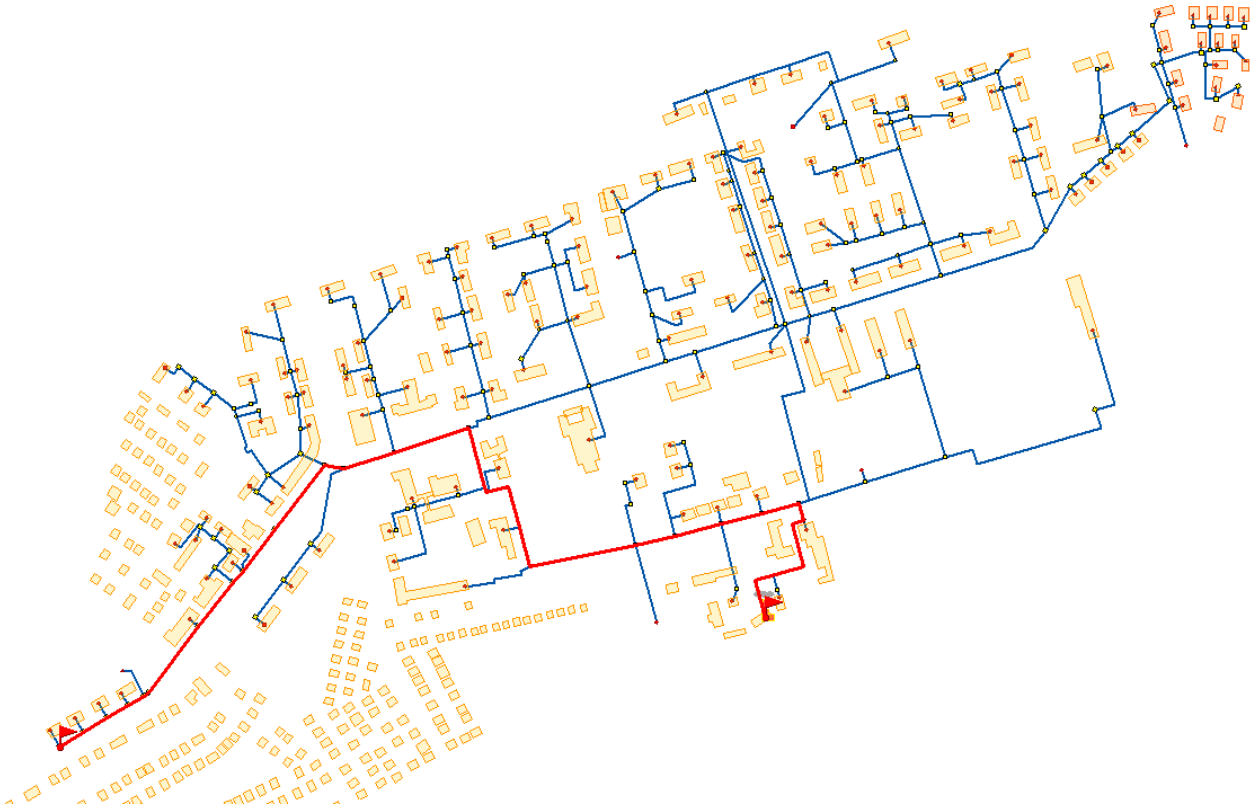

Рис. 2.36. **Расчетный участок теплосети котельная №4 – уз. 651**

Таблица 2.22. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №4 – уз. 651 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Основная магистраль										
1	Котельная №4	уз.601	1970	300,0	400	7,898	9,101	0,1039	0,9013	0,9013
2	уз.601	уз.602	1970	30,0	400	7,089	9,101	0,0052	0,9948	0,8966
3	уз.602	уз.602а	1970	140,0	400	7,419	9,101	0,0327	0,9678	0,8677
4	уз.602а	уз.602б	1970	140,0	400	7,419	9,101	0,0327	0,9678	0,8398
5	уз.602б	уз.602в	1970	140,0	400	7,419	9,101	0,0327	0,9678	0,8128
6	уз.602в	уз.639	1970	50,0	400	7,149	9,101	0,0093	0,9907	0,8052
7	уз.639	уз.639а	1970	140,0	300	7,005	9,101	0,0222	0,9780	0,7875
8	уз.639а	уз.639б	1970	50,0	300	6,814	9,101	0,0061	0,9939	0,7827
9	уз.639б	уз.639в	1970	194,0	300	7,119	9,101	0,0349	0,9657	0,7558
10	уз.639в	уз.633	1970	50,0	300	6,814	9,101	0,0061	0,9939	0,7512
Итого по основной магистрали										0,7512
Резервная тепломагистраль										
1	уз.602	уз.	1970	15,0	400	7,044	9,101	0,0025	0,9975	0,8944
2	уз.	603	1970	250,0	200	6,761	9,101	0,0276	0,9728	0,8700
3	603	623	1970	5,0	150	6,313	9,101	0,0002	0,9998	0,8699
4	623	625	1970	128,0	150	6,426	9,101	0,0064	0,9936	0,8643
5	625	626	1970	44,0	150	6,349	9,101	0,0020	0,9980	0,8626
6	626	628	1970	153,0	150	6,449	9,101	0,0079	0,9921	0,8558
7	628	630	1970	134,0	200	6,610	9,101	0,0105	0,9896	0,8469
8	630	633	1970	39,0	200	6,486	9,101	0,0021	0,9979	0,8451
Итого по резервной магистрали										0,8451

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Итого по участку										1,0000
Основная магистраль										
1	уз.633	уз.640	1970	147,0	200	6,627	9,101	0,0121	0,9880	0,9880
2	уз.640	уз.641	1970	100,0	200	6,565	9,101	0,0069	0,9931	0,9812
3	уз.641	уз.642	1970	50,0	200	6,500	9,101	0,0027	0,9973	0,9785
4	уз.642	уз.645	1970	170,0	150	6,465	9,101	0,0089	0,9911	0,9698
5	уз.645	уз.645А	1970	48,0	150	6,352	9,101	0,0022	0,9978	0,9677
6	уз.645А	уз.646А	1970	10,0	150	6,317	9,101	0,0004	0,9996	0,9673
7	уз.646А	уз.646	1970	119,0	150	6,418	9,101	0,0059	0,9941	0,9616
8	уз.646	уз.647А	1970	113,0	150	6,412	9,101	0,0056	0,9944	0,9562
9	уз.647А	уз.647	1970	3,0	150	6,311	9,101	0,0001	0,9999	0,9561
10	уз.647	уз.648	1970	25,0	150	6,331	9,101	0,0011	0,9989	0,9551
11	уз.648	уз.649	1970	49,0	150	6,353	9,101	0,0022	0,9978	0,9530
12	уз.649	уз.650	1970	45,0	100	6,215	9,101	0,0017	0,9983	0,9513
13	уз.650	уз.651	1970	45,0	100	6,215	9,101	0,0017	0,9983	0,9497
Итого по участку										0,9497
Итого по расчетному участку										0,9497

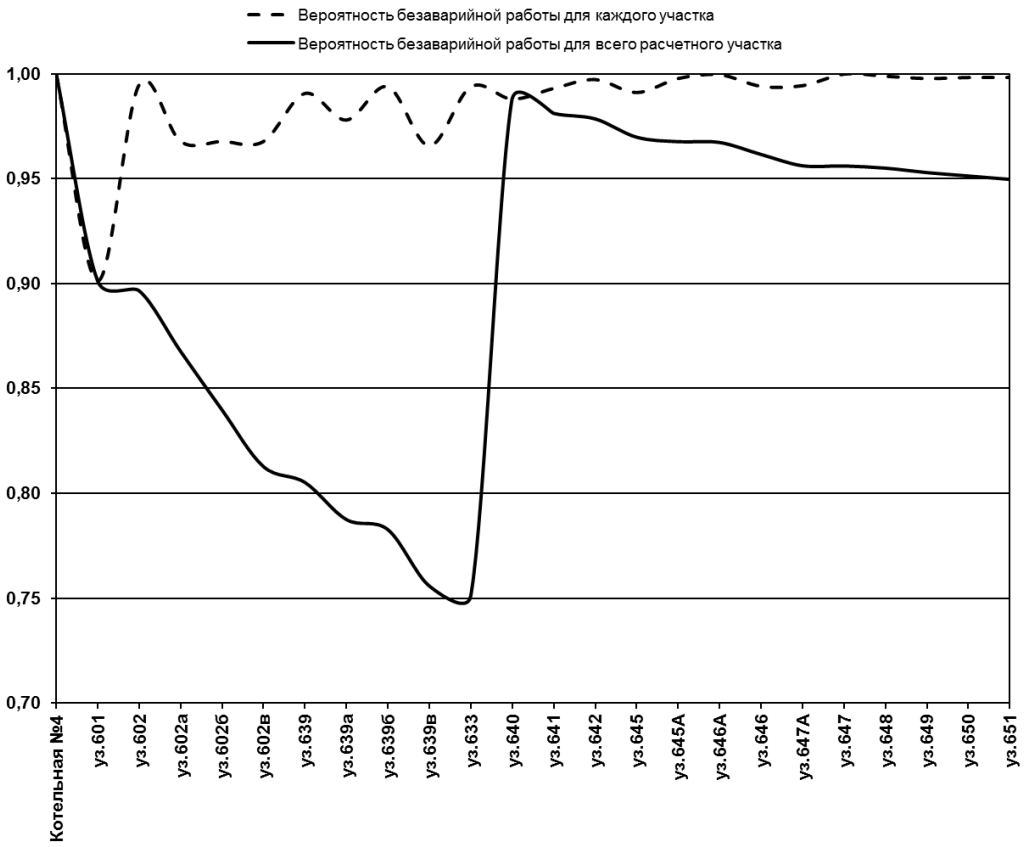

Рис. 2.37. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №4 до уз. 651 в 2013 г.**

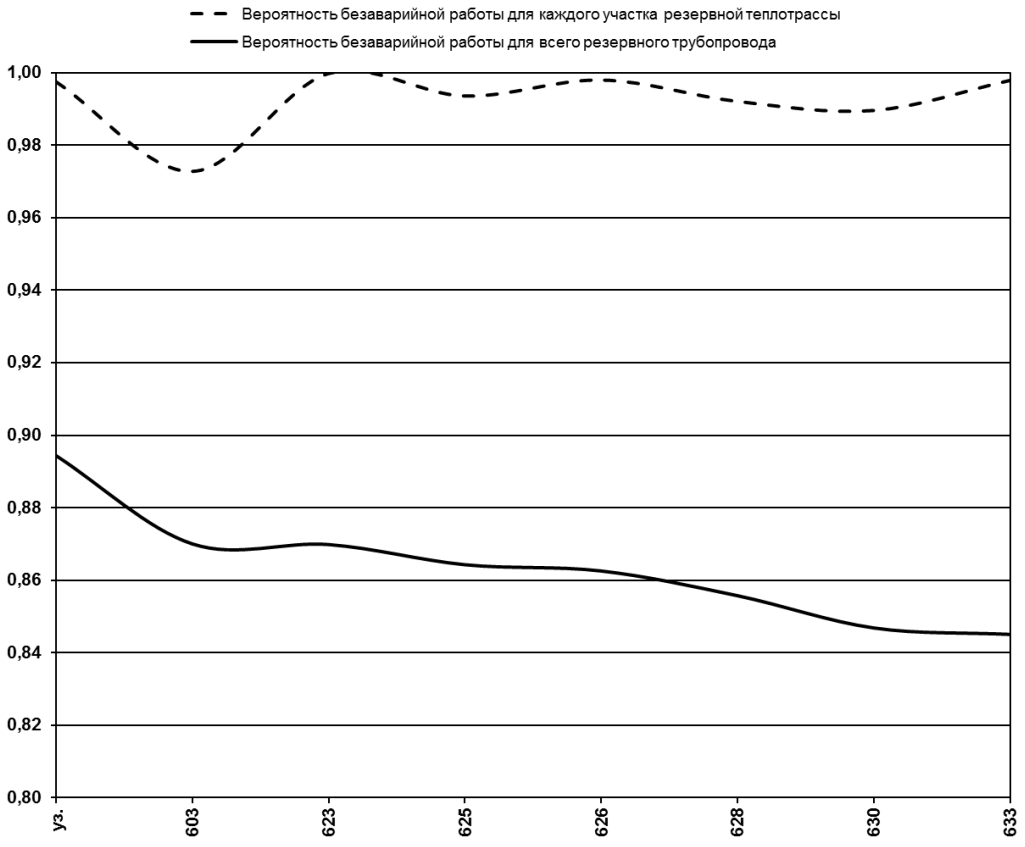

Рис. 2.38. **Вероятность безаварийной работы резервного участка от уз. 602 до уз. 633 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.37 и рис. 2.38 следует, что участок от уз. 602 до уз. 633 имеет низкие значения показателей безаварийной работы. Ввиду наличия резервного участка уз.602' – уз. 603 показатели безаварийной работы после уз. 633 имеют допустимые показатели. Показатели безаварийной работы резервного участка ниже допустимых.

Срок службы данного расчетного участка теплосети в 2013 г. составляет 44 лет, протяженность – 2,93 км (с учетом резерва).

Рекомендации по перекладке участка от котельной №4 до уз. 602 изложены выше.

Рекомендуемые перекладки трубопроводов:

- в 2015 г. – от уз. 602 до уз. 633;
- 2016 г. – уз. 633 – уз. 651;
- 2017 г. - уз. 602 – уз. 646 - уз. 633 (резервный участок).

2.5.3. Расчетный участок от котельной №4 до уз. 600

Расчетный участок от котельной №4 до уз. 600 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.39. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.23. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.40.

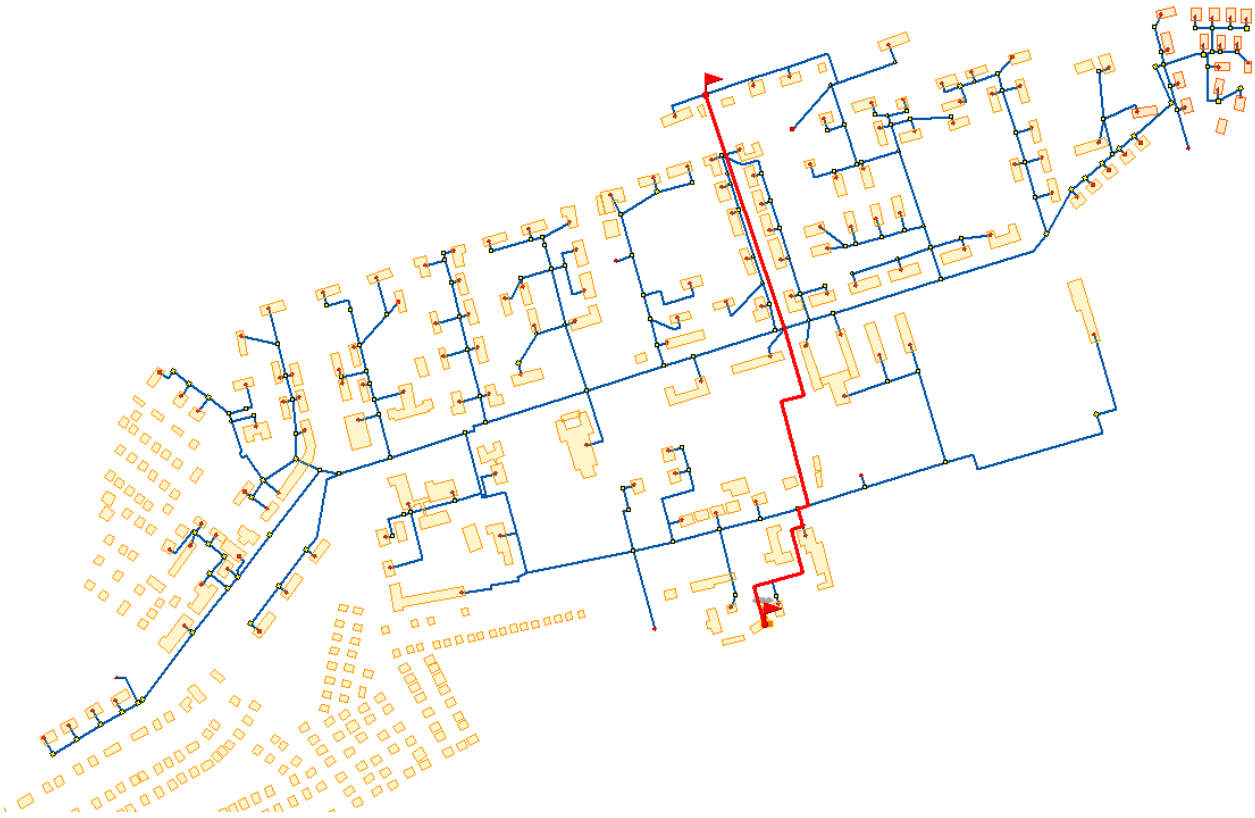

Рис. 2.39. **Расчетный участок теплосети котельная №4 – уз. 600**

Таблица 2.23. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №4 – уз. 600 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Основная тепломагистраль										
1	Котельная №4	уз.601	1970	300,0	400	7,898	9,101	0,1039	0,9013	0,9013
2	уз.601	уз.602	1970	30,0	400	7,089	9,101	0,0052	0,9948	0,8966
3	уз.602	уз.602'	1970	15,0	400	7,044	9,101	0,0025	0,9975	0,8944
4	уз.602'	уз.603	1970	250,0	200	6,761	9,101	0,0276	0,9728	0,8700
5	уз.603	уз.600	1970	300,0	200	6,826	9,101	0,0370	0,9637	0,8385
Итого по участку										0,8385
Резервная тепломагистраль										
1	уз.603	уз.604	1970	30,0	300	6,771	9,101	0,0034	0,9966	0,8671
2	уз.604	уз.605	1970	41,0	300	6,794	9,101	0,0048	0,9952	0,8629
3	уз.605	уз.606	1970	168,0	300	7,064	9,101	0,0285	0,9719	0,8387
4	уз.606	уз.607	1970	55,0	150	6,359	9,101	0,0025	0,9975	0,8366
5	уз.607	уз.608	1970	64,0	150	6,367	9,101	0,0030	0,9970	0,8341
6	уз.608	уз.609	1970	80,0	150	6,382	9,101	0,0038	0,9962	0,8309
7	уз.609	уз.609А	1970	52,0	150	6,356	9,101	0,0024	0,9976	0,8289
8	уз.609А	уз.609Б	1970	5,0	150	6,313	9,101	0,0002	0,9998	0,8287
9	уз.609Б	уз.668	1970	140,0	100	6,269	9,101	0,0057	0,9943	0,8240
10	уз.668	уз.600А	1970	120,0	100	6,257	9,101	0,0048	0,9952	0,8201
11	уз.600А	уз.	1970	5,0	200	6,441	9,101	0,0003	0,9997	0,8198
12	уз.	уз.	1970	50,0	200	6,500	9,101	0,0027	0,9973	0,8176
13	уз.	уз.	1970	25,0	200	6,467	9,101	0,0013	0,9987	0,8165
14	уз.	уз.600	1970	25,0	200	6,467	9,101	0,0013	0,9987	0,8155
Итого по участку										0,8155
Итого по расчетному участку										1,0000

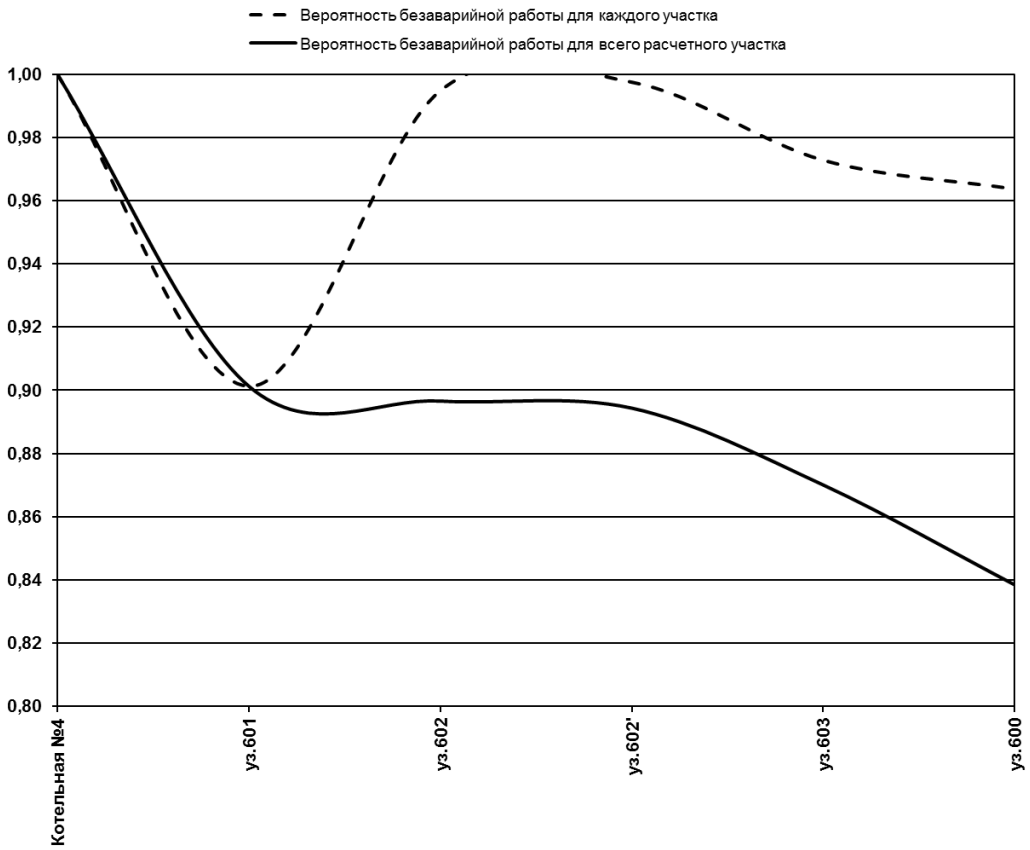

Рис. 2.40. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №4 до уз. 600 в 2013 г.**

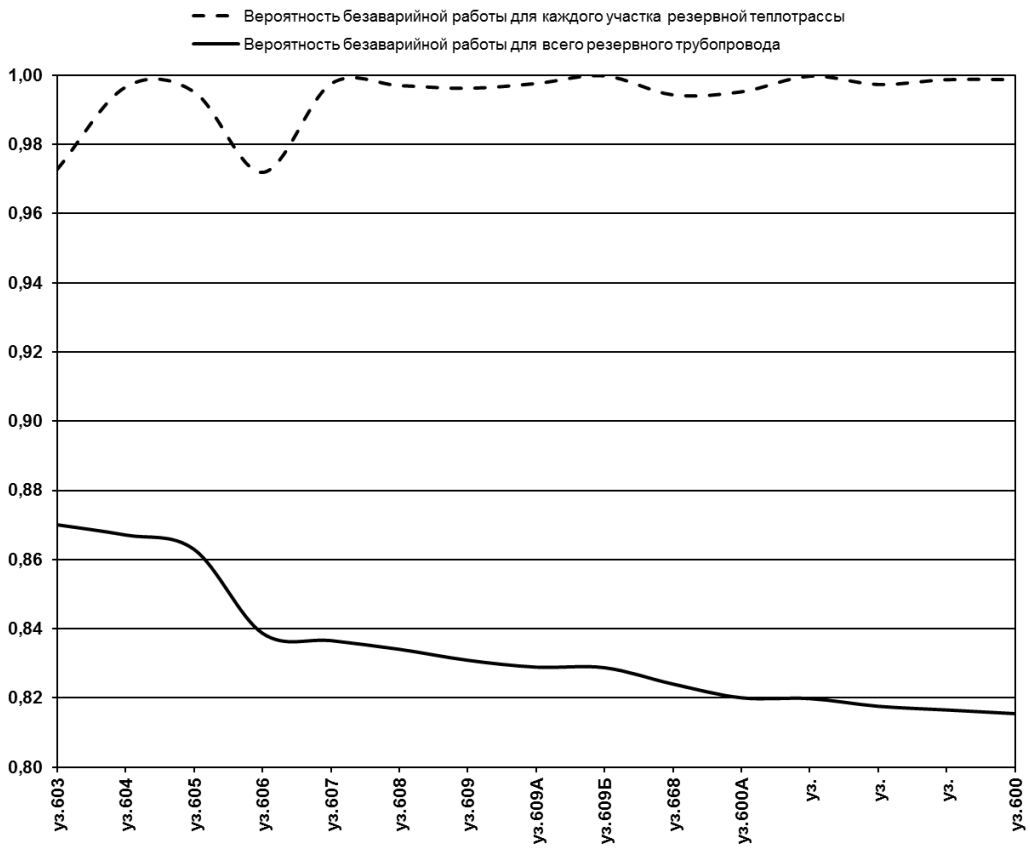

Рис. 2.41. **Вероятность безаварийной работы резервного участка от уз. 603 до уз. 600 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.40 и рис. 2.41 следует, что участок теплосети от котельной №4 до уз. 600 имеет показатели безаварийной работы ниже допустимых. Показатели безаварийной работы резервного участка также ниже допустимых.

Срок службы данного расчетного участка теплосети в 2013 г. составляет 44 лет, протяженность – 1,76 км (с учетом резерва).

Рекомендации по перекладке участка от котельной №4 до уз. 603 изложены выше. С учетом рекомендованных перекладок в 2015 г. следующие перекладки трубопроводов следует производить в 2017 г. – от уз. 603 до уз. 600, уз. 607 – уз. 600 (резервный участок).

2.6. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №5

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №5 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №5 – уз. НОДХА;
2) котельная №5 - ТК-4;
3) котельная №5 – уз. Вокзальная,31;
4) котельная №5 – ТК-28;
5) котельная №5 – 6-й мкр. 10;
6) котельная №5 – уз. Вокзальное ш. 13;
7) котельная №5 – ТК-10.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

На основании полученных результатов даны рекомендации по реконструкции теплосети котельной №5 г. Орск для увеличения показателей безаварийности работы.

2.6.1. Расчетный участок от котельной №5 до уз. НОДХА

Расчетный участок от котельной №5 до уз. НОДХА тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.42. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали в 2013 г. приведены в табл. 2.24. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.43.

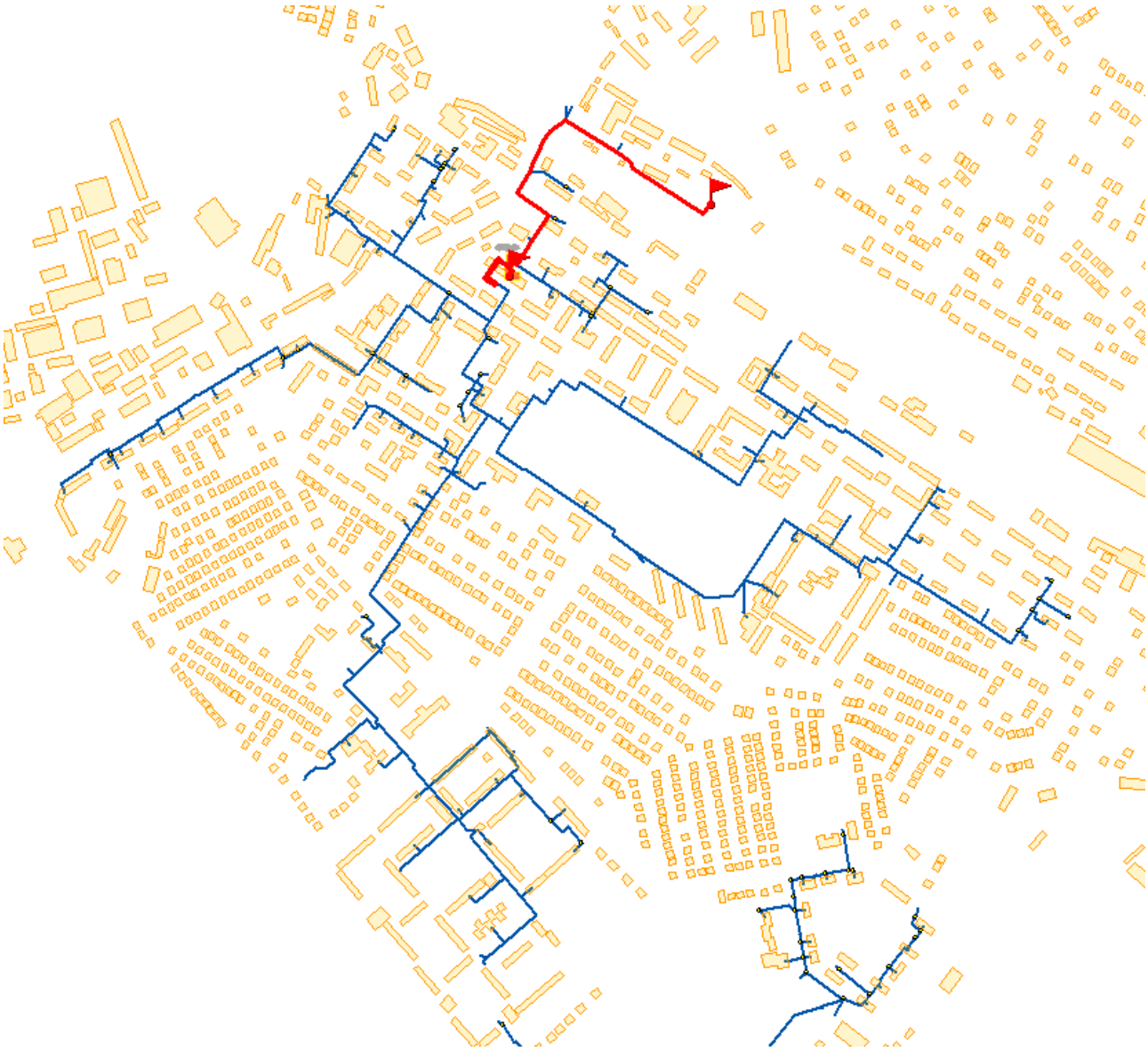

Рис. 2.42. **Расчетный участок теплосети котельная №5 – уз. НОДХА**

Таблица 2.24. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №5 – уз. НОДХА в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №5	ул. Просвещения 62	1969	60,0	700	8,307	13,948	0,0405	0,9603	0,9603
2	ул. Просвещения 62	уз.1	1969	113,0	200	6,582	13,948	0,0126	0,9875	0,9483
3	уз.1	уз.2	1969	22,0	200	6,464	13,948	0,0018	0,9982	0,9466
4	уз.2	уз.3	1969	68,0	150	6,371	13,948	0,0049	0,9951	0,9420
5	уз.3	уз.4	1969	55,0	150	6,359	13,948	0,0039	0,9961	0,9383
6	уз.4	уз.5	1969	288,0	150	6,574	13,948	0,0313	0,9692	0,9094
7	уз.5	уз.6	1969	127,0	150	6,425	13,948	0,0098	0,9902	0,9005
8	уз.6	уз.7	1969	40,0	125	6,277	13,948	0,0025	0,9975	0,8982
9	уз.7	НОДХА	1969	87,0	125	6,312	13,948	0,0057	0,9943	0,8931
Итого по расчетному участку										0,8931

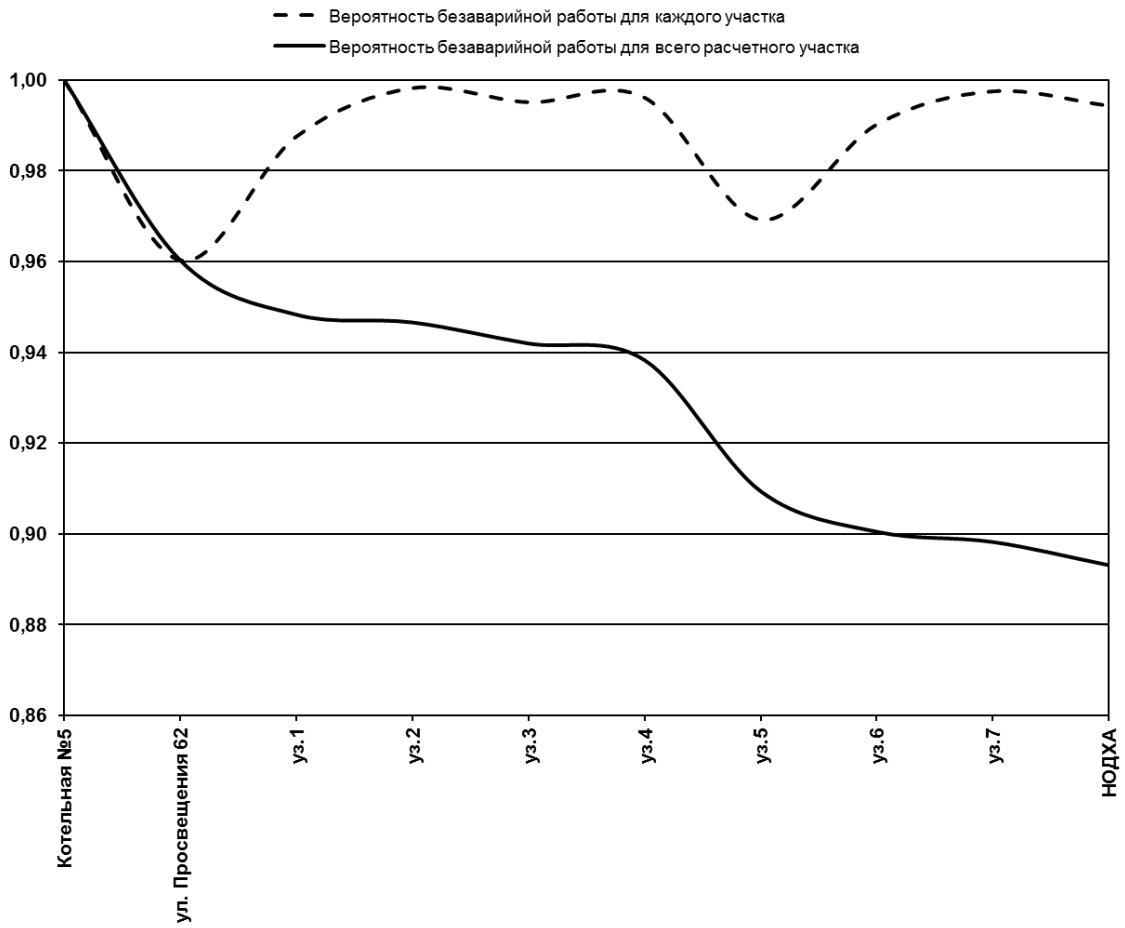

Рис. 2.43. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №5 до уз. НОДХА в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.43 следует, что тепломагистраль котельная №5 – уз. НОДХА на участке уз.6 – уз. НОДХА в 2013 г. имеет минимально-допустимые показатели безаварийной работы. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 45 лет. Минимально-допустимые показатели безаварийной работы достигнуты при сроке службы 45 лет ввиду небольшой протяженности данного участка теплосети – 0,86 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.6.2. Расчетный участок от котельной №5 до ТК-4

Расчетный участок от котельной №5 до ТК-4 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.44. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.25. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.45.

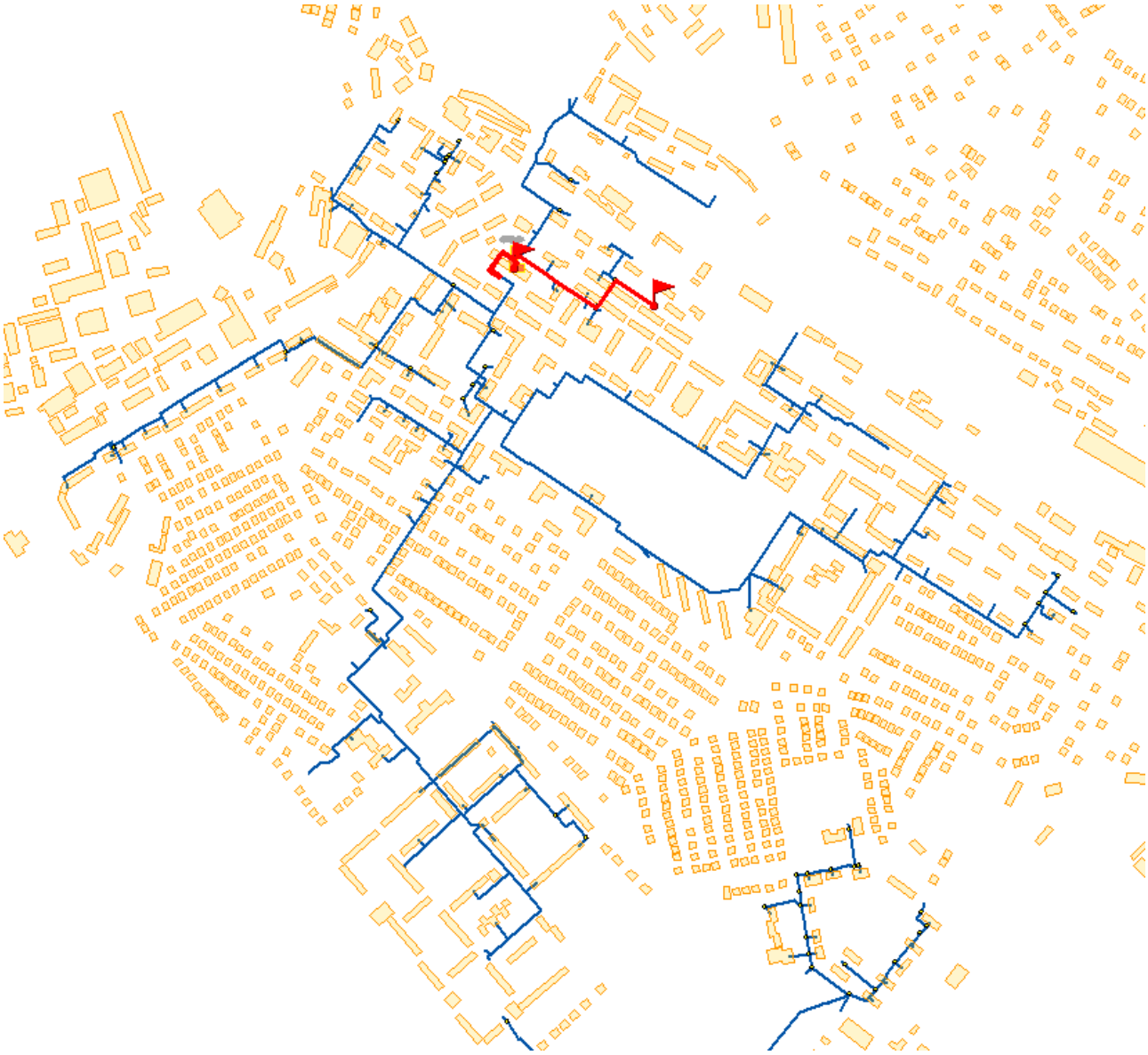

Рис. 2.44. **Расчетный участок теплосети котельная №5 – ТК-4**

Таблица 2.25. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №5 – ТК-4 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №5	ул. Просвещения 62	1969	60,0	700	8,307	13,948	0,0405	0,9603	0,9603
2	ул. Просвещения 62	уз.1	1969	113,0	200	6,582	13,948	0,0126	0,9875	0,9483
3	уз.1	уз.2	1969	22,0	200	6,464	13,948	0,0018	0,9982	0,9466
4	уз.2	уз.3	1969	38,0	200	6,484	13,948	0,0031	0,9969	0,9437
5	уз.3	уз.4	1969	46,0	200	6,495	13,948	0,0038	0,9962	0,9401
6	уз.4	уз.5	1969	75,0	200	6,533	13,948	0,0071	0,9929	0,9334
7	уз.5	уз.6	1969	20,0	200	6,461	13,948	0,0016	0,9984	0,9319
8	уз.6	уз.7	1969	20,0	200	6,461	13,948	0,0016	0,9984	0,9304
9	уз.7	ТК-2	1969	1,0	200	6,436	13,948	0,0001	0,9999	0,9303
10	ТК-2	ТК-3	1969	20,0	200	6,461	13,948	0,0016	0,9984	0,9288
11	ТК-3	ТК-4	1969	90,0	150	6,391	13,948	0,0066	0,9934	0,9227
Итого по расчетному участку										0,9227

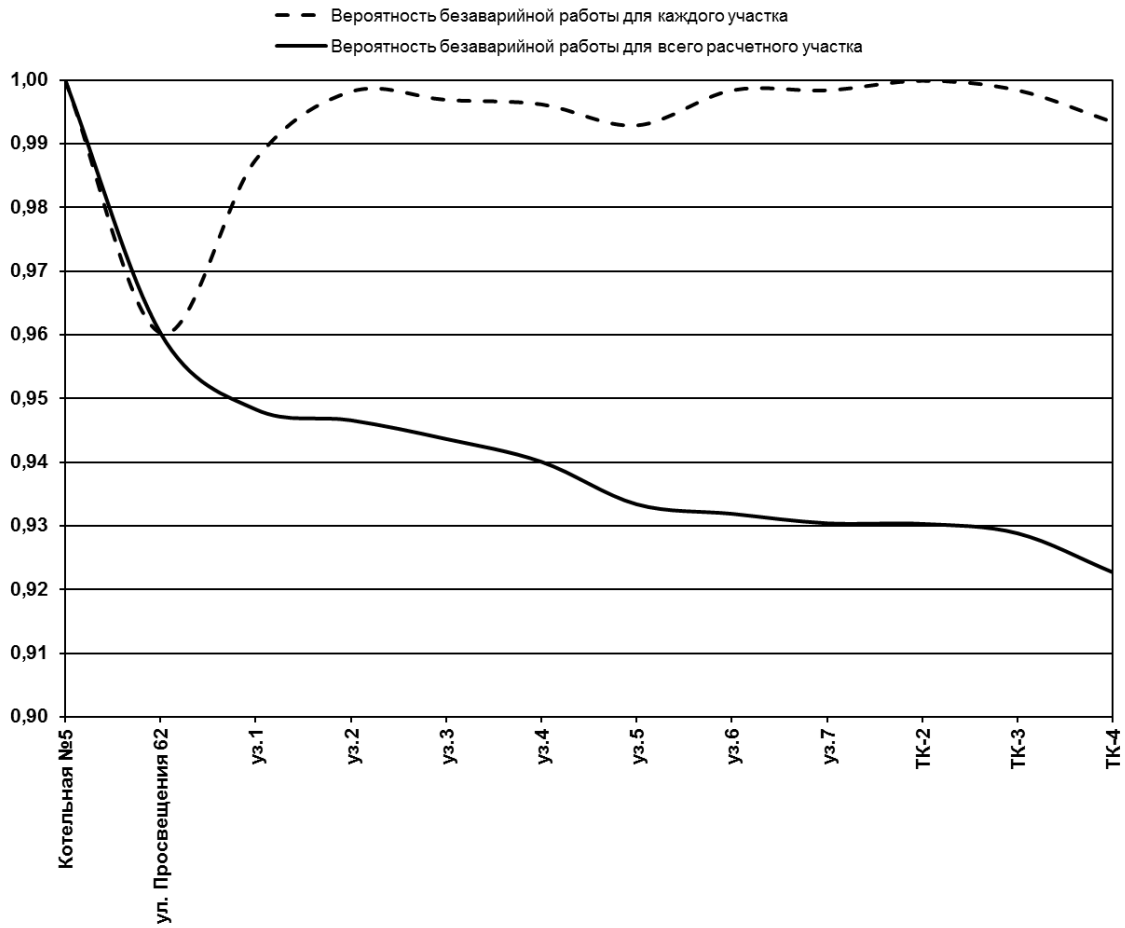

Рис. 2.45. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №5 до ТК-4 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.45 следует, что тепломагистраль котельная №5 – ТК-4 по состоянию на 2013 г. обладает допустимыми показателями безаварийной работы. В 2015 г. показатели безаварийной работы участка уз.4 – ТК-4 будут ниже допустимых. Срок службы к 2015 г. будет составлять 45 лет. Минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты при сроке службы 46 лет ввиду небольшой протяженности данного участка теплосети – 0,51 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.6.3. Расчетный участок от котельной №5 до уз. Вокзальная, 31

Расчетный участок от котельной №5 до уз. Вокзальная, 31 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.46. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.26. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.47.

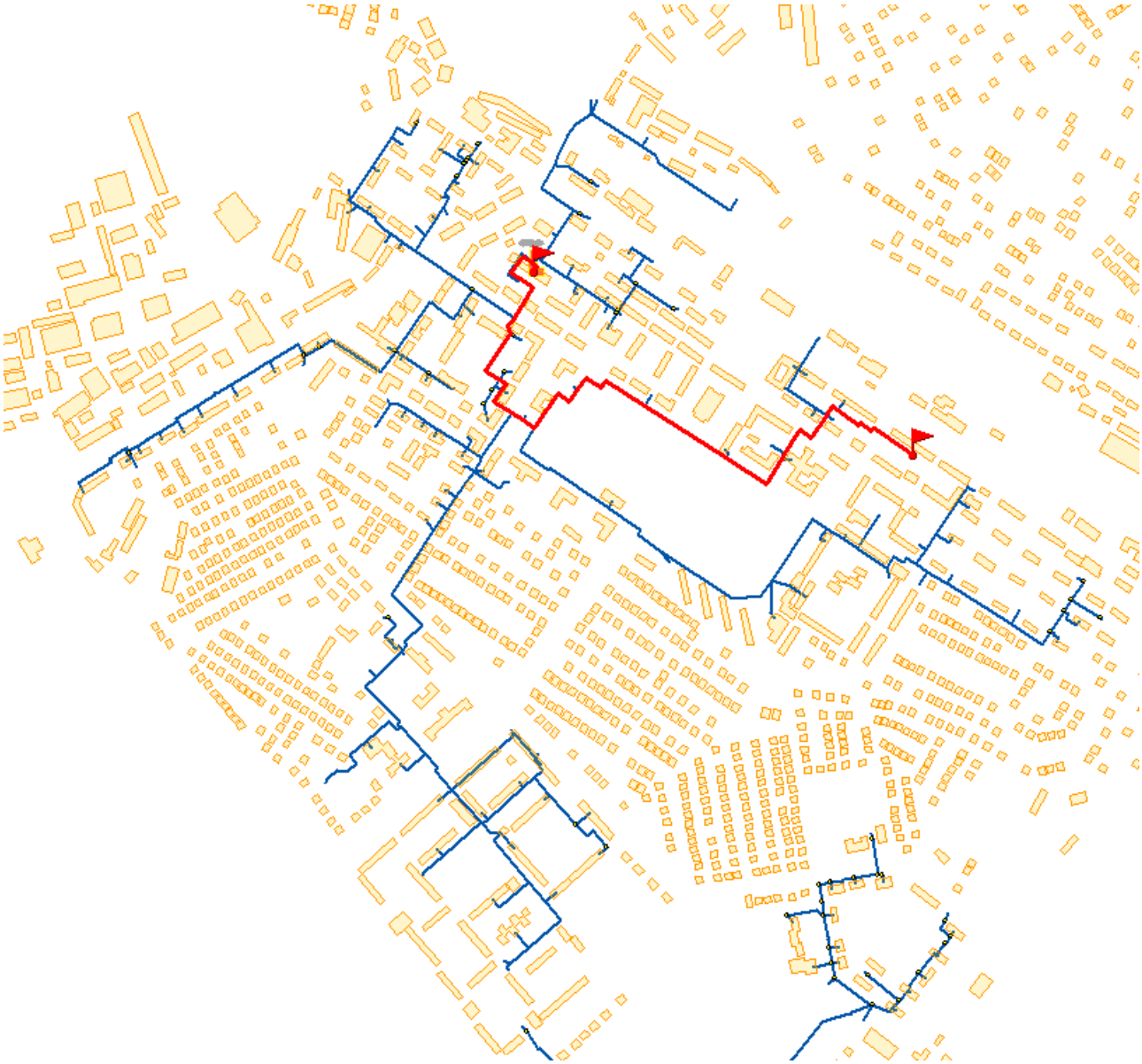

Рис. 2.46. **Расчетный участок теплосети котельная №5 – уз. Вокзальная, 31**

Таблица 2.26. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №5 – уз. Вокзальная, 31 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №5	ул. Просвещения 62	1969	60,0	700	8,307	13,948	0,0405	0,9603	0,9603
2	ул. Просвещения 62	ул. Просвещения 53	1969	50,0	700	8,249	13,948	0,0328	0,9677	0,9293
3	ул. Просвещения 53	ул. Просвещения 53	1969	20,0	500	7,384	13,948	0,0070	0,9930	0,9228
4	ул. Просвещения 53	ул. Шелухина 14	1969	130,0	500	7,815	13,948	0,0650	0,9371	0,8647
5	ул. Шелухина 14	ул. Шелухина 18	1969	61,0	500	7,545	13,948	0,0240	0,9763	0,8442
6	ул. Шелухина 18	ул. Шелухина 11а	1969	60,0	400	7,179	13,948	0,0176	0,9826	0,8296
7	ул. Шелухина 11а	ул. Шелухина 11а'	1969	32,0	400	7,095	13,948	0,0086	0,9914	0,8224
8	ул. Шелухина 11а'	уз.1	1969	154,0	300	7,034	13,948	0,0387	0,9620	0,7912
9	уз.1	уз.2	1969	170,0	300	7,068	13,948	0,0444	0,9566	0,7568
10	уз.2	уз.3	1969	194,0	300	7,119	13,948	0,0535	0,9479	0,7174
11	уз.3	уз.4	1969	188,0	250	6,889	13,948	0,0392	0,9616	0,6898
12	уз.4	уз.5	1969	1,0	250	6,570	13,948	0,0001	0,9999	0,6898
13	уз.5	уз.6	1969	127,0	200	6,601	13,948	0,0149	0,9852	0,6796
14	уз.6	уз.7	1969	84,0	200	6,544	13,948	0,0083	0,9917	0,6739
15	уз.7	уз.8	1969	205,0	200	6,702	13,948	0,0308	0,9697	0,6535
16	уз.8	ул. Вокзальная 31	1969	1,0	200	6,436	13,948	0,0001	0,9999	0,6534
Итого по расчетному участку										0,6534

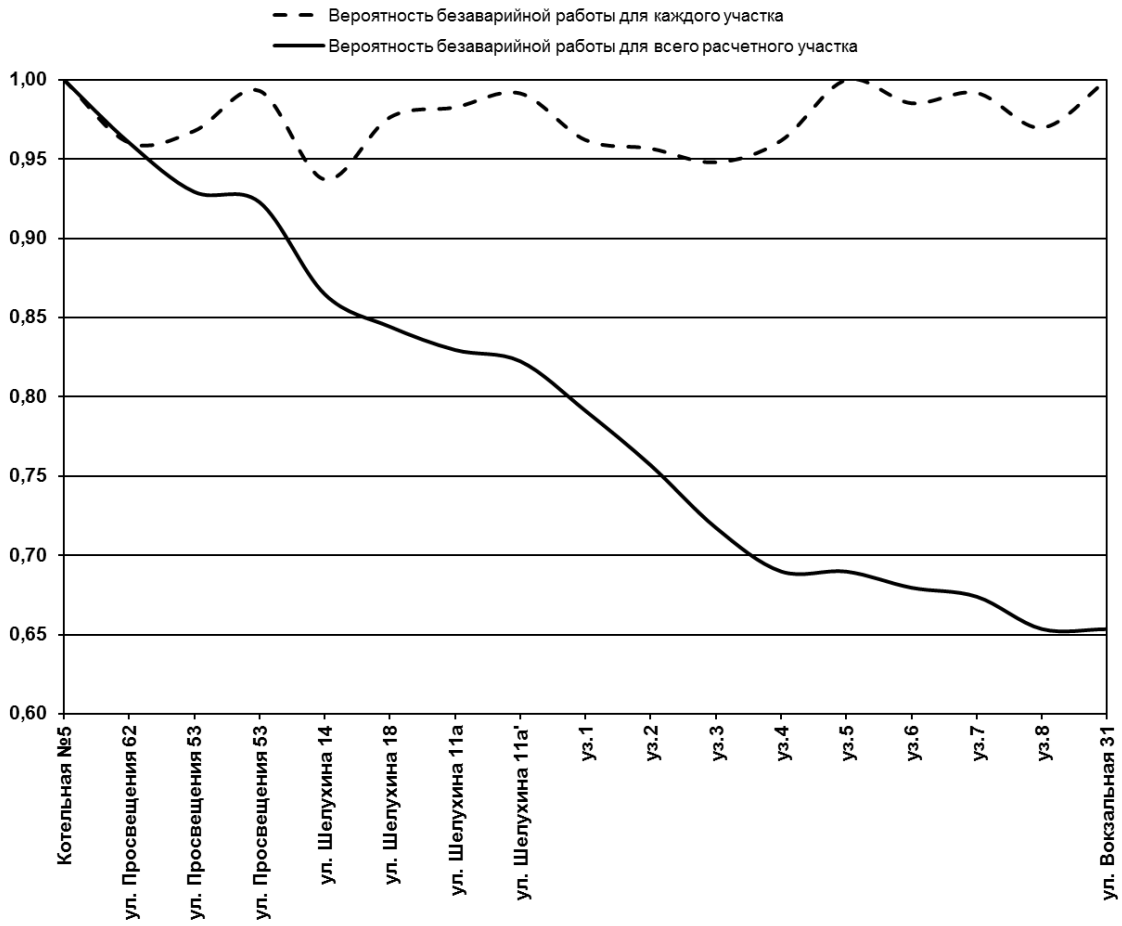

Рис. 2.47. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №5 до уз. Вокзальная, 31 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.47 следует, что тепломагистраль котельная №5 – уз. Вокзальная, 31 на участке ул. Просвещения, 53 – уз. Вокзальная, 31 в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы значительно ниже допустимых величин. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 45 лет. Протяженность данного участка теплосети – 1,54 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.6.4. Расчетный участок от котельной №5 до ТК-28

Расчетный участок от котельной №5 до ТК-28 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.48. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.27. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.49.

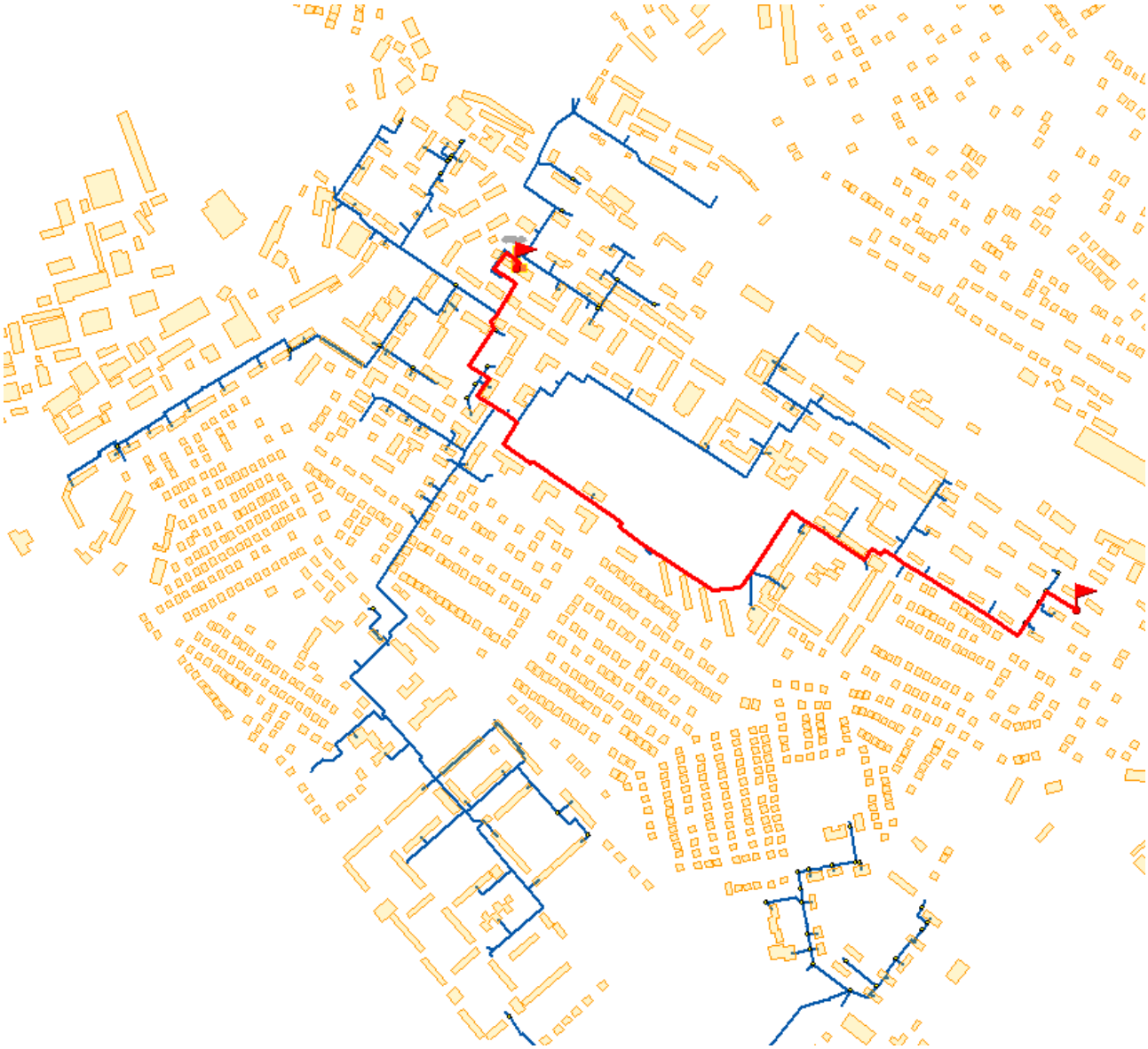

Рис. 2.48. **Расчетный участок теплосети котельная №5 – ТК-28**

Таблица 2.27. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №5 – ТК-28 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №5	ул. Просвещения 62	1969	60,0	700	8,307	13,948	0,0405	0,9603	0,9603
2	ул. Просвещения 62	ул. Просвещения 53	1969	50,0	700	8,249	13,948	0,0328	0,9677	0,9293
3	ул. Просвещения 53	ул. Просвещения 53	1969	20,0	500	7,384	13,948	0,0070	0,9930	0,9228
4	ул. Просвещения 53	ул. Шелухина 14	1969	130,0	500	7,815	13,948	0,0650	0,9371	0,8647
5	ул. Шелухина 14	ул. Шелухина 18	1969	61,0	500	7,545	13,948	0,0240	0,9763	0,8442
6	ул. Шелухина 18	ул. Шелухина 11а	1969	60,0	400	7,179	13,948	0,0176	0,9826	0,8296
7	ул. Шелухина 11а	ул. Шелухина 11а'	1969	32,0	400	7,095	13,948	0,0086	0,9914	0,8224
8	ул. Шелухина 11а'	уз.1	1969	250,0	300	7,238	13,948	0,0773	0,9256	0,7612
9	уз.1	ул. Спортивная 1	1969	50,0	250	6,654	13,948	0,0067	0,9933	0,7561
10	ул. Спортивная 1	уз.2	1969	150,0	250	6,824	13,948	0,0283	0,9721	0,7350
11	уз.2	уз.3	1969	240,0	250	6,978	13,948	0,0564	0,9452	0,6948
12	уз.3	уз.4	1969	220,0	250	6,944	13,948	0,0495	0,9517	0,6612
13	уз.4	уз.5	1969	22,0	250	6,606	13,948	0,0026	0,9974	0,6595
14	уз.5	уз.6	1969	33,0	250	6,625	13,948	0,0041	0,9959	0,6568
15	уз.6	уз.7	1969	70,0	250	6,688	13,948	0,0102	0,9899	0,6501
16	уз.7	уз.8	1969	81,0	250	6,707	13,948	0,0123	0,9878	0,6422
17	уз.8	уз.9	1969	5,0	250	6,577	13,948	0,0005	0,9995	0,6419
18	уз.9	уз.10	1969	45,0	250	6,645	13,948	0,0059	0,9941	0,6381

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
19	уз.10	уз.11	1969	160,0	200	6,644	13,948	0,0211	0,9791	0,6248
20	уз.11	ТК-25	1969	100,0	200	6,565	13,948	0,0106	0,9895	0,6182
21	ТК-25	ТК-26	1969	52,0	200	6,503	13,948	0,0044	0,9956	0,6155
22	ТК-26	ТК-27	1969	28,0	200	6,471	13,948	0,0023	0,9977	0,6141
23	ТК-27	ТК-28	1969	75,0	200	6,533	13,948	0,0071	0,9929	0,6097
Итого по расчетному участку										0,6097

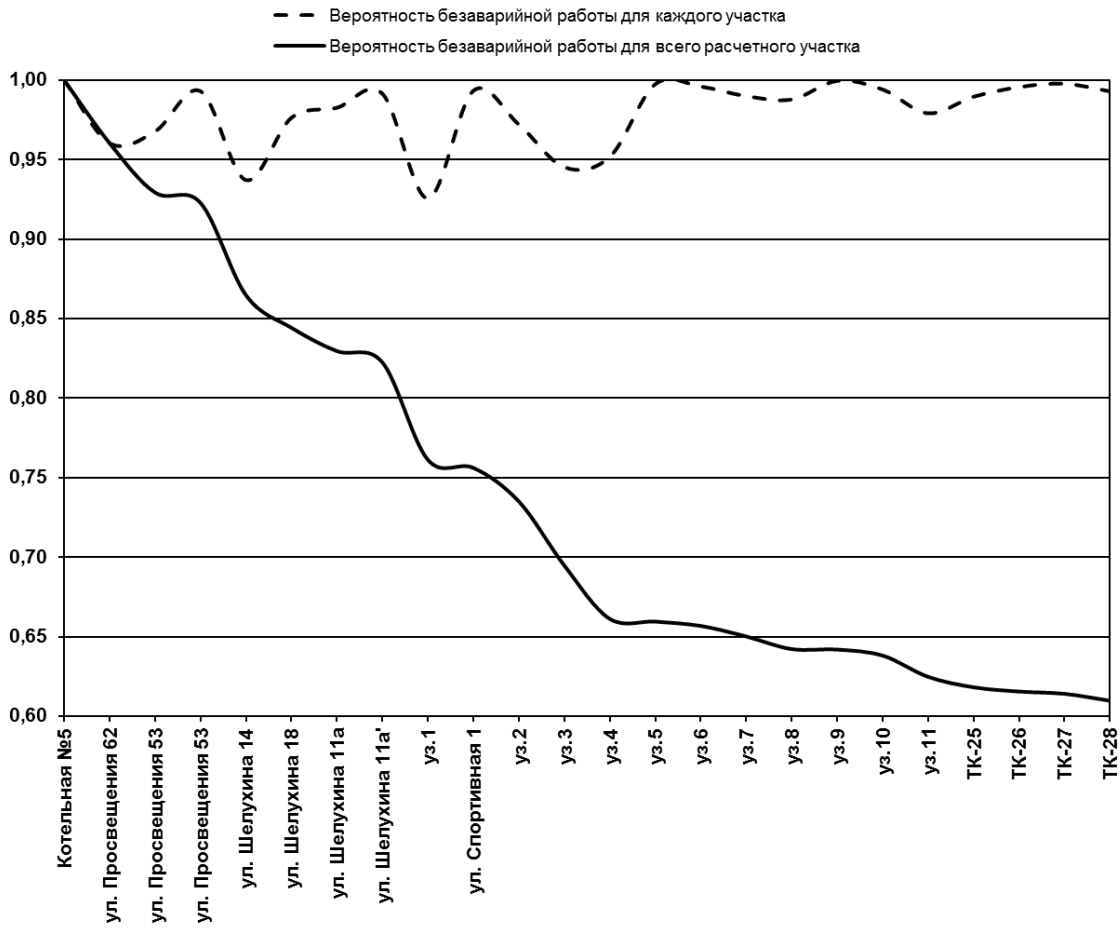

Рис. 2.49. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №5 до ТК-28 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.49 следует, что тепломагистраль котельная №5 – ТК-28 на участке ул. Шелухина, 14 – ТК-28 в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы значительно ниже допустимых величин. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 45 лет. Протяженность данного участка теплосети – 1,99 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.6.5. Расчетный участок от котельной №5 до уз. 6 мкр. 10

Расчетный участок от котельной №5 до уз. 6 мкр. 10 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.50. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.28. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.51.

Рис. 2.50. **Расчетный участок теплосети котельная №5 – уз. 6 мкр. 10**

Таблица 2.28. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №5 – уз. 6 мкр. 10 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, Р	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №5	ул. Просвещения 62	1969	60,0	700	8,307	13,948	0,0405	0,9603	0,9603
2	ул. Просвещения 62	ул. Просвещения 53	1969	50,0	700	8,249	13,948	0,0328	0,9677	0,9293
3	ул. Просвещения 53	ул. Просвещения 53	1969	20,0	500	7,384	13,948	0,0070	0,9930	0,9228
4	ул. Просвещения 53	ул. Шелухина 14	1969	130,0	500	7,815	13,948	0,0650	0,9371	0,8647
5	ул. Шелухина 14	ул. Шелухина 18	1969	61,0	500	7,545	13,948	0,0240	0,9763	0,8442
6	ул. Шелухина 18	ул. Шелухина 13	1969	150,0	400	7,449	13,948	0,0548	0,9467	0,7992
7	ул. Шелухина 13	ул. Шелухина 13	1969	40,0	400	7,119	13,948	0,0110	0,9891	0,7905
8	ул. Шелухина 13	ул. Шелухина 26	1969	46,0	400	7,137	13,948	0,0129	0,9872	0,7804
9	ул. Шелухина 26	ул. Шелухина 28	1969	34,0	400	7,101	13,948	0,0092	0,9908	0,7732
10	ул. Шелухина 28	ул. Электриков 82	1969	50,0	400	7,149	13,948	0,0142	0,9859	0,7623
11	ул. Электриков 82	Гаражи	1969	420,0	400	8,258	13,948	0,2768	0,7582	0,5780
12	Гаражи	Гаражи	1969	1,0	400	7,002	13,948	0,0002	0,9998	0,5779
13	Гаражи	Лесхоз	1969	60,0	400	7,179	13,948	0,0176	0,9826	0,5678
14	Лесхоз	ул. Огородная 28	1969	133,0	400	7,398	13,948	0,0468	0,9543	0,5419
15	ул. Огородная 28	ул. Огородная 28'	1969	85,0	400	7,254	13,948	0,0266	0,9738	0,5277
16	ул. Огородная 28'	ул. Огородная 29	1969	130,0	400	7,389	13,948	0,0454	0,9556	0,5043
17	ул. Огородная 29	пр-д Энтузиастов 11	1969	85,0	400	7,254	13,948	0,0266	0,9738	0,4910
18	пр-д Энтузиастов 11	пр-д Энтузиастов 11 ''	1969	2,0	400	7,005	13,948	0,0005	0,9995	0,4908

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
19	пр-д Энтузиастов 11 "	Бойлер Ё6	1969	34,0	400	7,101	13,948	0,0092	0,9908	0,4863
20	Бойлер Ё6	уз.1	1969	120,0	200	6,591	13,948	0,0137	0,9864	0,4797
21	уз.1	уз.2	1969	65,0	200	6,520	13,948	0,0059	0,9941	0,4768
22	уз.2	уз.3	1969	70,0	150	6,373	13,948	0,0050	0,9950	0,4745
23	уз.3	ул. 6 микрорайон 10	1969	70,0	150	6,373	13,948	0,0050	0,9950	0,4721
Итого по расчетному участку										0,4721

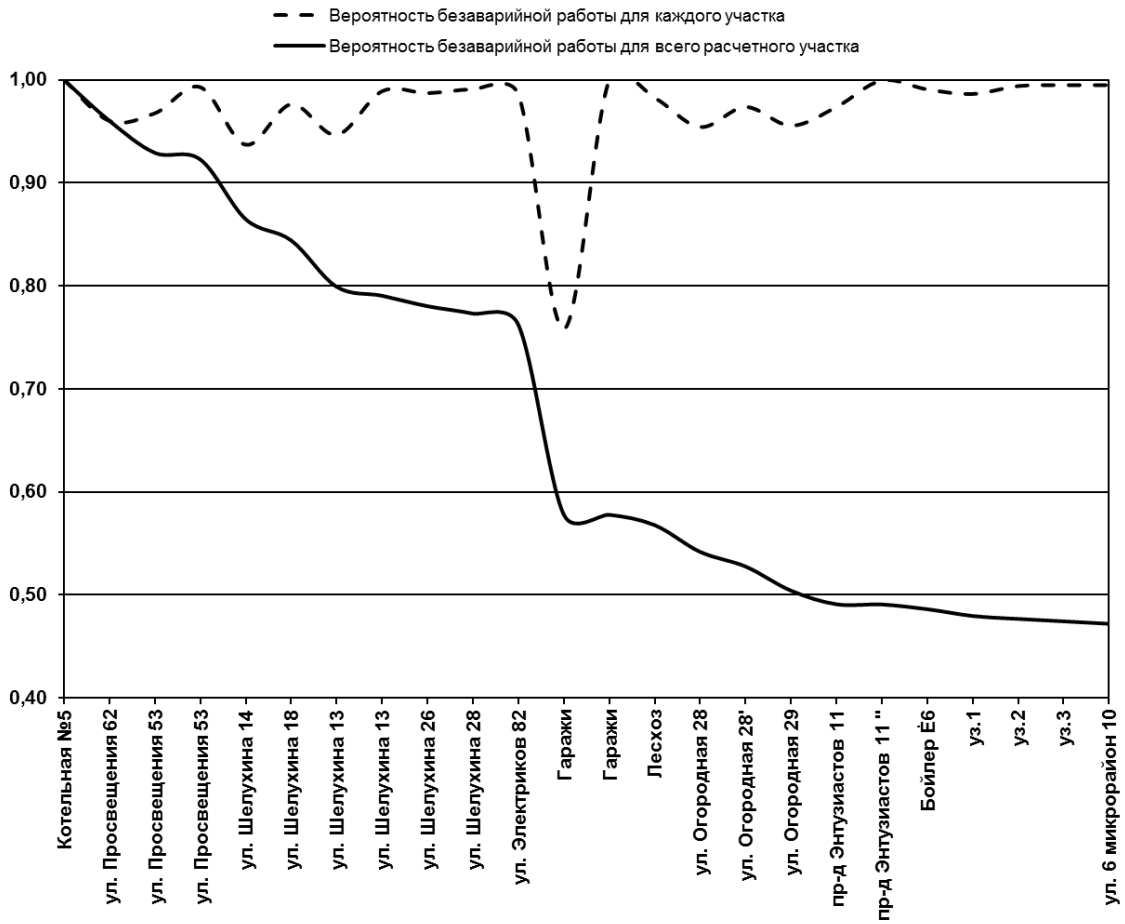

Рис. 2.51. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №5 до уз. 6 мкр. 10 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.51 следует, что тепломагистраль котельная №5 – уз. 6 мкр. 10 на участке ул. Просвещения, 53 – уз. 6 мкр. 10 в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы значительно ниже допустимых величин. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 45 лет. Протяженность данного участка теплосети – 1,92 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.6.6. Расчетный участок от котельной №5 до уз. Вокзальное ш. 13

Расчетный участок от котельной №1 до ТК-50 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.52. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.29. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.53.

Рис. 2.52. **Расчетный участок теплосети котельная №5 – уз. Вокзальное ш. 13**

Таблица 2.29. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №5 – уз. Вокзальное ш. 13 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №5	ул. Просвещения 62	1969	60,0	700	8,307	13,948	0,0405	0,9603	0,9603
2	ул. Просвещения 62	ул. Просвещения 53	1969	50,0	700	8,249	13,948	0,0328	0,9677	0,9293
3	ул. Просвещения 53	ТК-11	1969	96,0	300	6,911	13,948	0,0207	0,9795	0,9102
4	ТК-11	уз.1	1969	40,0	250	6,637	13,948	0,0052	0,9948	0,9055
5	уз.1	ул. Просвещения 57б	1969	30,0	200	6,474	13,948	0,0024	0,9976	0,9033
6	ул. Просвещения 57б	ТК-12	1969	145,0	200	6,624	13,948	0,0181	0,9821	0,8872
7	ТК-12	ул. Спортивная 19	1969	55,0	200	6,507	13,948	0,0047	0,9953	0,8830
8	ул. Спортивная 19	ТК-14	1969	55,0	200	6,507	13,948	0,0047	0,9953	0,8788
9	ТК-14	ТК-15	1969	42,0	200	6,490	13,948	0,0035	0,9965	0,8758
10	ТК-15	Вокзальное ш. 3а	1969	185,0	150	6,479	13,948	0,0152	0,9849	0,8625
11	Вокзальное ш. 3а	Вокзальное ш. 5	1969	94,0	150	6,395	13,948	0,0070	0,9930	0,8565
12	Вокзальное ш. 5	Вокзальное ш. 7	1969	65,0	150	6,368	13,948	0,0046	0,9954	0,8526
13	Вокзальное ш. 7	Вокзальное ш. 7а	1969	65,0	150	6,368	13,948	0,0046	0,9954	0,8486
14	Вокзальное ш. 7а	Вокзальное ш. 9	1969	54,0	150	6,358	13,948	0,0038	0,9962	0,8454
15	Вокзальное ш. 9	Вокзальное ш. 9а	1969	60,0	150	6,363	13,948	0,0043	0,9957	0,8418
16	Вокзальное ш. 9а	уз.2	1969	10,0	150	6,317	13,948	0,0007	0,9993	0,8412
17	уз.2	Вокзальное ш. 11	1969	2,0	150	6,310	13,948	0,0001	0,9999	0,8411
18	Вокзальное ш. 11	Вокзальное ш. 13	1969	125,0	150	6,423	13,948	0,0096	0,9904	0,8330
Итого по расчетному участку										0,8330

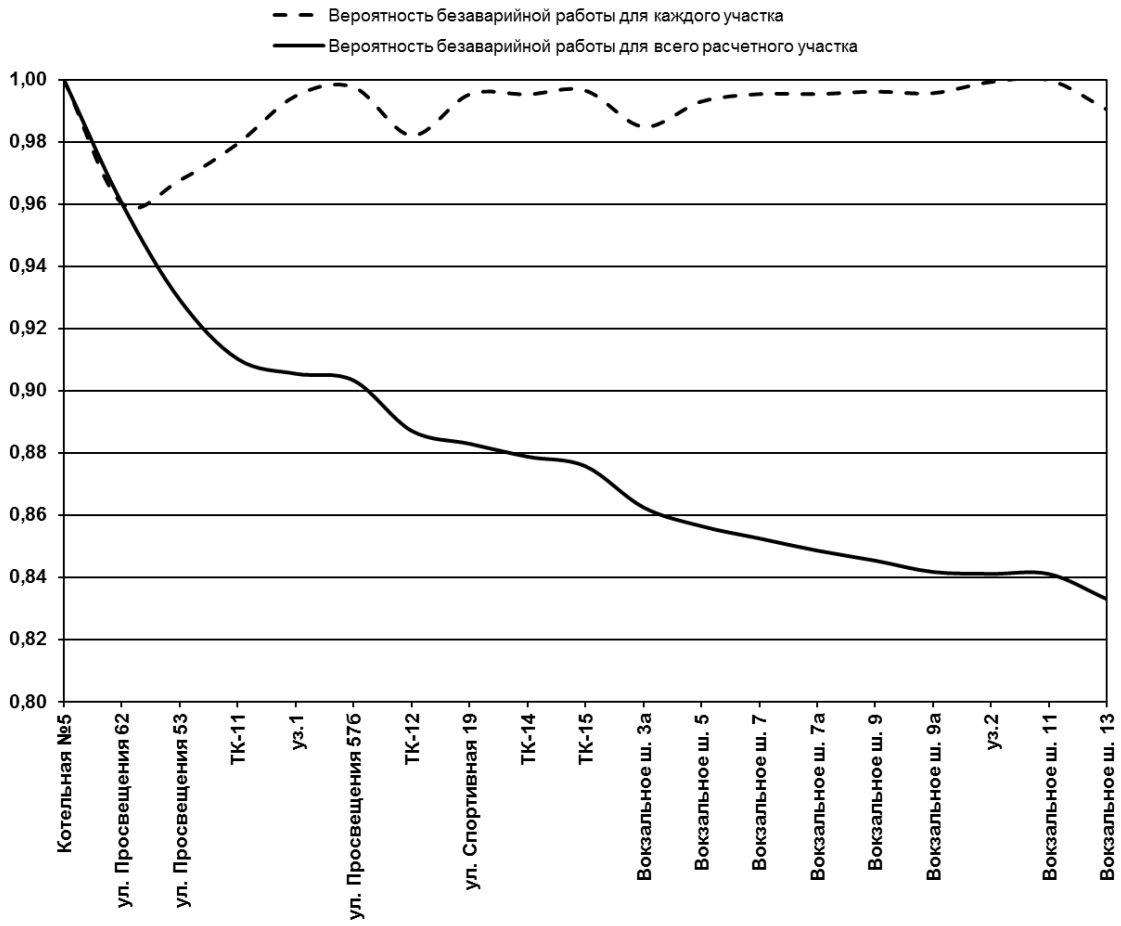

Рис. 2.53. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №5 до уз. Вокзальное ш. 13 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.53 следует, что тепломагистраль котельная №5 – уз. Вокзальное ш. 13 на участке ул. Просвещения, 57б – уз. Вокзальное ш. 13 в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы значительно ниже допустимых величин. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 45 лет. Протяженность данного участка теплосети – 1,24 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.6.7. Расчетный участок от котельной №5 до ТК- 10

Расчетный участок от котельной №5 до ТК-10 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.54. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.30. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.55.

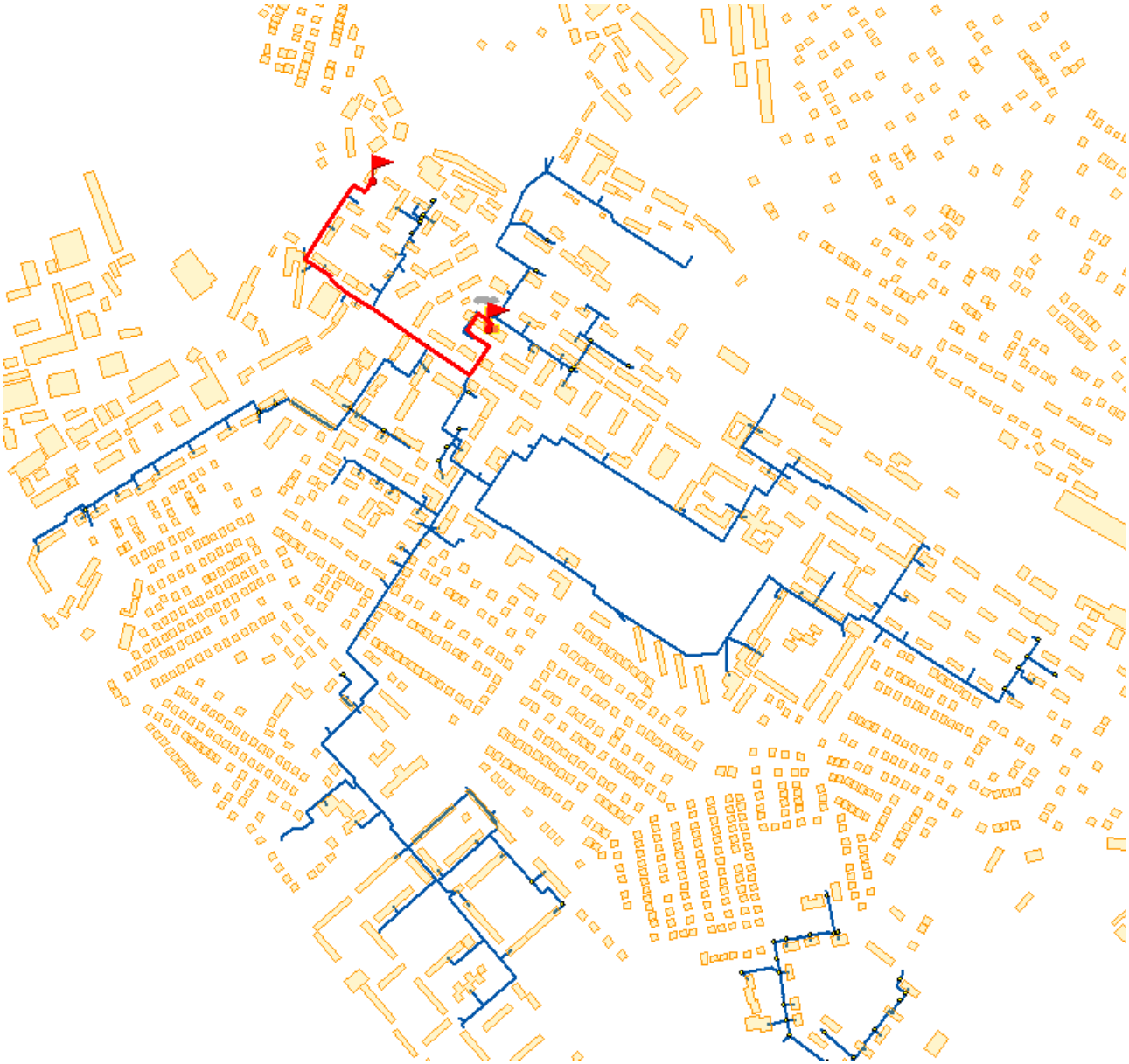

Рис. 2.54. **Расчетный участок теплосети котельная №5 – ТК-10**

Таблица 2.30. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №5 – ТК-10 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №5	ул. Просвещения 62	1969	60,0	700	8,307	13,948	0,0405	0,9603	0,9603
2	ул. Просвещения 62	ул. Просвещения 53	1969	50,0	700	8,249	13,948	0,0328	0,9677	0,9293
3	ул. Просвещения 53	ТК-11	1969	96,0	300	6,911	13,948	0,0207	0,9795	0,9102
4	ТК-11	ул. Виногорадная 10	1969	125,0	250	6,782	13,948	0,0219	0,9783	0,8905
5	ул. Виногорадная 10	пер. Каменный 17	1969	10,0	250	6,585	13,948	0,0011	0,9989	0,8895
6	пер. Каменный 17	Вокзальное ш. 18	1969	20,0	250	6,602	13,948	0,0024	0,9976	0,8874
7	Вокзальное ш. 18	пер. Каменный 15	1969	70,0	200	6,526	13,948	0,0065	0,9935	0,8816
8	пер. Каменный 15	пер. Каменный 15	1969	15,0	150	6,322	13,948	0,0010	0,9990	0,8807
9	пер. Каменный 15	пер. Каменный 15	1969	15,0	150	6,322	13,948	0,0010	0,9990	0,8798
10	пер. Каменный 15	ул. Щебеночная 13	1969	47,0	150	6,351	13,948	0,0033	0,9967	0,8769
11	ул. Щебеночная 13	ул. Щебеночная 11	1969	40,0	150	6,345	13,948	0,0028	0,9972	0,8745
12	ул. Щебеночная 11	ТК-10	1969	26,0	70	6,133	13,948	0,0013	0,9987	0,8733
Итого по расчетному участку										0,8733

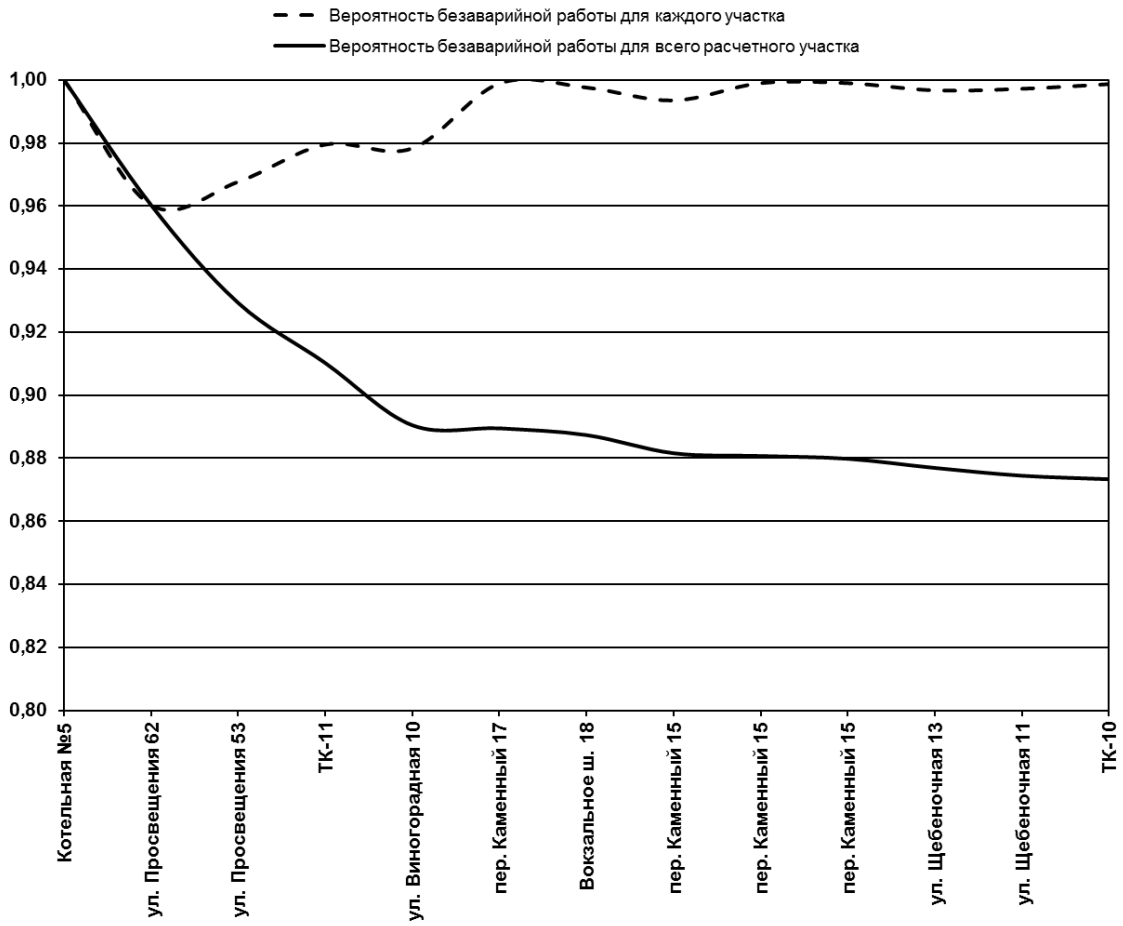

Рис. 2.55. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №5 до ТК-10 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.55 следует, что тепломагистраль котельная №5 – ТК-10 на участке ТК-11 – ТК-10 в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы ниже допустимых величин. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 45 лет. Протяженность данного участка теплосети – 0,58 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2015 г.

2.7. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №6

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №6 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №6 – У-44;
2) котельная №6 – У-115.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.7.1. Расчетный участок от котельной №6 до У-44

Расчетный участок от котельной №6 до У-44 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.56. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.31. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути для 2013 г. представлено на рис. 2.57.

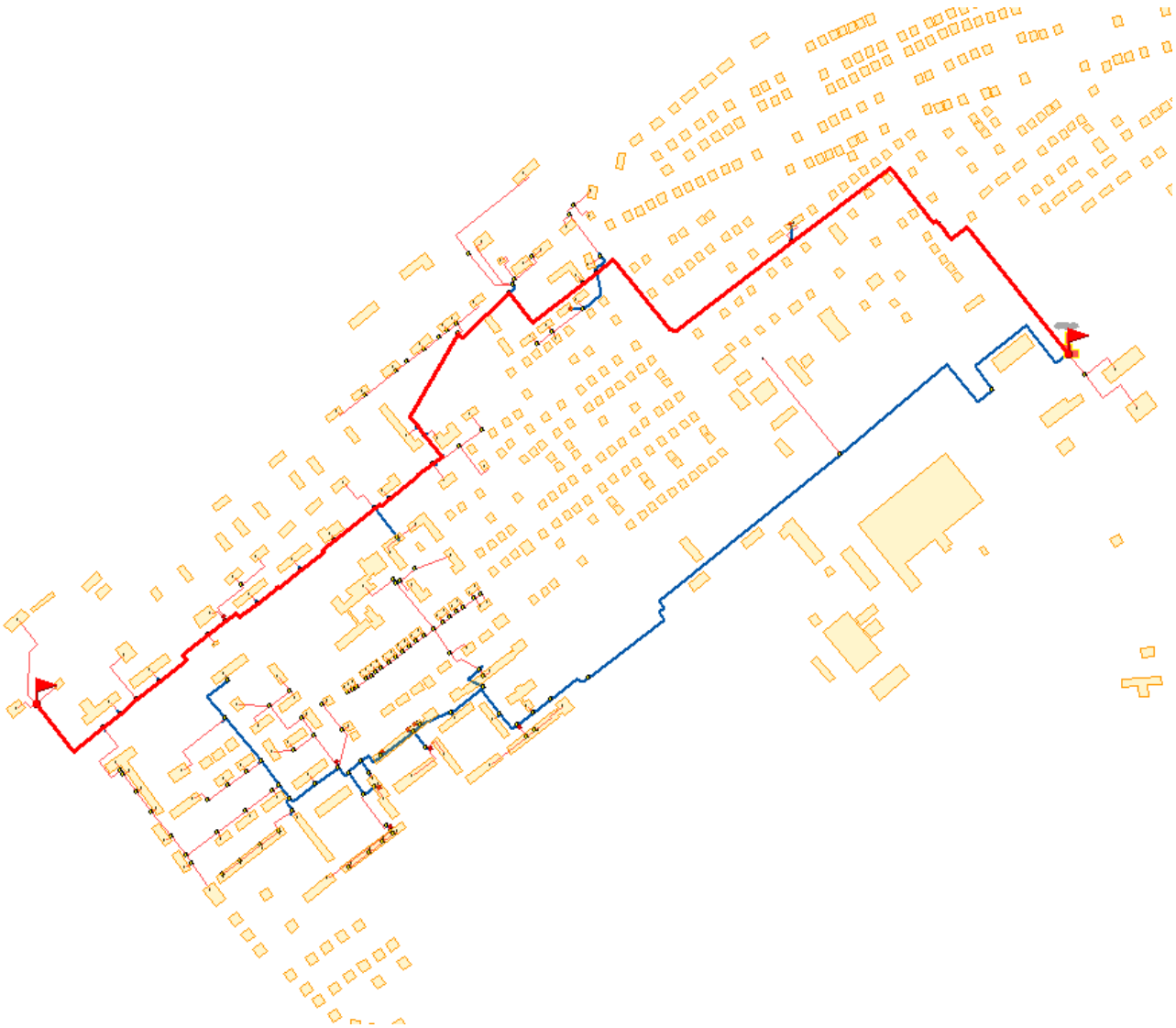

Рис. 2.56. **Расчетный участок теплосети котельная №6 – У-44**

Таблица 2.31. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №6 – У-44 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №6	У-1	1981	150,0	200	6,631	0,339	0,0005	0,9995	0,9995
2	У-1	У-2	1981	360,0	400	8,078	0,339	0,0052	0,9948	0,9943
3	У-2	У-3	1981	405,0	400	8,213	0,339	0,0063	0,9937	0,9880
4	У-3	У-10	1981	67,0	350	7,022	0,339	0,0004	0,9996	0,9876
5	У-10	У-11	1981	61,0	350	7,007	0,339	0,0004	0,9996	0,9872
6	У-11	У-16	1981	122,0	350	7,163	0,339	0,0009	0,9991	0,9864
7	У-16	У-24	1981	106,0	300	6,932	0,339	0,0006	0,9994	0,9858
8	У-24	У-25	1981	24,0	300	6,758	0,339	0,0001	0,9999	0,9857
9	У-25	У-26	1981	44,0	300	6,801	0,339	0,0002	0,9998	0,9855
10	У-26	У-29	1981	25,0	300	6,760	0,339	0,0001	0,9999	0,9854
11	У-29	У-30	1981	89,0	300	6,896	0,339	0,0005	0,9995	0,9849
12	У-30	У-31	1981	41,0	300	6,794	0,339	0,0002	0,9998	0,9847
13	У-31	У-33	1981	58,0	150	6,361	0,339	0,0001	0,9999	0,9846
14	У-33	У-34	1981	106,0	150	6,406	0,339	0,0002	0,9998	0,9844
15	У-34	У-33	1981	58,0	150	6,361	0,339	0,0001	0,9999	0,9843
16	У-33	У-37	1981	106,0	150	6,406	0,339	0,0002	0,9998	0,9841
17	У-37	У-39	1981	50,0	150	6,354	0,339	0,0001	0,9999	0,9840
18	У-39	У-40	1981	112,0	150	6,411	0,339	0,0002	0,9998	0,9838
19	У-40	У-41	1981	40,0	150	6,345	0,339	0,0001	0,9999	0,9837
20	У-41	У-42	1981	40,0	150	6,345	0,339	0,0001	0,9999	0,9836
21	У-42	У-43	1981	40,0	200	6,487	0,339	0,0001	0,9999	0,9835
22	У-43	У-44	1981	130,0	100	6,263	0,339	0,0002	0,9998	0,9833
Итого по расчетному участку										0,9833

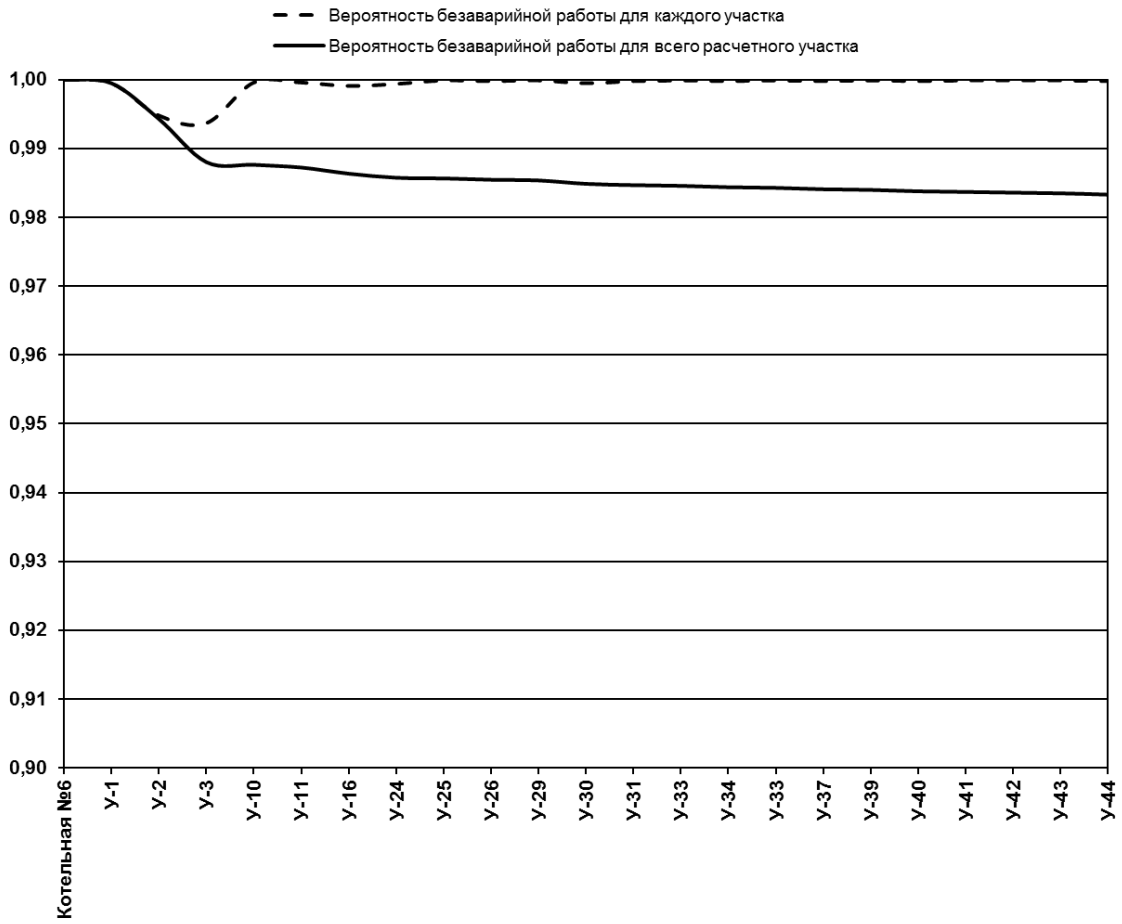

Рис. 2.57. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №6 до У-44 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.57 что тепломагистраль котельная №6 – У-44 по состоянию на 2013 г. обладает высокими показателями вероятности безаварийной работы даже при сроке эксплуатации 33 года. Это обусловлено небольшой протяженностью участков теплосети. Общая протяженность расчетного участка составляет 2,24 км.

Вероятность безаварийной работы тепломагистрали котельная №6 – У-44 достигнет минимально-допустимого значения в 2022 г. Поэтому, в указанный период рекомендуется произвести перекладку указанного участка теплосети.

2.7.2. Расчетный участок от котельной №6 до У-115

Расчетный участок от котельной №6 до У-115 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.58. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.32. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути для 2013 г. представлено на рис. 2.59.

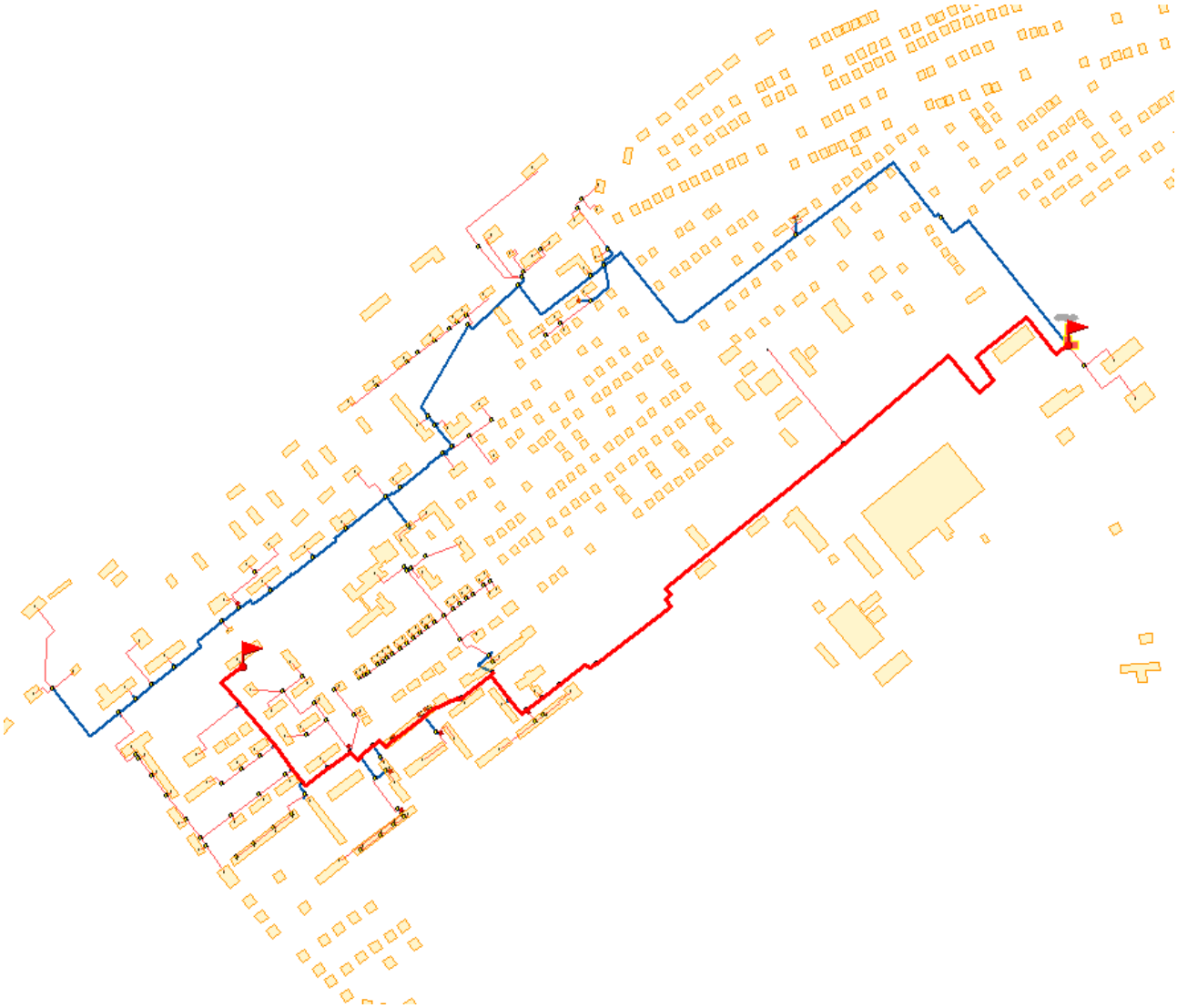

Рис. 2.58. **Расчетный участок теплосети котельная №6 – У-115**

Таблица 2.32. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №6 – У-115в в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №6	У-45	1981	35,0	350	6,941	0,339	0,0002	0,9998	0,9998
2	У-45	У-46	1981	200,0	350	7,362	0,339	0,0017	0,9983	0,9981
3	У-46	У-47	1981	930,0	350	9,226	0,339	0,0226	0,9777	0,9758
4	У-47	У-48	1981	75,0	250	6,696	0,339	0,0003	0,9997	0,9755
5	У-48	У-49	1981	78,0	300	6,873	0,339	0,0004	0,9996	0,9752
6	У-49	У-50	1981	30,0	300	6,771	0,339	0,0001	0,9999	0,9751
7	У-50	У-53	1981	45,0	300	6,803	0,339	0,0002	0,9998	0,9749
8	У-53	У-54	1981	54,0	300	6,822	0,339	0,0002	0,9998	0,9747
9	У-54	У-81	1981	24,0	200	6,466	0,339	0,0000	1,0000	0,9747
10	У-81	У-82	1981	85,0	200	6,546	0,339	0,0002	0,9998	0,9745
11	У-82	У-83	1981	17,0	200	6,457	0,339	0,0000	1,0000	0,9745
12	У-83	У-85	1981	40,0	200	6,487	0,339	0,0001	0,9999	0,9744
13	У-85	У-86	1981	95,0	200	6,559	0,339	0,0002	0,9998	0,9742
14	У-86	У-88	1981	30,0	200	6,474	0,339	0,0001	0,9999	0,9741
15	У-88	У-96	1981	29,0	200	6,473	0,339	0,0001	0,9999	0,9740
16	У-96	У-102	1981	33,0	200	6,478	0,339	0,0001	0,9999	0,9739
17	У-102	У-103	1981	53,0	200	6,504	0,339	0,0001	0,9999	0,9738
18	У-103	У-109	1981	30,0	200	6,474	0,339	0,0001	0,9999	0,9737
19	У-109	У-110	1981	46,0	150	6,350	0,339	0,0001	0,9999	0,9736
20	У-110	У-114	1981	80,0	100	6,235	0,339	0,0001	0,9999	0,9735
21	У-114	У-115	1981	90,0	80	6,184	0,339	0,0001	0,9999	0,9734
Итого по расчетному участку										0,9734

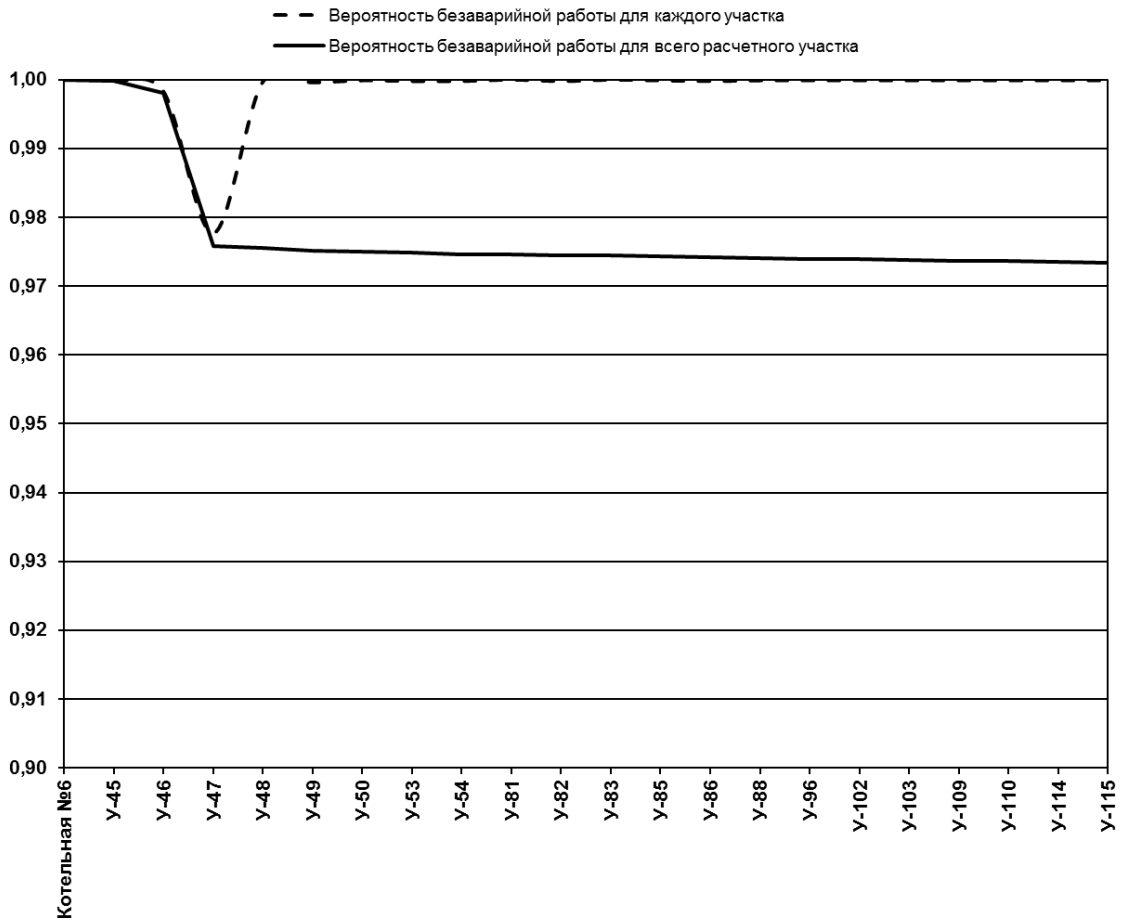

Рис. 2.59. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №6 до У-115 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.59 что тепломагистраль котельная №6 – У-115 по состоянию на 2013 г. обладает высокими показателями вероятности безаварийной работы даже при сроке эксплуатации 33 года. Это обусловлено небольшой протяженностью участков теплосети. Общая протяженность расчетного участка составляет 2,1 км.

Вероятность безаварийной работы тепломагистрали котельная №6 – У-115 достигнет минимально-допустимого значения в 2019 г. Поэтому, в указанный период рекомендуется произвести перекладку указанного участка теплосети.

2.8. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №7

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №7 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №7 - ТВ-I-14а;
2) котельная №7 - ТК-VII-7;
3) котельная №7 – ТК-VII-15;
4) котельная №7 – ТК-32в.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.8.1. Расчетный участок от котельной №7 до ТВ-I-14а

Расчетный участок от котельной №7 до ТВ-I-14а тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.60. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.33. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.61.

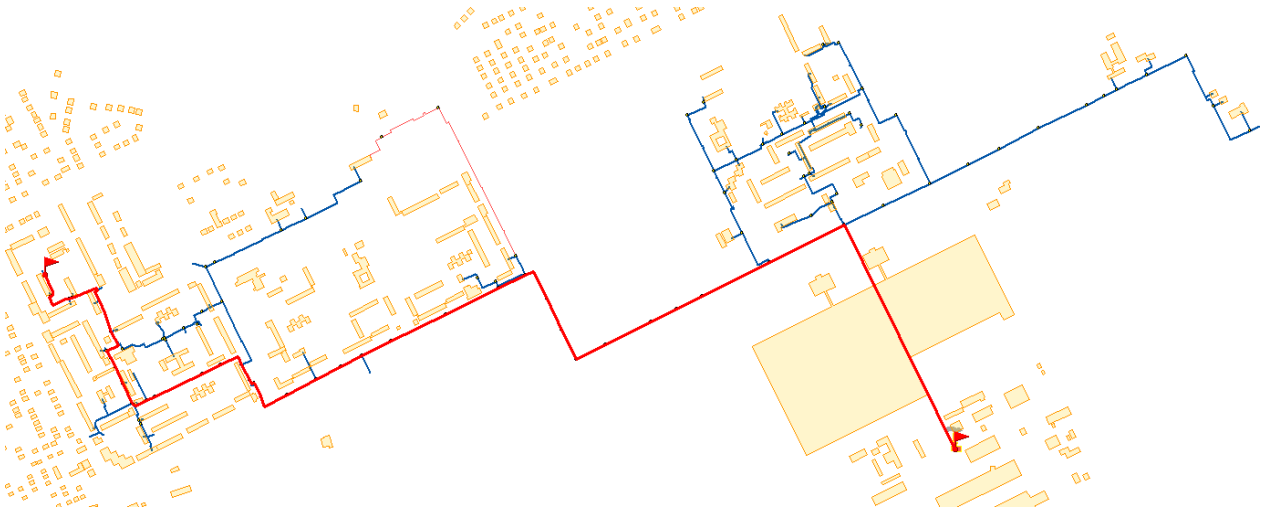

Рис. 2.60. **Расчетный участок теплосети котельная №7 – ТВ-I-14а**

Таблица 2.33. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №7 – ТВ-I-14а в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, Р	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Основная тепломагистраль										
1	Котельная №7	ТК-1	1975	885,0	500	10,773	1,531	0,1505	0,8603	0,8603
2	ТК-1	ТК-3	1975	105,9	400	7,316	1,531	0,0038	0,9962	0,8570
3	ТК-3	ТК-4	1975	183,0	300	7,096	1,531	0,0054	0,9946	0,8524
4	ТК-4	ТК-5	1975	97,9	300	6,915	1,531	0,0023	0,9977	0,8504
5	ТК-5	ТК-6	1975	80,2	300	6,878	1,531	0,0018	0,9982	0,8489
6	ТК-6	ТК-7	1975	159,5	300	7,046	1,531	0,0045	0,9955	0,8451
7	ТК-7	ТК-7а	1975	105,4	300	6,931	1,531	0,0026	0,9974	0,8429
8	ТК-7а	ТК-8	1975	101,2	300	6,922	1,531	0,0024	0,9976	0,8409
9	ТК-8	ТК-9	1975	70,7	300	6,857	1,531	0,0015	0,9985	0,8396
10	ТК-9	ТК-10а	1975	129,8	300	6,983	1,531	0,0034	0,9966	0,8368
11	ТК-10а	ТК-10	1975	85,2	300	6,888	1,531	0,0019	0,9981	0,8352
12	ТК-10	ТК-11	1975	180,9	300	7,091	1,531	0,0053	0,9947	0,8307
13	ТК-11	ТК-12	1975	180,0	300	7,089	1,531	0,0053	0,9947	0,8263
14	ТК-12	ТК-12а	1975	89,8	300	6,898	1,531	0,0021	0,9979	0,8246
15	ТК-12а	ТК-13	1975	82,9	300	6,883	1,531	0,0019	0,9981	0,8230
16	ТК-13	ТК-14а	1975	75,3	300	6,867	1,531	0,0017	0,9983	0,8216
17	ТК-14а	ТК-14	1975	100,1	300	6,920	1,531	0,0024	0,9976	0,8197
18	ТК-14	ТК-I-1	1975	173,4	300	7,075	1,531	0,0050	0,9950	0,8156
19	ТК-I-1	ТК-I-2	1975	32,9	300	6,777	1,531	0,0006	0,9994	0,8151
20	ТК-I-2	ТК-I-3	1975	29,6	300	6,770	1,531	0,0006	0,9994	0,8146
21	ТК-I-3	ТК-I-6	1975	96,2	300	6,912	1,531	0,0023	0,9977	0,8127

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
22	ТК-I-6	ТК-I-7	1975	56,1	300	6,826	1,531	0,0012	0,9988	0,8117
23	ТК-I-7	ТК-I-8	1975	160,7	300	7,048	1,531	0,0045	0,9955	0,8081
24	ТК-I-8	ТК-I-9	1975	22,0	300	6,754	1,531	0,0004	0,9996	0,8078
25	ТК-I-9	уз.	1975	30,0	150	6,336	1,531	0,0002	0,9998	0,8076
26	уз.	ТК-I-14	1975	10,0	150	6,317	1,531	0,0001	0,9999	0,8075
27	ТК-I-14	ТК-I-14а	1975	14,0	150	6,321	1,531	0,0001	0,9999	0,8074
28	ТК-I-14а	ТВ-I-30	1975	58,0	150	6,361	1,531	0,0005	0,9995	0,8070
29	ТВ-I-30	ТВ-I-31	1975	75,0	150	6,377	1,531	0,0006	0,9994	0,8066
30	ТВ-I-31	ТВ-I-32	1975	19,5	150	6,326	1,531	0,0001	0,9999	0,8065
31	ТВ-I-32	ТК-I-13	1975	17,5	150	6,324	1,531	0,0001	0,9999	0,8064
32	ТК-I-13	ТК-I-12	1975	36,5	200	6,482	1,531	0,0003	0,9997	0,8061
Резервная тепломагистраль										
1	ТК-I-3	ТК-I-4	1975	201,3	150	6,494	1,531	0,0018	0,9982	0,8112
2	ТК-I-4	уз.	1975	12,0	150	6,319	1,531	0,0001	0,9999	0,8112
3	уз.	ТКсм	1975	15,0	150	6,322	1,531	0,0001	0,9999	0,8111
4	ТКсм	ТВ-I-5	1975	70,5	150	6,373	1,531	0,0006	0,9994	0,8106
5	ТВ-I-5	уз.	1975	1,0	150	6,309	1,531	0,0000	1,0000	0,8106
6	уз.	ТВ-I-4	1975	70,8	150	6,373	1,531	0,0006	0,9994	0,8101
7	ТВ-I-4	ТВ-I-2	1975	72,0	150	6,374	1,531	0,0006	0,9994	0,8096
8	ТВ-I-2	ТВ-I-1	1975	1,0	150	6,309	1,531	0,0000	1,0000	0,8096
9	ТВ-I-1	ТК-I-11	1975	124,0	150	6,422	1,531	0,0010	0,9990	0,8088
10	ТК-I-11	ТК-I-12	1975	30,0	300	6,771	1,531	0,0006	0,9994	0,8083
Итого по участку котельная №7 – ТК-I-12										1,0000

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Основная тепломагистраль										
33	ТК-I-12	ТВ-I-7	1975	46,0	150	6,350	1,531	0,0004	0,9996	0,9996
34	ТВ-I-7	уз.	1975	121,0	150	6,420	1,531	0,0010	0,9990	0,9986
35	уз.	ТВ-I-8	1975	28,0	150	6,334	1,531	0,0002	0,9998	0,9984
36	ТВ-I-8	ТВ-I-9	1975	95,0	150	6,396	1,531	0,0008	0,9992	0,9976
37	ТВ-I-9	ТВ-I-10	1975	1,0	150	6,309	1,531	0,0000	1,0000	0,9976
38	ТВ-I-10	ТВ-I-4	1975	96,0	150	6,397	1,531	0,0008	0,9992	0,9968
39	ТВ-I-4	ТВ-I-14а	1975	89,0	150	6,390	1,531	0,0007	0,9993	0,9961
Итого по участку котельная №7 – ТВ-I-14а										0,9961

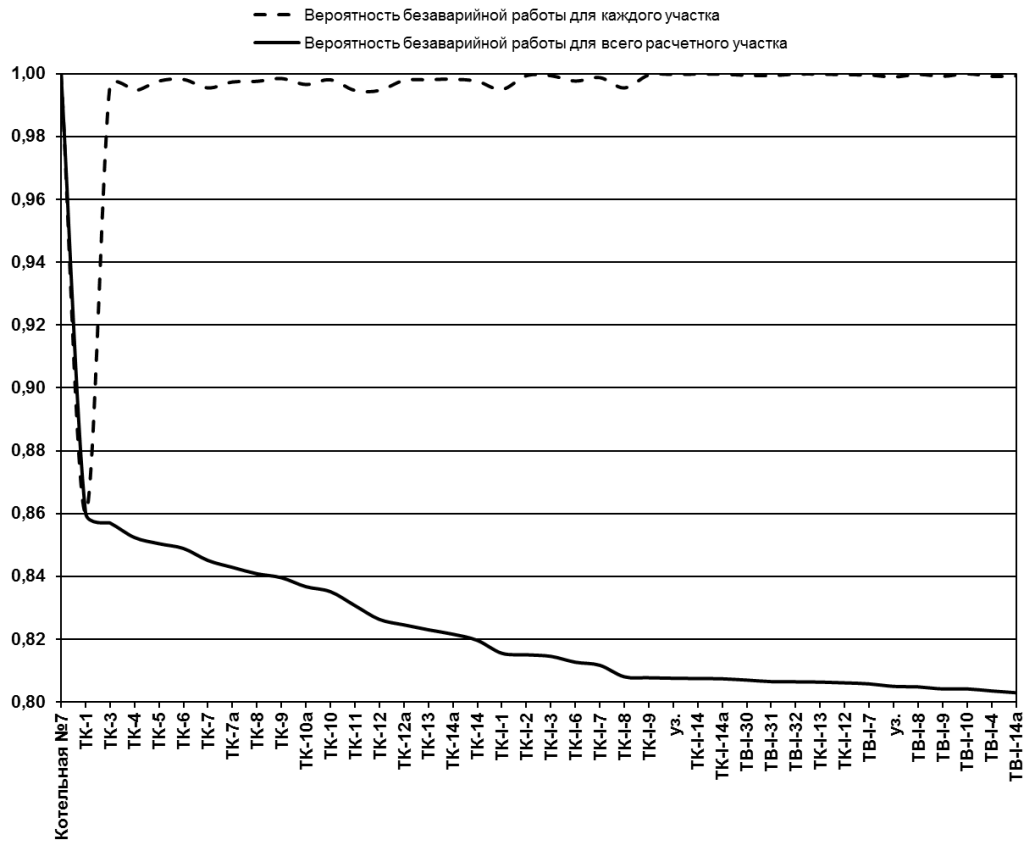

Рис. 2.61. **Вероятность безаварийной работы основной тепломагистрали от котельной №7 до ТВ-I-14а в 2013 г.**

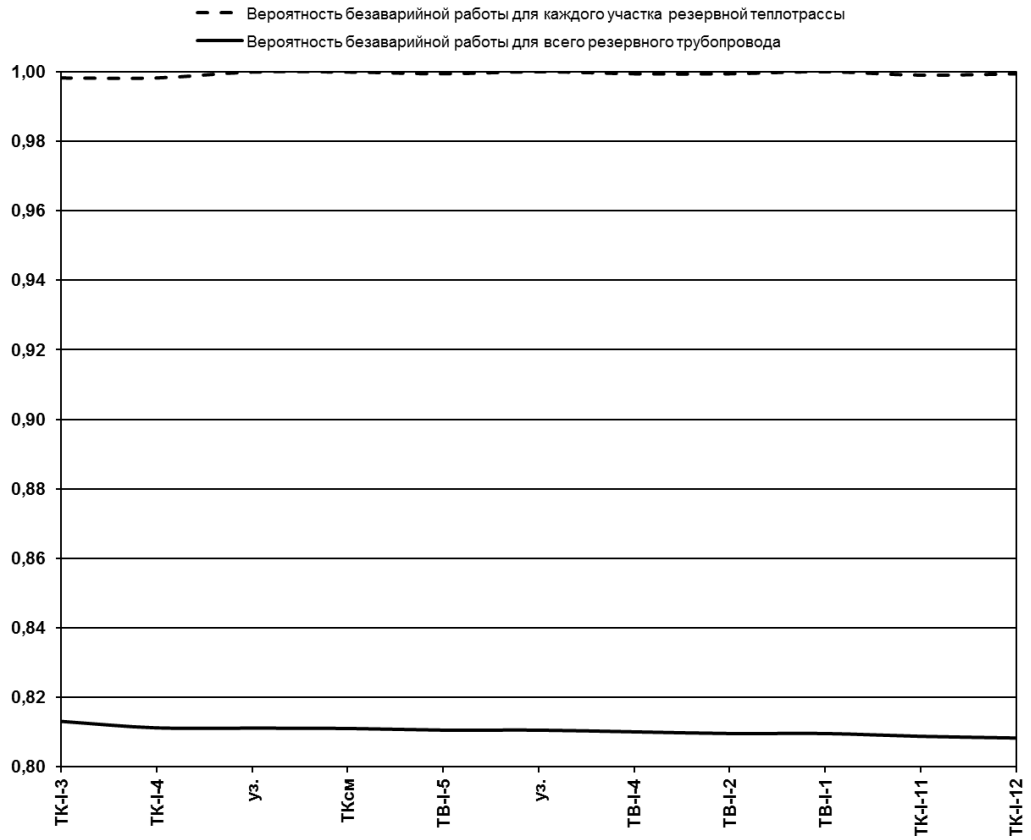

Рис. 2.62. **Вероятность безаварийной работы резервного участка ТК-I-3 – ТК-I-12 тепломагистрали от котельной №7 до ТВ-I-14а в 2013 г.**

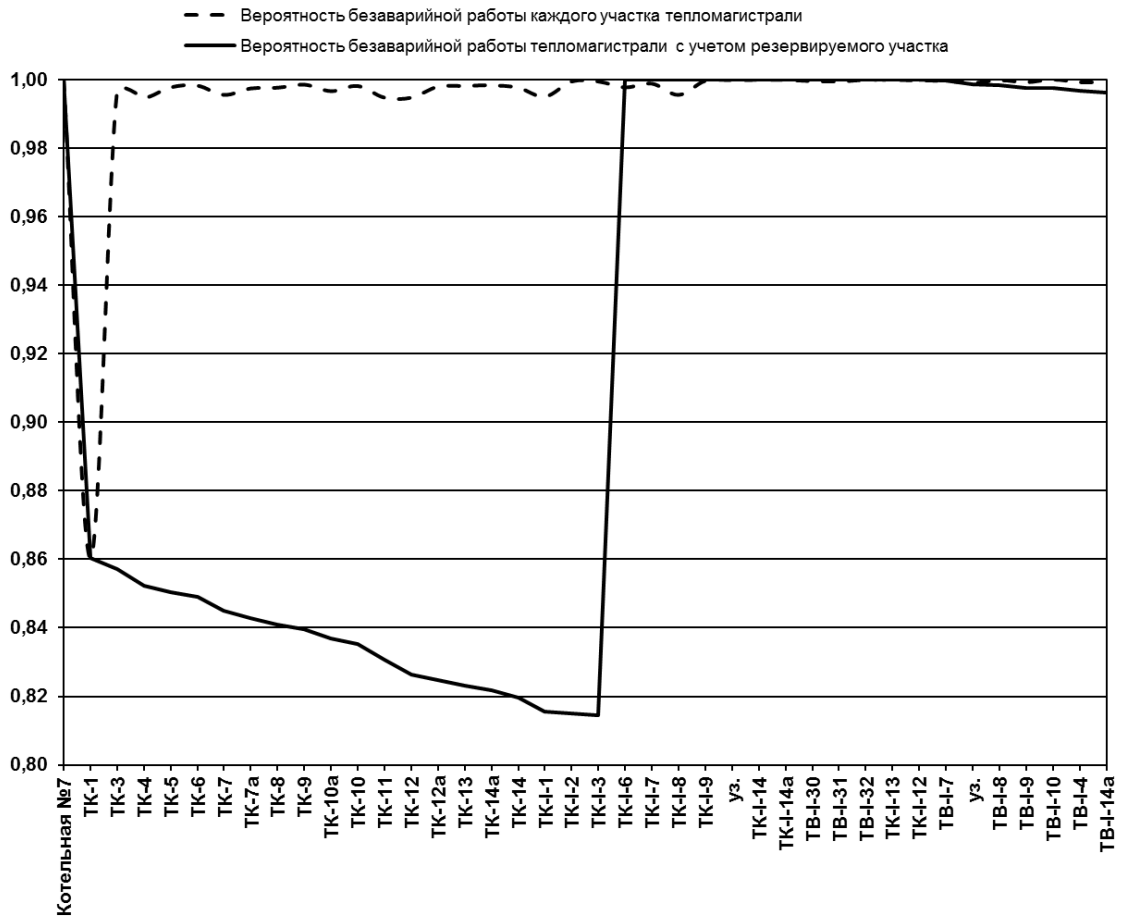

Рис. 2.63. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №7 до ТВ-I-14а в 2013 г. с учетом резервного участка ТК-I-3 – ТК-I-12**

Из анализа рис. 2.61 ÷ рис. 2.63 следует, что протяженный участок от котельной №7 до ТК-1 имеет низкие значения показателей безаварийной работы, ввиду чего показатели безаварийной работы всей тепломагистрали от котельной №7 до ТК-I-3 (резервируемого участка) ниже допустимых величин. Срок службы данного участка теплосети в 2013 г. составляет 39 лет, протяженность – 3,55 км. Наличие резервируемого участка теплосети увеличивает вероятность безаварийной работы до 1 (единицы) и близким к ней значениям. Показатели безаварийной работы резервного участка также ниже допустимых величин.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети до допустимых значений рекомендуется произвести перекладку трубопроводов от котельной №7 до ТК-7 в 2015 г. Протяженность указанного участка составляет 1,52 км.

Рекомендуемые перекладки трубопроводов:

- в 2016 г. – от ТК-7 до ТК-I-3;
- 2020 г. – ТК-I-3 - ТК-I-12;
- 2022 г. –ТК-I-12 - ТВ-I-14а;
- 2024 г. - ТК-I-3 - ТВ-I-5 - ТК-I-12.

2.8.2. Расчетный участок от котельной №7 до ТК-VII-7

Расчетный участок от котельной №7 до ТК-VII-7 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.64. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.34. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.65.

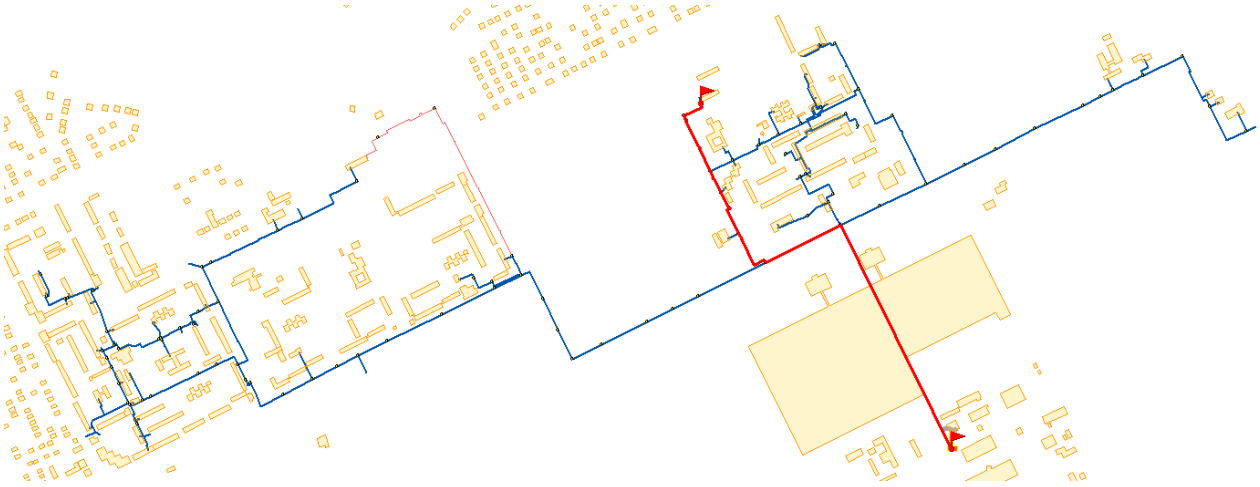

Рис. 2.64. **Расчетный участок теплосети котельная №7 – ТК-VII-7**

Таблица 2.34. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №7 – ТК-VII-7 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Основная тепломагистраль										
1	Котельная №7	ТК-1	1975	885,0	500	10,773	1,531	0,1505	0,8603	0,8603
2	ТК-1	ТК-3	1975	105,9	400	7,316	1,531	0,0038	0,9962	0,8570
3	ТК-3	ТК-VII-3	1989	141,3	300	7,007	0,099	0,0002	0,9998	0,8569
4	ТК-VII-3	ТК-VII-4	1975	149,8	300	7,025	1,531	0,0041	0,9959	0,8533
5	ТК-VII-4	ТК-VII-5	1975	95,7	200	6,560	1,531	0,0011	0,9989	0,8524
Резервная тепломагистраль										
1	ТК-1	ЦТП 7а	1975	885,0	500	10,773	1,531	0,1505	0,8603	0,8603
2	ЦТП 7а	ТК-VII-1	1975	58,9	250	6,669	1,531	0,0009	0,9991	0,8595
3	ТК-VII-1	ТК-VII-2	1975	5,0	200	6,441	1,531	0,0000	1,0000	0,8595
4	ТК-VII-2	ТК-VII-16	1975	45,6	150	6,350	1,531	0,0003	0,9997	0,8593
5	ТК-VII-16	ТК-VII-18	1975	154,1	150	6,450	1,531	0,0013	0,9987	0,8582
6	ТК-VII-18	Самарский пер. 5а	1983	12,3	150	6,319	0,232	0,0000	1,0000	0,8582
7	Самарский пер. 5а	ул. Шалина 5а	1975	78,2	150	6,380	1,531	0,0006	0,9994	0,8576
8	ул. Шалина 5а	ЦТП 7	1975	119,1	150	6,418	1,531	0,0010	0,9990	0,8568
9	ЦТП 7	ТК-VII-12	1975	27,6	150	6,333	1,531	0,0002	0,9998	0,8566
10	ТК-VII-12	ТК-VII-11	1975	37,5	150	6,343	1,531	0,0003	0,9997	0,8563
11	ТК-VII-11	ТК-VII-10	1975	86,1	125	6,311	1,531	0,0006	0,9994	0,8558
12	ТК-VII-10	ТК-VII-9	1975	82,3	175	6,462	1,531	0,0007	0,9993	0,8552
13	ТК-VII-9	ТК-VII-8	1975	63,8	150	6,367	1,531	0,0005	0,9995	0,8548
14	ТК-VII-8	ТК-VII-5	1975	94,7	125	6,318	1,531	0,0007	0,9993	0,8542

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
Итого по участку котельная №7 - ТК-VII-5										1,0000
Основная тепломагистраль										
1	ТК-VII-5	ТК-VII-6	1975	201,9	200	6,698	1,531	0,0033	0,9967	0,9967
2	ТК-VII-6	ТК-VII-7	1975	64,0	250	6,678	1,531	0,0010	0,9990	0,9957
Итого по участку котельная №7 - ТК-VII-7										0,9957

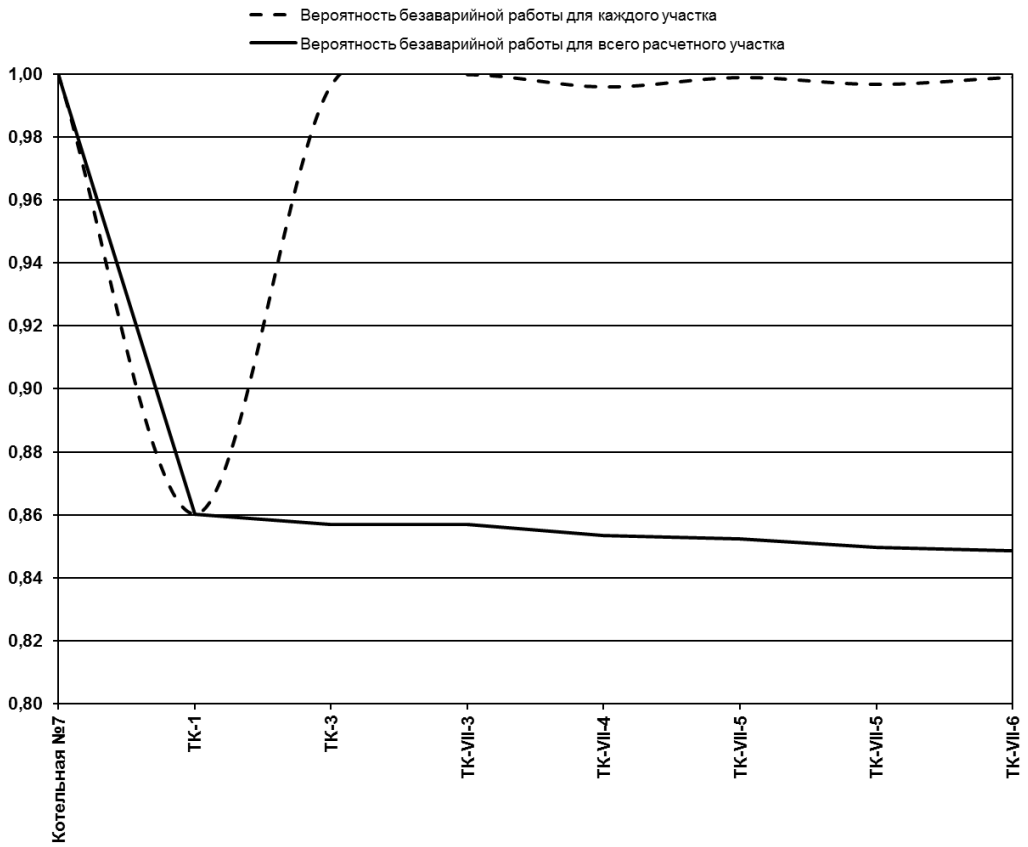

Рис. 2.65. **Вероятность безаварийной работы основной тепломагистрали от котельной №7 до ТК-VII-7 в 2013 г.**

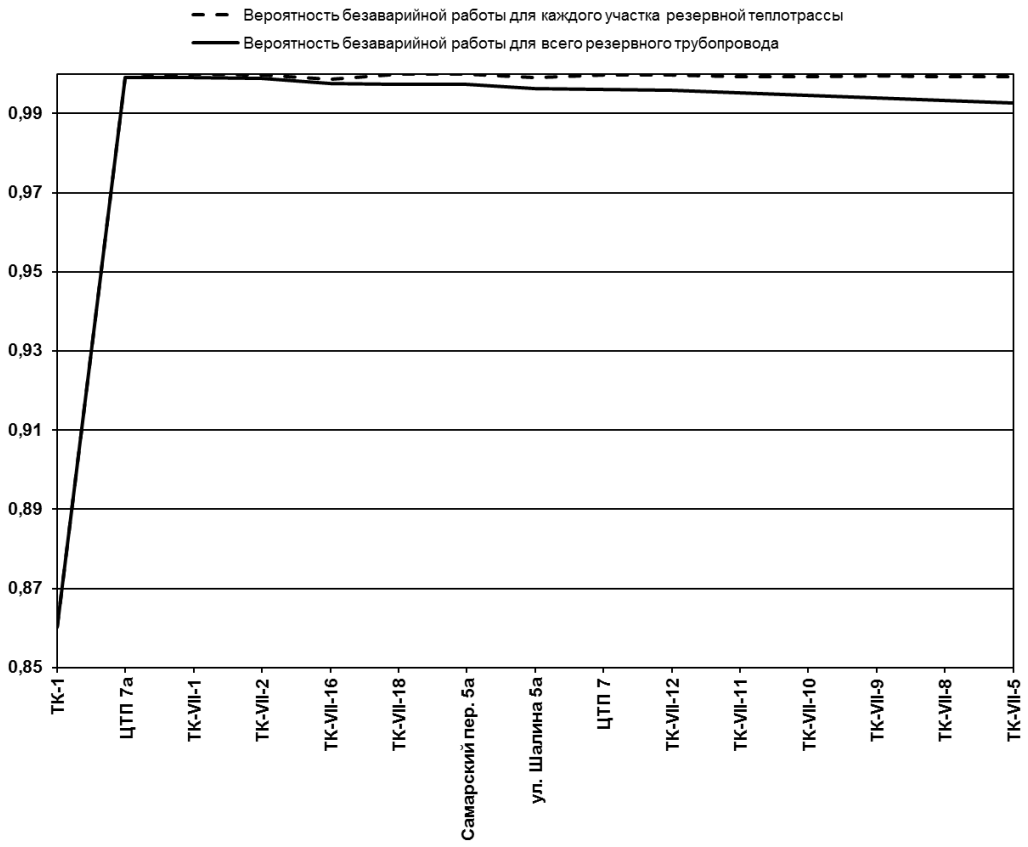

Рис. 2.66. **Вероятность безаварийной работы резервного участка ТК-1 – ТК-VII-5 тепломагистрали от котельной №7 до ТК-VII-7 в 2013 г.**

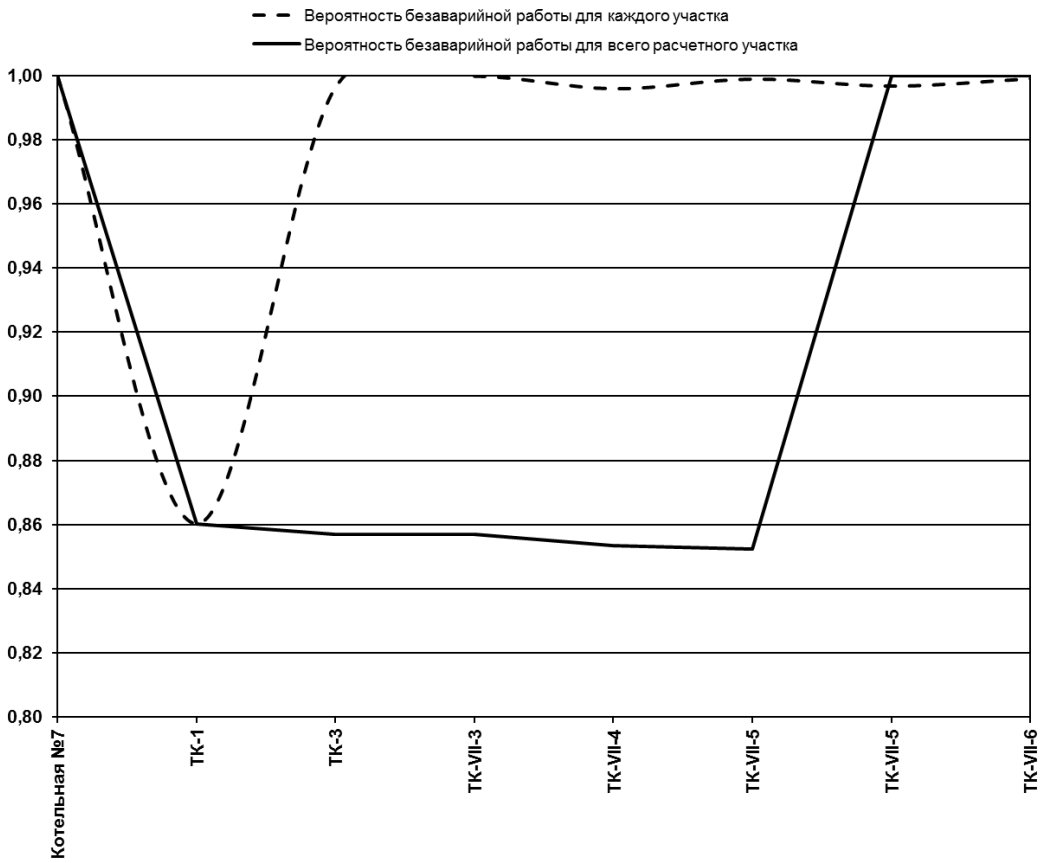

Рис. 2.67. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №7 до ТК-VII-7 в 2013 г. с учетом резервного участка ТК-1 – ТК-VII-5**

Из анализа рис. 2.65 ÷ рис. 2.67 следует, что протяженный участок от котельной №7 до ТК-1 имеет низкие значения показателей безаварийной работы, ввиду чего показатели безаварийной работы всей тепломагистрали от котельной №7 до ТК-VII-5 (резервируемого участка) ниже ниже допустимых величин. Срок службы данного участка теплосети в 2013 г. составляет 39 лет, протяженность – 1,38 км. Наличие резервируемого участка теплосети увеличивает вероятность безаварийной работы до 1 (единицы) и близким к ней значениям. Показатели безаварийной работы резервного участка также ниже допустимых величин.

Рекомендации по перекладке участка от котельной №7 до ТК-3 изложены выше.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети до допустимых значений рекомендуется произвести перекладку трубопроводов от котельной №7 до ТК-7 в 2015 г. Протяженность указанного участка составляет 1,52 км.

Рекомендуемые перекладки трубопроводов:

- в 2022 г. – от ТК-3 до ТК-VII-5, ТК-VII-18 – ЦТП-7 - ТК-VII-5 (резервный участок), ТК-VII-5 - ТК-VII-7;
- 2024 г. – ТК-1 - ТК-VII-18.

2.8.3. Расчетный участок от котельной №7 до ТК-VII-15

Расчетный участок от котельной №7 до ТК- VII-15 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.68. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.35. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.69.

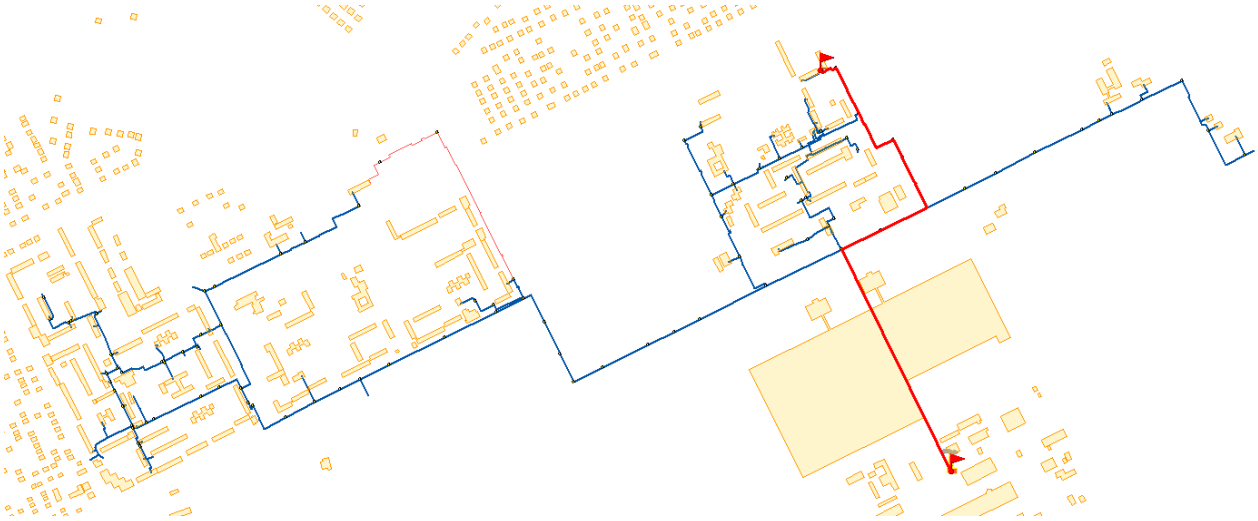

Рис. 2.68. **Расчетный участок теплосети котельная №7 – ТК-VII-15**

Таблица 2.35. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №7 – ТК-VII-15 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №7	ТК-1	1975	885,0	500	10,773	1,531	0,1505	0,8603	0,8603
2	ТК-1	ТК-24	1975	123,3	400	7,369	1,531	0,0047	0,9953	0,8563
3	ТК-24	ТК-25	1975	123,3	400	7,369	1,531	0,0047	0,9953	0,8522
4	ТК-25	ТК-VII-24	1975	240,5	350	7,465	1,531	0,0098	0,9902	0,8439
5	ТК-VII-24	ТК-VII-13	1975	129,5	250	6,789	1,531	0,0025	0,9975	0,8418
6	ТК-VII-13	ТК-VII-14	1975	159,3	150	6,455	1,531	0,0014	0,9986	0,8406
7	ТК-VII-14	ТК-VII-15	1988	60,4	150	6,364	0,111	0,0000	1,0000	0,8406
Итого по расчетному участку										0,8406

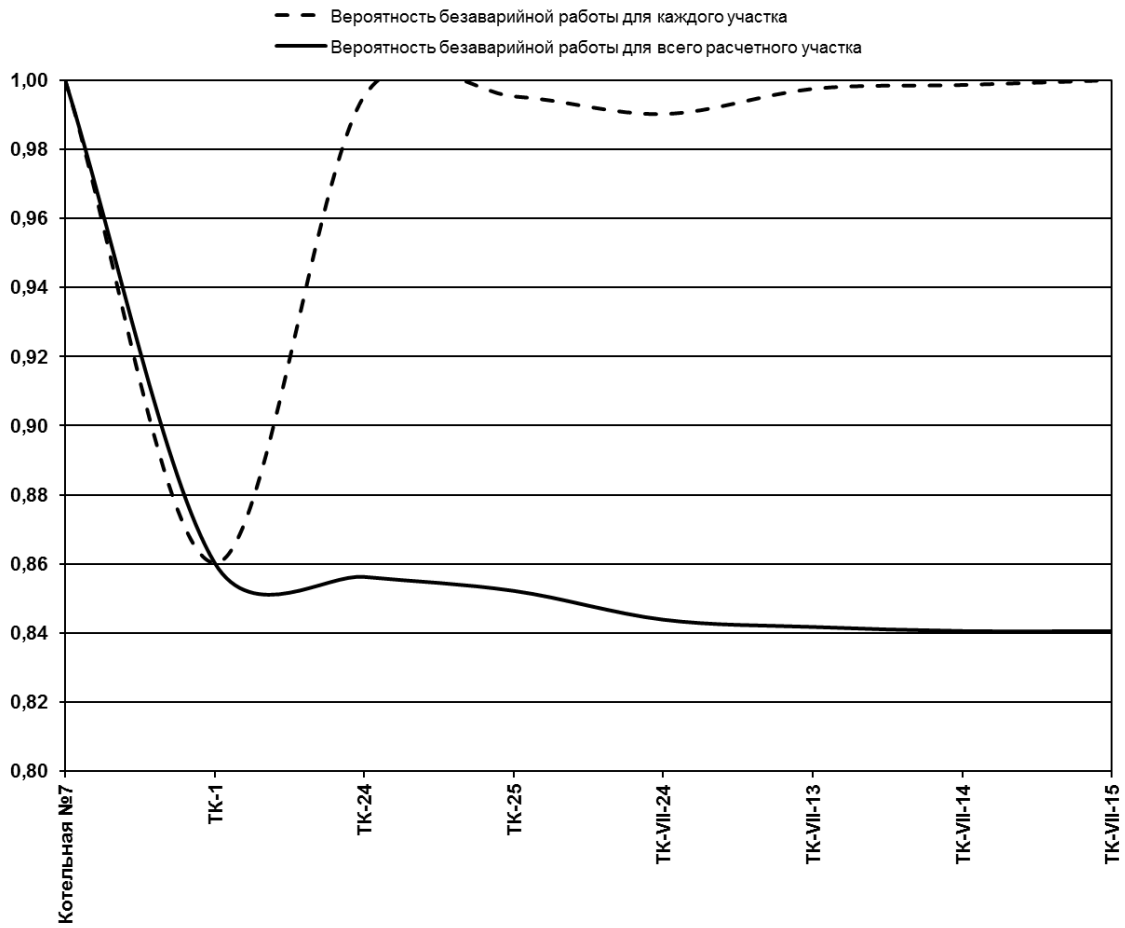

Рис. 2.69. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №7 до ТК-VII-15 в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.69 следует, что тепломагистраль котельная №7 – ТК- VII-15 в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы ниже допустимых величин. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 39 лет. Протяженность данного участка теплосети – 1,72 км.

Рекомендации по перекладке участка от котельной №7 до ТК-1 изложены выше.

Для увеличения показателей безаварийной работы участка теплосети от ТК-1 до ТК-VII-15 рекомендуется произвести перекладку трубопроводов (протяженностью 0,84 км) на данном участке в 2018 г.

2.8.4. Расчетный участок от котельной №7 до ТК-32в

Расчетный участок от котельной №7 до ТК-32в тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.70. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.36. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.71.

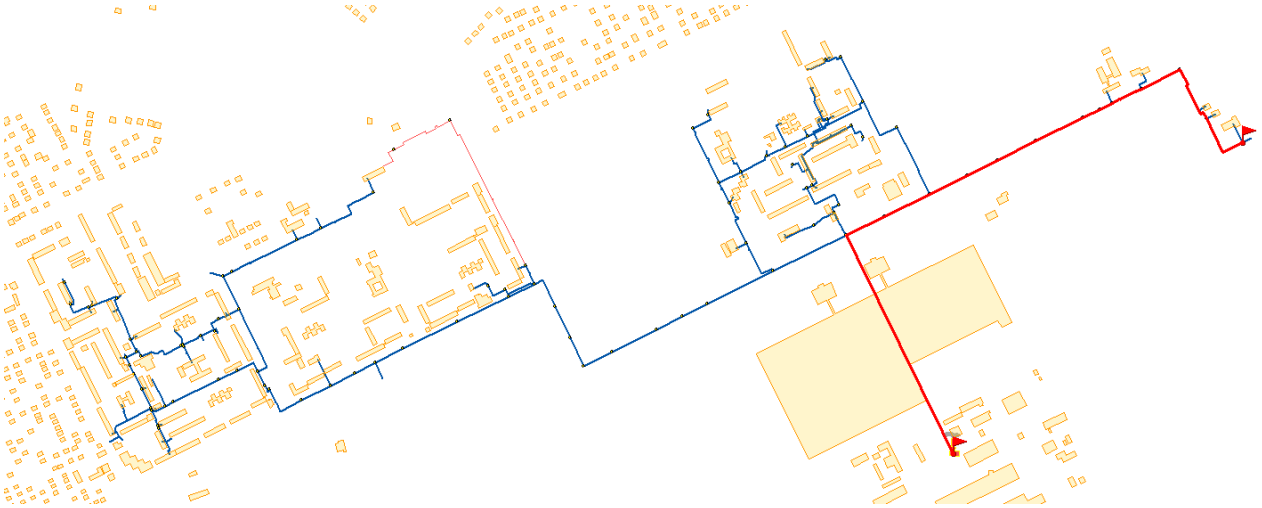

Рис. 2.70. **Расчетный участок теплосети котельная №7 – ТК-32в**

Таблица 2.36. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №7 – ТК-32в в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №7	ТК-1	1975	885,0	500	10,773	1,531	0,1505	0,8603	0,8603
2	ТК-1	ТК-24	1975	123,3	400	7,369	1,531	0,0047	0,9953	0,8563
3	ТК-24	ТК-25	1975	123,3	400	7,369	1,531	0,0047	0,9953	0,8522
4	ТК-25	ТК-26	1975	161,2	150	6,457	1,531	0,0014	0,9986	0,8510
5	ТК-26	ТК-27	1975	162,5	150	6,458	1,531	0,0014	0,9986	0,8498
6	ТК-27	ТК-28	1975	162,7	150	6,458	1,531	0,0014	0,9986	0,8487
7	ТК-28	ТК-29	1975	151,0	150	6,447	1,531	0,0013	0,9987	0,8476
8	ТК-29	ТК-30	1975	223,1	150	6,514	1,531	0,0022	0,9978	0,8457
9	ТК-30	ТК-31	1975	33,0	150	6,338	1,531	0,0002	0,9998	0,8455
10	ТК-31	ТК-32	1975	112,0	150	6,411	1,531	0,0009	0,9991	0,8448
11	ТК-32	ТК-32а	1975	113,0	100	6,253	1,531	0,0007	0,9993	0,8442
12	ТК-32а	уз.	1975	105,5	100	6,249	1,531	0,0007	0,9993	0,8436
13	уз.	ТК-32б	1975	42,0	100	6,213	1,531	0,0003	0,9997	0,8433
14	ТК-32а	ТК-32в	1975	185,0	100	6,294	1,531	0,0013	0,9987	0,8437
Итого по расчетному участку										0,8437

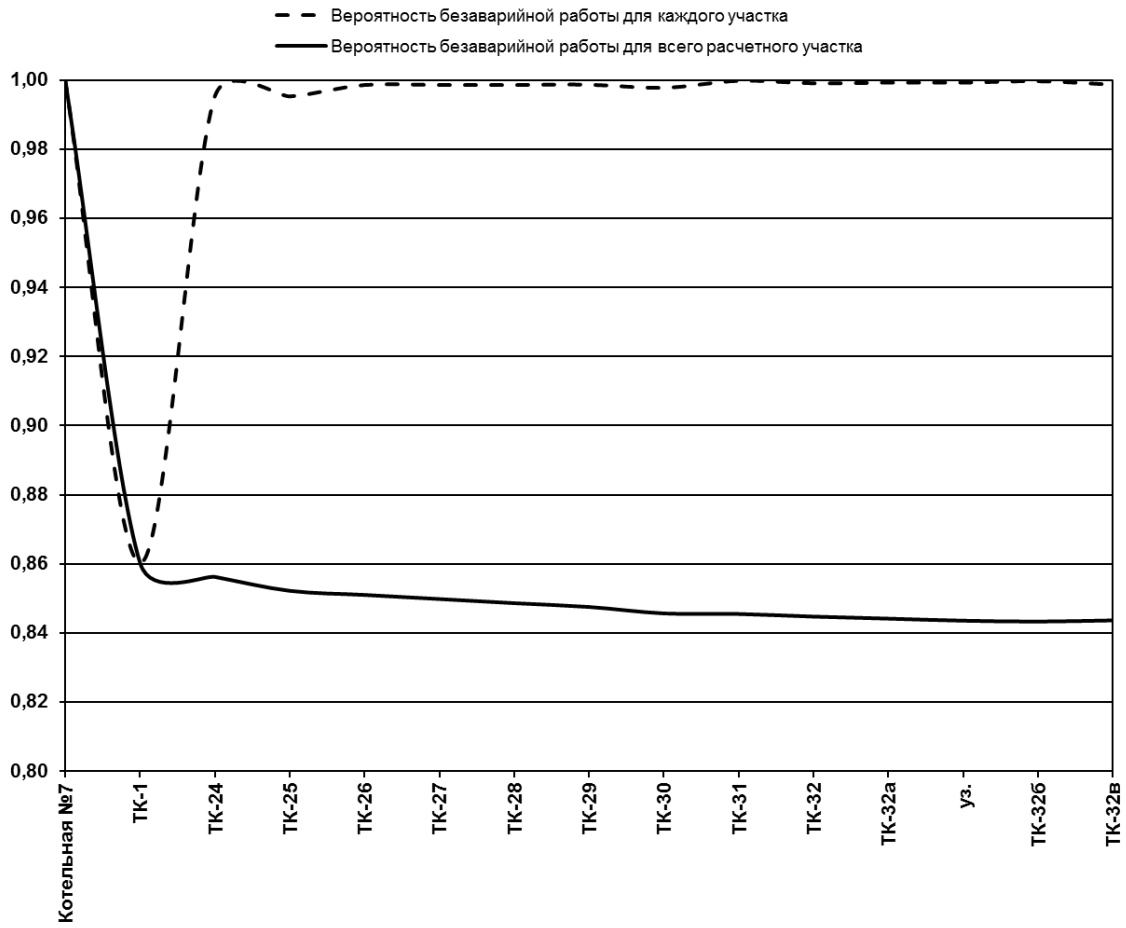

Рис. 2.71. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №7 до ТК-32в в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.71 следует, что тепломагистраль котельная №7 – ТК-32в в 2013 г. имеет показатели безаварийной работы ниже допустимых величин. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 39 лет. Протяженность данного участка теплосети – 2,58 км.

Рекомендации по перекладке участка от котельной №7 до ТК-25 изложены выше.

Рекомендуемые перекладки трубопроводов:

- в 2020 г. – от ТК-25 до ТК-31;
- 2022 г. – ТК-31 - ТК-32в.

2.9. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №8

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №1 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 76;
2) котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 82;
3) котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 84.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.9.1. Расчетный участок от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика 76

Расчетный участок от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика 76 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.72. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.37, за 2027 г. – в табл. 2.38. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути в 2027 г. представлено на рис. 2.73.

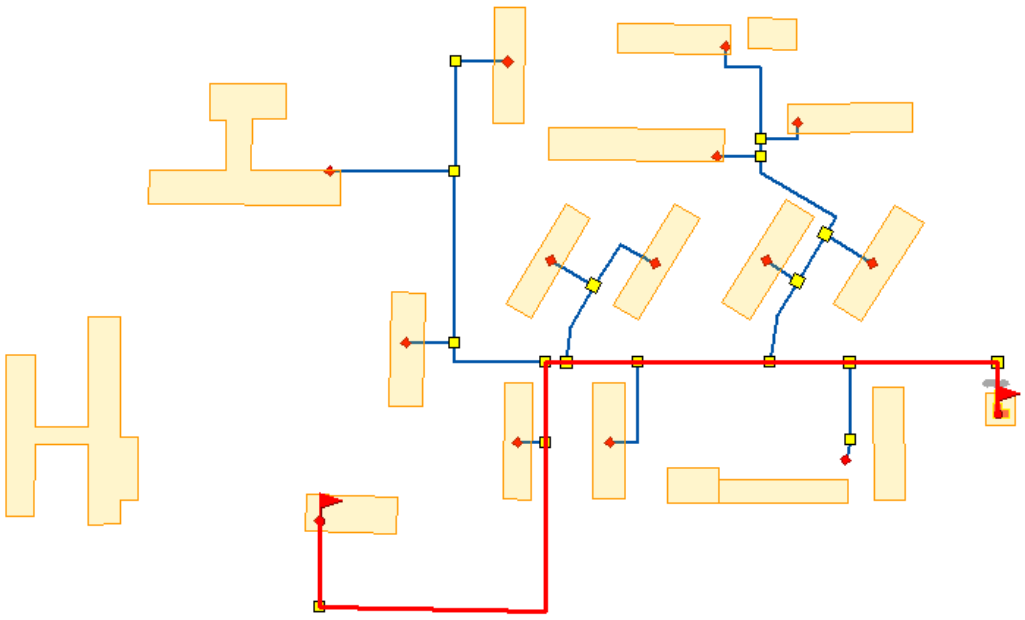

Рис. 2.72. **Расчетный участок теплосети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 76**

Таблица 2.37. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 76 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №8	ТВ-1	1988	115,0	150	6,414	0,419	0,0003	0,9997	0,9997
2	ТВ-1	ТВ-2	1988	80,0	150	6,382	0,419	0,0002	0,9998	0,9995
3	ТВ-2	ТВ-5	1988	51,0	100	6,218	0,419	0,0001	0,9999	0,9994
4	ТВ-5	ТВ-12	1988	57,5	150	6,361	0,419	0,0001	0,9999	0,9993
5	ТВ-12	ТВ-14	1988	45,0	150	6,349	0,419	0,0001	0,9999	0,9992
6	ТВ-14	ТВ-17	1988	4,0	150	6,312	0,419	0,0000	1,0000	0,9992
7	ТВ-17	ТВ-18	1988	63,0	150	6,366	0,419	0,0001	0,9999	0,9991
8	ТВ-18	ТВ-19	1988	178,5	150	6,473	0,419	0,0004	0,9996	0,9987
9	ТВ-19	Новая Биофабрика 76	1988	21,0	70	6,131	0,419	0,0000	1,0000	0,9987
Итого по расчетному участку										0,9987

Таблица 2.38. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 76 в 2027 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №8	ТВ-1	1988	115,0	150	6,414	35,525	0,0222	0,9780	0,9780
2	ТВ-1	ТВ-2	1988	80,0	150	6,382	35,525	0,0148	0,9853	0,9636
3	ТВ-2	ТВ-5	1988	51,0	100	6,218	35,525	0,0074	0,9926	0,9565
4	ТВ-5	ТВ-12	1988	57,5	150	6,361	35,525	0,0104	0,9897	0,9466
5	ТВ-12	ТВ-14	1988	45,0	150	6,349	35,525	0,0080	0,9920	0,9391
6	ТВ-14	ТВ-17	1988	4,0	150	6,312	35,525	0,0007	0,9993	0,9384
7	ТВ-17	ТВ-18	1988	63,0	150	6,366	35,525	0,0114	0,9887	0,9278
8	ТВ-18	ТВ-19	1988	178,5	150	6,473	35,525	0,0370	0,9637	0,8941
9	ТВ-19	Новая Биофабрика 76	1988	21,0	70	6,131	35,525	0,0026	0,9974	0,8918
Итого по расчетному участку										0,8918

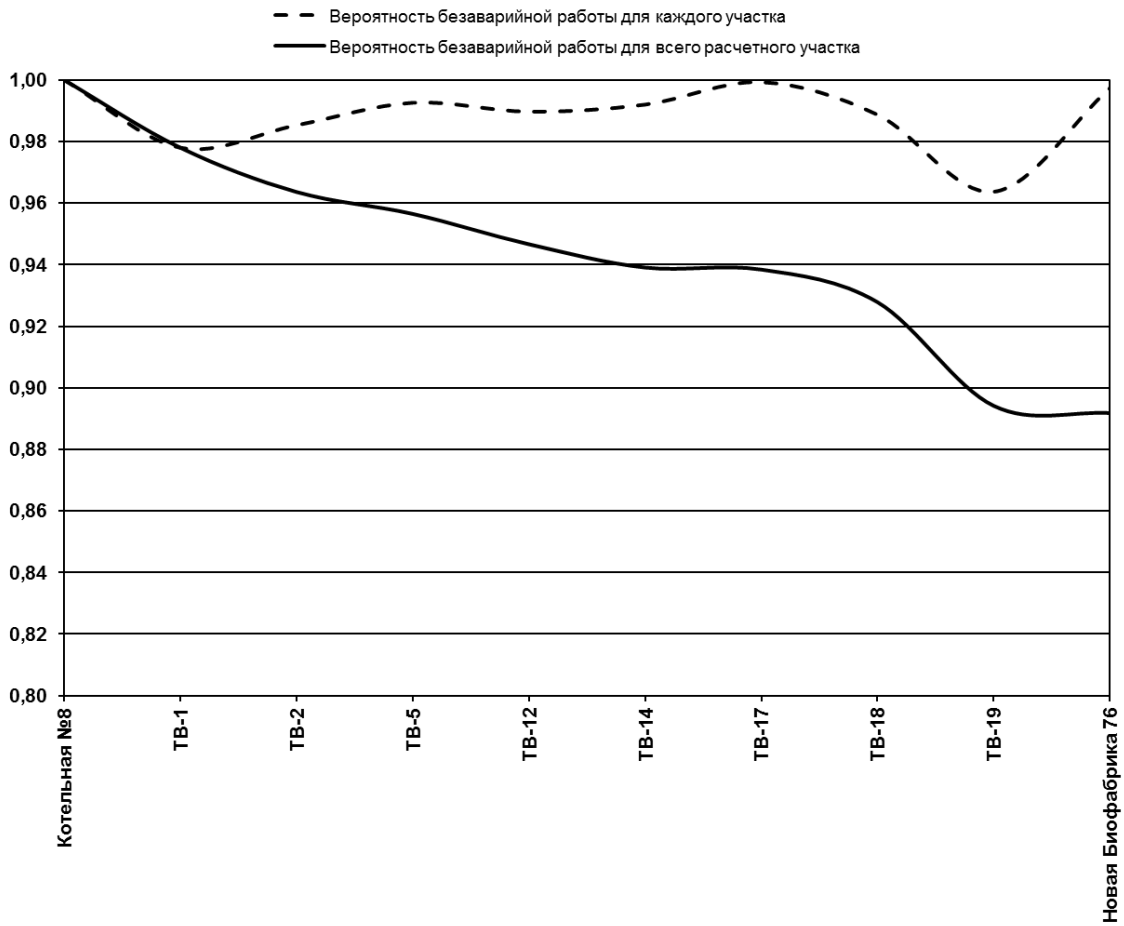

Рис. 2.73. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика 76 в 2027 г.**

Из анализа данных, приведенных на рис. 2.73 и в табл. 2.37, табл. 2.38 следует, что по состоянию на 2013 г. расчетный участок тепловой сети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика, 76 имеет высокие показатели безаварийной работы. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 34 года. Протяженность данного участка теплосети – 0,615 км. В 2027 г. показатели безаварийной работы для данного участка достигнут минимально-допустимых значений. Поэтому рекомендуется перекладка указанных участков в 2027 г.

2.9.2. Расчетный участок от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика, 82

Расчетный участок от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика, 82 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.74. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за базовый (2013) год приведены в табл. 2.39, в 2027 г. – в табл. 2.40. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.75.

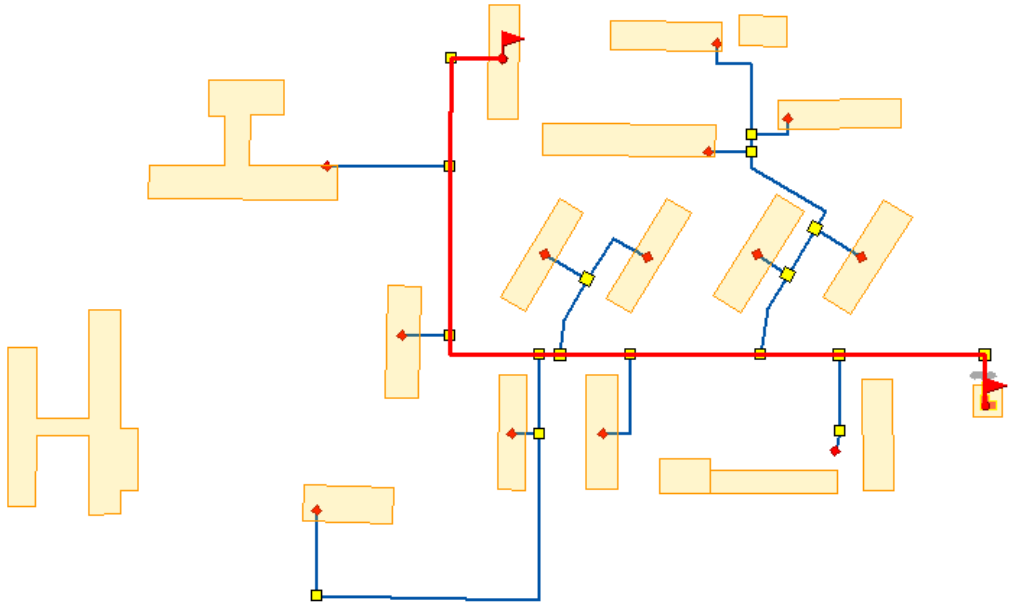

Рис. 2.74. **Расчетный участок теплосети котельная №1 – ТК-17в**

Таблица 2.39. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика, 82 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №8	ТВ-1	1980	115,0	150	6,414	0,419	0,0003	0,9997	0,9997
2	ТВ-1	ТВ-2	1980	80,0	150	6,382	0,419	0,0002	0,9998	0,9995
3	ТВ-2	ТВ-5	1980	51,0	100	6,218	0,419	0,0001	0,9999	0,9994
4	ТВ-5	ТВ-12	1980	57,5	150	6,361	0,419	0,0001	0,9999	0,9993
5	ТВ-12	ТВ-14	1980	45,0	150	6,349	0,419	0,0001	0,9999	0,9992
6	ТВ-14	ТВ-17	1980	4,0	150	6,312	0,419	0,0000	1,0000	0,9992
7	ТВ-17	ТВ-20	1980	55,0	150	6,359	0,419	0,0001	0,9999	0,9991
8	ТВ-20	ТВ-21	1980	84,0	150	6,386	0,419	0,0002	0,9998	0,9989
9	ТВ-21	ТВ-22	1980	37,0	150	6,342	0,419	0,0001	0,9999	0,9988
10	ТВ-22	Новая Биофабрика 82	1980	29,0	80	6,157	0,419	0,0000	1,0000	0,9988
Итого по участку										0,9988

Таблица 2.40. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика, 82 в 2027 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №8	ТВ-1	1980	115,0	150	6,414	0,419	0,0003	0,9997	0,9997
2	ТВ-1	ТВ-2	1980	80,0	150	6,382	0,419	0,0002	0,9998	0,9995
3	ТВ-2	ТВ-5	1980	51,0	100	6,218	0,419	0,0001	0,9999	0,9994
4	ТВ-5	ТВ-12	1980	57,5	150	6,361	0,419	0,0001	0,9999	0,9993
5	ТВ-12	ТВ-14	1980	45,0	150	6,349	0,419	0,0001	0,9999	0,9992
6	ТВ-14	ТВ-17	1980	4,0	150	6,312	0,419	0,0000	1,0000	0,9992
7	ТВ-17	ТВ-20	1980	55,0	150	6,359	0,419	0,0001	0,9999	0,9991
8	ТВ-20	ТВ-21	1980	84,0	150	6,386	0,419	0,0002	0,9998	0,9989
9	ТВ-21	ТВ-22	1980	37,0	150	6,342	0,419	0,0001	0,9999	0,9988
10	ТВ-22	Новая Биофабрика 82	1980	29,0	80	6,157	0,419	0,0000	1,0000	0,9988
Итого по участку										0,9988

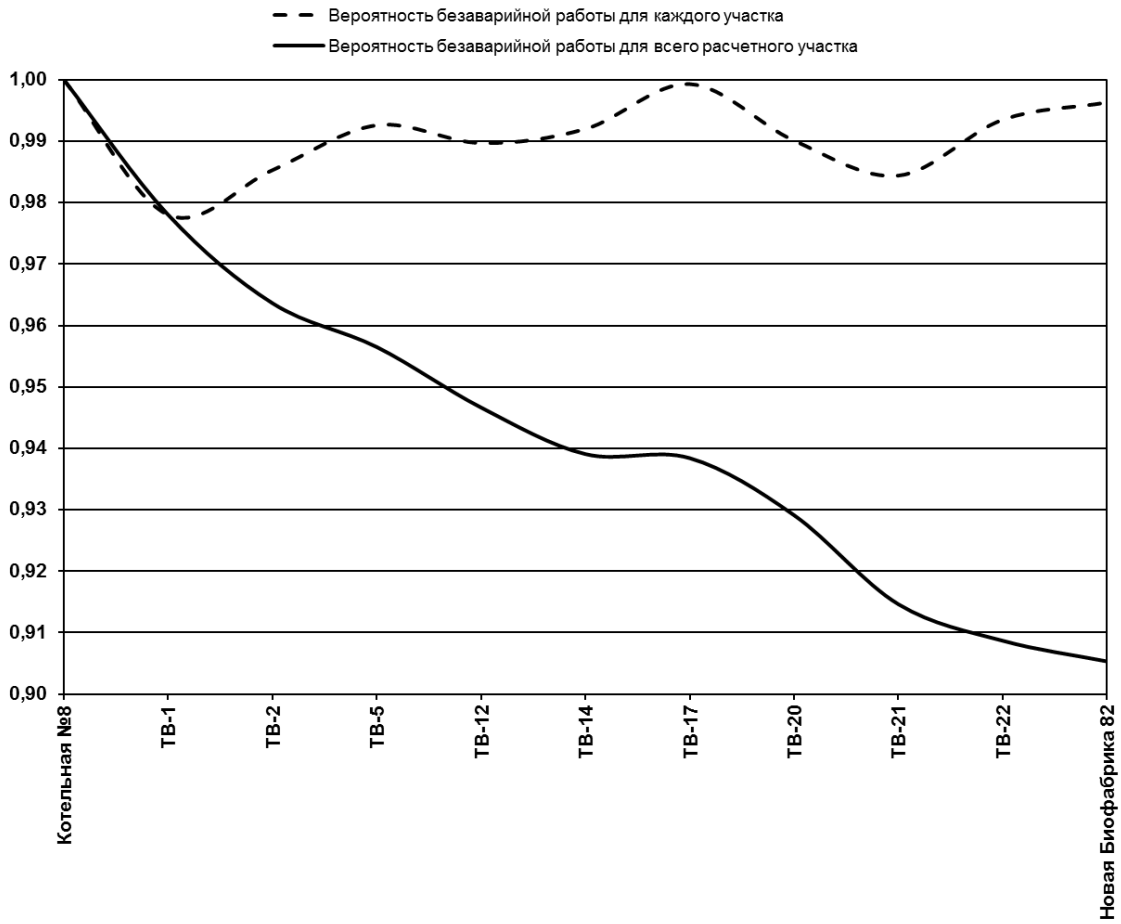

Рис. 2.75. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика, 82 в 2027 г.**

Из анализа данных, приведенных на рис. 2.75 и в табл. 2.39, табл. 2.40 следует, что по состоянию на 2013 г. расчетный участок тепловой сети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика, 82 имеет высокие показатели безаварийной работы. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 34 года. Протяженность данного участка теплосети – 0,558 км. В 2027 г. показатели безаварийной работы для данного участка достигнут минимально-допустимых значений. Поэтому рекомендуется перекладка указанных участков в 2027 г.

2.9.3. Расчетный участок от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика 84

Расчетный участок от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика 84 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.76. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.41, за 2028 г. – в табл. 2.42. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.77.

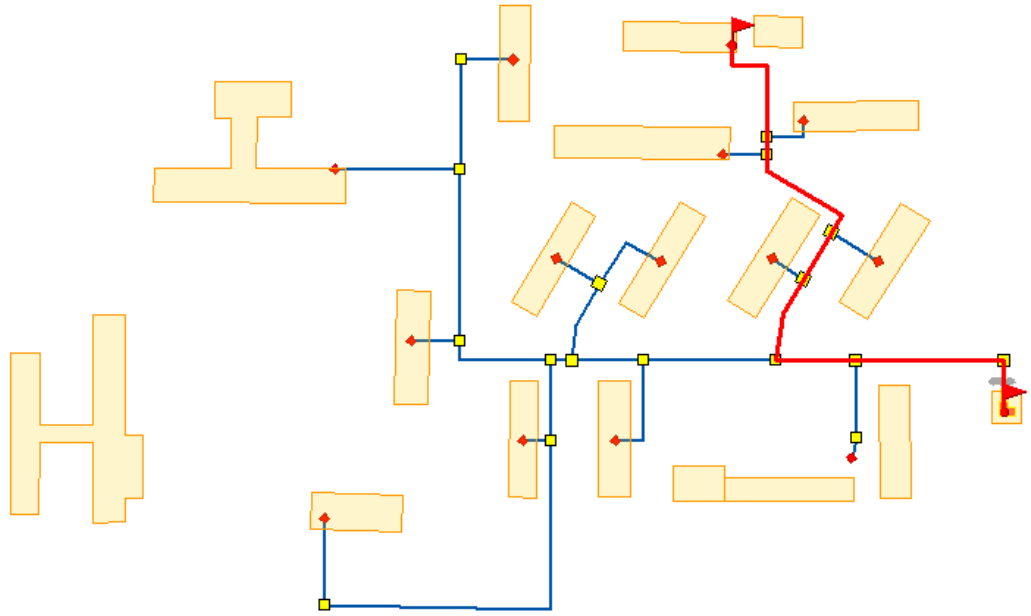

Рис. 2.76. **Расчетный участок теплосети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 84**

Таблица 2.41. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 84 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №8	ТВ-1	1980	115,0	150	6,414	0,419	0,0003	0,9997	0,9997
2	ТВ-1	ТВ-2	1980	80,0	150	6,382	0,419	0,0002	0,9998	0,9995
3	ТВ-2	ТВ-5	1980	51,0	100	6,218	0,419	0,0001	0,9999	0,9994
4	ТВ-5	ТВ-6	1980	56,0	150	6,360	0,419	0,0001	0,9999	0,9993
5	ТВ-6	ТВ-7	1980	24,0	150	6,330	0,419	0,0000	1,0000	0,9993
6	ТВ-7	ТВ-9	1980	40,0	100	6,212	0,419	0,0001	0,9999	0,9992
7	ТВ-9	ТВ-11	1980	6,0	100	6,193	0,419	0,0000	1,0000	0,9992
8	ТВ-11	уз. Новая Биофабрика 84	1980	59,0	100	6,223	0,419	0,0001	0,9999	0,9991
Итого по участку										0,9991

Таблица 2.42. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика 84 в 2028 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №8	ТВ-1	1980	115,0	150	6,414	59,217	0,0370	0,9637	0,9637
2	ТВ-1	ТВ-2	1980	80,0	150	6,382	59,217	0,0247	0,9756	0,9402
3	ТВ-2	ТВ-5	1980	51,0	100	6,218	59,217	0,0123	0,9878	0,9287
4	ТВ-5	ТВ-6	1980	56,0	150	6,360	59,217	0,0168	0,9833	0,9132
5	ТВ-6	ТВ-7	1980	24,0	150	6,330	59,217	0,0069	0,9931	0,9069
6	ТВ-7	ТВ-9	1980	40,0	100	6,212	59,217	0,0095	0,9905	0,8983
7	ТВ-9	ТВ-11	1980	6,0	100	6,193	59,217	0,0014	0,9986	0,8970
8	ТВ-11	уз. Новая Биофабрика 84	1980	59,0	100	6,223	59,217	0,0143	0,9858	0,8843
Итого по участку										0,8843

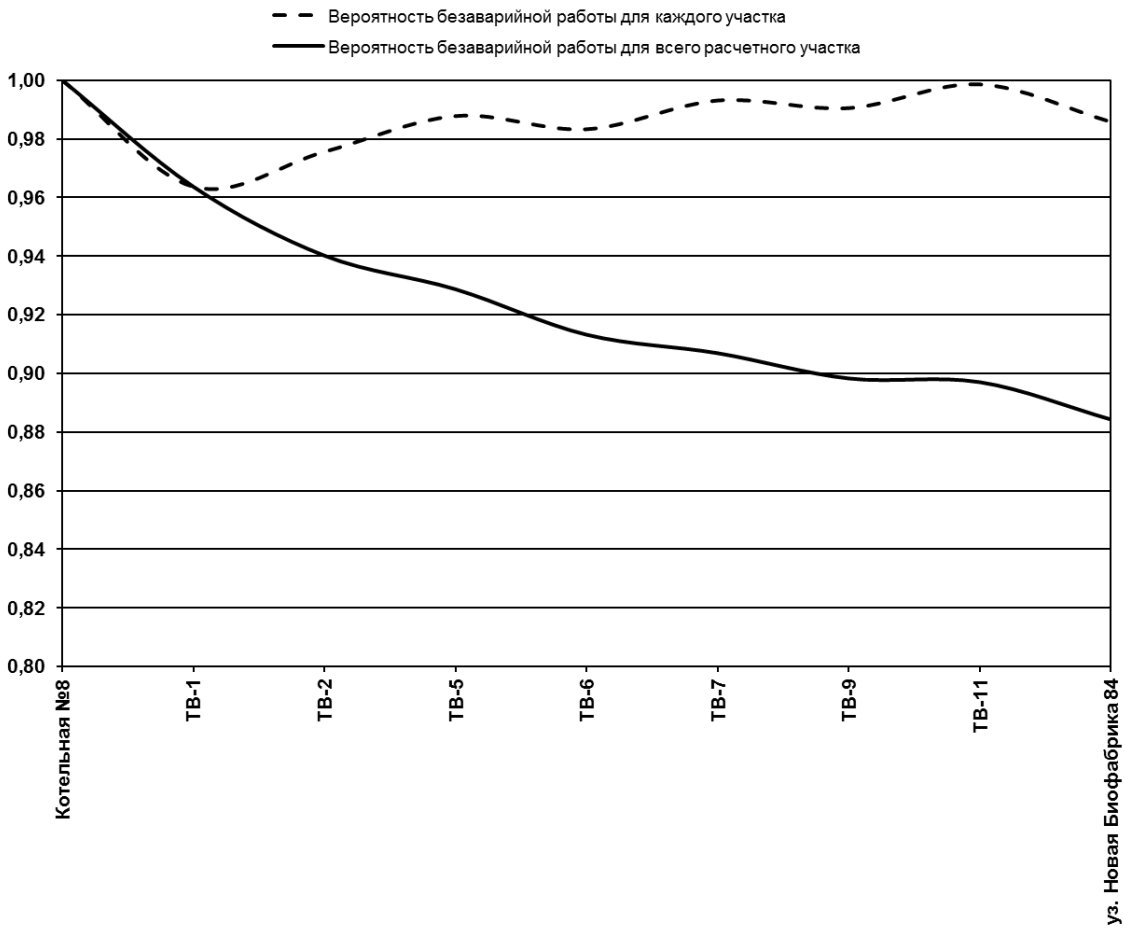

Рис. 2.77. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №8 до уз. Новая Биофабрика 84 в 2028 г.**

Из анализа данных, приведенных на рис. 2.77 и в табл. 2.41, табл. 2.42 следует, что по состоянию на 2013 г. расчетный участок тепловой сети котельная №8 – уз. Новая Биофабрика, 84 имеет высокие показатели безаварийной работы. Срок службы по состоянию на 2013 г. составляет 34 года. Протяженность данного участка теплосети – 0,43 км. В 2028 г. показатели безаварийной работы для данного участка достигнут минимально-допустимых значений. Поэтому рекомендуется перекладка указанных участков в 2028 г.

2.10. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №9

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №9 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №9 – уз. Крайняя, 44а;
2) котельная №9 - ТК-55а;
3) котельная №9 – ТК-95.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.10.1. Расчетный участок от котельной №9 до уз. Крайняя, 44а

Расчетный участок от котельной №9 до уз. Крайняя, 44а тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.78. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.43. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.79.

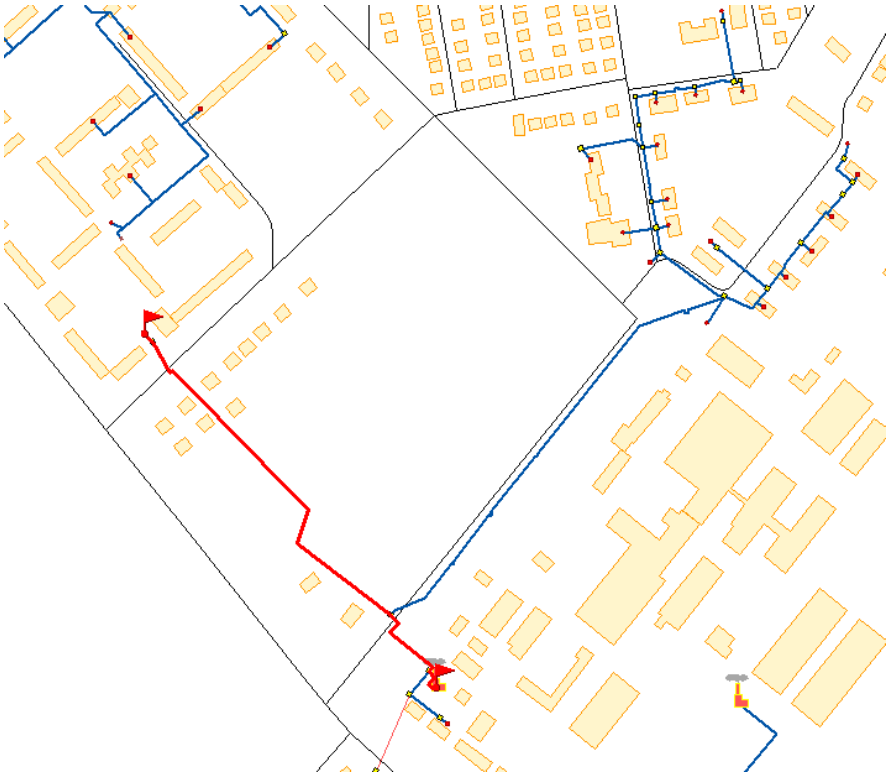

Рис. 2.78. **Расчетный участок теплосети котельная №9 – уз. Крайняя, 44а**

Таблица 2.43. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №9 – уз. Крайняя, 44а в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №9	ТК-71	1980	38	150	6,343	0,419	0,0001	0,9999	0,9999
2	ТК-71	ТК-39	1980	131	300	6,985	0,419	0,0009	0,9991	0,9990
3	ТК-39	уз.	1980	446	150	6,720	0,419	0,0021	0,9979	0,9969
4	уз.	ул. Крайняя 44а	1980	1	150	6,309	0,419	0,0000	1,0000	0,9969
Итого по расчетному участку										0,9969

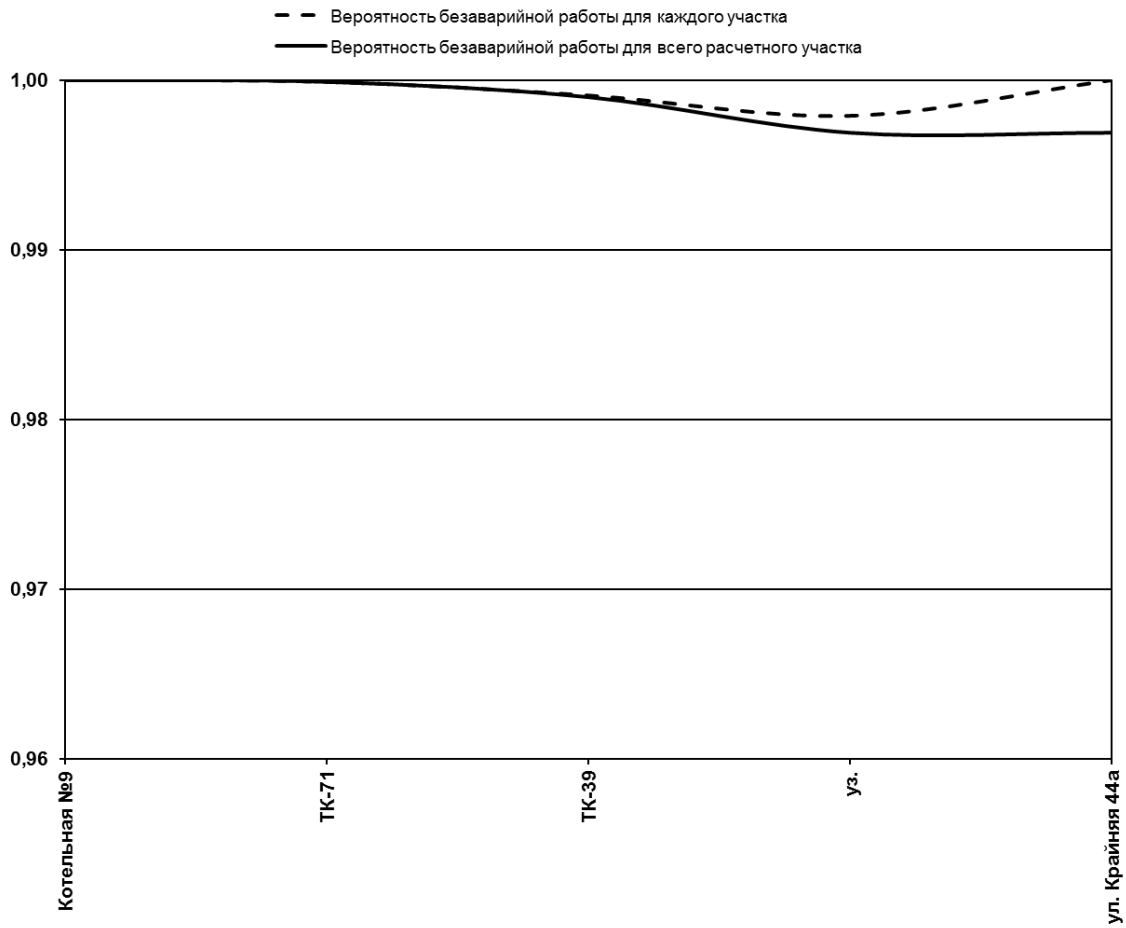

Рис. 2.79. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №9 до уз. Крайняя, 44а в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.79 следует, что тепломагистраль котельная №9 – уз. Крайняя, 44а по состоянию на 2013 г. обладает достаточно высокими показателями безаварийной работы. Срок службы трубопроводов в 2013 г. составляет 34 года. Минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты в 2025 г. Протяженность данного участка теплосети – 0,62 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2025 г.

2.10.2. Расчетный участок от котельной №9 до ТК-55а

Расчетный участок от котельной №9 до ТК-55а тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.80. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 г. приведены в табл. 2.44. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.81.

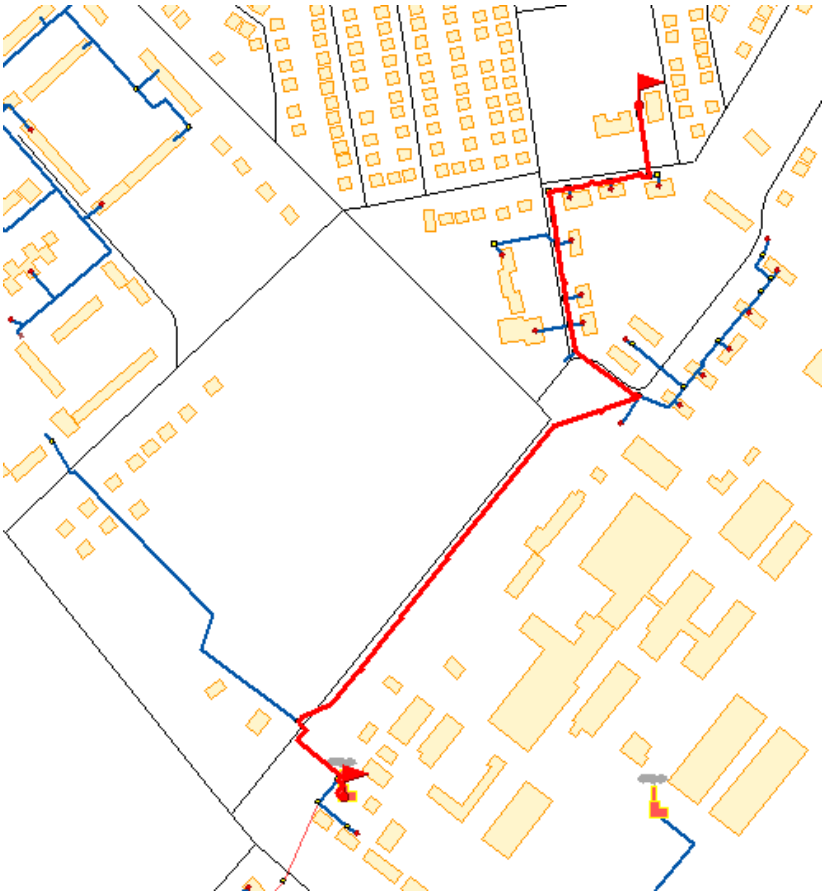

Рис. 2.80. **Расчетный участок теплосети котельная №9 – ТК-55а**

Таблица 2.44. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №9 – ТК-55а в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №9	ТК-71	1980	38	150	6,343	0,419	0,0001	0,9999	0,9999
2	ТК-71	ТК-39	1980	131	300	6,985	0,419	0,0009	0,9991	0,9990
3	ТК-39	ТК-40	1980	587	200	7,201	0,419	0,0053	0,9947	0,9937
4	ТК-40	ТК-44	1980	80	150	6,382	0,419	0,0002	0,9998	0,9935
5	ТК-44	ТК-47	1980	32	150	6,337	0,419	0,0001	0,9999	0,9934
6	ТК-47	ТК-48	1980	47	125	6,282	0,419	0,0001	0,9999	0,9933
7	ТК-48	ТК-49	1980	67	125	6,297	0,419	0,0001	0,9999	0,9932
8	ТК-49	ТК-50	1980	20	125	6,262	0,419	0,0000	1,0000	0,9932
9	ТК-50	ТК-51	1980	25	125	6,266	0,419	0,0000	1,0000	0,9932
10	ТК-51	ТК-53	1980	15	125	6,259	0,419	0,0000	1,0000	0,9932
11	ТК-53	ТК-54	1980	40	125	6,277	0,419	0,0001	0,9999	0,9931
12	ТК-54	ТК-55	1980	35	125	6,273	0,419	0,0001	0,9999	0,9930
13	ТК-55	ТК-55а	1980	55	125	6,288	0,419	0,0001	0,9999	0,9929
Итого по расчетному участку										0,9929

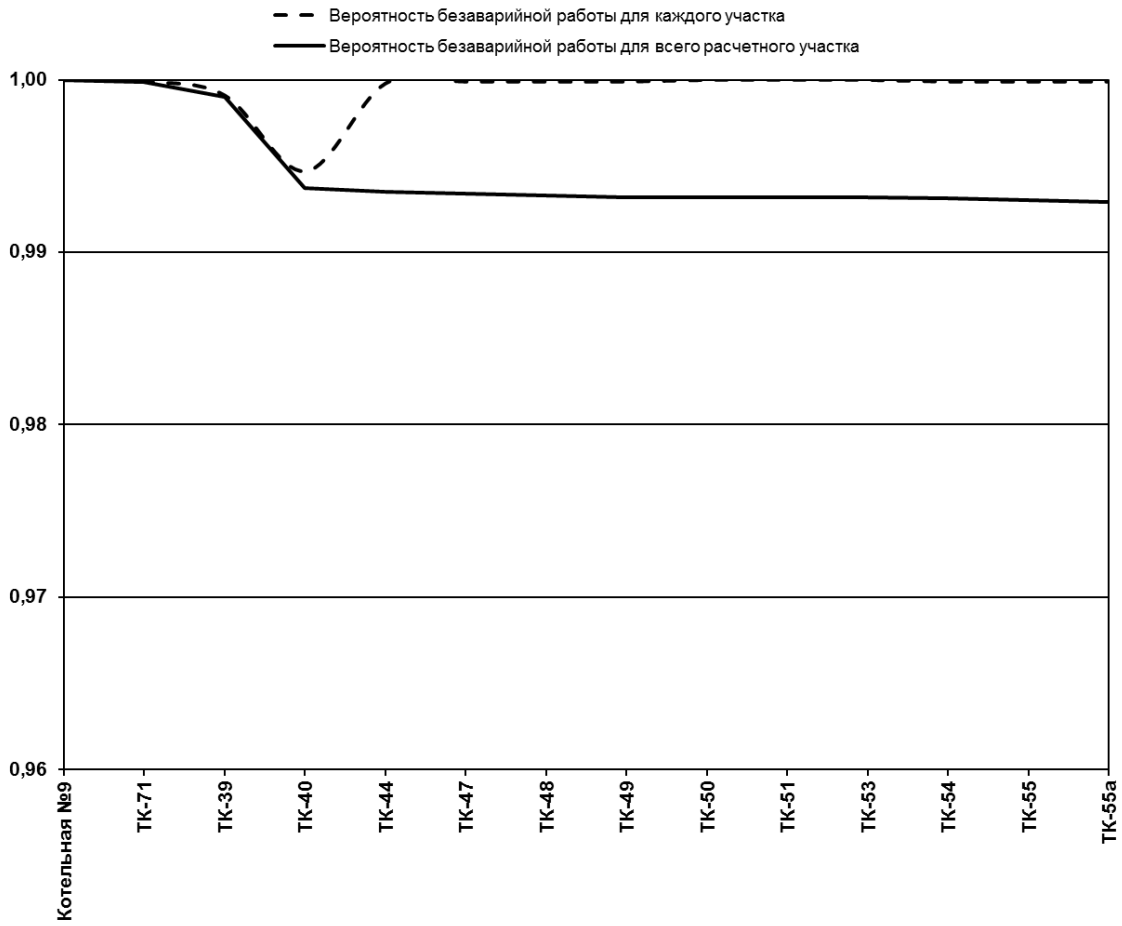

Рис. 2.81. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №9 до ТК-55а в 2013 г.**

Из анализа рис. 2.81 следует, что тепломагистраль котельная №9 – ТК-55а по состоянию на 2013 г. обладает достаточно высокими показателями безаварийной работы. Срок службы трубопроводов в 2013 г. составляет 34 года. Минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты в 2023 г. Протяженность данного участка теплосети – 1,17 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2023 г.

2.11. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №10

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №10 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №10 – УТ-19;
2) котельная №10 – УТ-56;
3) котельная №10 – УТ-26.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.11.1. Расчетный участок от котельной №10 до УТ-19

Расчетный участок от котельной №10 до УТ-19 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.82. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.45, за 2021 г. – в табл. 2.46. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути в 2013 г. представлено на рис. 2.83, в 2021 г. - рис. 2.84

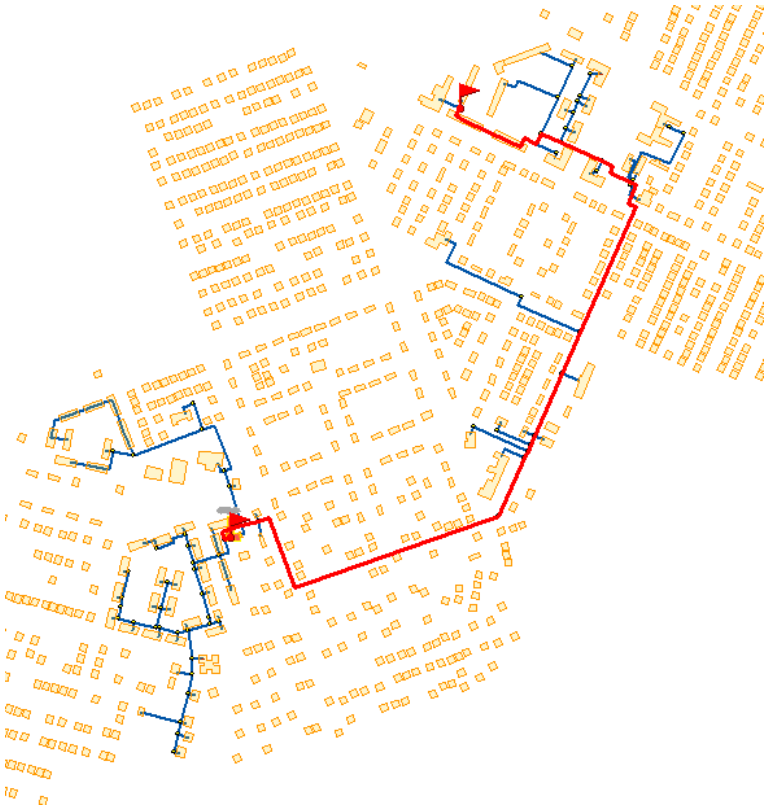

Рис. 2.82. **Расчетный участок теплосети котельная №10 – УТ-19**

Таблица 2.45. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №10 – УТ-19 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №10	УТ-31	1980	15	300	6,739	0,419	0,0001	0,9999	0,9999
2	УТ-31	УТ-1	1980	30	200	6,474	0,419	0,0001	0,9999	0,9998
3	УТ-1	УТ-2	1980	38	200	6,484	0,419	0,0001	0,9999	0,9997
4	УТ-2	УТ-3	1980	785	200	7,459	0,419	0,0087	0,9913	0,9910
5	УТ-3	УТ-4	1980	152	200	6,633	0,419	0,0006	0,9994	0,9904
6	УТ-4	УТ-5	1980	30	200	6,474	0,419	0,0001	0,9999	0,9903
7	УТ-5	УТ-6	1980	14	200	6,453	0,419	0,0000	1,0000	0,9903
8	УТ-6	УТ-7	1980	27	200	6,470	0,419	0,0001	0,9999	0,9902
9	УТ-7	УТ-9	1980	145	200	6,624	0,419	0,0005	0,9995	0,9897
10	УТ-9	УТ-10	1980	140	200	6,618	0,419	0,0005	0,9995	0,9892
11	УТ-10	УТ-12	1980	509	200	7,099	0,419	0,0041	0,9959	0,9852
12	УТ-12	УТ-15	1980	107	200	6,574	0,419	0,0003	0,9997	0,9849
13	УТ-15	УТ-16	1980	90	200	6,552	0,419	0,0003	0,9997	0,9846
14	УТ-16	УТ-17	1980	45	200	6,494	0,419	0,0001	0,9999	0,9845
15	УТ-17	УТ-18	1980	20	150	6,326	0,419	0,0000	1,0000	0,9845
16	УТ-18	уз.	1980	70	150	6,373	0,419	0,0002	0,9998	0,9843
17	уз.	уз.	1980	95	150	6,396	0,419	0,0002	0,9998	0,9841
18	уз.	УТ-19	1980	25	150	6,331	0,419	0,0001	0,9999	0,9840
Итого по участку										0,9840

Таблица 2.46. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №10 – УТ-19 в 2021 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №10	УТ-31	1980	15	300	6,739	2,926	0,0005	0,9995	0,9995
2	УТ-31	УТ-1	1980	30	200	6,474	2,926	0,0005	0,9995	0,9990
3	УТ-1	УТ-2	1980	38	200	6,484	2,926	0,0007	0,9993	0,9983
4	УТ-2	УТ-3	1980	785	200	7,459	2,926	0,0606	0,9412	0,9396
5	УТ-3	УТ-4	1980	152	200	6,633	2,926	0,0041	0,9959	0,9357
6	УТ-4	УТ-5	1980	30	200	6,474	2,926	0,0005	0,9995	0,9353
7	УТ-5	УТ-6	1980	14	200	6,453	2,926	0,0002	0,9998	0,9351
8	УТ-6	УТ-7	1980	27	200	6,470	2,926	0,0005	0,9995	0,9346
9	УТ-7	УТ-9	1980	145	200	6,624	2,926	0,0038	0,9962	0,9311
10	УТ-9	УТ-10	1980	140	200	6,618	2,926	0,0036	0,9964	0,9277
11	УТ-10	УТ-12	1980	509	200	7,099	2,926	0,0288	0,9716	0,9014
12	УТ-12	УТ-15	1980	107	200	6,574	2,926	0,0024	0,9976	0,8992
13	УТ-15	УТ-16	1980	90	200	6,552	2,926	0,0019	0,9981	0,8975
14	УТ-16	УТ-17	1980	45	200	6,494	2,926	0,0008	0,9992	0,8968
15	УТ-17	УТ-18	1980	20	150	6,326	2,926	0,0003	0,9997	0,8965
16	УТ-18	уз.	1980	70	150	6,373	2,926	0,0011	0,9989	0,8955
17	уз.	уз.	1980	95	150	6,396	2,926	0,0015	0,9985	0,8942
18	уз.	УТ-19	1980	25	150	6,331	2,926	0,0004	0,9996	0,8938
Итого по участку										0,8938

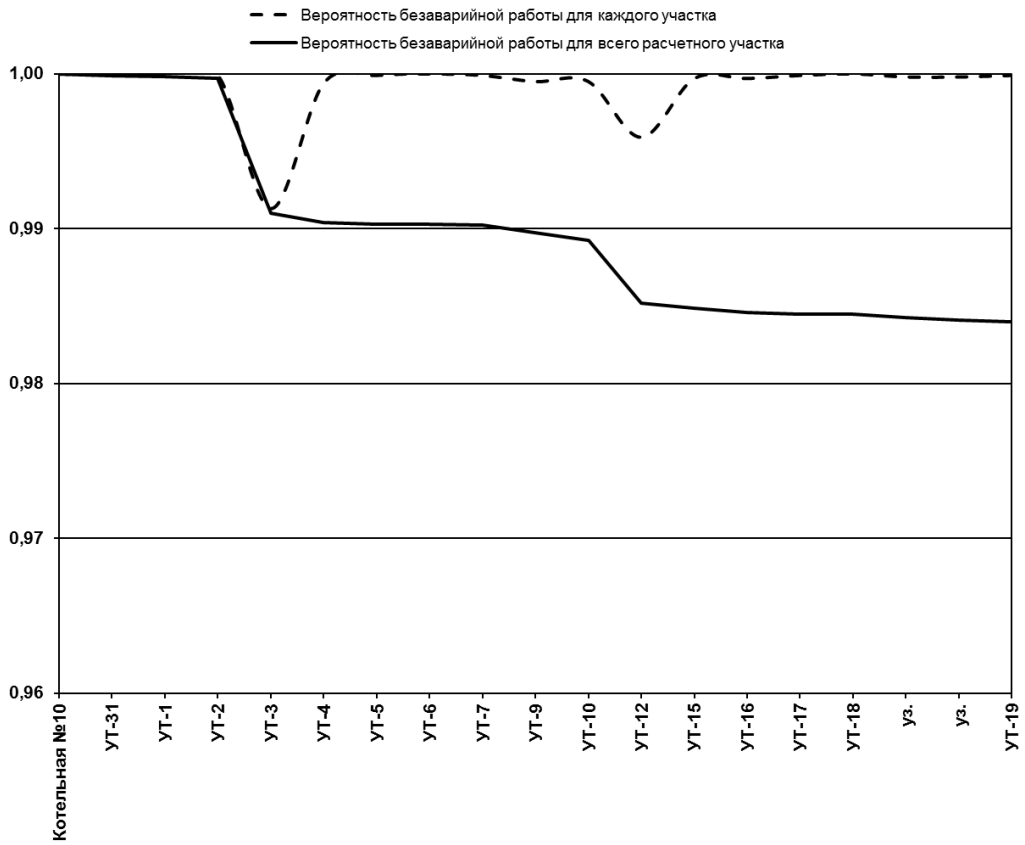

Рис. 2.83. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №10 до УТ-19 в 2013 г.**

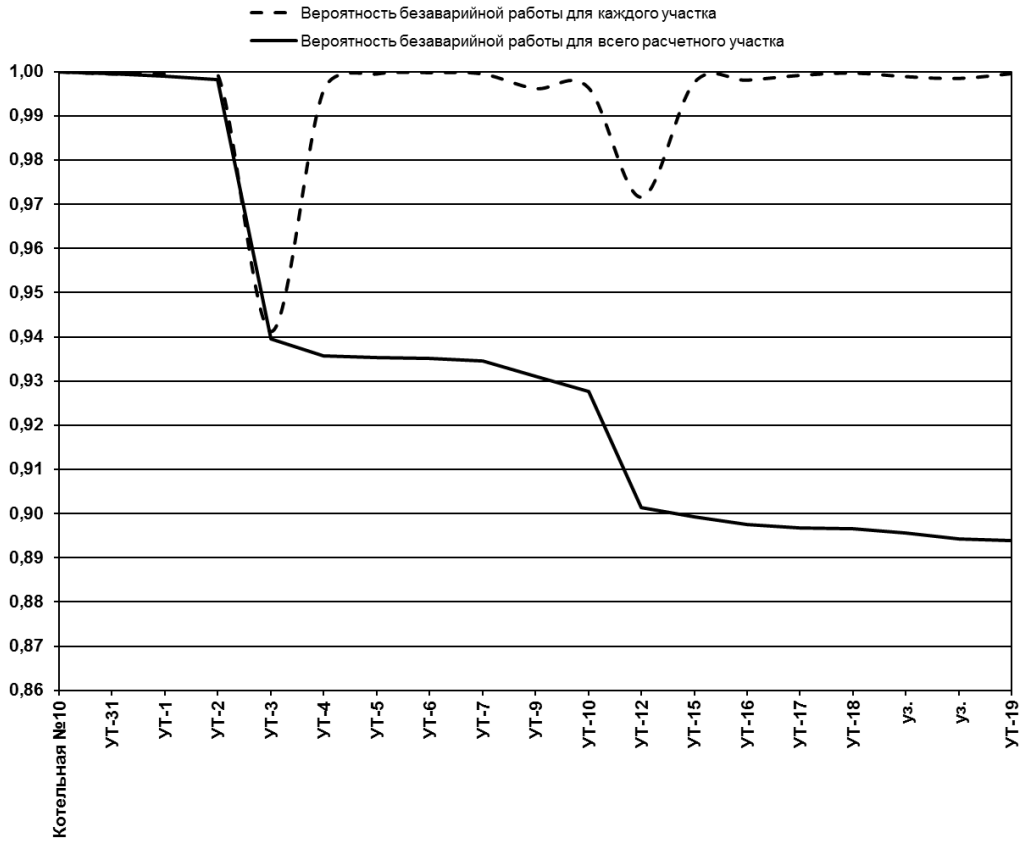

Рис. 2.84. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №10 до УТ-19 в 2021 г.**

Из анализа рис. 2.83 следует, что тепломагистраль котельная №10 – УТ-19 по состоянию на 2013 г. обладает достаточно высокими показателями безаварийной работы. Срок службы трубопроводов в 2013 г. составляет 34 года. Исходя из данных табл. 2.46, минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты в 2021 г. (рис. 2.84). Протяженность данного участка теплосети – 2,34 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2021 г.

2.11.2. Расчетный участок от котельной №10 до УТ-56

Расчетный участок от котельной №10 до УТ-56 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.85. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.47. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути в 2027 г. представлено на рис. 2.86.

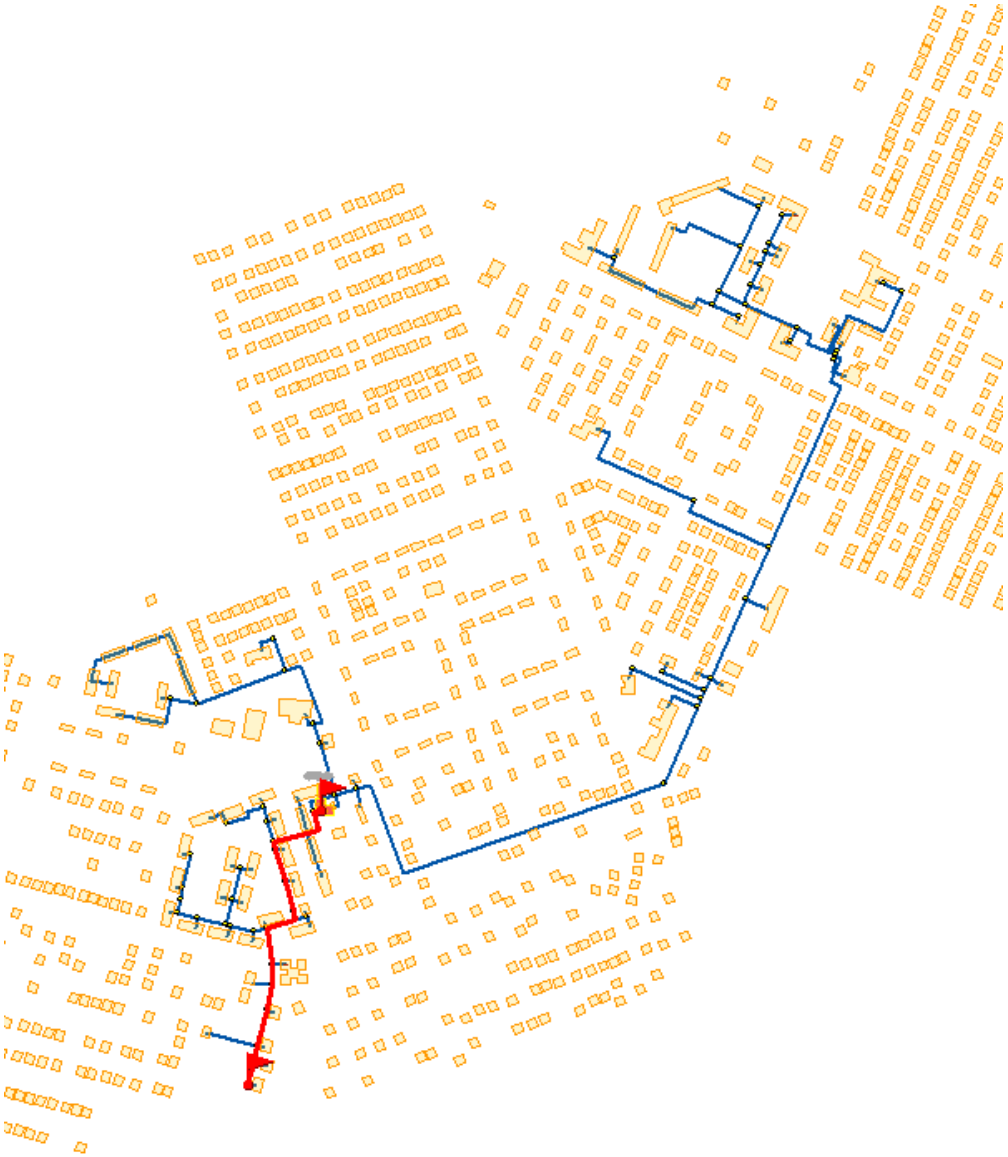

Рис. 2.85. **Расчетный участок теплосети котельная №10 – УТ-56**

Таблица 2.47. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №10 – УТ-56 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №10	УТ-31	1980	15	300	6,739	0,419	0,0001	0,9999	0,9999
2	УТ-31	УТ-32	1980	77	150	6,379	0,419	0,0002	0,9998	0,9997
3	УТ-32	УТ-33	1980	59	150	6,362	0,419	0,0001	0,9999	0,9996
4	УТ-33	УТ-37	1980	15	150	6,322	0,419	0,0000	1,0000	0,9996
5	УТ-37	УТ-38	1980	45	150	6,349	0,419	0,0001	0,9999	0,9995
6	УТ-38	УТ-38'	1980	50	150	6,354	0,419	0,0001	0,9999	0,9994
7	УТ-38'	УТ-39	1980	17,5	150	6,324	0,419	0,0000	1,0000	0,9994
8	УТ-39	УТ-41	1980	45	150	6,349	0,419	0,0001	0,9999	0,9993
9	УТ-41	УТ-51	1980	83,5	100	6,237	0,419	0,0001	0,9999	0,9992
10	УТ-51	УТ-52	1980	40	100	6,212	0,419	0,0001	0,9999	0,9991
11	УТ-52	УТ-53	1980	45	100	6,215	0,419	0,0001	0,9999	0,9990
12	УТ-53	УТ-54	1980	52	80	6,167	0,419	0,0001	0,9999	0,9989
13	УТ-54	УТ-55	1980	30	70	6,134	0,419	0,0000	1,0000	0,9989
14	УТ-55	УТ-56	1980	30	50	6,090	0,419	0,0000	1,0000	0,9989
Итого по участку										0,9989

Таблица 2.48. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №10 – УТ-56 в 2027 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №10	УТ-31	1980	15	300	6,739	35,525	0,0062	0,9938	0,9938
2	УТ-31	УТ-32	1980	77	150	6,379	35,525	0,0142	0,9859	0,9798
3	УТ-32	УТ-33	1980	59	150	6,362	35,525	0,0107	0,9894	0,9694
4	УТ-33	УТ-37	1980	15	150	6,322	35,525	0,0026	0,9974	0,9669
5	УТ-37	УТ-38	1980	45	150	6,349	35,525	0,0080	0,9920	0,9591
6	УТ-38	УТ-38'	1980	50	150	6,354	35,525	0,0089	0,9911	0,9506
7	УТ-38'	УТ-39	1980	17,5	150	6,324	35,525	0,0030	0,9970	0,9478
8	УТ-39	УТ-41	1980	45	150	6,349	35,525	0,0080	0,9920	0,9402
9	УТ-41	УТ-51	1980	83,5	100	6,237	35,525	0,0125	0,9876	0,9285
10	УТ-51	УТ-52	1980	40	100	6,212	35,525	0,0057	0,9943	0,9232
11	УТ-52	УТ-53	1980	45	100	6,215	35,525	0,0065	0,9935	0,9172
12	УТ-53	УТ-54	1980	52	80	6,167	35,525	0,0068	0,9932	0,9110
13	УТ-54	УТ-55	1980	30	70	6,134	35,525	0,0037	0,9963	0,9076
14	УТ-55	УТ-56	1980	30	50	6,090	35,525	0,0033	0,9967	0,9046
Итого по участку										0,9046

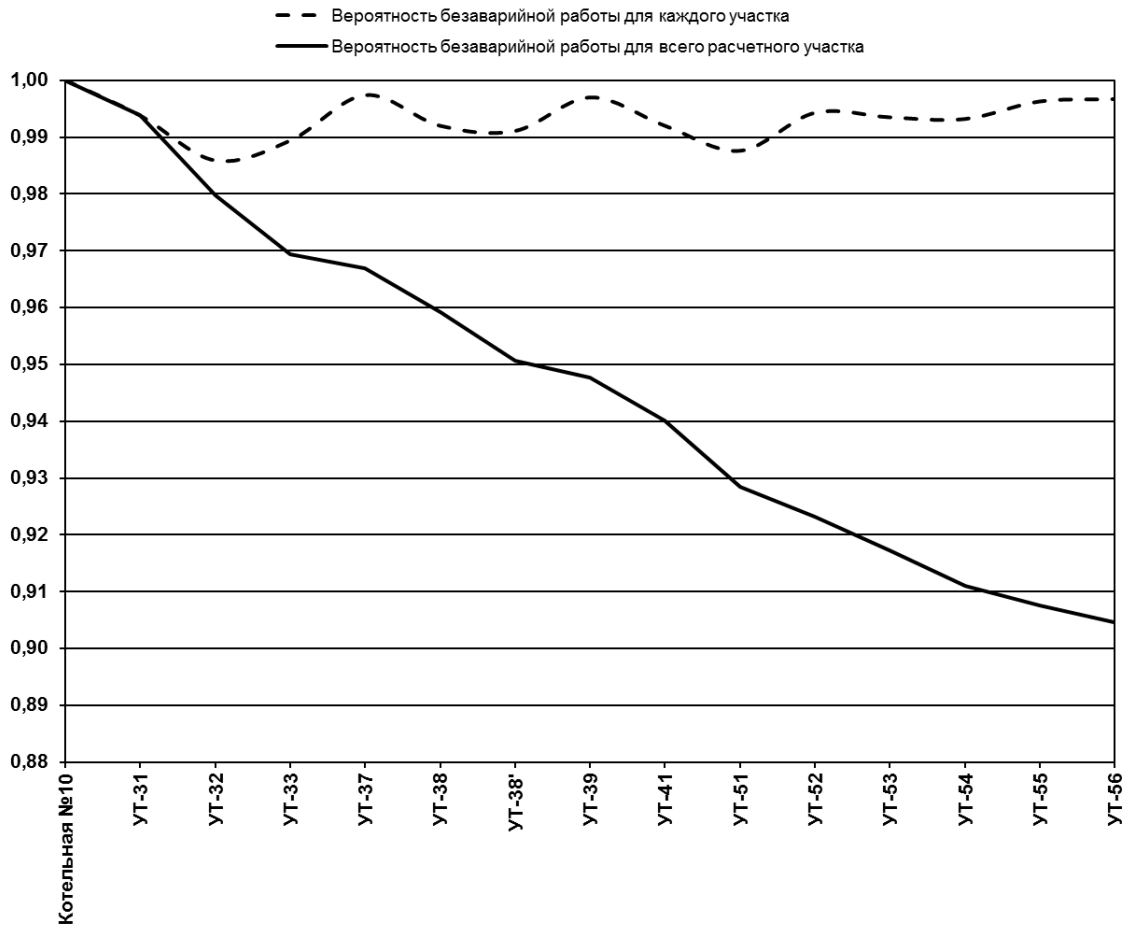

Рис. 2.86. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №10 до УТ-56 в 2027 г.**

Из анализа данных табл. 2.47 следует, что тепломагистраль котельная №10 – УТ-56 по состоянию на 2013 г. обладает достаточно высокими показателями безаварийной работы. Срок службы трубопроводов в 2013 г. составляет 34 года. Исходя из данных табл. 2.48, минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты в 2027 г. (рис. 2.86). Протяженность данного участка теплосети – 0,6 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2027 г.

2.11.3. Расчетный участок от котельной №10 до ул. Вавилова 62А

Расчетный участок от котельной №10 до ул. Вавилова 62А тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.87. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.49, за 2027 г. – в табл. 2.50. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути в 2027 г. представлено на рис. 2.88.

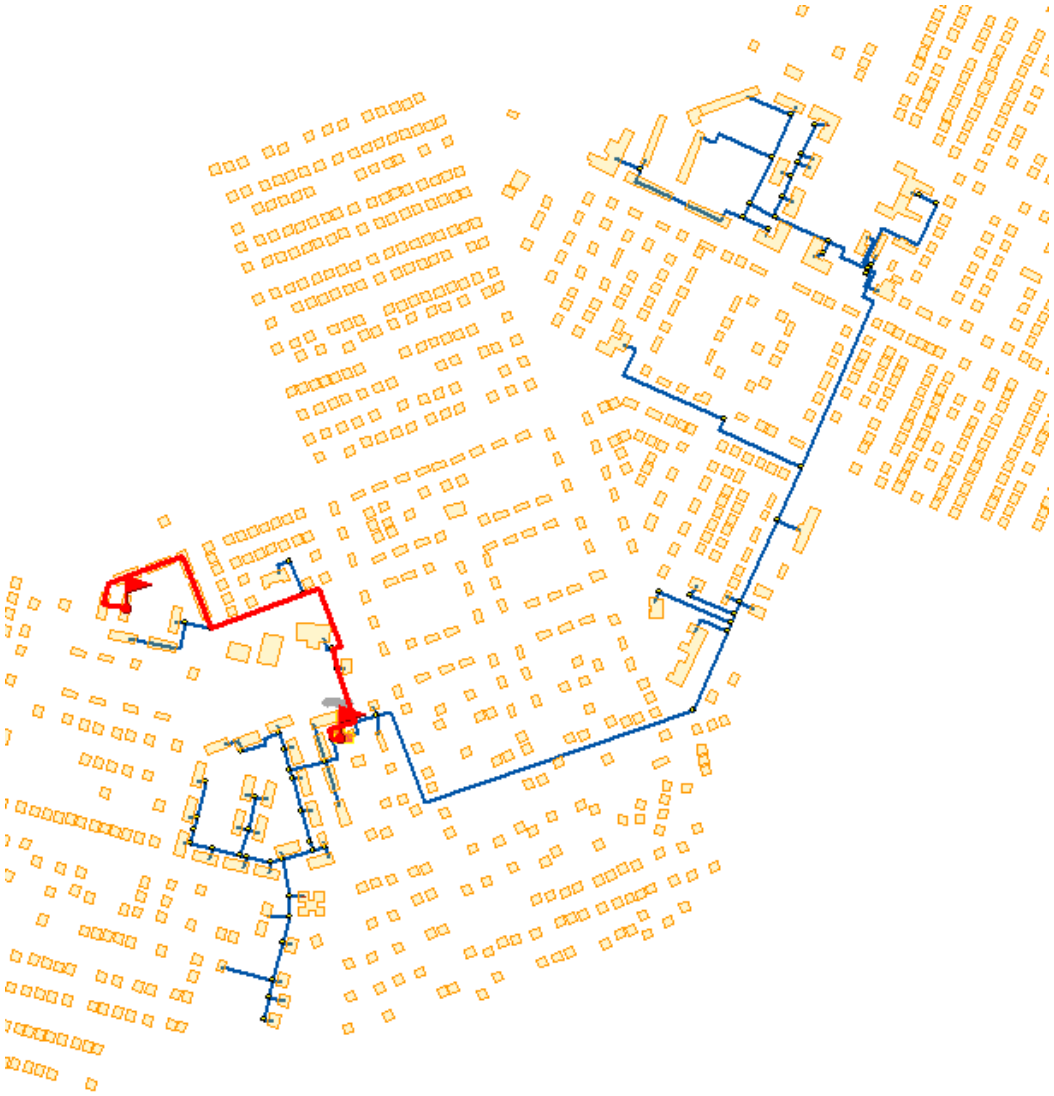

Рис. 2.87. **Расчетный участок теплосети котельная №10 – ул. Вавилова 62А**

Таблица 2.49. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №10 – ул. Вавилова 62А в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №10	УТ-31	1980	15	300	6,739	0,419	0,0001	0,9999	0,9999
2	УТ-31	УТ-1	1980	30	200	6,474	0,419	0,0001	0,9999	0,9998
3	УТ-1	УТ-26	1980	80	150	6,382	0,419	0,0002	0,9998	0,9996
4	УТ-26	УТ-27	1980	40	150	6,345	0,419	0,0001	0,9999	0,9995
5	УТ-27	УТ-28	1980	125	150	6,423	0,419	0,0003	0,9997	0,9992
6	УТ-28	УТ-29	1980	124	150	6,422	0,419	0,0003	0,9997	0,9989
7	УТ-29	пер. Бажова 5	1980	48	100	6,217	0,419	0,0001	0,9999	0,9988
8	пер. Бажова 5	пер. Бажова 7	1980	44	100	6,214	0,419	0,0001	0,9999	0,9987
9	пер. Бажова 7	пер. Бажова 4А	1980	32	100	6,207	0,419	0,0001	0,9999	0,9986
10	пер. Бажова 4А	пер. Бажова 2А	1980	50	100	6,218	0,419	0,0001	0,9999	0,9985
11	пер. Бажова 2А	ул. Вавилова 64А	1980	37	100	6,210	0,419	0,0001	0,9999	0,9984
12	ул. Вавилова 64А	ул. Вавилова 62А	1980	20	100	6,201	0,419	0,0000	1,0000	0,9984
Итого по участку										0,9984

Таблица 2.50. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №10 – ул. Вавилова 62А в 2027 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №10	УТ-31	1980	15	300	6,739	35,525	0,0062	0,9938	0,9938
2	УТ-31	УТ-1	1980	30	200	6,474	35,525	0,0062	0,9938	0,9876
3	УТ-1	УТ-26	1980	80	150	6,382	35,525	0,0148	0,9853	0,9731
4	УТ-26	УТ-27	1980	40	150	6,345	35,525	0,0071	0,9929	0,9662
5	УТ-27	УТ-28	1980	125	150	6,423	35,525	0,0244	0,9759	0,9429
6	УТ-28	УТ-29	1980	124	150	6,422	35,525	0,0242	0,9761	0,9204
7	УТ-29	пер. Бажова 5	1980	48	100	6,217	35,525	0,0069	0,9931	0,9140
8	пер. Бажова 5	пер. Бажова 7	1980	44	100	6,214	35,525	0,0063	0,9937	0,9083
9	пер. Бажова 7	пер. Бажова 4А	1980	32	100	6,207	35,525	0,0045	0,9955	0,9042
10	пер. Бажова 4А	пер. Бажова 2А	1980	50	100	6,218	35,525	0,0072	0,9928	0,8977
11	пер. Бажова 2А	ул. Вавилова 64А	1980	37	100	6,210	35,525	0,0053	0,9947	0,8929
12	ул. Вавилова 64А	ул. Вавилова 62А	1980	20	100	6,201	35,525	0,0028	0,9972	0,8904
Итого по участку										0,8904

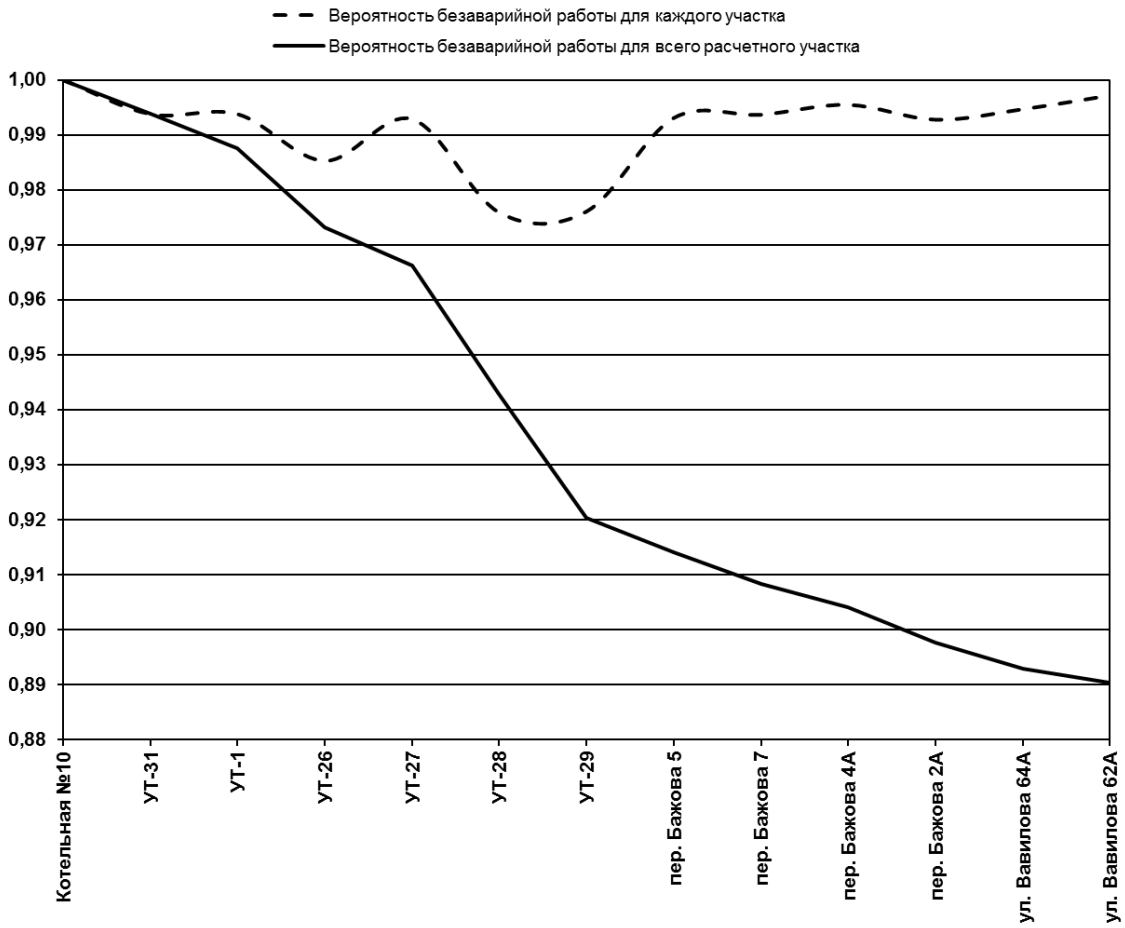

Рис. 2.88. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №10 до ул. Вавилова 62А в 2027 г.**

Из анализа данных табл. 2.49 следует, что тепломагистраль котельная №10 – ул. Вавилова 62А по состоянию на 2013 г. обладает достаточно высокими показателями безаварийной работы. Срок службы трубопроводов в 2013 г. составляет 34 года. Исходя из данных табл. 2.50, минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты в 2027 г. (рис. 2.88). Протяженность данного участка теплосети – 0,65 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2027 г.

2.12. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной №12

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной №12 были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная №12 – ул. Покровская 21А;
2) котельная №12 – П2.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.12.1. Расчетный участок от котельной №12 до ул. Покровская 21А

Расчетный участок от котельной №12 до ул. Покровская 21А тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.89. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.51, за 2023 г. - табл. 2.52. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути в 2023 г. представлено на рис. 2.90.

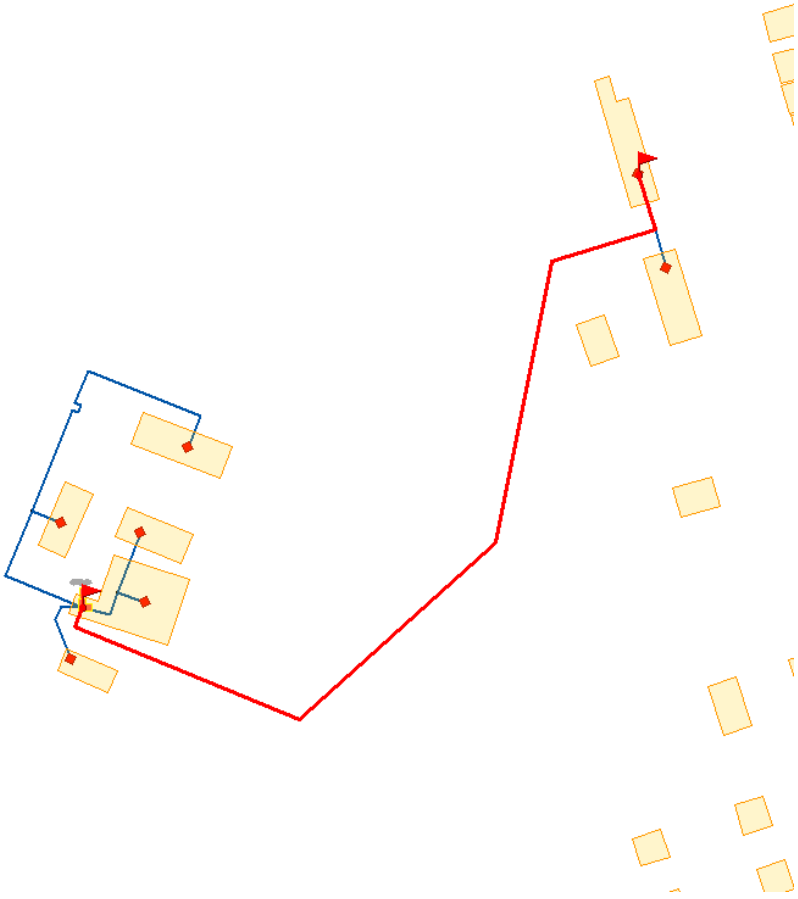

Рис. 2.89. **Расчетный участок теплосети котельная №12 – ул. Покровская 21А**

Таблица 2.51. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №12 – ул. Покровская 21А в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №12	уз.	1973	126	70	6,170	2,926	0,0014	0,9986	0,9986
2	уз.	ул. Покровская 21А	1973	20	50	6,087	2,926	0,0002	0,9998	0,9984
Итого по участку										0,9984

Таблица 2.52. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная №12 – ул. Покровская 21А в 2023 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №12	уз.	1973	126	70	6,170	180,967	0,0849	0,9186	0,9186
2	уз.	ул. Покровская 21А	1973	20	50	6,087	180,967	0,0112	0,9889	0,9084
Итого по участку										0,9084

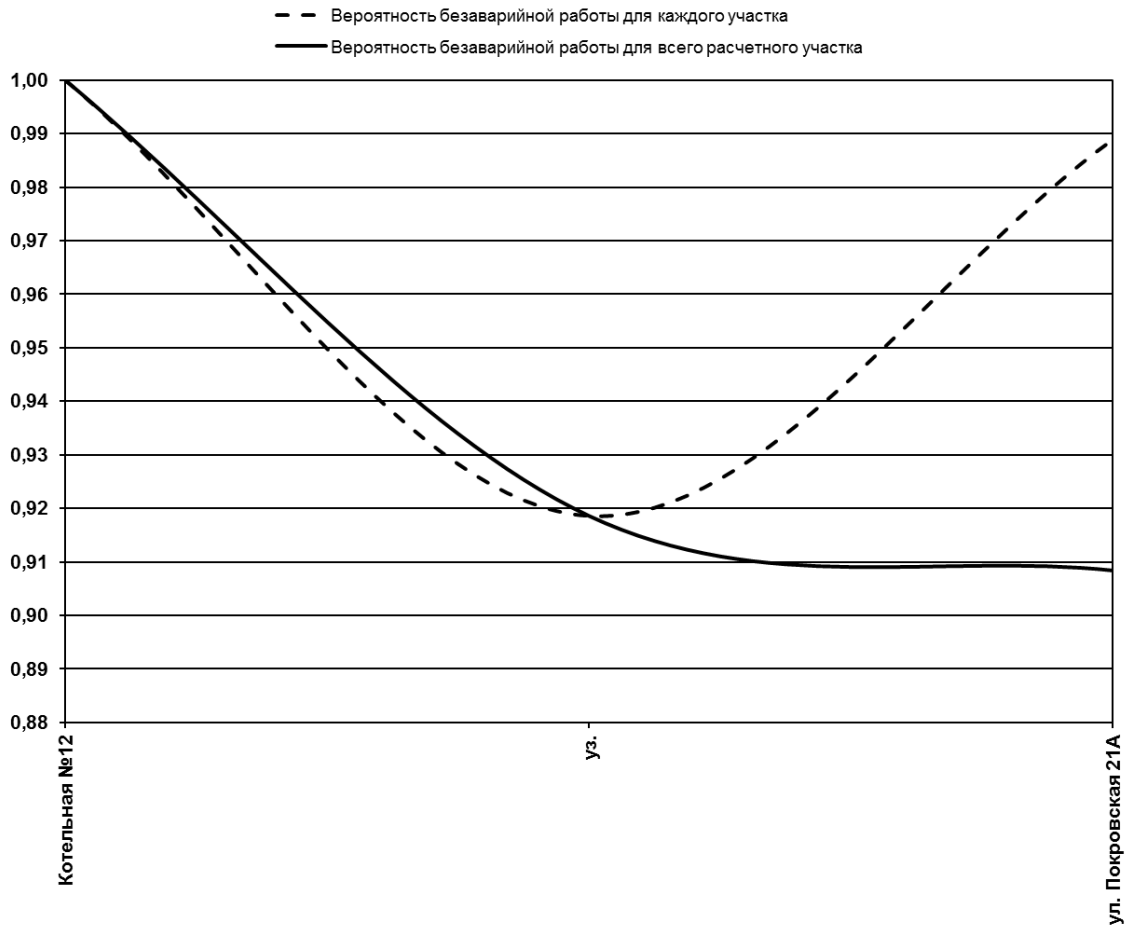

Рис. 2.90. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №12 до ул. Покровская 21А в 2023 г.**

Из анализа данных табл. 2.51 следует, что тепломагистраль котельная №12 – ул. Покровская 21А по состоянию на 2013 г. обладает достаточно высокими показателями безаварийной работы. Срок службы трубопроводов в 2013 г. составляет 41 года. Исходя из данных табл. 2.52, минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты в 2023 г. (рис. 2.90). Протяженность данного участка теплосети – 0,15 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2023 г.

2.12.2. Расчетный участок от котельной №12 до П2

Расчетный участок от котельной №12 до П2 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.91. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.53, за 2023 г. – в табл. 2.54. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути представлено на рис. 2.92.

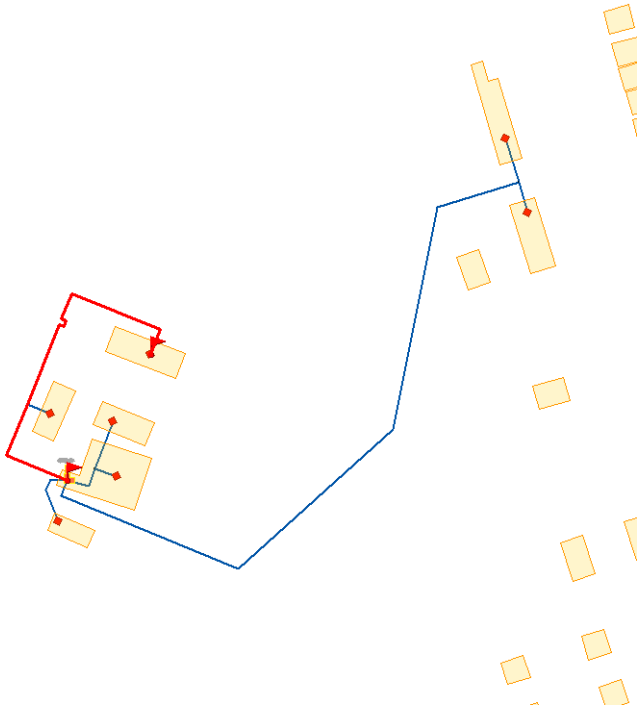

Рис. 2.91. **Расчетный участок теплосети котельная №12 – П2**

Таблица 2.53. **Результаты расчета вероятности безотказной работы расчетного участка теплосети котельная №12 – П2 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №12	П1	1973	47	70	6,141	2,926	0,0005	0,9995	0,9995
2	П1	П2	1973	91	70	6,157	2,926	0,0010	0,9990	0,9985
Итого по участку										0,9985

Таблица 2.54. **Результаты расчета вероятности безотказной работы расчетного участка теплосети котельная №12 – П2 в 2023 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная №12	П1	1973	47	70	6,141	180,967	0,0298	0,9706	0,9706
2	П1	П2	1973	91	70	6,157	180,967	0,0597	0,9420	0,9143
Итого по участку										0,9143

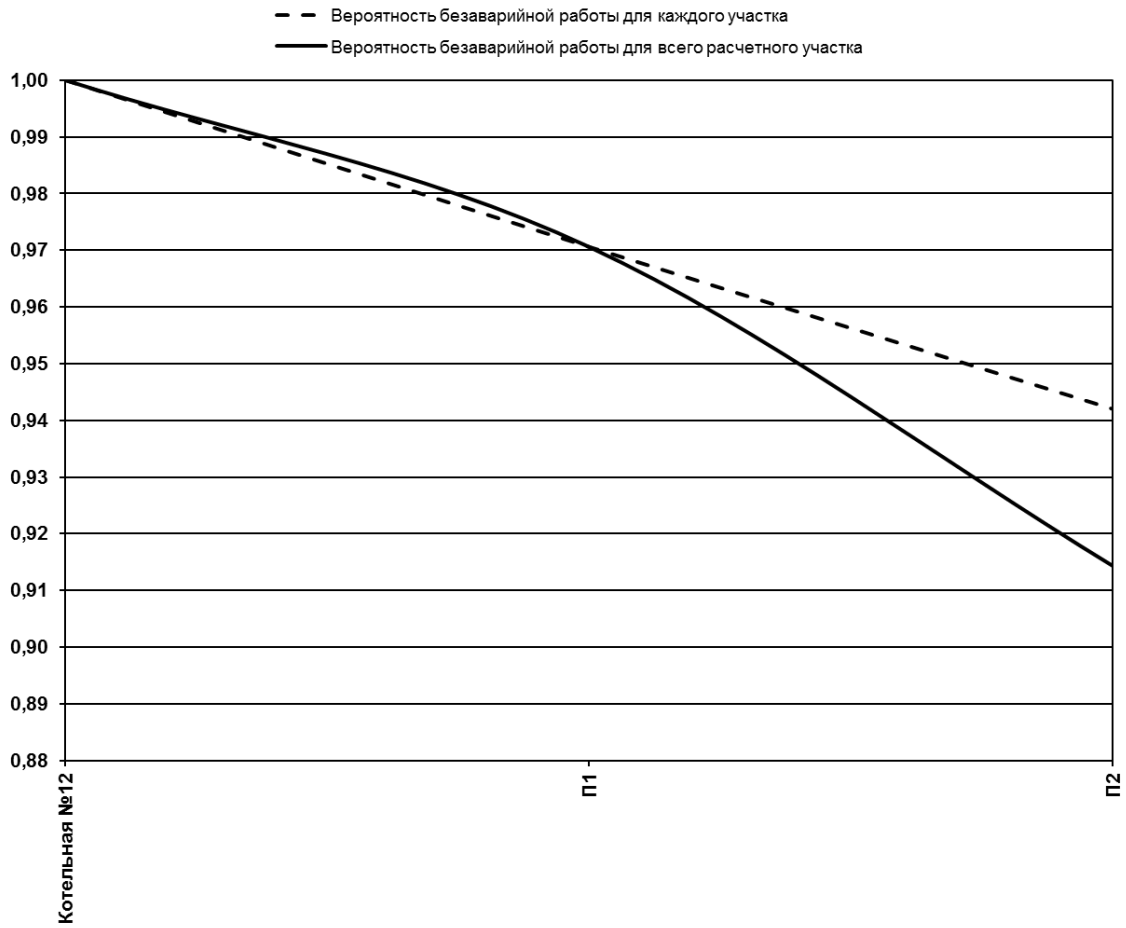

Рис. 2.92. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной №12 до П2 в 2023 г.**

Из анализа данных табл. 2.53 следует, что тепломагистраль котельная №12 – П2 по состоянию на 2013 г. обладает достаточно высокими показателями безаварийной работы. Срок службы трубопроводов в 2013 г. составляет 41 года. Исходя из данных табл. 2.54, минимально-допустимые показатели безаварийной работы будут достигнуты в 2023 г. (рис. 2.92). Протяженность данного участка теплосети – 0,14 км.

Для увеличения показателей безаварийной работы данного участка теплосети рекомендуется произвести перекладку указанных трубопроводов в 2023 г.

2.13. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной ОАО «ОКУ»

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной ОАО «ОКУ» были выбраны следующие расчетные пути передачи теплоносителя по тепломагистралям:

1) котельная ОАО «ОКУ» – Гайское ш. 9А;
2) котельная ОАО «ОКУ» – Гайское ш. 13.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

В 2019 г. планируется вывод котельной из эксплуатации и передача тепловой нагрузки на котельную №3.

2.13.1. Расчетный участок от котельной ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 9А

Расчетный участок от котельной ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 9А тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.93. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.55, за 2019 г. - табл. 2.56. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути в 2013 г. представлено на рис. 2.94, в 2019 г. – на рис. 2.95.

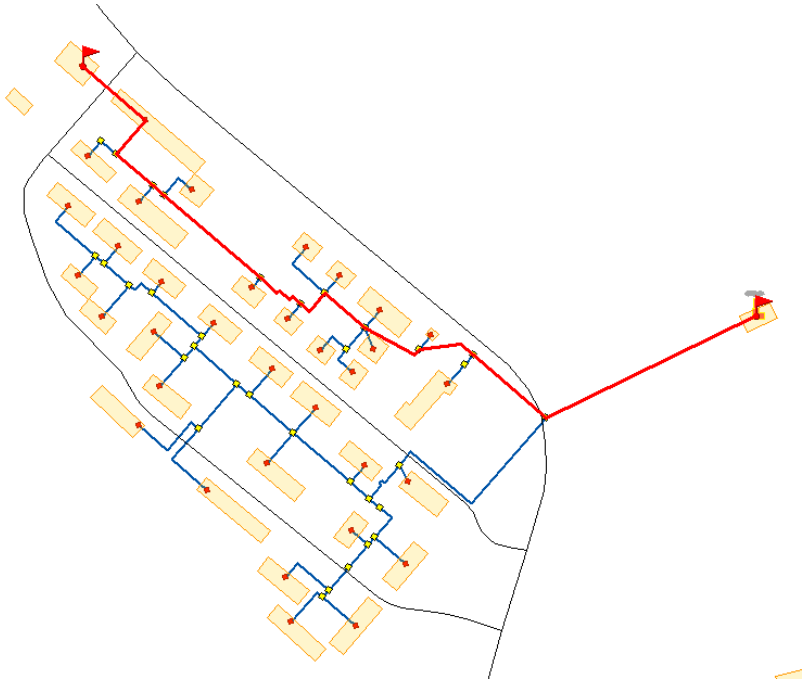

Рис. 2.93. **Расчетный участок теплосети котельная ОАО «ОКУ» – Гайское ш. 9А**

Таблица 2.55. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 9А в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная ОАО "ОКУ"	ТК1	1970	100	200	6,565	9,101	0,0069	0,9931	0,9931
2	ТК1	ТК2	1970	52,5	200	6,503	9,101	0,0029	0,9971	0,9902
3	ТК2	ТК22	1970	50,5	200	6,501	9,101	0,0028	0,9972	0,9874
4	ТК22	ТК23	1970	43	200	6,491	9,101	0,0023	0,9977	0,9852
5	ТК23	ТК24	1970	42,5	150	6,347	9,101	0,0019	0,9981	0,9833
6	ТК24	ТК26	1970	29	150	6,335	9,101	0,0013	0,9987	0,9820
7	ТК26	ТК27	1970	36	150	6,341	9,101	0,0016	0,9984	0,9805
8	ТК27	ТК28	1970	125	150	6,423	9,101	0,0063	0,9937	0,9743
9	ТК28	ТК29	1970	5	150	6,313	9,101	0,0002	0,9998	0,9741
10	ТК29	ТК30	1970	48	150	6,352	9,101	0,0022	0,9978	0,9719
11	ТК30	Гайское ш. 9	1970	27	150	6,333	9,101	0,0012	0,9988	0,9708
12	Гайское ш. 9	Гайское ш. 9А	1970	40	80	6,162	9,101	0,0013	0,9987	0,9695
Итого по участку										0,9695

Таблица 2.56. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 9А в 2019 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная ОАО "ОКУ"	ТК1	1970	100	200	6,565	101,833	0,0771	0,9258	0,9258
2	ТК1	ТК2	1970	52,5	200	6,503	101,833	0,0325	0,9680	0,8962
3	ТК2	ТК22	1970	50,5	200	6,501	101,833	0,0310	0,9695	0,8688
4	ТК22	ТК23	1970	43	200	6,491	101,833	0,0261	0,9742	0,8464
5	ТК23	ТК24	1970	42,5	150	6,347	101,833	0,0216	0,9786	0,8283
6	ТК24	ТК26	1970	29	150	6,335	101,833	0,0145	0,9856	0,8164
7	ТК26	ТК27	1970	36	150	6,341	101,833	0,0181	0,9821	0,8018
8	ТК27	ТК28	1970	125	150	6,423	101,833	0,0700	0,9324	0,7476
9	ТК28	ТК29	1970	5	150	6,313	101,833	0,0024	0,9976	0,7458
10	ТК29	ТК30	1970	48	150	6,352	101,833	0,0245	0,9758	0,7277
11	ТК30	Гайское ш. 9	1970	27	150	6,333	101,833	0,0134	0,9867	0,7181
12	Гайское ш. 9	Гайское ш. 9А	1970	40	80	6,162	101,833	0,0149	0,9852	0,7074
Итого по участку										0,7074

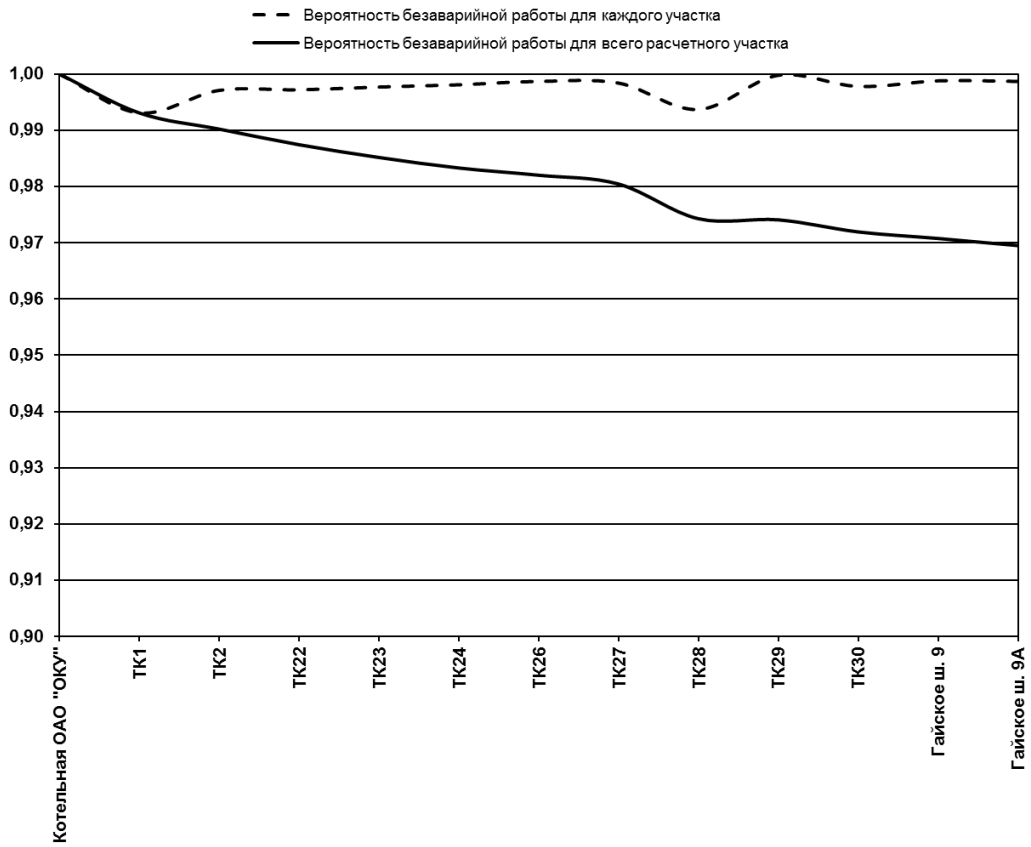

Рис. 2.94. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 9А в 2013 г.**

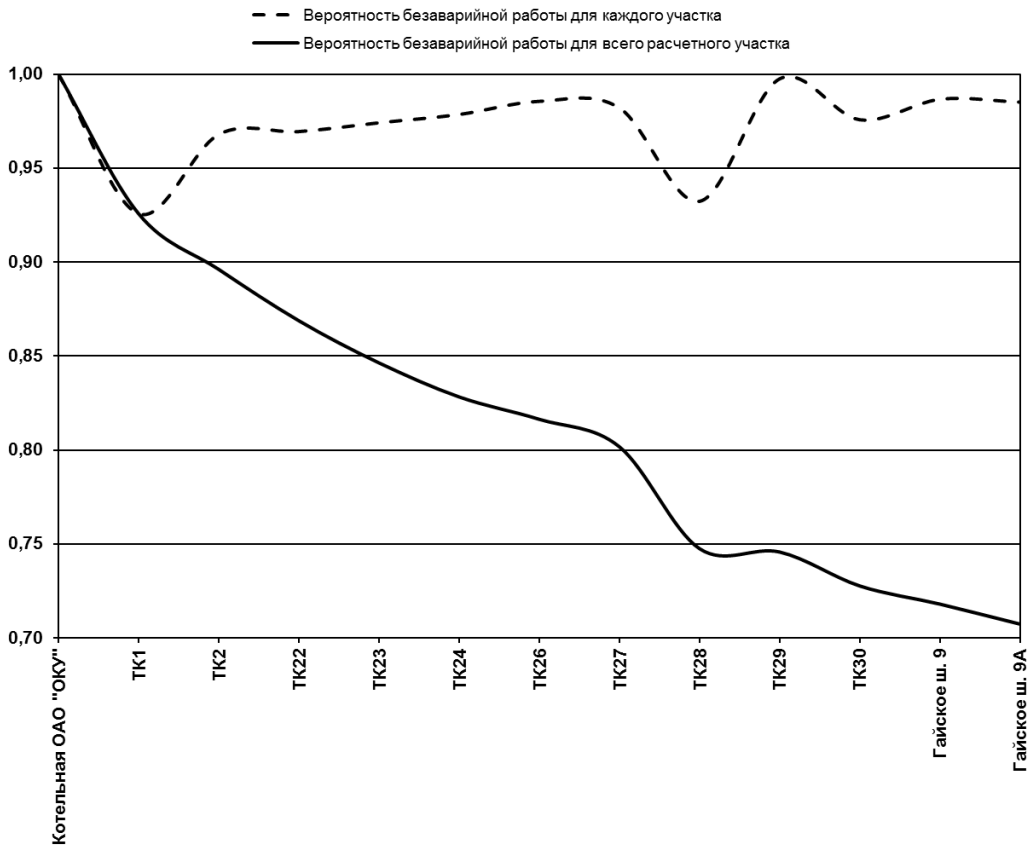

Рис. 2.95. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 9А в 2019 г.**

Из анализа полученных данных следует, что тепломагистраль котельная ОАО «ОКУ» – Гайское ш. 9А по состоянию на 2013 г. обладает допустимыми показателями безаварийной работы. В 2019 г. показателями безаварийной работы будут значительно ниже допустимых. Срок службы трубопроводов по состоянию на 2013 г. составляет 43 года. Протяженность данного участка теплосети – 0,6 км.

2.13.2. Расчетный участок от котельной ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 13

Расчетный участок от котельной ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 13 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.96. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.57, за 2019 г. - 0. Изменение показателей безаварийности работы каждого участка и безотказности работы всей тепломагистрали вдоль расчетного пути в 2013 г. представлено на рис. 2.97, в 2019 г. – на рис. 2.98.

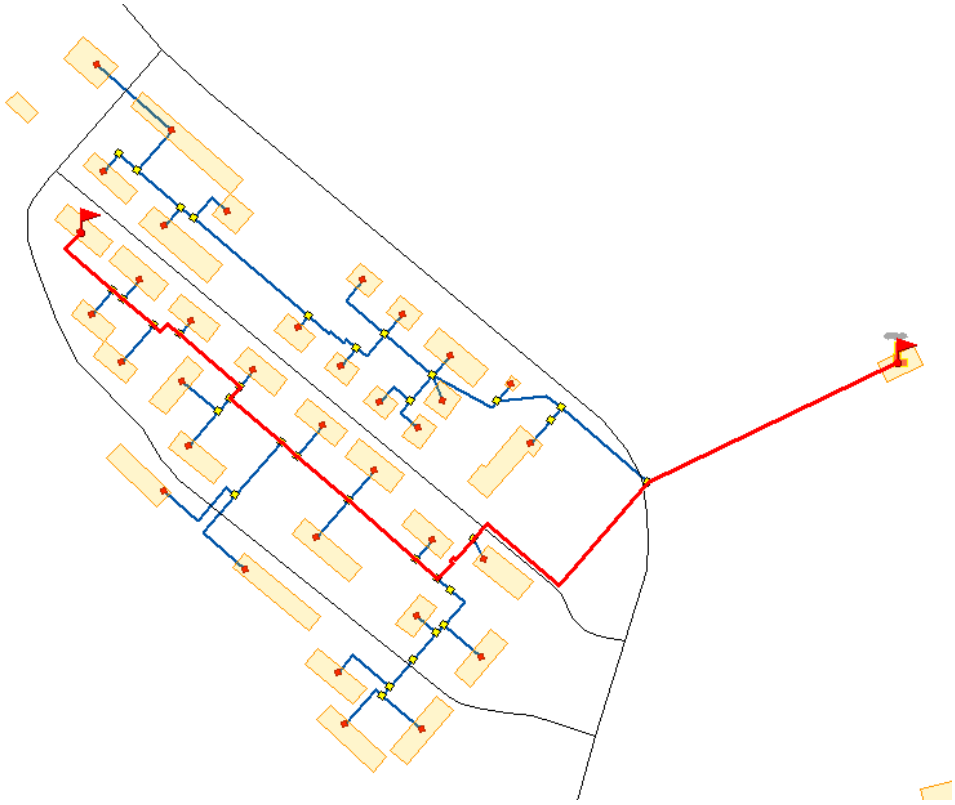

Рис. 2.96. **Расчетный участок теплосети котельная ОАО «ОКУ» – Гайское ш. 13**

Таблица 2.57. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 13 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная ОАО "ОКУ"	ТК1	1970	100	200	6,565	9,101	0,0069	0,9931	0,9931
2	ТК1	ТК3	1970	173	200	6,661	9,101	0,0155	0,9846	0,9778
3	ТК3	ТК5	1970	28	200	6,471	9,101	0,0015	0,9985	0,9763
4	ТК5	ТК10	1970	27	150	6,333	9,101	0,0012	0,9988	0,9752
5	ТК10	ТК11	1970	68	150	6,371	9,101	0,0032	0,9968	0,9720
6	ТК11	ТК12	1970	57	150	6,361	9,101	0,0026	0,9974	0,9695
7	ТК12	ТК13	1970	10	150	6,317	9,101	0,0004	0,9996	0,9691
8	ТК13	ТК14	1970	57	150	6,361	9,101	0,0026	0,9974	0,9666
9	ТК14	ТК17	1970	11,5	100	6,196	9,101	0,0004	0,9996	0,9662
10	ТК17	ТК18	1970	59	100	6,223	9,101	0,0022	0,9978	0,9641
11	ТК18	ТК19	1970	19	100	6,200	9,101	0,0007	0,9993	0,9634
12	ТК19	ТК20	1970	29	100	6,206	9,101	0,0011	0,9989	0,9624
13	ТК20	ТК21	1970	5	100	6,192	9,101	0,0002	0,9998	0,9622
14	ТК21	Гайское ш. 13	1970	59	50	6,097	9,101	0,0017	0,9983	0,9605
Итого по участку										0,9605

Таблица 2.58. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 13 в 2019 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная ОАО "ОКУ"	ТК1	1970	100	200	6,565	101,833	0,0771	0,9258	0,9258
2	ТК1	ТК3	1970	173	200	6,661	101,833	0,1732	0,8410	0,7786
3	ТК3	ТК5	1970	28	200	6,471	101,833	0,0166	0,9835	0,7658
4	ТК5	ТК10	1970	27	150	6,333	101,833	0,0134	0,9867	0,7556
5	ТК10	ТК11	1970	68	150	6,371	101,833	0,0356	0,9650	0,7291
6	ТК11	ТК12	1970	57	150	6,361	101,833	0,0295	0,9709	0,7079
7	ТК12	ТК13	1970	10	150	6,317	101,833	0,0049	0,9951	0,7044
8	ТК13	ТК14	1970	57	150	6,361	101,833	0,0295	0,9709	0,6839
9	ТК14	ТК17	1970	11,5	100	6,196	101,833	0,0046	0,9954	0,6808
10	ТК17	ТК18	1970	59	100	6,223	101,833	0,0247	0,9756	0,6642
11	ТК18	ТК19	1970	19	100	6,200	101,833	0,0076	0,9924	0,6591
12	ТК19	ТК20	1970	29	100	6,206	101,833	0,0118	0,9883	0,6514
13	ТК20	ТК21	1970	5	100	6,192	101,833	0,0020	0,9980	0,6501
14	ТК21	Гайское ш. 13	1970	59	50	6,097	101,833	0,0191	0,9811	0,6378
Итого по участку										0,6378

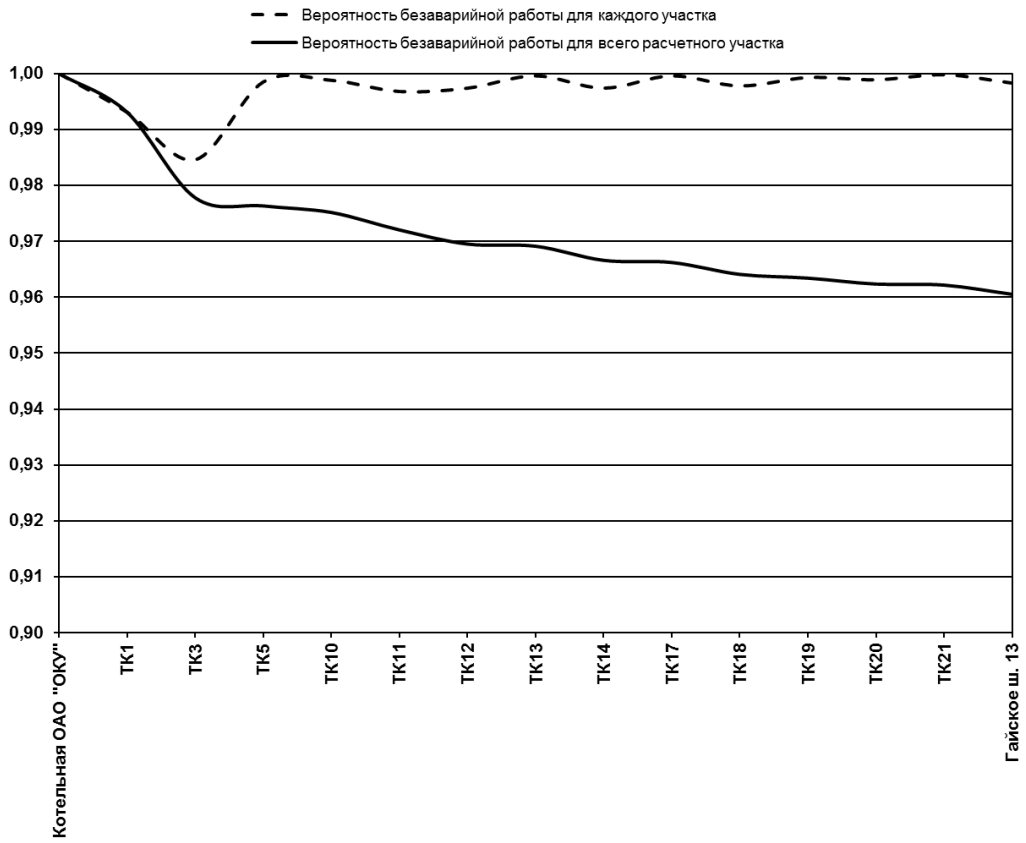

Рис. 2.97. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 13 в 2013 г.**

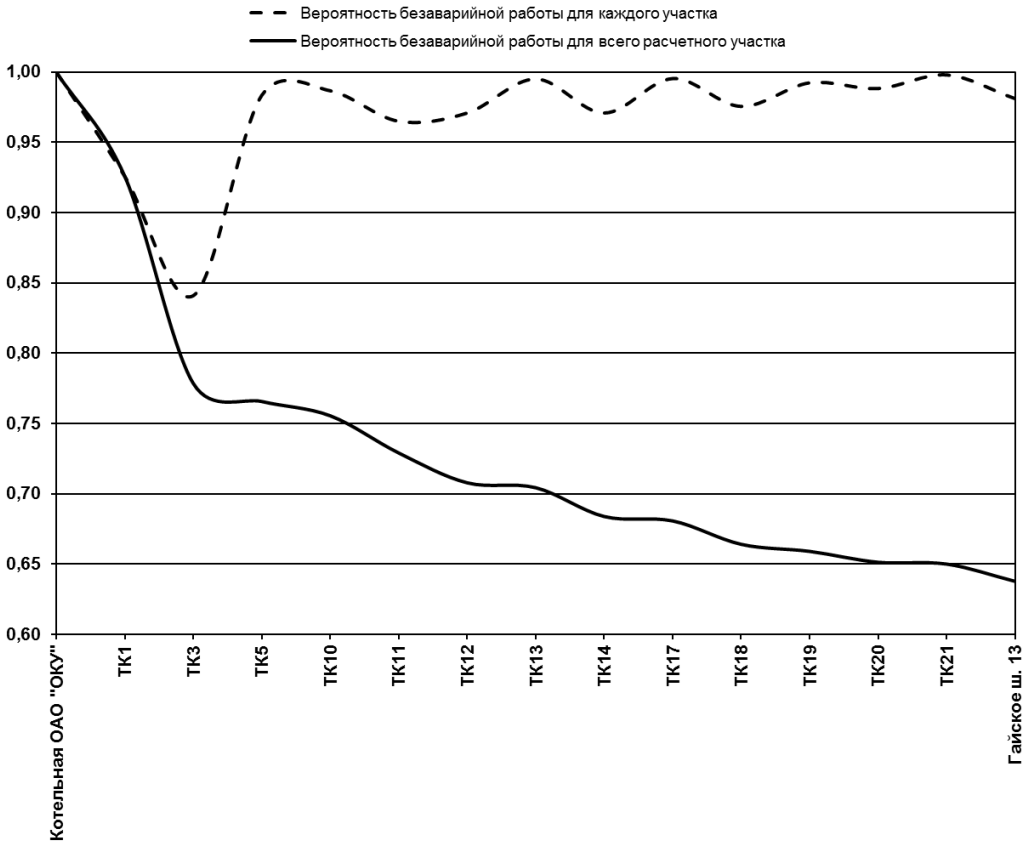

Рис. 2.98. **Вероятность безаварийной работы тепломагистрали от котельной ОАО «ОКУ» до Гайское ш. 13 в 2019 г.**

Из анализа полученных данных следует, что тепломагистраль котельная ОАО «ОКУ» – Гайское ш. 13 по состоянию на 2013 г. обладает допустимыми показателями безаварийной работы. В 2019 г. показателями безаварийной работы будут значительно ниже допустимых. Срок службы трубопроводов по состоянию на 2013 г. составляет 43 года. Протяженность данного участка теплосети – 0,7 км.

2.14. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной ЗАО «ОМК»

Тепловые нагрузки потребителей котельной ЗАО «ОМК» предоставлены в виде обобщенной тепловой нагрузки на ЦТП-3.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

В 2015 г. планируется вывод котельной ЗАО «ОМК» из эксплуатации и передача тепловой нагрузки на БМК на ул. Перегонная, которая будет введена в эксплуатацию в том же году.

2.14.1. Расчетный участок от котельной ЗАО «ОМК» до ЦТП-3

Расчетный участок от котельной ЗАО «ОМК» до ЦТП-3 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.99. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.59, за 2015 г. - табл. 2.60.

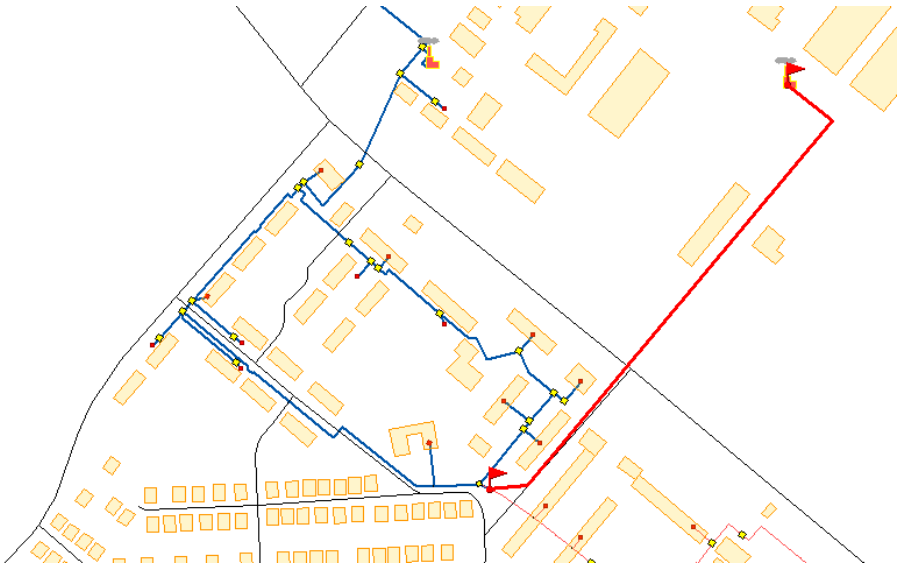

Рис. 2.99. **Расчетный участок теплосети котельная ОАО «ОКУ» – Гайское ш. 9А**

Из анализа полученных данных следует, что тепломагистраль котельная ЗАО «ОМК» – ЦТП-3 по состоянию на 2013 г. и на 2015 г. обладает достаточно высокими значениями показателей безаварийной работы.

Таблица 2.59. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная ЗАО «ОМК» до ЦТП-3 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная ЗАО "ОМК"	ЦТП-3	1978	450	150	6,724	0,669	0,0034	0,9966	0,9966
										0,9966

Таблица 2.60. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная ЗАО «ОМК» до ЦТП-3 в 2015 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная ЗАО "ОМК"	ЦТП-3	1978	450	150	6,724	1,141	0,0058	0,9942	0,9942
Итого по участку										0,9942

2.15. Расчет вероятности безотказной работы тепломагистралей котельной ОАО «РЖД»

С целью определения вероятности безотказной работы в системе теплоснабжения котельной ОАО «РЖД» были выбран следующий расчетный путь передачи теплоносителя по тепломагистралям: котельная ОАО «РЖД» – ул. Яблочная, 7.

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

На следующем этапе выполнен расчет перспективных показателей безотказности работы тепломагистралей с учетом старения трубопроводов при сохранении существующей структуры тепловой сети.

2.15.1. Расчетный участок от котельной ОАО «РЖД» до ул. Яблочная, 7

Расчетный участок от котельной ОАО «РЖД» до ул. Яблочная, 7 тепловой сети г. Орск представлен на рис. 2.100. Результаты расчета вероятности безотказной работы указанной тепломагистрали за 2013 год приведены в табл. 2.61, за 2028 г. - табл. 2.62.

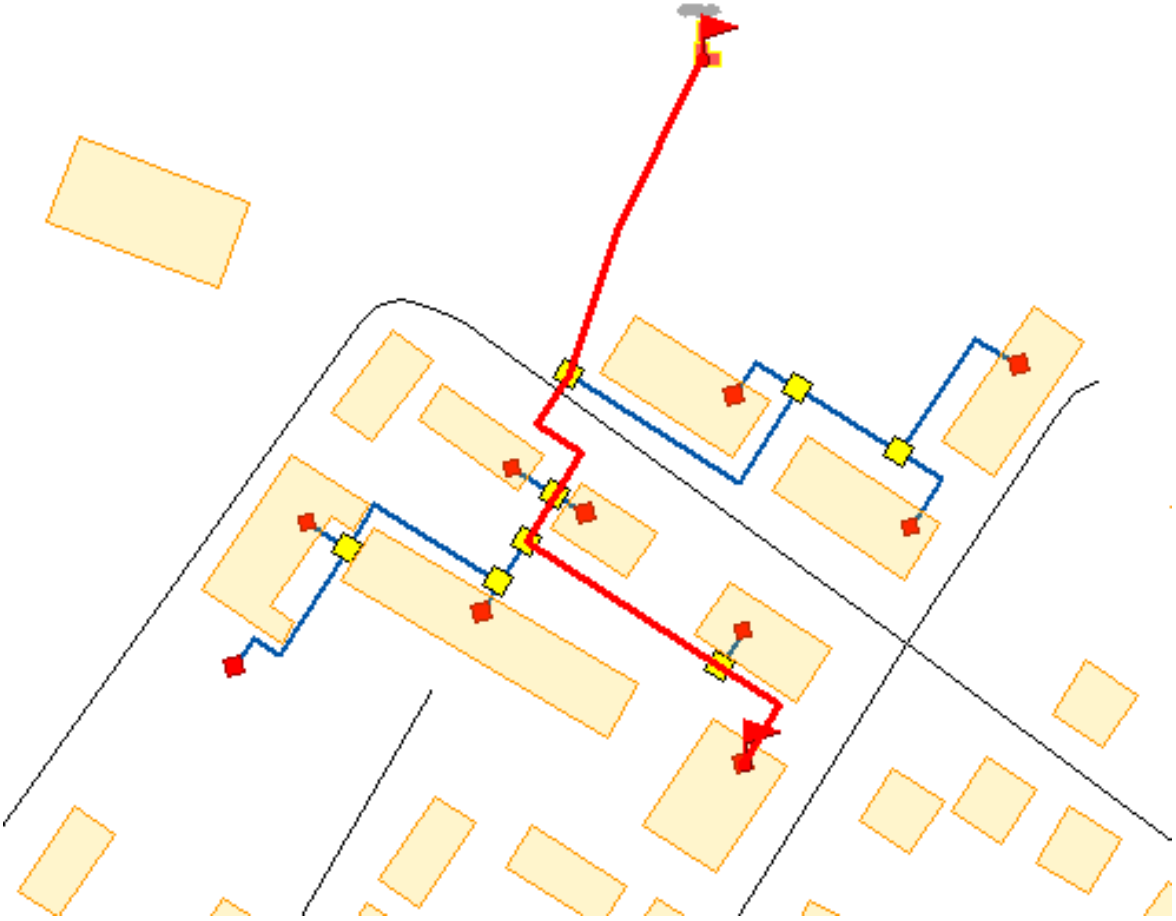

Рис. 2.100. **Расчетный участок теплосети котельная ОАО «РЖД» – ул. Яблочная, 7**

Таблица 2.61. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная ОАО «РЖД» до ул. Яблочная, 7 в 2013 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная ОАО "РЖД"	уз.	2009	60	100	6,223	0,05	0,0000	1,0000	1,0000
2	уз.	уз.	2009	40	100	6,212	0,05	0,0000	1,0000	1,0000
3	уз.	уз.	2009	10	100	6,195	0,05	0,0000	1,0000	1,0000
4	уз.	уз.	2009	45	50	6,094	0,05	0,0000	1,0000	1,0000
5	уз.	ул. Яблочная, 7	2009	15	50	6,086	0,05	0,0000	1,0000	1,0000
Итого по участку										1,0000

Таблица 2.62. **Результаты расчета вероятности безотказной работы участка теплосети котельная ОАО «РЖД» до ул. Яблочная, 7 в 2028 г.**

№ п/п	Наименование начала участка	Наименование конца участка	Год ввода в эксплуа-тацию	Длина участка, L, м	Диаметр условный, D_y, мм	Время восстановления теплоснабжения потребителей, z_p, ч	Интенсивность отказов, λ, 1/(год-км)	Относитель-ный поток отказов участка тепловой сети, ω	Вероятность безотказной работы участка тепловой сети, P	Средняя вероятность безотказной работы системы, ПР
1	Котельная ОАО "РЖД"	уз.	2009	60	100	6,223	0,06	0,0000	1,0000	1,0000
2	уз.	уз.	2009	40	100	6,212	0,06	0,0000	1,0000	1,0000
3	уз.	уз.	2009	10	100	6,195	0,06	0,0000	1,0000	1,0000
4	уз.	уз.	2009	45	50	6,094	0,06	0,0000	1,0000	1,0000
5	уз.	ул. Яблочная, 7	2009	15	50	6,086	0,06	0,0000	1,0000	1,0000
Итого по участку										1,0000

Из анализа полученных данных следует, что тепломагистраль котельная ОАО «РЖД» – ул. Яблочная, 7 по состоянию на 2013 г. и на перспективу – на 2028 г. обладает достаточно высокими допустимыми показателями безаварийной работы. Протяженность данного участка теплосети – 0,17 км.

2.16. Выводы по разделу 2

Тепломагистрали Орской ТЭЦ-1 по состоянию на 2013 г. имеют высокие показатели безаварийной работы. Тепломагистрали имеют резервные участки. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется производить поэтапно с 2018 г.

Тепломагистрали котельной №1 по состоянию на 2013 г. имеют высокие показатели безаварийной работы даже при сроке службы 37 лет, это обусловлено небольшой протяженностью участков. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в 2022, 2024 и 2025 гг.

Котельная №2 в 2015 г. будет выведена из эксплуатации, а тепловая нагрузка будет переведена на БМК на ул. Соколова, которая будет введена в эксплуатацию в том же году. По состоянию на 2013 г. имеют показатели безаварийной работы значительно ниже допустимых. Срок службы составляет 62 года. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в 2015 г.

Участок тепловой сети котельной №3 протяженностью 50 м по состоянию на 2013 г. имеют высокие показатели безаварийной работы. Срок службы составляет 44 года. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в 2022 г. В 2019 г. к котельной будет подключена тепловая нагрузка пос. Круторожино, которая в настоящее время подключена к котельной ОАО «ОКУ».

Тепломагистрали котельной №4 по состоянию на 2013 г. имеют показатели безаварийной работы ниже допустимых. Срок службы составляет 44 года. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в период с 2015 по 2017 гг.

Тепломагистрали котельной №5 по состоянию на 2013 г. имеют минимально-допустимые показатели безаварийной работы или ниже, это обусловлено сроком службы трубопроводов 45 лет и более. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести преимущественно в 2015 г.

Тепломагистрали котельной №6 по состоянию на 2013 г. имеют показатели безаварийной работы значительно выше минимально-допустимых даже при сроке эксплуатации трубопроводов 33 года, это обусловлено небольшой протяженностью тепломагистралей. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в 2019 г. и 2022 г.

Тепломагистрали котельной №7 по состоянию на 2013 г. имеют показатели безаварийной работы ниже минимально-допустимых, это обусловлено сроком службы трубопроводов 39 лет. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в период с 2015 по 2024 гг.

Тепломагистрали котельной №8 по состоянию на 2013 г. имеют показатели высокие безаварийной работы. Срок службы трубопроводов составляет 26 лет. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в 2027 г.

Тепломагистрали котельной №9 по состоянию на 2013 г. имеют достаточно высокие показатели безаварийной работы. Срок службы трубопроводов составляет 34 года. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в период с 2023 по 2027 гг.

Тепломагистрали котельной №10 по состоянию на 2013 г. имеют достаточно высокие показатели безаварийной работы. Срок службы трубопроводов составляет 34 года. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в 2021 и 2027 гг.

Тепломагистрали котельной №12 по состоянию на 2013 г. имеют достаточно высокие показатели безаварийной работы. Срок службы трубопроводов составляет 41 год. Реконструкцию трубопроводов рекомендуется произвести в 2023 г.

Котельная ОАО «ОКУ» в 2019 г. будет выведена из эксплутации, а тепловая нагрузка будет переведена на котельную №3. По состоянию на 2013 г. тепломагистрали котельной обладают допустимыми показателями безаварийонй работы. Перекладку тепломагистралей рекомендуется произвести в 2019 г.

Котельная ЗАО «ОМК» в 2015 г. будет выведена из эксплуатации, тепловая нагрузка будет переведена на БМК на ул. Перегонная, которая будет введена в эксплуатацию в том же году.

Тепломагистрали котельной ОАО «РЖД» обладают допустимыми показателями безаварийной работы, такая ситуация сохранится до окончания расчетного периода.

Раздел 3. Анализ аварийных режимов работы системы теплоснабжения г. Орск

В г. Орск применяются закольцованные системы теплоснабжения на Орской ТЭЦ-1, котельной №№4, 7, 9. 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 здание до 12°С; промышленные здания до 8°С.

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°С;
- 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 источников теплоснабжения г. Орск

Согласно СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» [5] при авариях (отказах) на источнике теплоты на его выходных коллекторах в течение всего ремонто-восстановительного периода допустимое снижение теплоты при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления -30°С составляет 87%.

Распределение тепловой нагрузки потребителей по категориям для каждого источника теплоснабжения в базовом (2013 г.) и в планируемом периоде (2014 – 2028 гг.) представлено в табл. 3.1.

Результаты расчетов допустимых величин недоотпуска тепловой энергии для каждого источника тепловой энергии г. Орск приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.1. **Распределение тепловой нагрузки потребителей по категориям для каждого источника теплоснабжения г. Орск**

Наименование источника	2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 - 2023 гг.		2024 - 2028 гг.	
	Тепловая нагрузка потребителей, Гкал/ч															
	I к.	Ост.	I к.	Ост.	I к.	Ост.	I к.	Ост.	I к.	Ост.	I к.	Ост.	I к.	Ост.	I к.	Ост.
Орская ТЭЦ-1	13,42	709,24	13,80	709,18	14,17	708,86	14,17	707,68	15,47	708,38	15,47	708,97	15,85	711,39	15,85	712,71
Котельная №1	3,63	7,32	3,63	7,32	3,63	7,32	3,63	7,32	3,63	7,32	3,63	7,32	3,63	7,32	3,63	7,32
Котельная №2	0,00	1,47	0,00	1,47	0,00	1,47	0,00	1,47	0,00	1,47	0,00	1,47	0,00	1,47	0,00	1,47
Котельная №3	1,56	0,35	1,56	0,35	1,56	0,35	1,56	0,35	1,56	0,35	1,56	0,35	1,56	0,35	1,56	0,35
Котельная №4	2,38	11,44	2,38	11,44	2,38	11,44	2,38	11,44	2,38	11,44	2,38	11,44	2,38	10,61	2,38	10,92
Котельная №5	1,64	48,53	1,64	48,53	1,64	48,77	1,64	48,77	1,64	48,68	1,64	48,68	1,64	48,59	1,64	48,47
Котельная №6	0,44	15,44	0,44	15,44	0,44	15,44	0,44	15,44	0,44	15,44	0,44	15,44	0,44	15,44	0,44	15,01
Котельная №7	2,16	73,43	2,16	73,43	2,16	73,43	2,16	73,54	2,16	73,54	2,16	73,65	2,28	75,75	2,39	78,07
Котельная №8	0,00	5,39	0,00	5,39	0,00	5,39	0,00	5,39	0,00	5,39	0,00	5,39	0,00	5,39	0,00	5,39
Котельная №9	0,81	7,68	0,81	7,68	0,81	7,68	0,81	7,68	0,81	7,68	0,81	7,68	0,81	7,68	0,81	7,68
Котельная №10	0,53	8,34	0,53	8,34	0,53	8,34	0,53	8,34	0,53	8,34	0,53	8,34	0,53	8,34	0,53	8,34
Котельная №12	0,00	0,48	0,00	0,48	0,00	0,48	0,00	0,48	0,00	0,48	0,00	0,48	0,00	0,48	0,00	0,48
ЗАО "ОМК"	0,65	26,83	0,65	26,83	0,65	26,83	0,65	26,83	0,65	26,83	0,65	26,83	0,65	26,83	0,65	26,83
ОАО "ОКУ"	0,16	6,78	0,16	6,78	0,16	6,78	0,16	6,78	0,16	6,78	0,16	6,78	0,16	6,78	0,16	6,78
ОАО "РЖД"	0,00	2,48	0,00	2,48	0,00	2,48	0,00	2,48	0,00	2,48	0,00	2,48	0,00	2,48	0,00	2,48

Таблица 3.2. **Допустимые величины недоотпуска тепловой энергии (Гкал/год) для каждого источника тепловой энергии г. Орск**

Наименование источника	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 - 2023 г.	2024 - 2028 г.
Орская ТЭЦ-1	4978,9	4978,5	4976,2	4967,9	4972,8	4977,0	4994,0	5003,2
Котельная №1	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4
Котельная №2	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
Котельная №3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Котельная №4	80,3	80,3	80,3	80,3	80,3	80,3	74,5	76,7
Котельная №5	340,7	340,7	342,3	342,3	341,8	341,8	341,1	340,3
Котельная №6	108,4	108,4	108,4	108,4	108,4	108,4	108,4	105,3
Котельная №7	515,4	515,4	515,4	516,2	516,2	517,0	531,8	548,1
Котельная №8	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9
Котельная №9	53,9	53,9	53,9	53,9	53,9	53,9	53,9	53,9
Котельная №10	58,6	58,6	58,6	58,6	58,6	58,6	58,6	58,6
Котельная №12	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
ЗАО "ОМК"	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3
ОАО "ОКУ"	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6
ОАО "РЖД"	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4

3.2. Моделирование аварийных режимов работы системы теплоснабжения г. Орск

3.2.1. Аварийный режим работы тепловой сети Орской ТЭЦ-1

Для анализа аварийных режимов работы тепловой сети Орской ТЭЦ-1 произведено отключение следующих участков:

- уз. 123 – уз. 124 (рис. 3.1);
- уз. 388 – уз. 3102 (рис. 3.3).

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

1. Отключенный участок уз. 123 – уз. 124

Рис. 3.1. **Отключенный участок уз. 123 – уз. 124 тепловой сети Орской ТЭЦ-1**

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.3. В смоделированной аварийной ситуации величина расчетного располагаемого напора достаточна для теплоснабжения потребителей.

Таблица 3.3. **Результаты гидравлического расчета при отключенном участке уз. 123 – уз. 124**

№ п/п	Код узла	Располагаемый напор, м
1	ТЭЦ1	120
2		87,161
3		79,176
4	195	55,756
5	194	47,968
6	193	46,626
7		42,387

№ п/п	Код узла	Располагаемый напор, м
8	117	42,385
9	121	40,623
10	122	38,69
11	123	37,645
12		37,645
13	130	37,19
14	131	36,211
15		35,251
16	132	35,251
17		35,251
18		35,136
19	Бойлер 5С мкр.	35,01
20		34,953
21	150	34,96
22		34,989
23	126	34,989
24	127	34,85
25	127А	34,741
26	128	34,579
27	129	34,419
28		33,796
29	717	33,666
30	718	33,526
31	719	33,396
32	720	33,355
33	721	33,295
34	722	32,956
35	725	32,938

2. Отключенный участок уз. 388 – уз. 3102

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.4. В смоделированной аварийной ситуации величина расчетного располагаемого напора достаточна для теплоснабжения потребителей.

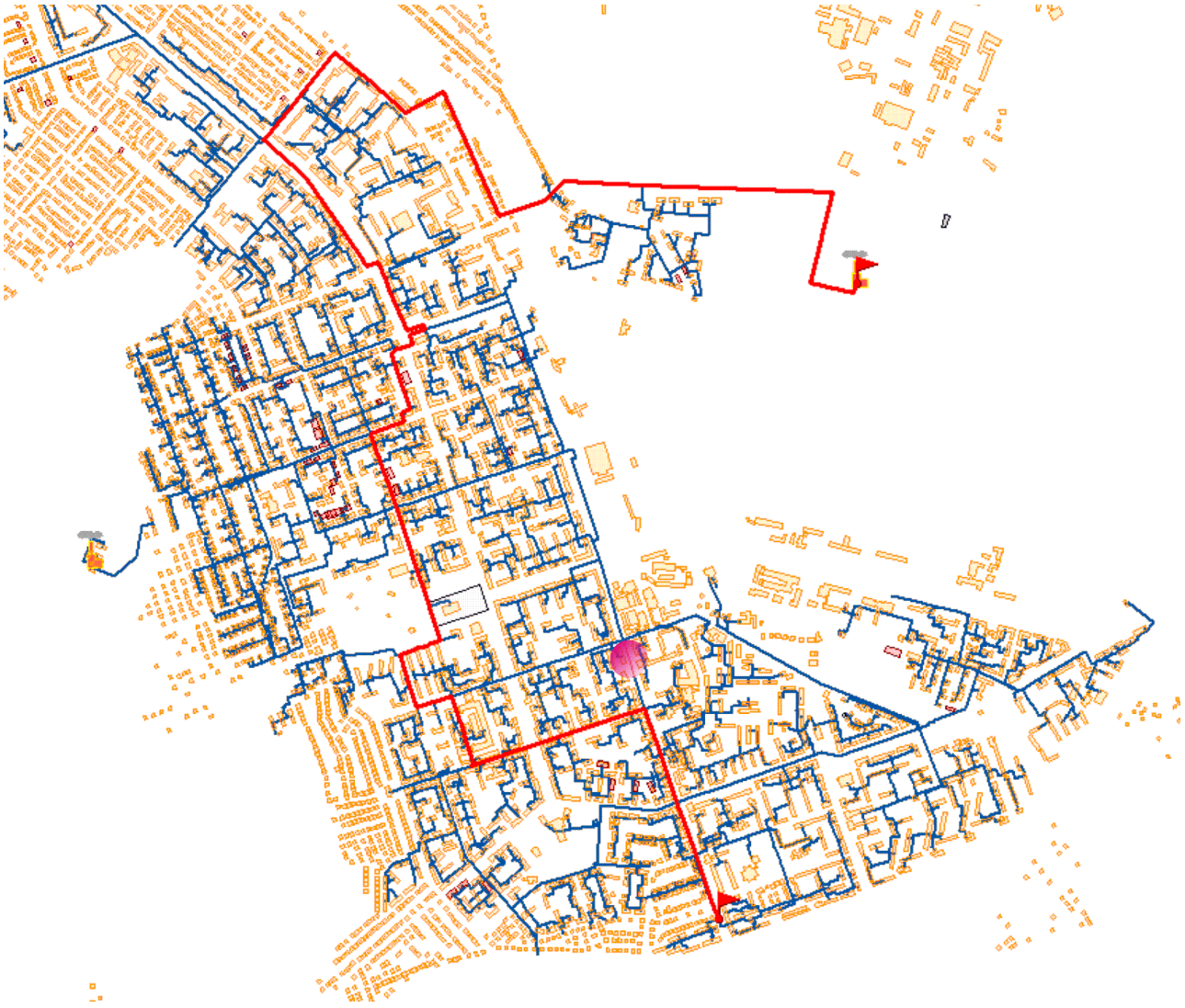

Рис. 3.2. **Отключенный участок уз. 388 – уз. 3102 тепловой сети Орской ТЭЦ-1**

Таблица 3.4. **Результаты гидравлического расчета при отключенном участке уз. 388 – уз. 3102**

№ п/п	Код узла	Располагаемый напор, м
1	ТЭЦ1	120
2		87,161
3		79,176
4	195	55,756
5	194	47,968
6	193	46,626
7		42,387
8	117	42,385
9		42,385

№ п/п	Код узла	Располагаемый напор, м
10	116	39,049
11	115	38,346
12	114	38,195
13	113	37,666
14	112	37,449
15	111	37,137
16	ТП к-ра "Мир"	36,155
17	просп. Ленина 57	35,736
18	204	35,663
19	273	34,787
20	274	33,685
21	275	32,89
22	276	32,657
23	277	32,047
24	278	30,522
25	286	30,295
26	287	29,897
27	288	29,661
28	288А	29,482
29	289	29,017
30	3101В	28,989
31	3101Б	28,413
32	3101А	27,696
33	3101	27,300
34	3100	27,011
35	399а	26,761
36	399	26,730
37	398	26,249
38	396	26,013
39	395а	25,857
40	395	25,362
41		24,592
42		24,362
43		23,518
44		22,901
45		22,684
46	3117	22,576
47	3116	21,628
48	3115	21,155
49		20,627
50	3113	20,485
51	3112	19,705

№ п/п	Код узла	Располагаемый напор, м
52	3104	19,057
53	3103	18,902
54	3130	18,491
55	3131	18,445
56	3142	18,014
57	3164	17,724
58	3165	17,291
59	3166	16,846
60	3167	16,539
61	3168	15,958

3.2.2. Аварийный режим работы тепловой сети котельной №4

Для анализа аварийных режимов работы тепловой сети котельной №4 произведено отключение следующих участков:

- уз.630 – 633 (рис. 3.3);
- уз.603 – 600 (рис. 3.4).

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

1. Отключенный участок уз.630 - 633

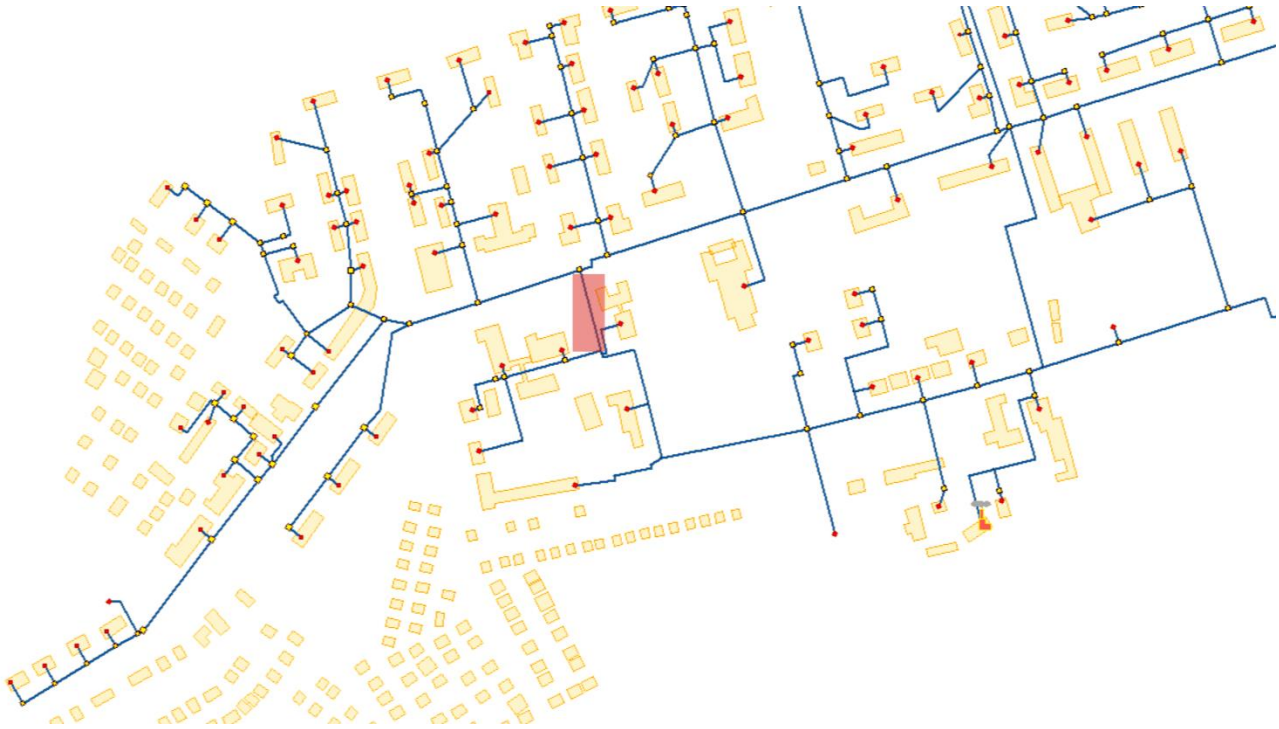

Рис. 3.3. **Отключенный участок уз.630-633 тепловой сети котельной №4**

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.5. В смоделированной аварийной ситуации величина расчетного располагаемого напора достаточна для теплоснабжения потребителей.

Таблица 3.5. **Результаты гидравлического расчета при отключенном участке уз.630-633**

№ п/п	Код узла	Располагаемый напор, м
1	601	88,227
2	602	88,062
3		87,999
4	603	59,077
5	623	58,152
6	625	36,663
7	626	30,208
8	628	12,32
9	630	10,705
10	633	10,358
11	640	9,053
12	641	8,698
13	642	8,556
14	645	8,064
15	645А	7,925
16	646А	7,903
17	646	7,805
18	647А	7,75
19	647	7,749
20	648	7,741
21	649	7,736
22	650	7,721
23	651	7,717

2. Отключенный участок уз.603 - 600

Рис. 3.4. **Отключенный участок уз.603-600 тепловой сети котельной №4**

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.5. В смоделированной аварийной ситуации величина расчетного располагаемого напора достаточна для теплоснабжения потребителей.

Таблица 3.6. **Результаты гидравлического расчета при отключенном участке уз.630-633**

№ п/п	Код абонента	Располагаемый напор, м
1	601	88,227
2	602	88,062
3		88,045
4	603	82,184
5	604	82,098
6	605	82,006
7	606	81,647
8	607	80,916
9	608	80,385
10	609	80,001
11	609А	79,873
12	609Б	79,863
13	668	78,355

№ п/п	Код абонента	Располагаемый напор, м
14	600А	77,412
15		77,411
16		77,408
17		77,407
18	600	77,407

3.2.3. Аварийный режим работы тепловой сети котельной №7

Для анализа аварийных режимов работы тепловой сети котельной №7 произведено отключение следующих участков:

- ТК-I-13 – ТК-I-12 (рис. 3.5);
- ТК-VII-4 – ТК-VII-5 (рис. 3.6)

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

1. Отключенный участок ТК-I-13 – ТК-I-12

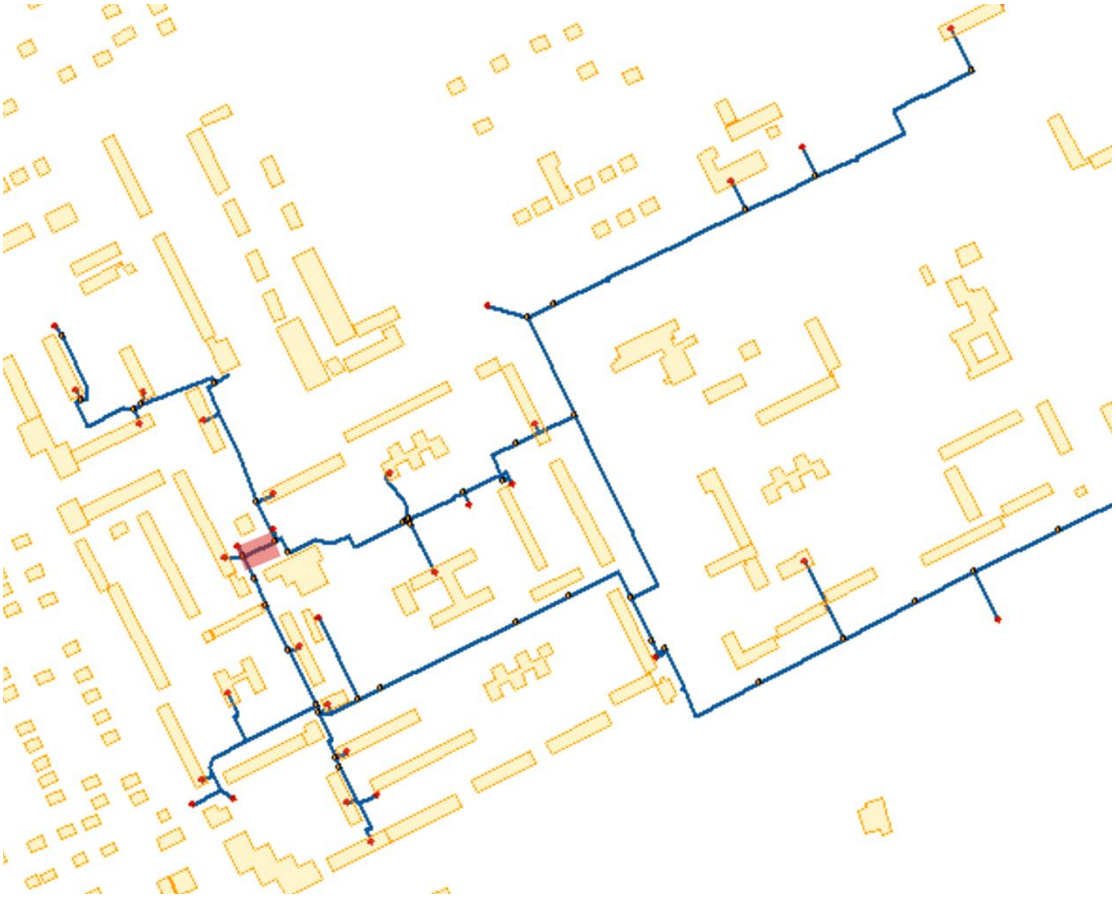

Рис. 3.5. **Отключенный участок ТК-I-13 – ТК-I-12 тепловой сети котельной №7**

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.7. В смоделированной аварийной ситуации величина расчетного располагаемого напора достаточна для теплоснабжения потребителей.

Таблица 3.7. **Результаты гидравлического расчета при отключенном участке ТК-I-13 – ТК-I-12**

№ п/п	Код абонента	Располагаемый напор, м
1	ТК-I-3	85,515
2	ТК-I-4	67,138
3		66,431
4	ТКсм	65,761
5	ТВ-I-5	62,611
6		62,611
7	ТВ-I-4	60,52
8	ТВ-I-2	58,409
9	ТВ-I-1	58,409
10	ТК-I-11	55,924
11	ТК-I-12	55,91
12	ТВ-I-7	54,988
13		53,516
14	ТВ-I-8	53,273
15	ТВ-I-9	52,81
16	ТВ-I-10	52,806
17	ТВ-I-4	52,592
18	ТВ-I-14а	52,478

2. Отключенный участок ТК-VII-4 – ТК-VII-5

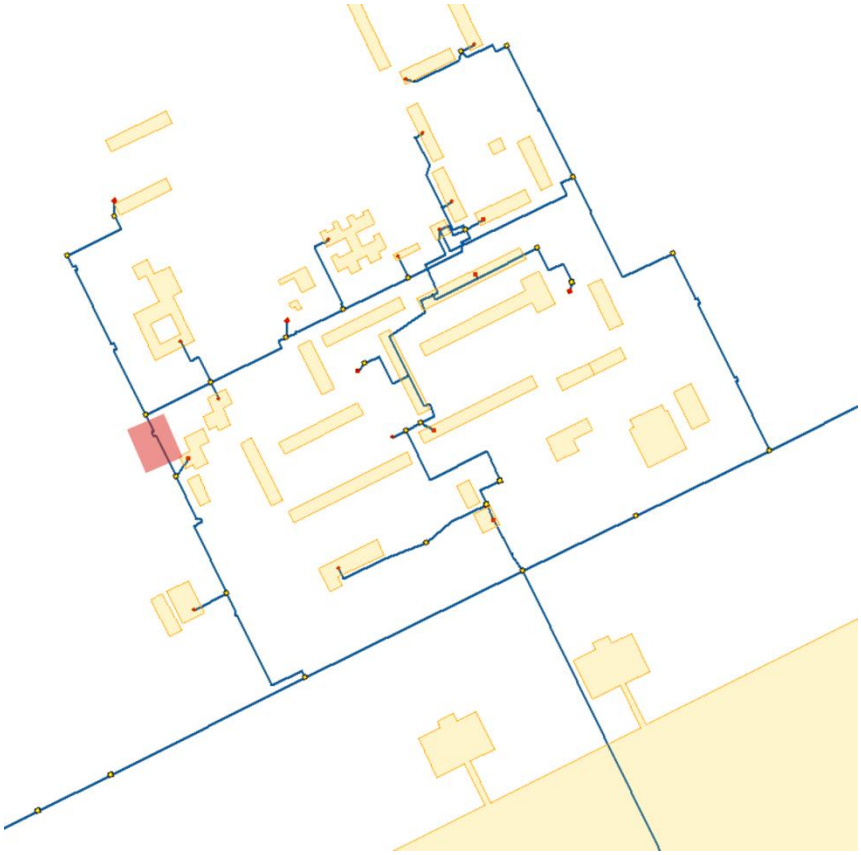

Рис. 3.6. **Отключенный участок ТК-VII-4 – ТК-VII-5 тепловой сети котельной №7**

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.8. В смоделированной аварийной ситуации величина расчетного располагаемого напора достаточна для теплоснабжения потребителей.

Таблица 3.8. **Результаты гидравлического расчета при отключенном участке ТК-VII-4 – ТК-VII-5**

№ п/п	Код абонента	Располагаемый напор, м
1	ТК-1	117,592
2	ЦТП 7а	117,551
3	ТК-VII-1	117,545
4	ТК-VII-2	117,22
5	ТК-VII-16	116,123
6	ТК-VII-18	116,105
7	Самарский пер. 5а	116,08
8	ул. Шалина 5а	116,13
9	ЦТП 7	116,205
10	ТК-VII-12	116,006
11	ТК-VII-11	115,594
12	ТК-VII-10	115,541
13	ТК-VII-9	115,487
14	ТК-VII-8	115,289
15	ТК-VII-5	115,275
16	ТК-VII-6	115,272
17	ТК-VII-7	115,271

3.2.4. Аварийный режим работы тепловой сети котельной №9

Для анализа аварийных режимов работы тепловой сети котельной №9 произведено отключение участка ТК-95 – ТК-95а (рис. 3.7).

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

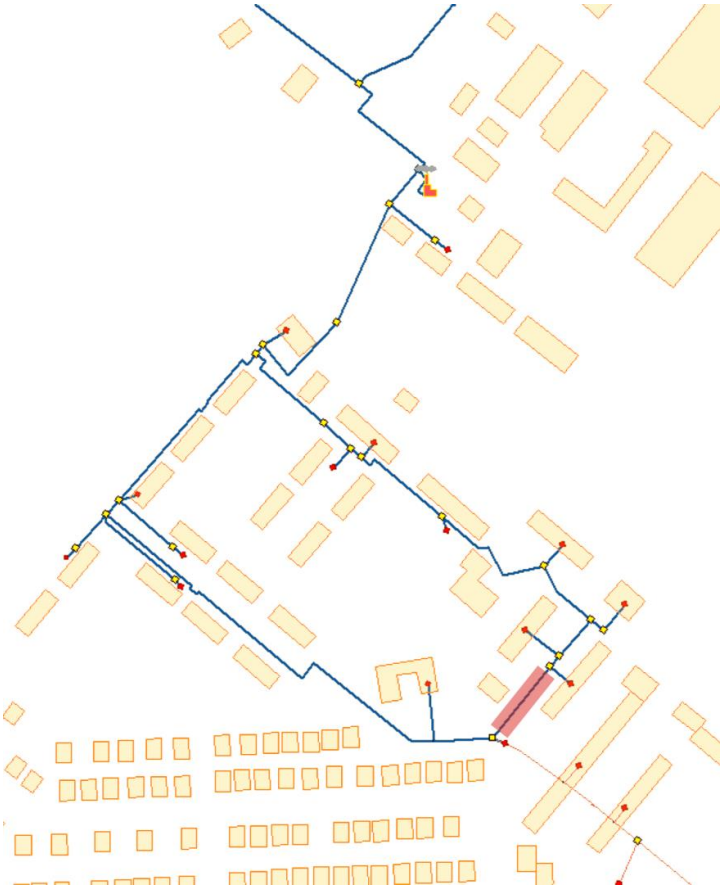

Рис. 3.7. **Отключенный участок ТК-95 – ТК-95а тепловой сети котельной №9**

Результаты гидравлического расчета смоделированной аварийной ситуации представлены в табл. 3.7. В смоделированной аварийной ситуации расчетного располагаемого напора не достаточно для теплоснабжения потребителей.

Таблица 3.9. **Результаты гидравлического расчета при отключенном участке ТК-I-13 – ТК-I-12**

№ п/п	Код абонента	Располагаемый напор, м
1	ТК-71	76,98
2	ТК-72	68,702
3	ТК-76	49,5
4	ТК-80	39,544
5	ТК-81	37,264
6	ТК-84	-71,033
7	ТК-92	-73,401
8		-102,757
9	ТК-95	-111,124

3.3. Выводы по разделу

По результатам моделированныя аварийных ситуаций на резервируемых участках тепловых сетей г. Орск сделаны следующие выводы.

Трубопроводы резервных участков тепловых сетей Орской ТЭЦ-1 имеют значительный запас по пропускной способности, позволяющем обоспечить тепловой энергией конечных потребителей.

Трубопроводы резервных участков тепловых сетей котельных №№ 4, 7 г. Орск имеют значительный запас по пропускной способности, позволяющем обоспечить тепловой энергией конечных потребителей.

Резервный участок ТК-71 – ТК-80 – ТК-95 тепловой сети котельной №9 имеет недостаточную пропускную способность для теплоснабжения потребителей в аварийной ситуации.

Раздел 4. Перспективные показатели надежности теплоснабжения

4.1. Обоснование перспективных показателей надежности

Перспективные (плановые) показатели надежности устанавливаются регулирующими органами на каждый расчетный период регулирования в пределах долгосрочного периода регулирования. Плановые значения показателей надежности определяются для каждой регулируемой организации исходя из:

- средних фактических значений показателей надежности за те расчетные периоды регулирования в пределах долгосрочного периода регулирования (расчетные значения – для плановых значений на первый долгосрочный период регулирования), по которым имеются отчетные данные на момент определения плановых значений на следующий долгосрочный период регулирования;

- динамики улучшения значений;

- корректировке в текущем расчетном периоде регулирования плановых значений показателей, установленных на следующий расчетный период регулирования, с учетом фактических значений показателей за предшествующий расчетный период регулирования.

Плановые значения показателей на каждый расчетный период регулирования в пределах долгосрочного периода регулирования для первого долгосрочного периода регулирования, когда множитель (1-р) не применяется, определяются по формуле:

$$П_t^{пл} = П_d^{пл} \cdot (1-p)^{t-d}, \quad (4.1)$$

где $П_d^{пл}$ - устанавливаемое регулирующим органом плановое значение по каждому показателю надежности на расчетный период регулирования в рамках долгосрочного периода регулирования, начинающегося в году *d*,

$$П_d^{пл} = \sum_{j=1}^{n} П_{t-j-1}^{ф} \cdot (1-p)^j \frac{1}{n}, \quad (4.2)$$

где $П_t^{пл}$ - фактические значения показателей надежности, расчитанные для каждого расчетного периода регулирования кроме последнего в пределах предшествующего долгосрочного периода регулирования (для одного или двух предшествующих расчетных периодов и без применения сомножителя *(1-р)* для первого долгосрочного периода регулирования),

n – число расчетных периодов регулирования в пределах предшествующего долгосрочного регулирования, по которым имеются отчетные данные на момент установления плановых значений на долгосрочный период регулирования, начинающийся в году *d*. В случае отсутствия фактических данных у регулируемой организации для первого расчетного периода регулирования, на который устанавливаются плановые значения в рамках первого долгосрочного периода регулирования, плановое значение соответствующего показателя устанавливается по имеющимся фактическим данным за неполный расчетный период, предшествующий первому расчетному периоду регулирования, с приведением указанных данных до значений за полный период,

p – коэффициент улучшения показателей надежности, определяющий плановую динамику улучшения (не применяется в случае достижения неулучшаемых значений показателей) значений показателей, задается в соответствии с табл. 4.1.

Таблица 4.1. **Определение коэффициента улучшения для групп показателей надежности**

Группа показателей	Коэффициент улучшения для регулируемых организаций	
	Производители тепловой энергии (без собственных теплосетей)	Теплосетевые организации (возможно с собственными источниками тепла)
Показатели уровня надежности	0,02	0,015
Показатели уровня качества	0,03	0,03

Корректировка плановых значений показателей, установленных на каждый расчетный период регулирования, осуществляется по формуле:

$$П^{к}_{t+1} = \begin{cases} П^{пл}_{t+1}, \text{ если } П^{ф}_{t-1} \le П^{к}_{t-1} \text{ и нет корректировки НВВ}; \\ \max\{П^{ф}_{t-1} \cdot (1-p), П^{к}_{t}\} \cdot (1-p), \text{ если } П^{к}_{t-1} < П^{ф}_{t-1} < П^{пл}_{t-2}; \\ \max\{П^{к}_{t}, П^{пл}_{t-1}\}, \text{ если } \max\{П^{к}_{t-1}, П^{пл}_{t-2}\} < П^{ф}_{t-1}; \\ \min\{П^{пл}_{t+1}, П^{ф}_{t-1} \cdot (1-p)^2\} \text{ при достижении плановых значений по всем показателям со значительным улучшением в году } (t-1) \text{ и соответствующей корректировке НВВ на год } (t+1); \end{cases}, \quad (4.3)$$

где НВВ – необходимая валовая выручка,

$П^{к}_{t+1}$ - скорректированное плановое значение по каждому показателю надежности на расчетный период регулирования (t+1),

$П^{ф}_{t-1}$ - фактические значения показателей надежности, расчитанные по отчетным данным предыдущего расчетного периода регулирования (t-1).

Плановое значение показателя уровня надежности считается достигнутым регулироемой организацией по результатам расчетного периода регулирования, если фактическое значение показателя соответствует скорректированному плановому значению этого показателя с коэффициентом (1+c), где c – величина допустимого отклонения.

Величина допустимого отклонения устанавливается равной:

- 0,5 на 2011 – 2013 гг. и 0,25 с 2014 г. – для показателей уровня надежности, учитываемых в 2014 г.;

- 0,4 на 2012 – 2015 гг., 0,25 на 2016 – 2022 гг. и 0,2 с 2021 г. – для остальных показателей уровня надежности.

4.2. Перспективные показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии

Значения перспективных (плановых) показателей надежности, определяемых числом нарушений в подаче тепловой энергии ($P_ч$) для МУП «ОПТС» (без учета корректировки НВВ), приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2. **Значения перспективных (плановых) показателей надежности ($P_ч$) для МУП «ОПТС» на период 2014-2018 гг.**

Предыдущий долгосрочный период	Фактическое значение показателя, $P_ч$	Очередной долгосрочный период				
2010 г.	0,000713					
2011 г.	0,000716					
2012 г.	0,000728					
2013 г.	0,000724					
Среднее значение показателя за предыдущий долгосрочный период, $П_d^{пл}$	0,000720	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Плановое значение, $П_t^{пл}$		0,000720	0,000714	0,000707	0,000701	0,000694
Скорректированное плановое значение, $П_{t+1}^{к}$		0,000714	0,000707	0,000701	0,000694	0,000688
Считается достигнутым, $P_S^к \cdot (1+c)$		0,000892	0,000884	0,000876	0,000868	0,000860
Считается достигнутым со значительным улучшением, $P_S^к \cdot (1-c)$		0,000535	0,000530	0,000526	0,000521	0,000516

В табл. 4.3 приведены фактические значения количества технологических нарушений в отопительных периодах 2010 – 2013 гг. и результаты расчета перспективных (плановых) значений числа технологических нарушений в очередном (2014 – 2018 гг.) долгосрочном периоде, которые соответствуют перспективным численным значениям показателя Рч табл. 4.2.

Таблица 4.3. **Количество технологических нарушений МУП «ОПТС»**

Количество технологических нарушений	Предыдущий долгосрочный период				Очередной долгосрочный период				
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Фактическое значение количества технологических нарушений в отопительном периоде	79	78	82	79					

Количество технологических нарушений	Предыдущий долгосрочный период				Очередной долгосрочный период				
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Среднее фактическое значение количества технологических нарушений в отопительном периоде	80								
Критически допустимое значение количества технологических нарушений в отопительном периоде					110	107	105	102	99
Плановое (скорректированное) значение количества технологических нарушений в отопительном периоде					80	78	76	74	72
Целевое значение количества технологических нарушений в отопительном периоде					48	47	46	44	43
Фактическое значение количества технологических нарушений в неотопительном периоде	9	11	10	12					
Среднее фактическое значение количества технологических нарушений в неотопительном периоде	11								
Критически допустимое значение количества технологических нарушений в неотопительном периоде					15	14	14	12	12
Плановое (скорректированное) значение количества технологических нарушений в неотопительном периоде					11	10	10	9	9
Целевое значение количества технологических нарушений в неотопительном периоде					7	6	6	5	5

Графические зависимости результатов расчета численных значений перспективных (плановых) значений показателя надежности $P_ч$ МУП «ОПТС» на период 2014 - 2018 гг. и соответствующих им фактических, средних, перспективных критически допустимых и скорректированных плановых значений количества технологических нарушений в отопительных периодах очередного долгосрочного периода представлена на рис. 4.1.

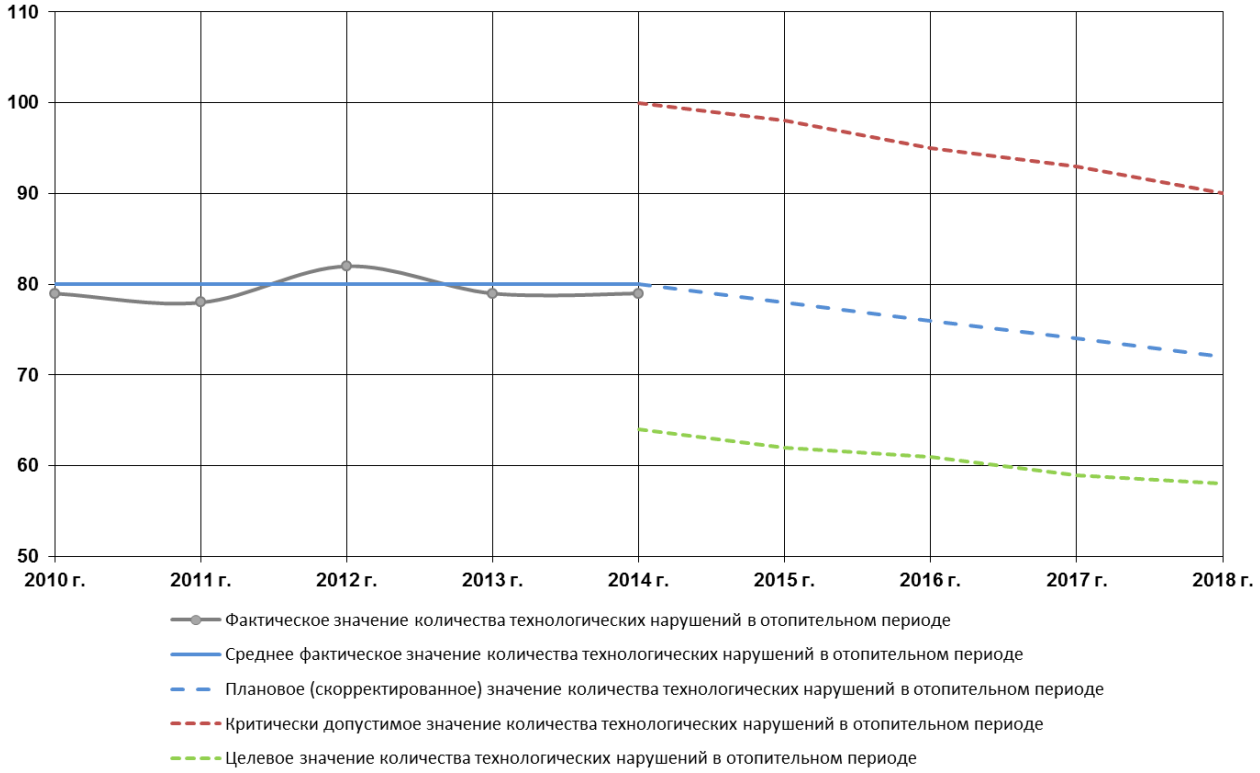

Рис. 4.1. **Перспективные (плановые) значения показателя надежности $P_ч$ для МУП «ОПТС»**

4.3. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии

Значения перспективных (плановых) показателей надежности, определяемых приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии ($P_п$) для МУП «ОПТС» (без учета корректировки НВВ), приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4. **Значения перспективных (плановых) показателей надежности ($P_п$) для МУП «ОПТС» на период 2014-2018 гг.**

Предыдущий долгосрочный период	Фактическое значение показателя, $P_п$	Очередной долгосрочный период				
2010 г.	0,000696					
2011 г.	0,000664					
2012 г.	0,000615					
2013 г.	0,000599					
Среднее значение показателя за предыдущий долгосрочный период, $П_d^{пл}$	0,000644	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Плановое значение, $П_t^{пл}$		0,000644	0,000632	0,000615	0,000599	0,000583
Скорректированное плановое значение, $П_{t+1}^{к}$		0,000632	0,000615	0,000599	0,000583	0,000568

Считается достигнутым, $P_S^к \cdot (1+c)$	0,000790	0,000769	0,000749	0,000729	0,000710
Считается достигнутым со значительным улучшением, $P_S^к \cdot (1-c)$	0,000474	0,000461	0,000449	0,000437	0,000426

В табл. 4.5 приведены фактические значения суммарной продолжительности прекращения подачи тепловой энергии в отопительных периодах 2010 – 2013 гг. и результаты расчета перспективных (плановых) значений суммарной продолжительности прекращения подачи тепловой энергии в отопительных периодах 2014 – 2018 гг., которые соответствуют перспективным численным значениям показателя Рч табл. 4.4.

Таблица 4.5. **Суммарная продолжительность прекращения подачи тепловой энергии для МУП «ОПТС»**

Суммарная продолжительность прекращения подачи тепловой энергии в отопительном периоде	Предыдущий долгосрочный период				Очередной долгосрочный период				
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Фактическое значение суммарной продолжительности прекращения подачи тепловой энергии в отопительном периоде, ч	86	82	76	74					
Среднее фактическое значение суммарной продолжительности прекращения подачи тепловой энергии в отопительном периоде, ч	80								
Критически допустимое значение суммарной продолжительности прекращения подачи тепловой энергии в отопительном периоде, ч					109	106	103	101	98
Плановое (скорректированное) значение суммарной продолжительности прекращения подачи тепловой энергии в отопительном периоде, ч					80	78	76	74	72
Целевое значение суммарной продолжительности прекращения подачи тепловой энергии в отопительном периоде, ч					53	51	50	49	48

Графические зависимости результатов расчета численных значений перспективных (плановых) значений показателя надежности $Р_п$ МУП «ОПТС» на период 2014 - 2018 гг. и соответствующих им фактических, средних, перспективных критически допустимых и скорректированных плановых значений суммарной продолжительности прекращений подачи тепловой энергии в отопительных периодах очередного долгосрочного периода представлена на рис. 4.2.

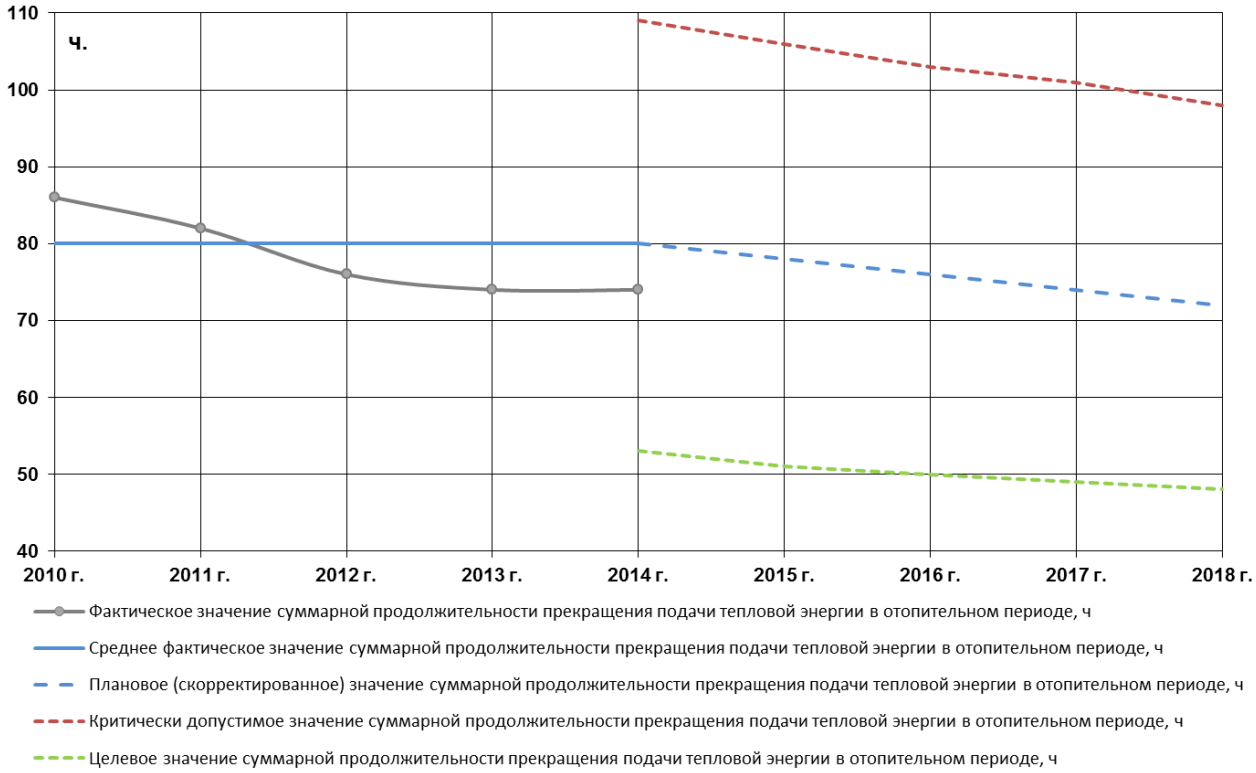

Рис. 4.2. **Перспективные (плановые) значения показателя надежности $P_п$ для МУП «ОПТС»**

4.4. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенным объемом недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии

Значения перспективных (плановых) показателей надежности, определяемых приведенным объемом недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии ($P_о$) для МУП «ОПТС» (без учета корректировки НВВ), приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6. **Значения перспективных (плановых) показателей надежности ($P_о$) для МУП «ОПТС» на период 2014-2018 гг.**

Предыдущий долгосрочный период	Фактическое значение показателя, $P_п$	Очередной долгосрочный период				
2010 г.	0,000063					
2011 г.	0,000056					
2012 г.	0,000053					
2013 г.	0,000051					
Среднее значение показателя за предыдущий долгосрочный период, $П_d^{пл}$	0,000056	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Плановое значение, $П_t^{пл}$		0,000056	0,000053	0,000052	0,000050	0,000049
Скорректированное плановое значение, $П_{t+1}^{к}$		0,000053	0,000052	0,000050	0,000049	0,000049

Считается достигнутым, $P_S^K \cdot (1+c)$	0,000066	0,000065	0,000063	0,000061	0,000061
Считается достигнутым со значительным улучшением, $P_S^K \cdot (1-c)$	0,000040	0,000039	0,000038	0,000037	0,000037

В табл. 4.7 приведены фактические значения объема недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии в отопительных периодах 2010 – 2013 гг. и результаты расчета перспективных (плановых) значений объема недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии в отопительных периодах 2014 – 2018 гг., которые соответствуют перспективным численным значениям показателя Ро табл. 4.6.

Таблица 4.7. **Приведенный объем недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии МУП «ОПТС»**

Приведенный объем недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии за отопительный период	Предыдущий долгосрочный период				Очередной долгосрочный период				
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Фактическое значение приведенного объема недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии в отопительном периоде, тыс. Гкал	7,80	6,90	6,50	6,30					
Среднее фактическое приведенного объема недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии в отопительном периоде, тыс. Гкал	6,88								
Критически допустимое значение приведенного объема недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии в отопительном периоде, тыс. Гкал					9,26	8,98	8,71	8,45	8,19
Плановое (скорректированное) значение приведенного объема недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии в отопительном периоде, тыс. Гкал					6,81	6,60	6,40	6,21	6,03
Целевое значение приведенного объема недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии в отопительном периоде, тыс. Гкал					4,49	4,36	4,23	4,10	3,98

Графические зависимости результатов расчета численных значений перспективных (плановых) значений показателя надежности P_o МУП «ОПТС» на период 2014 - 2018 гг. и соответствующих им фактических, средних, перспективных критически допустимых и скорректированных плановых значений объемов недоотпуска тепла в результате

нарушений в подаче тепловой энергии в отопительных периодах очередного долгосрочного периода представлена на рис. 4.3.

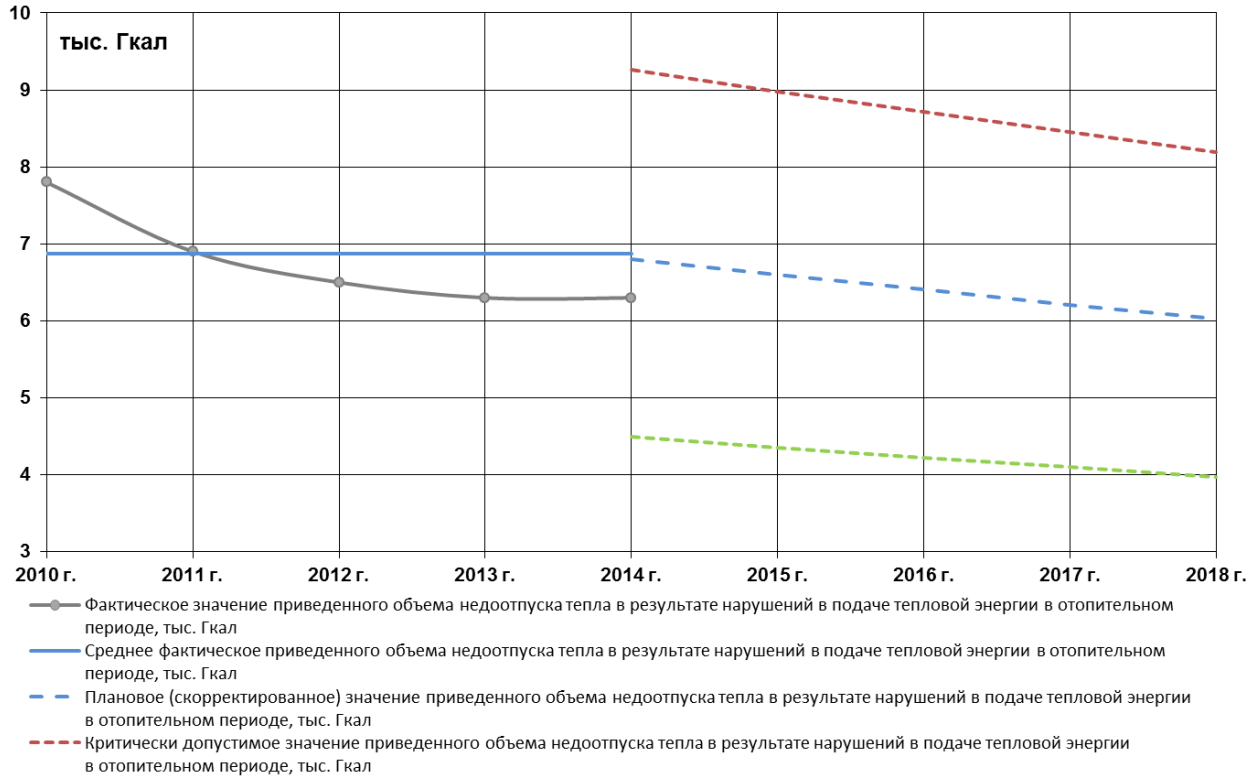

Рис. 4.3. **Перспективные (плановые) значения показателя надежности P_o для МУП «ОПТС»**

4.5. Перспективные показатели надежности, определяемые средневзвешенной величиной отклонений температуры теплоносителя в результате нарушений в подаче тепловой энергии

В соответствии с п. 4.1 «Методических указаний» перспективные показатели, определяемые средневзвешенной величиной отклонений температуры теплоносителя в результате нарушений в подаче тепловой энергии, вычисляются по фактическим значениям этих показателей в предыдущих расчетных периодах, но не ранее 2014 г. [6].

4.6. Выводы по разделу

Оценка надежности теплоснабжения потребителей г. Орск, выполненная в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 22 февраля 2012 г. №154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» [3], а также Приказом Министра регуионального развития РФ «Об утверждении методических указаний по расчету уровня надежности и качества поставляемых товаров, оказываемых услуг для организаций, осуществляющих деятельность по производству и (или) передаче тепловой энергии, позволяет сделать следующие выводы.

Исходя из основных положений «Методических указаний» [6], предлагаемые для оценки надежности теплоснабжения потребителей г. Орск все расчетные зависимости по определению значений показателей уровня надежности поставок тепловой энергии прямопропорционально связаны с количеством технологических нарушений, происходящих на оборудовании производителей и поставщиков тепловой энергии в течении расчетного периода регулирования. Каждое анализируемое технологическое нарушение влечет за собой отключение потребителей на определенный промежуток времени с соответствующей недопоставкой определенного объема тепловой энергии. При этом суммарная продолжительность прекращения подачи тепловой энергии и объем недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии в отопительном периоде как факторы расчетных зависимостей технологически и функционально связаны между собой и с количеством технологических нарушений. Поэтому предотвращение технологических нарушений уменьшит значения всех расчитываемых показателей и позволит повысить уровень надежности поставок тепловой энергии до плановых значений.

В системе теплоснабжения г. Орск более 90% технологических нарушений возникает в тепловых сетях, то очевидным выводом является необходимость концентрации усилий теплоснабжающих организаций на обеспечении:

- замены теплопроводов, срок эксплуатации которых превышает 25 лет, при этом темп перекладки должен соответствовать темпу их старения;
- эксплуатации с ведением современных методов контроля и диагностики технического состояния, проведения технического обслуживания, ремонтов и испытаний;
- внедрения современных методов технологий замены трубопроводов, повышения квалификации персонала аварийно-восстановительной службы;
- использования аварийного и резервного оборудования, в том числе на источниках теплоты, тепловых сетях и у потребителей.

Более подробно общие положения по обеспечению надежности систем теплоснабжения изложены в Разделе 5 настоящей Книги.

Раздел 5. Предложения, обеспечивающие надежность систем 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.

5.1. Качество элементов системы теплоснабжения

Статистические данные о причинах технологических нарушений в системах теплоснабжения объектов ЖКХ г. Орск 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 спой, 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, тройникоа 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 перемьнек 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°С 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°С 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 подлиточной 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.

5.2. Резервирование в системе теплоснабжения

В соответствии со СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» в системах теплоснабжения используются следующие способы резервирования [5]:

- 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 третей категории, обеспечиваются электро- и водоснабжением по двум независимым вводам от разных источников и запасами резереного топлива. Кроме того, для теплоснабжения потребителей первой категории устанавливаются местные резервные (аварийные) источники теплоты (стационарные или передвижные). При этом допускается резервирование, обеспечивающее в аварийных ситуациях 100%-ную подачу теплоты от других тепловых сетей. При резервировании теплоснабжения промышленных предприятий, как правило, используются местные резервные (аварийные) источники теплоты.

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

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

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

При авариях в системе электроснабжения надежность теплоснабжения потребителей значительно повышается при использовании в качестве резервных и аварийных источников передвижных электрических станций. Электрическая мощность станций соответствует

мощности электрооборудования, включенного для обеспечения рабочего режима котельной и тепловой сети.

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

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

$$Q = q_x Q_p, \qquad (5.1)$$

или

$$Q = G_p \, c \, p \left(t_1^p - t_2^p\right) q_x 10^{-6}, \text{ Гкал/ч} \qquad (5.2)$$

где Gp - расчетный расход теплоносителя в системе отопления, м^3; с - теплоемкость воды. ккал/(ч·°С); р- плотность воды, кг/м^3; q_x - относительный расход тепла, необходимый для поддержания минимально допустимой температуры воздуха в помещениях; t_1^p, t_2^p - расчетные температуры воды в подающем и обратном трубопроводах системы отопления (t_1^p = 95°С; t_2^p = 70°С), Q_p - расчетный (максимальный) расход тепла в системе отопления, Гкал/ч.

Гидродинамические давления, создаваемью насосами мобильных котельных, не должны превышать допустимых значений давлений в системе отоппения (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 электропотребпения;

- установка непосредственно в отапливаемых помещениях электрических теплоинерционных доводчиков, потребляющих электроэнершю 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 теплопотерь. Также резервы аккумулирования тепла ограничены размерами самого аккумулятора. Применение схем с тепловыми насосами (по сравнению с прямым электроподогревом) снижает потребление электроэнергии, но в этом случае наступает ограничение по теплосъему (температуре обратной воды тепловой сети) и по режимам работы тепловых насосов.

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

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

водоснабжения в ЦТП может поддерживать температуру теплоносителя на расчетном или близком к нему уровне. Для потребителей первой категории предусматривается индивидуальная регулировка в их местных тепловых пунктах.

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

Прокладка резервных трубопроводных связей как в тепловых сетях одного района теплоснабжения, так и смежных теплосетевых районов города обеспечивает непрерывное теплоснабжение потребителей со значительным снижением недоотпуска теплоты во время аварий. Количество и диаметры перемычек определяются, исходя из нормальных и аварийных режимов работы сети, с учетом снижения расхода теплоносителя в соответствии с данными, представленными в табл. 5.1. 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 [5].

Таблица 5.1. **Допустимое снижение подачи теплоты в аварийных режимах**

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 те¬пла. В системах теплоснабжения от крупных источников теплоты (мощностью 300 Гкал/ч и более) устраиваются узлы распределения с двухсторонним присоединением к тепловой сети, обеспечивающим в случае аварии подачу тепла через перемычки между магистралями, а в идеальном случае - путем подключения к двум магистралям. Наличие в тепловой сети

узлов распределения позволяет получить управляемую систему теплоснабжения, т.е. обеспечить возможность точного распределения циркулирующей воды в нормальном и аварийном режимах, а при совместной работе теплоисточников - возможность изменения режима работы сети в широких пределах. Подключение центральных тепловых пунктов к распределительным тепловым сетям может выполняться аналогичным образом, то есть с двухсторонним подключением ЦТП и устройством соответствующих перемычек.

Структурное резервирование разветвленных тупиковых тепловых сетей осуществляется делением последовательно соединенных участков теплопроводов секционирующими задвижками. К полному отказу тупиковой тепловой сети приводят лишь отказы головного участка и головной задвижки теплосети. Отказы других элементов основного ствола и головных элементов основных ответвлений теплосети приводят к существенным нарушениям ее работы, но при этом остальная часть потребителей получает тепло в необходимых количествах. Отказы на участках небольших ответвлений приводят только к незначительным нарушениям теплоснабжения, и отражается на обеспечении теплом небольшого количества потребителей. Возможность подачи тепла неотключенным потребителям в аварийных ситуациях обеспечивается использованием секционирующих задвижек. Задвижки устанавливаются по ходу теплоносителя в начале участка после ответвления к потребителю. Такое расположение позволяет подавать теплоноситель потребителю по этому ответвлению при отказе последующего участка теплопровода.

5.3. Установка баков-аккумуляторов горячей воды

Повышению надежности функционирования систем теплоснабжения в определенной мере способствует применение теплогидоракумулирующих 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 [8].

Размещение баков-аккумуляторов горячей воды возможно как на источнике теплоты, так и в районах теплопотребления. При этом на источнике теплоты преду¬сматриваются 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 теллопотребления 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.

5.4. 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 сетей 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).

5.5. 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°С в течение ремонтно-восстановительного периода после отказов принимается в соответствии с табл. 5.2 [5].

Таблица 5.2. **Допускаемое снижение подачи теплоты в зависимости от диаметра трубопроводов и расчетной температуры наружного воздуха**

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 ис¬точников, 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 теплопотребления 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/см^2). Температура воды 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.

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».
4. Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения, утверждённые приказом Минэнерго России от 29 декабря 2012 г.
5. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. – Введ. 2003-01-03. – М.: Госстрой России.
6. Методические указания по расчету уровня надежности и качества поставляемых товаров, оказываемых услуг для организаций, осуществляющих деятельность по производству и (или) передаче тепловой энергии. Утв. Приказом Министра регионального развития РФ.
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).