



**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
ГОРОДА КЕМЕРОВО ДО 2033 ГОДА  
(АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2021 ГОД)**

**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**ГЛАВА 11  
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей и сооружений на них.....	4
2. Обоснование метода и результатов обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения.....	5
3. Обоснование метода и результатов обработки данных по восстановлению отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения.....	6
4. Обоснование результатов оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам. .8	
4.1. Расчет надежности теплоснабжения нерезервируемых участков тепловой сети...8	
4.2. Расчет надежности теплоснабжения резервируемых участков тепловой сети.....12	
4.3. Расчет показателей надежности тепловых сетей от теплоисточников.....14	
4.3.1. Кемеровская ТЭЦ.....16	
4.3.2. Кемеровская ГРЭС и Ново-Кемеровская ТЭЦ.....21	
4.3.3. Котельные АО «Теплоэнерго».....22	
5. Обоснование результатов оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки.....	67
6. Обоснование результатов оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии.....	89
7. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения.....	91
7.1. Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих готовность энергетического оборудования.....	91
7.1.1. Источники комбинированной выработки электрической и тепловой энергии.....	91
7.1.2. Котельные.....	91
7.2. Установка резервного оборудования.....	92
7.3. Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть.....	92
7.4. Резервирование тепловых сетей смежных районов городского округа.....	92

7.5. Устройство резервных насосных станций.....	93
7.6. Установка баков-аккумуляторов.....	93

# **1. ОПИСАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОКАЗАТЕЛЯХ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗА ПЕРИОД, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ АКТУАЛИЗАЦИИ СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, С УЧЕТОМ ВВЕДЕННЫХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НОВЫХ И РЕКОНСТРУИРОВАННЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ НА НИХ**

Структура главы скорректирована с учетом ПП РФ от 16.03.2018 № 276 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам разработки и утверждения схем теплоснабжения в ценовых зонах теплоснабжения» и Приказа Министерства энергетики РФ от 5 марта 2019 г. № 212 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения».

В базовой версии пересчет показателей надежности не производился по сравнению с первичной версией, несмотря на выход модуля надежности в ПРК ZuluThermo (разработанного в соответствии с Методикой и алгоритмом расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов АО «Газпром промгаз»). При актуализации Схемы теплоснабжения на 2021 г. выполнен пересчет показателей надежности.

## **2. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ОТКАЗАМ УЧАСТКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ (АВАРИЙНЫМ СИТУАЦИЯМ), СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ ОТКАЗОВ УЧАСТКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ (АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ) В КАЖДОЙ СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Оценка надежности теплоснабжения по существующему положению представлена в разделе 9 Главы 1 Обосновывающих материалов Схемы теплоснабжения.

Для оценки надежности теплоснабжения, с точки зрения численности отказов на участках тепловых сетей, применен количественный метод анализа. Данный метод направлен на выявление динамики изменения частоты отказов (аварий) на составных элементах тепловой сети (шт.).

Одной из проблем надежного теплоснабжения потребителей в зоне действия ТЭЦ являются высокие значения отказов на тепловых сетях и отсутствие положительной динамики сокращения числа инцидентов.

Необходимо отметить следующее:

1) На тепловых сетях АО «Теплоэнерго» (зона ЕТО № 04) наблюдается стабильно низкая интенсивность отказов, которая находится в диапазоне  $0,05 \div 0,132$  шт./(\(\text{км}\cdot\text{год}\)).

2) Динамика отказов в сетях от филиала АО «Кузбассэнерго»-«Кемеровская теплосетевая компания» нестабильна. Максимум зафиксирован в 2017 г. – 0,37 шт./(\(\text{км}\cdot\text{год}\)). За 2015 зафиксирован минимум – 0,245 шт./(\(\text{км}\cdot\text{год}\)).

3) По зонам ЕТО №№ 03, 06, 11 АО «Теплоэнерго» в целом инцидентов не зафиксировано.

### **3. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЯМ ОТКАЗАВШИХ УЧАСТКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ (УЧАСТКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, НА КОТОРЫХ ПРОИЗОШЛИ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ), СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОТКАЗАВШИХ УЧАСТКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В КАЖДОЙ СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

По категории отключений потребителей, инциденты на тепловых сетях классифицируются на:

- отказы (инциденты, которые не считаются авариями);
- аварии.

В соответствии с п. 2.10 Методических рекомендаций по техническому расследованию и учету технологических нарушений в системах коммунального энергоснабжения и работе энергетических организаций жилищно-коммунального комплекса МДК 4-01.2001:

*«2.10. Авариями в тепловых сетях считаются:*

*2.10.1. Разрушение (повреждение) зданий, сооружений, трубопроводов тепловой сети в период отопительного сезона при отрицательной среднесуточной температуре наружного воздуха, восстановление работоспособности которых продолжается более 36 часов».*

Согласно сведениям теплосетевых и теплоснабжающих организаций за 2014-2018 гг. аварийных ситуаций не возникало. Происходили только отказы.

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

Среднее время, затраченное на восстановление теплоснабжения потребителей после аварийных отключений в отопительный период, зависит от характеристик трубопровода отключаемой теплосети. Нормативный перерыв теплоснабжения (с момента обнаружения, идентификации дефекта и подготовки рабочего места, включающего в себя установление точного места повреждения (со вскрытием канала) и начала операций по локализации поврежденного трубопровода) регламентирован п. 6.10 СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 и представлен в таблице 3-1.

Существующая статистика учета отказов теплосетевыми организациями не позволяет проанализировать поток (частоту) и время восстановления теплоснабжения

потребителей после отключений, т.к. в базах данных не указывается начало и окончание времени аварийно-восстановительных работ. Согласно сведениям теплосетевых и теплоснабжающих организаций за 2014-2019 гг. фактическое время восстановления работоспособности тепловых сетей в целом соответствует нормативам, представленным выше.

**Таблица 3-1 – Среднее время, затраченное на восстановление теплоснабжения потребителей после аварийных отключений**

<b>Диаметр труб тепловых сетей, мм</b>	<b>Время восстановления теплоснабжения, ч</b>
300	15
400	18
500	22
600	26
700	29
800-1000	40
1200-1400	до 54

#### 4. ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА (АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ) И БЕЗОТКАЗНОЙ (БЕЗАВАРИЙНОЙ) РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПОТРЕБИТЕЛЯМ, ПРИСОЕДИНЕННЫМ К МАГИСТРАЛЬНЫМ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМ ТЕПЛОПРОВОДАМ

##### 4.1. Расчет надежности теплоснабжения нерезервируемых участков тепловой сети

В настоящее время методика оценки надежности, утвержденная Приказом Минэнерго России и Минрегиона России от 29.12.2012 № 565/667 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке схем теплоснабжения» и Приказом Министерства энергетики РФ от 5 марта 2019 г. № 212 "Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения», являются наиболее достоверными и реалистичными поскольку позволяет оценивать надежность относительно конечных потребителей тепловой энергии и учитывать территориальные особенности расположения потребителей.

В соответствии с п. 6.25 СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»:

*«способность проектируемых и действующих источников теплоты, тепловых сетей и в целом СЦТ обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) следует определять по трем показателям (критериям): вероятности безотказной работы [P], коэффициенту готовности [Kг], живучести [Ж]».*

Представленная ниже методика внедрена в ZuluThermo, посредством модуля расчета надежности.

В соответствии со СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» СП 124.13330.2012 расчет надежности теплоснабжения должен производиться для каждого потребителя, при этом минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать (пункт «6.26») для:

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

Расчет вероятности безотказной работы тепловой сети по отношению к каждому потребителю осуществляется по следующему алгоритму:

1. Определяется 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 восстановлением (времени, затраченном на ремонт участка) всех участков тепловых сетей за несколько лет их работы устанавливаются следующие зависимости:

- $\lambda_0$  – 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;

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

- средневзвешенная продолжительность ремонта (восстановления) участков тепловой сети;

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

Частота (интенсивность) отказов (в соответствии с ГОСТ 27.002-09 «Надежность в технике») каждого участка тепловой сети измеряется с помощью показателя  $\lambda_i$ , который имеет размерность [1/км/год] или [1/км/час]. Интенсивность отказов всей тепловой сети (без резервирования) по отношению к потребителю представляется как последовательное (в смысле надежности) соединение элементов, при котором отказ одного из всей совокупности элементов приводит к отказу все системы в целом. Средняя вероятность безотказной работы системы, состоящей из последовательно соединенных элементов, будет равна произведению вероятностей безотказной работы:

$$P_c = \prod_{i=1}^{i=N} P_i = e^{-\lambda_1 L_1 t} \times e^{-\lambda_2 L_2 t} \times \dots \times e^{-\lambda_n L_n t} = e^{-t \times \sum_{i=1}^{i=N} \lambda_i L_i} = e^{-\lambda_c t}, \quad (4.1)$$

Интенсивность отказов всего последовательного соединения равна сумме интенсивностей отказов на каждом участке  $\lambda_c = L_1 \lambda_1 + L_2 \lambda_2 + \dots + L_n \lambda_n$ , [1/час], где  $L_i$  – протяженность каждого участка, [км]. И, таким образом, чем выше значение интенсивности отказов системы, тем меньше вероятность безотказной работы. Параметр времени в этих выражениях всегда равен одному отопительному периоду, т.е. значение вероятности

безотказной работы вычисляется как некоторая вероятность в конце каждого рабочего цикла (перед следующим ремонтным периодом).

Интенсивность отказов каждого конкретного участка может быть разной, но главное, она зависит от времени эксплуатации участка (важно: не в процессе одного отопительного периода, а времени от начала его ввода в эксплуатацию). В нашей практике для описания параметрической зависимости интенсивности отказов мы применяется зависимость от срока эксплуатации, следующего вида, близкая по характеру к распределению Вейбулла:

$$\lambda(t) = \lambda_0 (0,1 \tau)^{\alpha-1}, \quad (4.2)$$

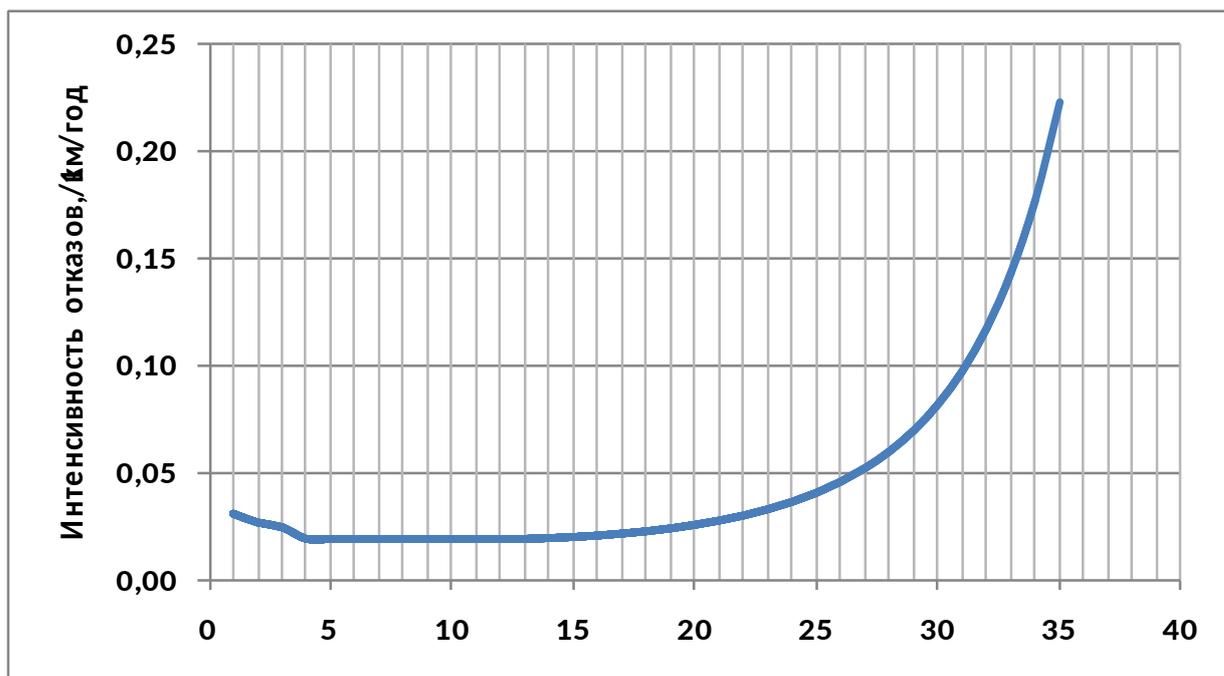
где  $\tau$  – срок эксплуатации участка [лет].

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

Обработка значительного количества данных по отказам, позволяет использовать следующую зависимость для параметра формы интенсивности отказов:

$$\alpha = \begin{cases} 0,8 \cdot \text{при} \cdot 0 < \tau \leq 3 \\ 1 \cdot \text{при} \cdot 3 < \tau \leq 17 \\ 0,5 \times e^{\left(\frac{\tau}{20}\right)} \cdot \text{при} \cdot \tau > 17 \end{cases}, \quad (4.3)$$

На рисунке 4-1 приведен вид зависимости интенсивности отказов от срока эксплуатации участка тепловой сети. При ее использовании следует помнить о некоторых допущениях, которые были сделаны при отборе данных:



**Рисунок 4-1 – Интенсивность отказов в зависимости от срока эксплуатации участка**

## тепловой сети

- 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 01-01-82 «Строительная климатология и геофизика» или справочника «Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей».

6. С использованием данных о теплоаккумулирующей способности абонентских установок 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°C, в промышленных зданиях ниже +8°C (СП 124.13330.2012. Свод правил. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003). Например, для расчета времени снижения температуры в жилом здании используют формулу:

$$t_{\theta} = t_n + \frac{Q_o}{q_o V} + \frac{t'_o - t_n - \frac{Q_o}{q_o V}}{\exp \beta z}, \quad (4.4)$$

где  $t_{\theta}$  – внутренняя температура, которая устанавливается в помещении через время  $z$  в часах, после наступления исходного события, °C;  $z$  – время, отсчитываемое после начала исходного события, ч;  $t'_o$  – температура в отапливаемом помещении, которая была в момент начала исходного события, °C;  $t_n$  – температура наружного воздуха, усредненная на периоде времени  $z$ , °C;  $Q_o$  – подача теплоты в помещение, Дж/ч;  $q_o V$  – удельные расчетные тепловые потери здания, Дж/(ч·°C);  $\beta$  – коэффициент аккумуляции помещения (здания), ч.

Для расчета времени снижения температуры в жилом здании до +12°C при внезапном

прекращении теплоснабжения эта формула при  $\left(\frac{Q_o}{q_o V} = 0\right)$  имеет следующий вид:

$$z = \beta \times \ln \frac{(t_g - t_n)}{(t_{g,a} - t_n)}, \quad (4.5)$$

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

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 используют эмпирическую зависимость для времени, необходимого для ликвидации повреждения, предложенную Е.Я. Соколовым:

$$z_p = a \left[ 1 + (b + c l_{c.з}) D^{1,2} \right], \quad (4.6)$$

где  $a, b, c$  – постоянные коэффициенты, зависящие от способа укладки теплопровода (подземный, надземный) и его конструкции, а также от способа диагностики места повреждения и уровня организации ремонтных работ;  $l_{c.з}$  – расстояние между секционирующими задвижками, м;  $D$  – условный диаметр трубопровода, м.

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

- по каждой градации повторяемости температур с использованием уравнения (4.4) 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 (см. уравнение 4.7) и поток отказов (см. уравнение 4.8) участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры в отапливаемом помещении до температуры в +12 °С.

$$\bar{z} = \left( 1 - \frac{z_{i,j}}{z_p} \right) \times \frac{\tau_j}{\tau_{on}}, \quad (4.7)$$

$$\bar{\omega}_i = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{i,j}, \quad (4.8)$$

- вычисляется вероятность безотказной работы участка тепловой сети относительно абонента

$$p_i = \exp(i - \bar{\omega}_i) i \quad (4.9)$$

## 4.2. Расчет надежности теплоснабжения резервируемых участков тепловой сети

В системах теплоснабжения одним из самых распространенных способов повышения надежности является резервирование участков, суммы участков, целых магистральных выводов или насосных агрегатов, секционирующих задвижек и т.д. А наиболее часто применяемым способом расчета систем теплоснабжения с резервированием – приведение реальной системы теплоснабжения к эквивалентной модели параллельных или последовательно-параллельных соединений участков тепловой сети. Этот метод, конечно, является не единственным, но значительно более простым чем, например, «метод минимальных путей - минимальных сечений».

Однако, в любом случае, прежде чем решать задачу эквивалентирования схемы необходимо выполнить структурный анализ тепловой сети, который заключается в том, чтобы определить весь набор путей передачи теплоносителя от источника тепловой мощности к потребителю (узлу «сброса» (иногда «стока») тепловой нагрузки). Выявленные пути и их совместное рассмотрение позволяют свести схему к параллельному или последовательно параллельному соединению участков тепловой сети.

Все эти приемы и методы хорошо известны и широко применяются при структурном анализе сложных схем электрических сетей и неоднократно апробированы при анализе надежности схем теплоснабжения. Алгоритм решения задачи расчета надежности резервированных тепловых сетей сводится к следующим простым шагам и вычислениям.

Шаг 1. Выделяется потребитель, относительно которого выполняется расчет надежности вероятности безотказной работы теплоснабжения

Шаг 2. Выполняется структурный анализ тепловой сети, позволяющий выделить все пути, по которым можно осуществить передачу теплоносителя от источника до выделенного потребителя. В некоторых специализированных программных комплексах (например, «Теплограф», «Zulu») эта процедура осуществляется автоматически, что значительно сокращает время на структурный анализ тепловой сети.

Шаг 3. Составляется эквивалентная схема путей для расчета надежности теплоснабжения. Она будет состоять из параллельно-последовательных или последовательно-параллельных участков тепловой сети (в смысле надежности).

Шаг 4. Для всех последовательных участков пути, также как для не резервированных участков, рассчитывается их вероятность безотказной работы, в соответствии с методом, приведенным в разделе 3.2.1. По результатам расчетов определяются:

– вероятность безотказной работы эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути:

$$p_{ej} = \prod_{i=1}^n p_i \quad (4.10)$$

– вероятность отказа эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути:

$$q_{ej} = 1 - \prod_{i=1}^n p_i \quad (4.11)$$

– параметр потока отказов эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути:

$$\bar{\omega}_{ej} = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{i,k}, \quad (4.12)$$

– среднее время безотказной работы эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути:

$$\bar{T}_{бр. ej} = \frac{1}{\bar{\omega}_{ej}}, \quad (4.13)$$

– среднее время восстановления (ремонта) эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути:

$$\bar{T}_{вс. ej} = \frac{q_{ej}}{\bar{\omega}_{ej}}, \quad (4.14)$$

при этом

$$q_{ej} = \lambda_{ej} \times \bar{T}_{вс. ej}. \quad (4.15)$$

Шаг 5. После сведения всех показателей надежности нерезервированных участков пути к эквивалентным значениям рассчитываются показатели надежности параллельных соединений участков пути, состоящих из эквивалентных последовательных:

– вероятность безотказной работы эквивалентного резервированного  $k$ -того пути:

$$p_{ek} = 1 - \prod_{j=1}^m q_{ej}, \quad (4.16)$$

– вероятность отказа эквивалентного резервированного  $k$ -того пути:

$$q_{ek} = \prod_{j=1}^m q_{ej}, \quad (4.17)$$

– параметр потока отказов эквивалентного резервированного  $k$ -того пути:

$$\bar{\omega}_{ek} = \sum_{j=1}^m \omega_{ej} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \bar{T}_{ej}, \quad (4.18)$$

– среднее время безотказной работы эквивалентного резервированного  $k$ -того пути:

$$\bar{T}_{бр. ek} = \left[ \sum_{j=1}^m \omega_{ej} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \bar{T}_{ej} \right]^{-1}, \quad (4.19)$$

– среднее время восстановления (ремонта) эквивалентного резервированного  $k$ -того пути:

$$\bar{T}_{бр.ек} = \left[ \sum_{j=1}^m \omega_{ej} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \bar{T}_{ej} \right]^{-1}. \quad (4.20)$$

### 4.3. Расчет показателей надежности тепловых сетей от теплоисточников

При расчете показателей надежности СЦТ на 2033 г. учтены предложения по реконструкции тепломагистралей с увеличением диаметра и повышению надёжности, приведенные в Главе 8 «Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей» Обосновывающих материалов, а также запланированные реконструкции тепловых сетей согласно Инвестиционным программам.

С целью оценки надежности теплоснабжения потребителей, расположенных на территории г. Кемерово, произведены 2 вида расчетов для систем централизованного теплоснабжения:

- расчет показателей надежности СЦТ на 2020 г. без учета мероприятий по повышению надежности теплоснабжения;
- расчет показателей надежности СЦТ на 2033 г. с учетом мероприятий по повышению надежности теплоснабжения.

Необходимость второго вида расчета отпадает в случае, если перспективные показатели надежности на 2033 г. (без учета мероприятий, направленных на повышение надежности теплоснабжения) будут соответствовать нормативным показателям согласно СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети».

По результатам расчета надежности тепломагистралей на 2033 г. рекомендуются следующие мероприятия (в зависимости от рассчитанных показателей надежности):

– мероприятие №1 рекомендуется при условии соблюдения нормативной надежности на расчетный срок и предусматривает:

- 1) контроль исправного состояния и безопасной эксплуатации трубопроводов;
- 2) экспертное обследование технического состояния трубопроводов в установленные сроки с выдачей рекомендаций по дальнейшей эксплуатации или выдачей запрета на дальнейшую эксплуатацию трубопроводов;

– мероприятие №2 рекомендуется при условии несоблюдения нормативной надежности на расчетный срок и предусматривает:

1) экспертное обследование технического состояния трубопроводов в установленные сроки с выдачей рекомендаций по дальнейшей эксплуатации или выдачей запрета на дальнейшую эксплуатацию трубопроводов;

2) реконструкцию ветхих участков тепловых сетей, определяемых по результатам экспертного обследования технического состояния трубопроводов;

2) реконструкцию ветхих участков тепловых сетей, определяемых по результатам экспертного обследования технического состояния трубопроводов;

– мероприятие №3 рекомендуется при условии несоблюдения нормативной надежности после реализации мероприятий второй категории и предусматривает резервирование участков тепломагистралей с наименьшими параметрами надежности.

Расчет капитальных затрат на осуществление мероприятий по повышению надежности теплоснабжения представлены в Главах 7 и 8.

Необходимо отметить, что расчет показателей надежности СЦТ был выполнен при помощи добавленного модуля программно-расчетного комплекса ZuluThermo 8.0 по методике, алгоритм которой описан в соответствующих разделах текущей главы.

#### **4.3.1. Кемеровская ТЭЦ**

Схема резервирующих кольцевых участков тепловой сети Кировского и Рудничного районов правобережной части г. Кемерово приведены на соответственно на рисунках 4-2 и 4-3.

В результате расчета показателей надежности СЦТ (без учета мероприятий по повышению надежности теплоснабжения) были сделаны следующие выводы:



**Рисунок 4-2 – Схема резервирующих кольцевых участков тепловой сети Кировского района правобережной части г. Кемерово**

**Таблица 4-2 – Показатели надежности и готовности энергосистем к безаварийному теплоснабжению (базовый год)**

№	Наименование теплоисточника	Показатели надежности и готовности энергосистем к безаварийному теплоснабжению (согл. Приказа Минрегиона России от 26.07.2013 № 310 «Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения»)																			
		Кэ	Кв	Кп	Кт	Кб	Кр	Кс	Котк.тс	Котк.ит	Кнед	Кп	Км	Ктр	Кист	Кгот	категория готовности	оценка надежности теплоисточников	Ктс	оценка надежности тепловых сетей	общая оценка надежности систем теплоснабжения города
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Кемеровская ГРЭС	1	1	1	1	1	1	0.7774	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.95548	высоконадежные	Высоконадежные
2	Ново-Кемеровская ТЭЦ																				
3	Кемеровская ТЭЦ	1	1	1	1	1	0.5	0.89	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.878	надежные	Надежные
4	Котельная № 4	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
5	Котельная № 6	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
6	Котельная № 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	1	высоконадежные	Высоконадежные
7	Котельная № 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	1	высоконадежные	Высоконадежные
8	Котельная № 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	1	высоконадежные	Высоконадежные
9	Котельная № 11	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
10	Котельная № 14	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
11	Котельная № 15	1	1	1	1	1	0.2	0.84	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.808	надежные	Надежные
12	Котельная № 17	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
16	Котельная № 26	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
17	Котельная № 27	1	1	1	1	1	0.7	0.71	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.882	надежные	Надежные
18	Котельная № 31	1	1	1	1	1	0.2	0.19	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.678	малонадежные	Малонадежные
19	Котельная № 34	1	1	1	1	1	0.2	0.13	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.666	малонадежные	Малонадежные
20	Котельная № 35	1	1	1	1	0.8	0.2	0.76	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.752	надежные	Надежные
21	Котельная № 38	1	1	1	1	1	0.2	0.4	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.72	малонадежные	Малонадежные
22	Котельная № 42	1	1	1	1	1	0.2	0.24	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.688	малонадежные	Малонадежные
23	Котельная № 43	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
24	Котельная № 45	1	1	1	1	1	0.7	0.42	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.824	надежные	Надежные
25	Котельная № 47	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
27	Котельная № 56	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
28	Котельная № 60 (электрокотельная)	1	1	1	1	0.8	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.8	надежные	Надежные
29	Котельная № 91	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
30	Котельная № 65	1	1	1	1	1	0.2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.64	малонадежные	Малонадежные
31	Котельная № 66	1	1	1	1	1	0.2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.64	малонадежные	Малонадежные

№	Наименование теплоисточника	Показатели надежности и готовности энергосистем к безаварийному теплоснабжению (согл. Приказа Минрегиона России от 26.07.2013 № 310 «Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения»)																			
		КЭ	КВ	КЦ	КТ	КБ	КР	КС	Котк.тс	Котк.лт	Кнед	Кп	Км	КТР	Кист	Кгот	категория готовности	оценка надежности теплоисточников	Ктс	оценка надежности тепловых сетей	общая оценка надежности систем теплоснабжения города
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
32	Котельная № 92	1	1	1	1	1	0.2	0.68	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.776	надежные	Надежные
33	Котельная № 96	1	1	1	1	1	0.2	0.58	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.756	надежные	Надежные
34	Котельная № 97	1	1	1	1	1	0.8	0.73	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.906	высоконадежные	Высоконадежные
35	Котельная № 101	1	1	1	1	1	0.2	0.79	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.798	надежные	Надежные
36	Котельная № 102	1	1	1	1	1	0.2	0.83	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.806	надежные	Надежные
37	Котельная № 103	1	1	1	1	1	0.2	0.79	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.798	надежные	Надежные
38	Котельная № 110	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
39	Котельная № 112	1	1	1	1	1	0.2	0.99	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.838	надежные	Надежные
40	Котельная № 114	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
41	Котельная № 118	1	1	1	1	1	0.2	0.7	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.78	надежные	Надежные
42	Котельная № 122	1	1	1	1	1	0.2	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.74	малонадежные	Малонадежные
43	Котельная № 123	1	1	1	1	0.8	0.2	0.38	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.676	малонадежные	Малонадежные
44	Котельная № 141	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
46	Котельная № 163	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
47	т/сети СЦТ-43	1	1	1	1	1	1	0.97	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.994	высоконадежные	Высоконадежные
48	Котельная № 8 ж.р. Кедровка	1	1	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.96	высоконадежные	Высоконадежные
49	Котельная № 9 ж.р. Промышленновский	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
50	Котельная № 10 ст. Латыши	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные

**Таблица 4-3 – Показатели надежности и готовности энергосистем к безаварийному теплоснабжению (2033 г.)**

№	Наименование теплоисточника	Показатели надежности и готовности энергосистем к безаварийному теплоснабжению (согл. Приказ Минрегиона России от 26.07.2013 N 310 "Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения")																			
		КЭ	КВ	КЦ	КТ	КБ	КР	КС	Котк.тс	Котк.лт	Кнед	Кп	Км	КТР	Кист	Кгот	категория готовности	оценка надежности теплоисточников	Ктс	оценка надежности тепловых сетей	общая оценка надежности систем теплоснабжения города
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Кемеровская ГРЭС	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	1	высоконадежные	Высоконадежные
2	Ново-Кемеровская ТЭЦ																				
3	Кемеровская ТЭЦ	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.9	надежные	Надежные
4	Котельная № 4	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
5	Котельная № 6	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
6	Котельная № 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	1	высоконадежные	Высоконадежные

№	Наименование теплоисточника	Показатели надежности и готовности энергосистем к безаварийному теплоснабжению (согл. Приказ Минрегиона России от 26.07.2013 N 310 "Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения")																			
		К <sub>Э</sub>	К <sub>В</sub>	К <sub>П</sub>	К <sub>Т</sub>	К <sub>Б</sub>	К <sub>Р</sub>	К <sub>С</sub>	К <sub>откл.с</sub>	К <sub>откл.п</sub>	К <sub>нед</sub>	К <sub>п</sub>	К <sub>м</sub>	К <sub>тр</sub>	К <sub>ист</sub>	К <sub>гот</sub>	категория готовности	оценка надежности теплоисточников	К <sub>гс</sub>	оценка надежности тепловых сетей	общая оценка надежности систем теплоснабжения города
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
7	Котельная № 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	1	высоконадежные	Высоконадежные
8	Котельная № 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	1	высоконадежные	Высоконадежные
9	Котельная № 11	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
10	Котельная № 14	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
11	Котельная № 15	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
12	Котельная № 17	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
16	Котельная № 26	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
18	Котельная № 31	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
19	Котельная № 34	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
20	Котельная № 35	1	1	1	1	0.8	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.8	надежные	Надежные
21	Котельная № 38	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
22	Котельная № 42	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
23	Котельная № 43	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
25	Котельная № 47	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
27	Котельная № 56	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
28	Котельная № 60 (электрокотельная)	1	1	1	1	0.8	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.8	надежные	Надежные
29	Котельная № 91	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
30	Котельная № 65	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
31	Котельная № 66	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
32	Котельная № 92	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
33	Котельная № 96	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
34	Котельная № 97	1	1	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.96	высоконадежные	Высоконадежные
35	Котельная № 101	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
36	Котельная № 102	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
37	Котельная № 103	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
38	Котельная № 110	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
39	Котельная № 112	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
40	Котельная № 114	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные

№	Наименование теплоисточника	Показатели надежности и готовности энергосистем к безаварийному теплоснабжению (согл. Приказ Минрегиона России от 26.07.2013 N 310 "Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения")																			
		К <sub>Э</sub>	К <sub>В</sub>	К <sub>П</sub>	К <sub>Т</sub>	К <sub>Б</sub>	К <sub>Р</sub>	К <sub>С</sub>	К <sub>откл.с</sub>	К <sub>откл.т</sub>	К <sub>нед</sub>	К <sub>п</sub>	К <sub>м</sub>	К <sub>тр</sub>	К <sub>ист</sub>	К <sub>гот</sub>	категория готовности	оценка надежности теплоисточников	К <sub>ГС</sub>	оценка надежности тепловых сетей	общая оценка надежности систем теплоснабжения города
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
41	Котельная № 118	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
42	Котельная № 122	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
43	Котельная № 123	1	1	1	1	0.8	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.8	надежные	Надежные
44	Котельная № 141	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
46	Котельная № 163	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
47	т/сети СЦТ-43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	1	высоконадежные	Высоконадежные
48	Котельная № 8 ж.р. Кедровка	1	1	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.96	высоконадежные	Высоконадежные
49	Котельная № 9 ж.р. Промышленновский	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные
50	Котельная № 10 ст. Латыши	1	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Удовлетворительная готовность	Высоконадежные	0.84	надежные	Надежные

1) При осуществлении мероприятий по повышению надежности тепловой сети вероятность безотказной работы СЦТ на 2019 г будет равна 96%, что значительно превышает нормативное значение (согласно СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» (актуализированная версия) нормативное значение равно 86,4%);

2) Из вышесказанного п.1 следует, что рассматриваемая СЦТ на 2021 г. способна обеспечивать показатели надежности, соответствующие нормативным значениям.

3) К 2033 году показатели надежности поддерживаются плановой перекладкой участков, у которых срок службы превышает нормативный.

В целом все потребители рассматриваемого района имеют показатели вероятности безотказной работы и коэффициент готовности, удовлетворяющие нормативным значениям. Это обеспечивается в первую очередь за счет наличия резервирующих перемычек на тепловых сетях данного района, а также отсутствие отказов на IV тепломагистрали с момента ввода в эксплуатацию, повлекшие остановку теплоснабжения у потребителей.

Путь от источника до потребителя с наихудшими показателями надежности в правобережной части города представлен на рисунке 4-4 (выделен красным цветом).

Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей от рассматриваемого источника приведены на рисунке 4-5 (отражены показатели надежности для выборочных потребителей, расположенных на пути от источника тепловой энергии до потребителя с наихудшей надежностью в Рудничном районе).

По результатам расчета определены зоны надежного и ненадежного теплоснабжения, которые представлены на рисунке 4-6. В общем случае зеленый цветом выделены зоны надежного теплоснабжения, красным цветом – зоны ненадежного теплоснабжения.

Как видно, вся зона действия Кемеровской ТЭЦ относится к категории надежной.

Надежность теплоснабжения от Кемеровской ТЭЦ обеспечивается:

1) За счет резервирования «головных» участков тепловой сети. Расчетный модуль надежности учитывает резервируемые участки 100% надежными.

2) Умеренным количеством отказов на тепловых сетях, которые имеют место преимущественно на распределительных и внутриквартальных сетях.

#### **4.3.2. Кемеровская ГРЭС и Ново-Кемеровская ТЭЦ**

Система теплоснабжения Кемеровской ГРЭС и Ново-Кемеровской ТЭЦ представляет собой единый контур, в пределах которого обеспечивается взаимное резервирование теплоисточников.

На надежность теплоснабжения также благоприятно сказывается наличие кольцевых участков (рисунок 4-7).

В результате расчета показателей надежности СЦТ (без учета мероприятий по повышению надежности теплоснабжения) были сделаны следующие выводы:

1) Вероятность безотказной работы СЦТ на 2019 г. будет равна 96%, что значительно превышает нормативное значение (согласно СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» (актуализированная версия) значение равно 86,4%);

2) Из вышесказанного п.1 следует, что рассматриваемая СЦТ на 2019 г. способна обеспечивать показатели надежности, соответствующие нормативным значениям.

3) К 2033 году показатели надежности поддерживаются плановой перекладкой участков, у которых срок службы превышает нормативный.

По существующему состоянию магистральные тепловые сети имеют резерв пропускной способности, позволяющий осуществлять подключение новых потребителей. При прогнозируемом в схеме теплоснабжения приросте тепловой нагрузки ожидается исчерпание резерва по тепломагистралям ТМ-5 (от НКТЭЦ до ПНС-9), ТМ-3а (от КСЗ-11 до ПНС-2). Выполнение мероприятий по реконструкции тепловых сетей и объектов на них с целью подключения перспективных нагрузок до 2033 года позволит обеспечить подключение новых потребителей на весь расчетный период Схемы теплоснабжения.

Путь от источника до потребителя с наихудшими показателями надежности в левобережной части города представлен на рисунке 4-8 (выделен красным цветом).

Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей от рассматриваемого источника приведены на рисунке 4-9 (отражены показатели надежности для выборочных потребителей, расположенных на пути от источника тепловой энергии до потребителя с наихудшей надежностью в левобережной части города).

По результатам расчета определены зоны надежного и ненадежного теплоснабжения, которые представлены на рисунке 4-10.

Как видно, вся зона действия системы Кемеровская ГРЭС – Ново-Кемеровская ТЭЦ относится к категории надежной.

Надежность теплоснабжения от системы КемГРЭС-НКТЭЦ обеспечивается:

1) За счет резервирования «головных» участков тепловой сети. Расчетный модуль надежности учитывает резервируемые участки 100% надежными.

2) Умеренным количеством отказов на тепловых сетях, которые имеют место преимущественно на распределительных и внутриквартальных сетях.

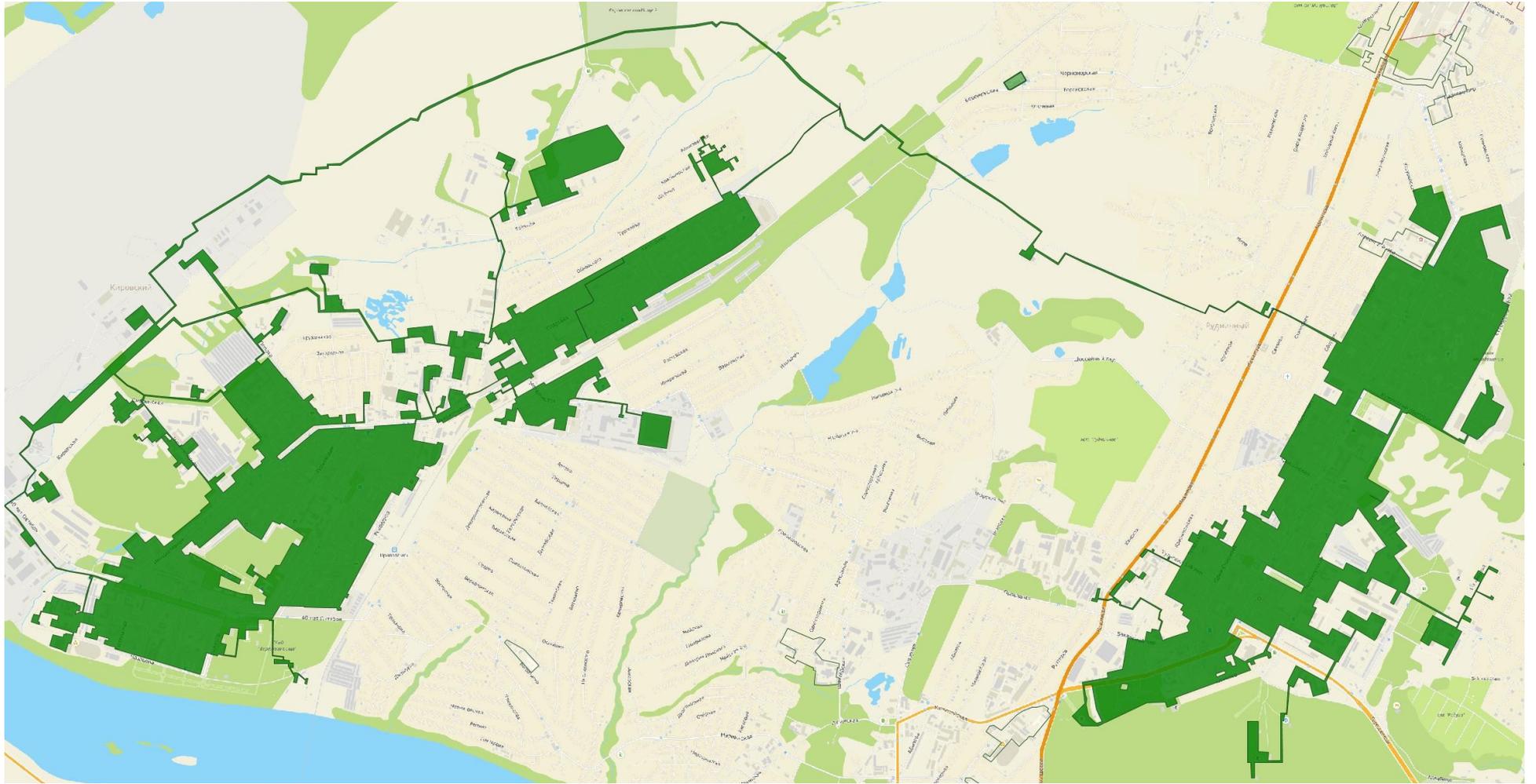
### **4.3.3. Котельные АО «Теплоэнерго»**

Результаты расчета показателей надежности тепловых сетей от котельных АО «Теплоэнерго» без учета мероприятий по повышению надежности теплоснабжения и с учётом мероприятий представлены на рисунках 4-11 – 4-103 данного раздела. В общем случае на рисунках по состоянию на 2033 г. зеленый цветом выделены зоны надежного теплоснабжения, красным цветом – зоны ненадежного теплоснабжения.

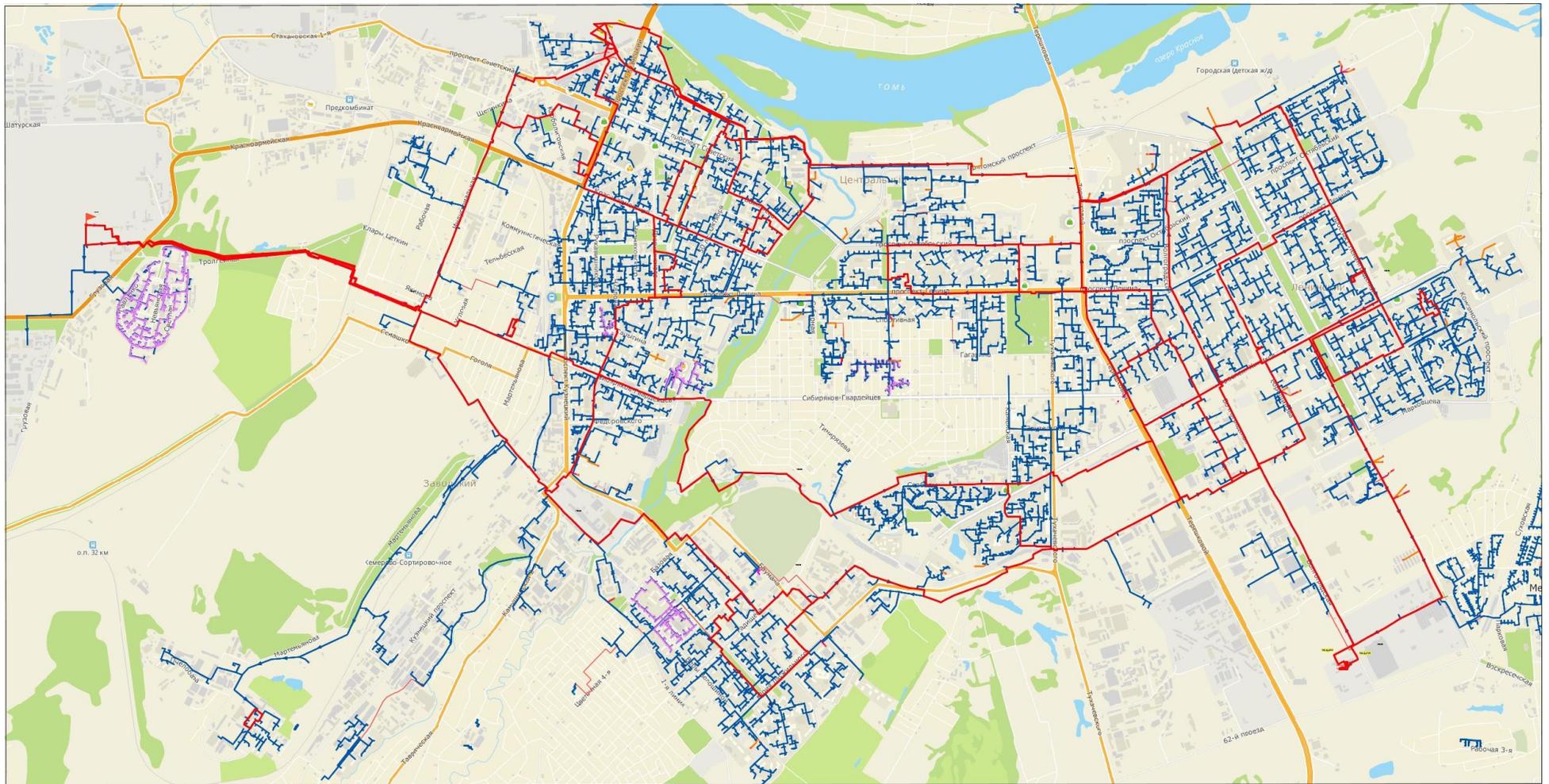


**Рисунок 4-3 – Путь от Кемеровской ТЭЦ до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**





**Рисунок 4-5 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от Кемеровской ТЭЦ (с учетом проведения мероприятий по повышению надежности системы)**



**Рисунок 4-6 – Схема резервирующих кольцевых участков тепловой сети левобережной части г. Кемерово**



Рисунок 4-7 – Путь от Кемеровской ГРЭС до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы

Вероятность безотказной работы, отн. ед.

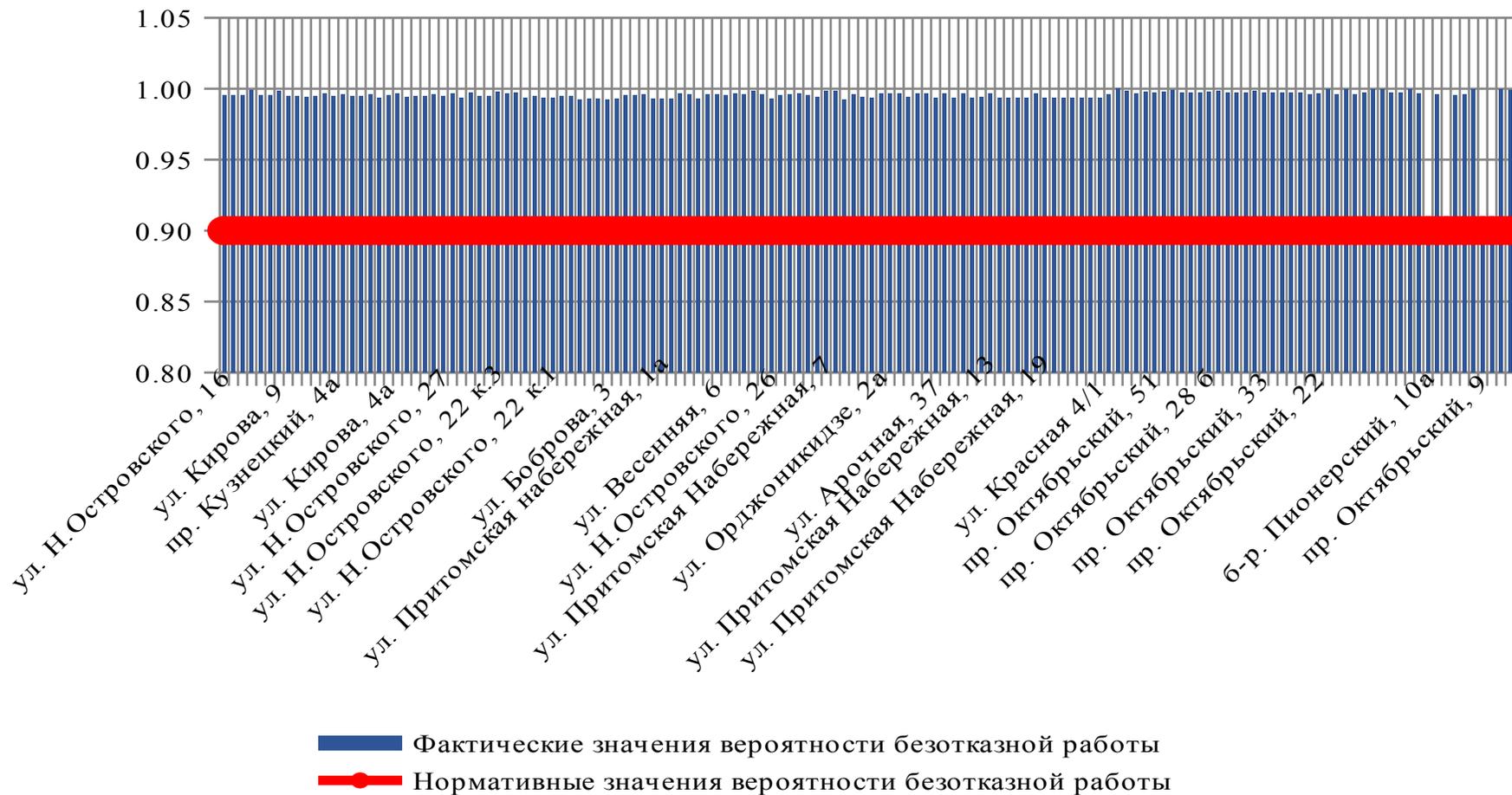
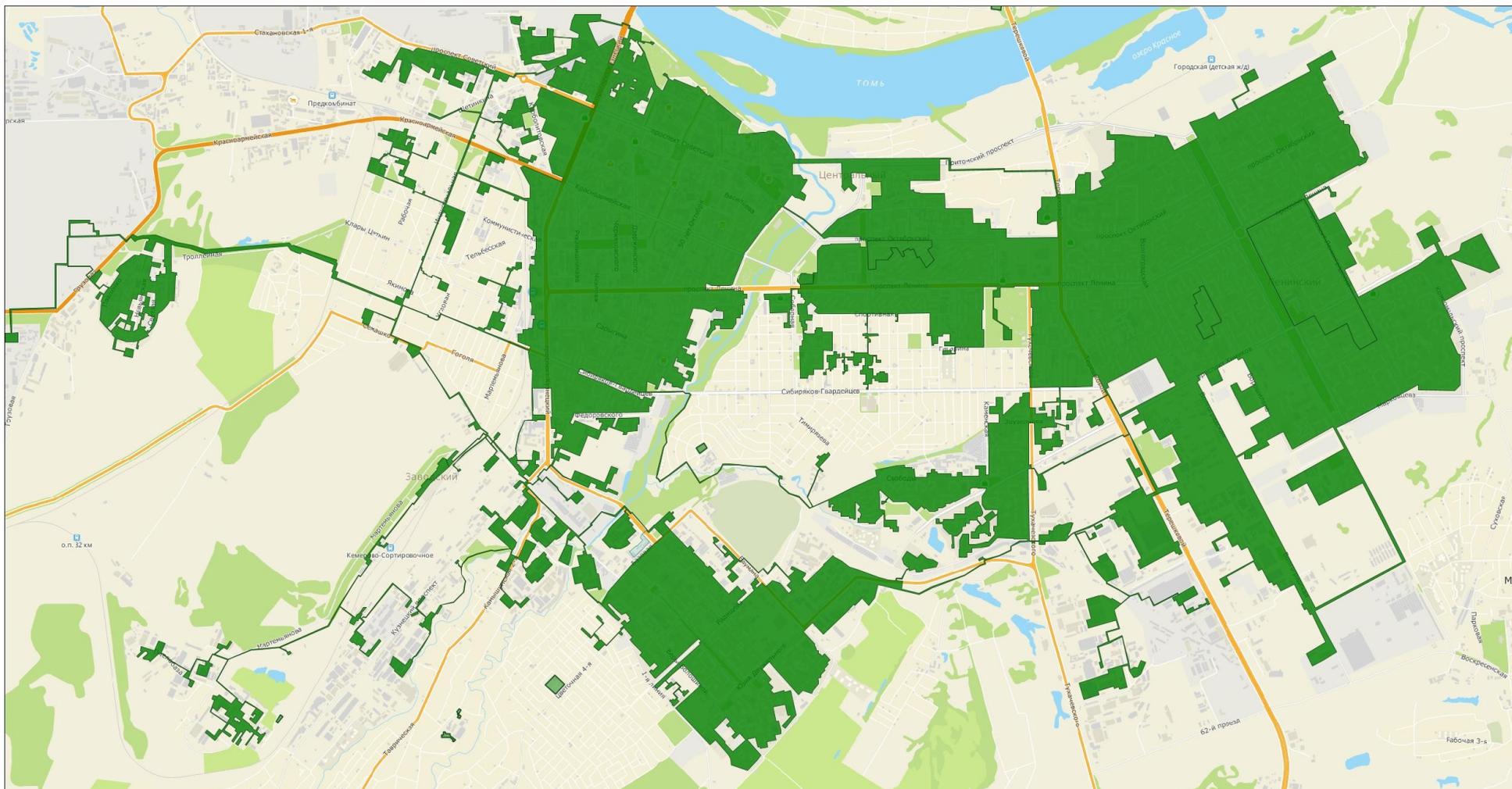


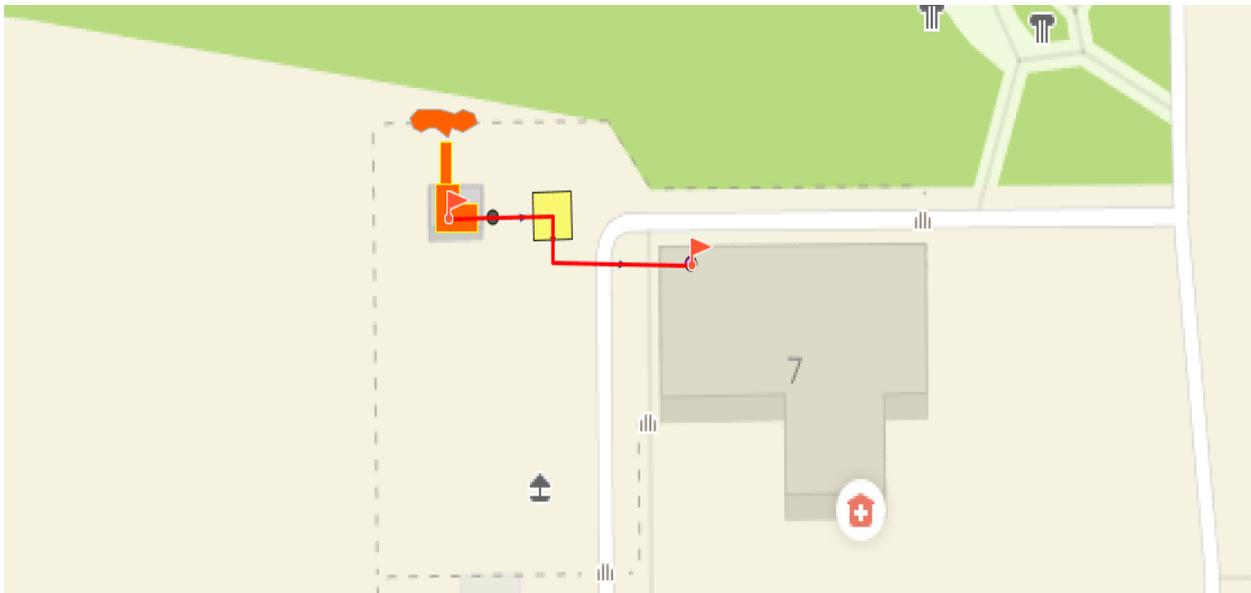
Рисунок 4-8 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в левобережной части г. Кемерово (система Кемеровской ГРЭС – Ново-Кемеровской ТЭЦ)



**Рисунок 4-9 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от Кемеровской ГРЭС и Ново-Кемеровской ТЭЦ (с учетом проведения мероприятий по повышению надежности системы)**

Все потребители котельной №35 имеют показатели вероятности безотказной работы и коэффициент готовности, удовлетворяющие нормативным значениям.

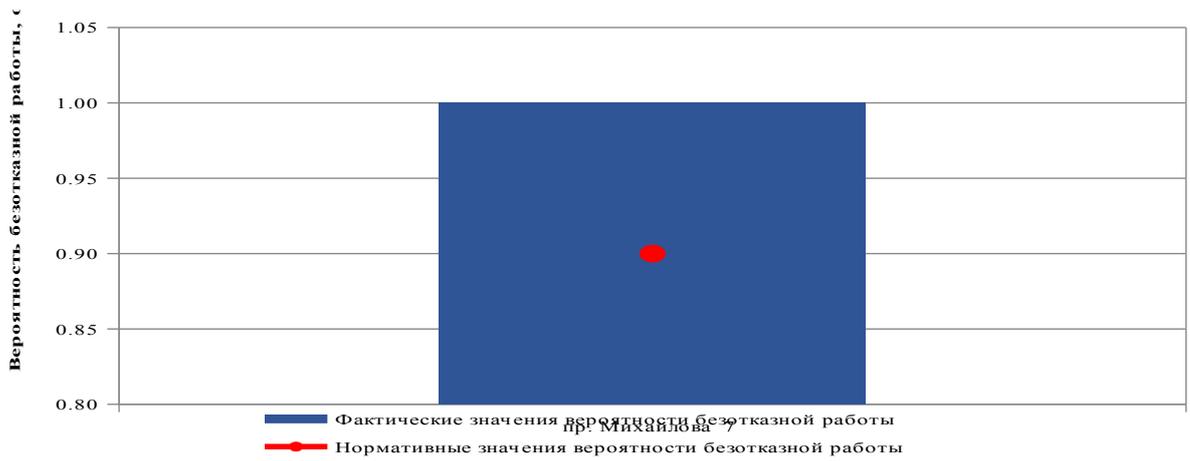
На котельной № 96 снижение нормативной надежности на указанной ветви связано с подключением к сетям удаленного потребителя протяженным трубопроводом малого диаметра.



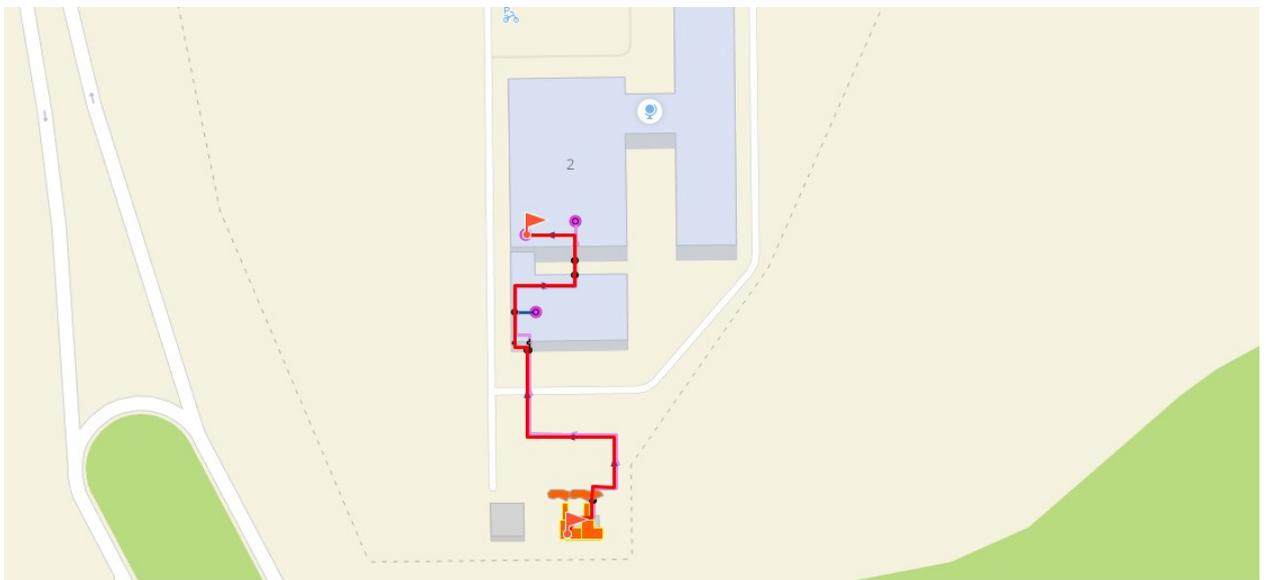
**Рисунок 4-10 – Путь от котельной № 4 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



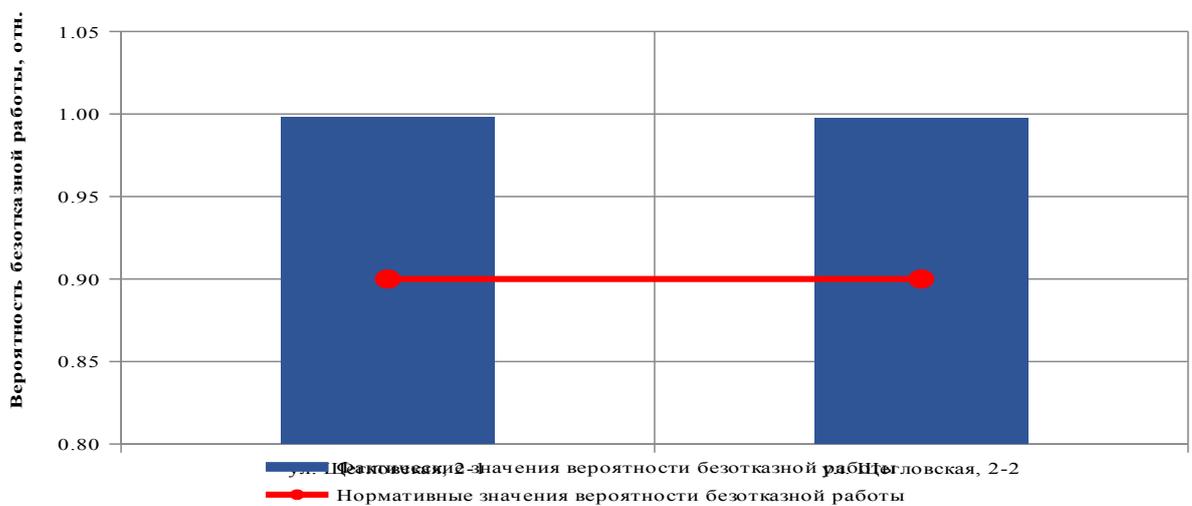
**Рисунок 4-11 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 4**



**Рисунок 4-12 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №4**



**Рисунок 4-13 – Путь от котельной № 6 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



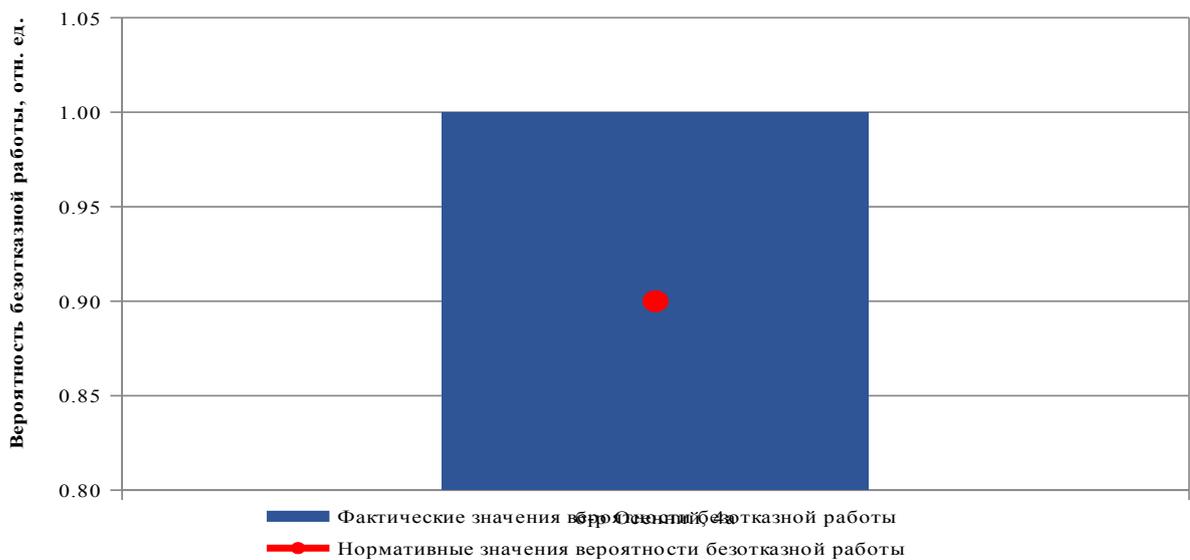
**Рисунок 4-14 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №6**



**Рисунок 4-15 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 6**



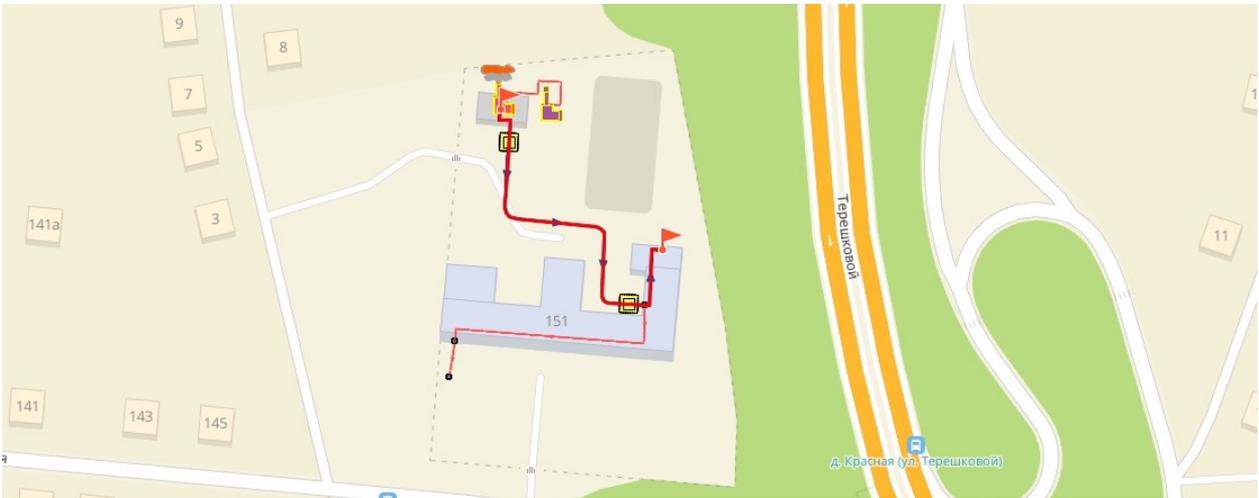
**Рисунок 4-16 – Путь от котельной № 8 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



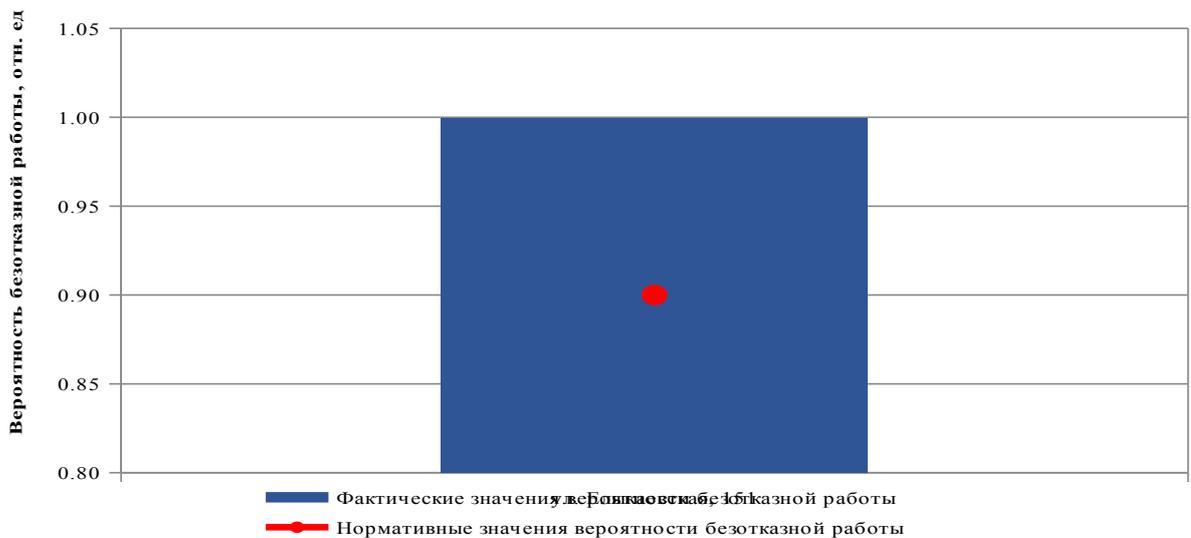
**Рисунок 4-17 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №8**



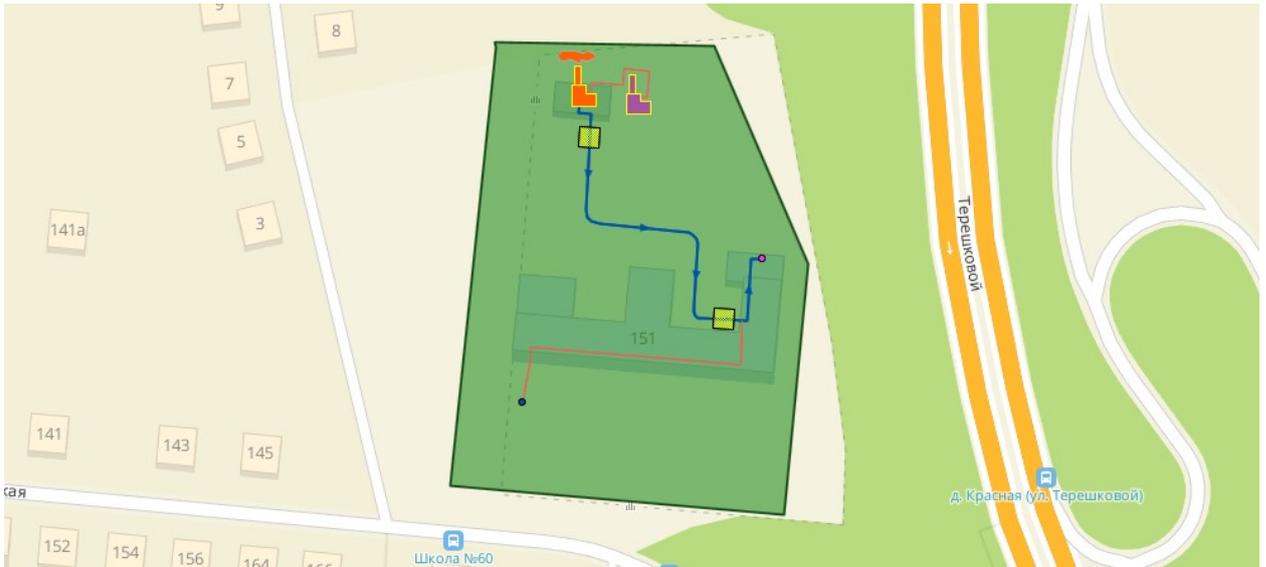
**Рисунок 4-18 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 8**



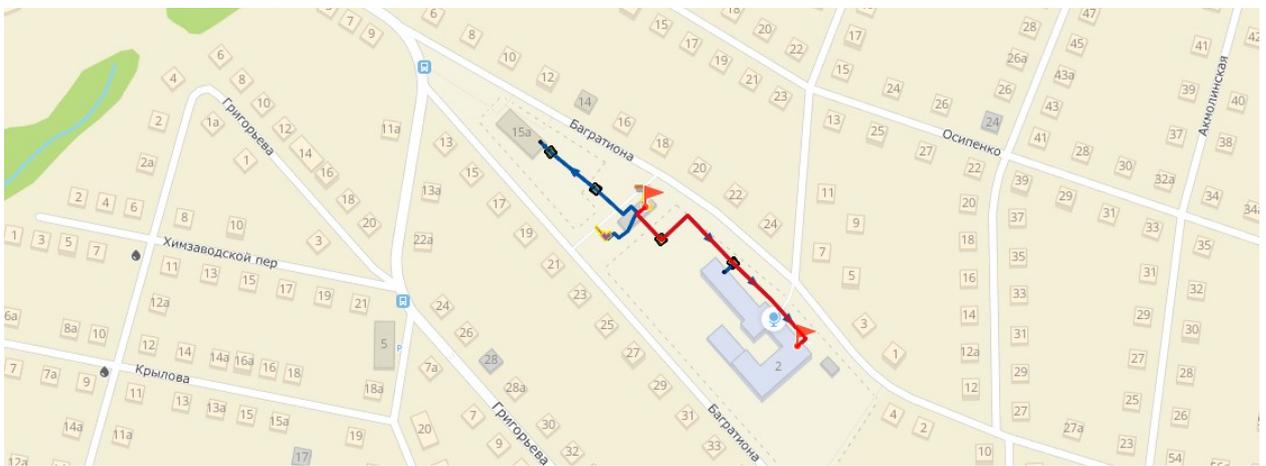
**Рисунок 4-19 – Путь от котельной № 15 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



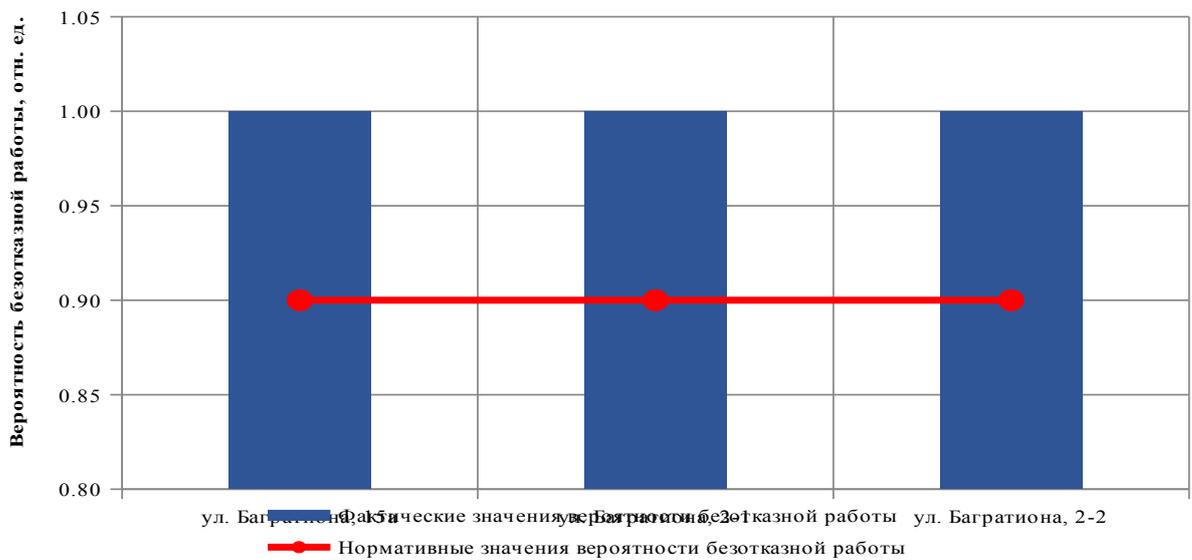
**Рисунок 4-20 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №15**



**Рисунок 4-21 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 15**



**Рисунок 4-22 – Путь от котельной № 17 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



**Рисунок 4-23 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне**

**теплоснабжения котельной №17**

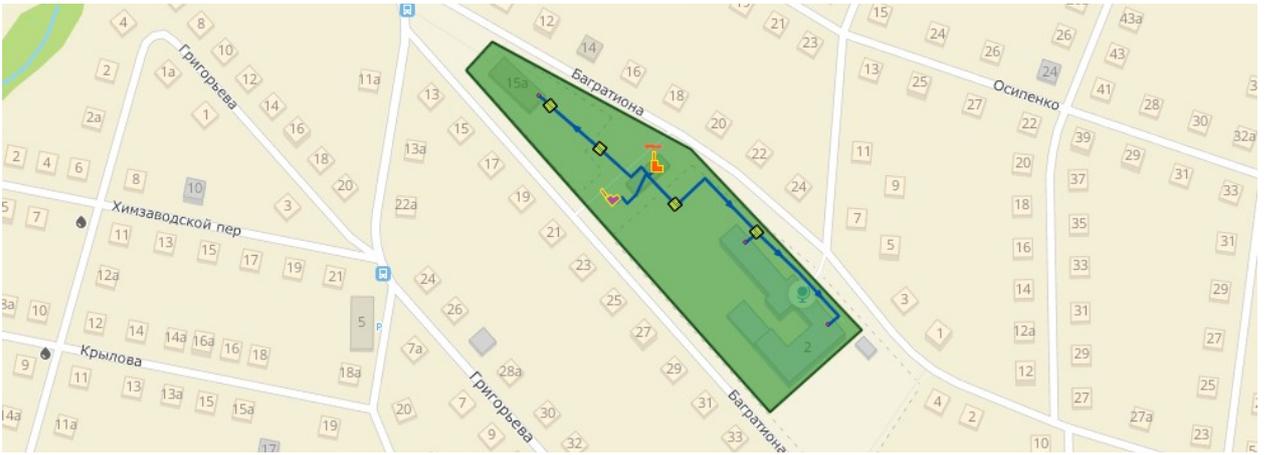


Рисунок 4-24 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 17

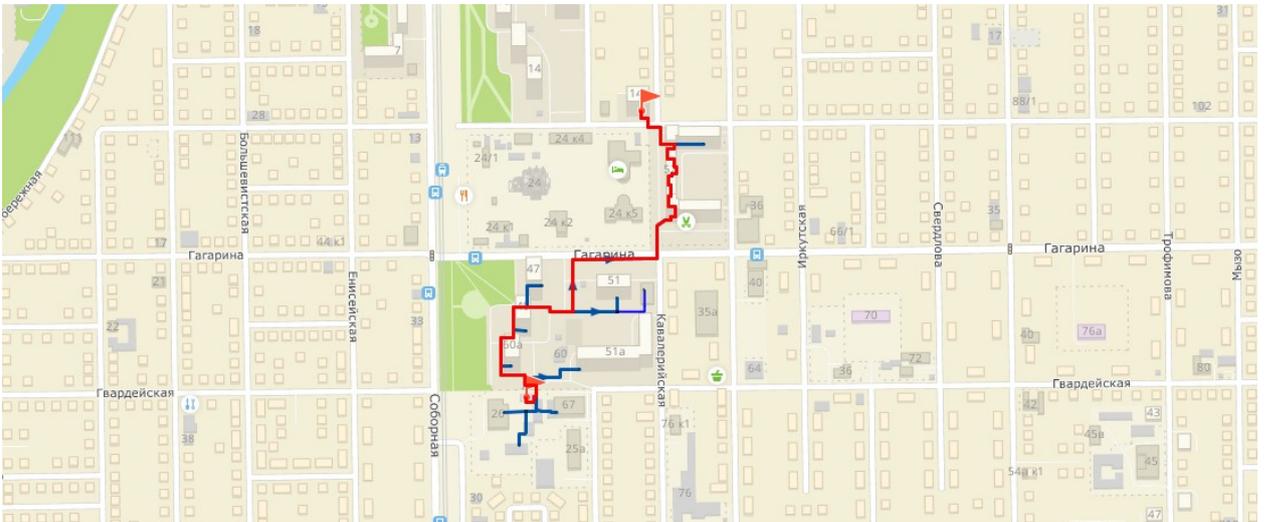


Рисунок 4-25 – Путь от котельной № 26 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы

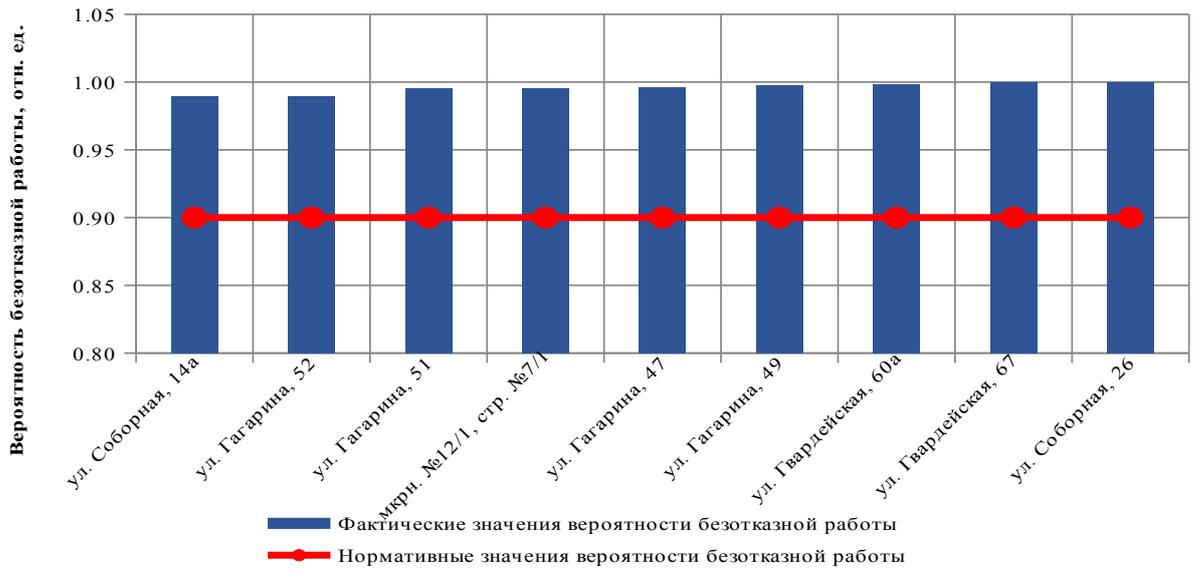


Рисунок 4-26 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №26

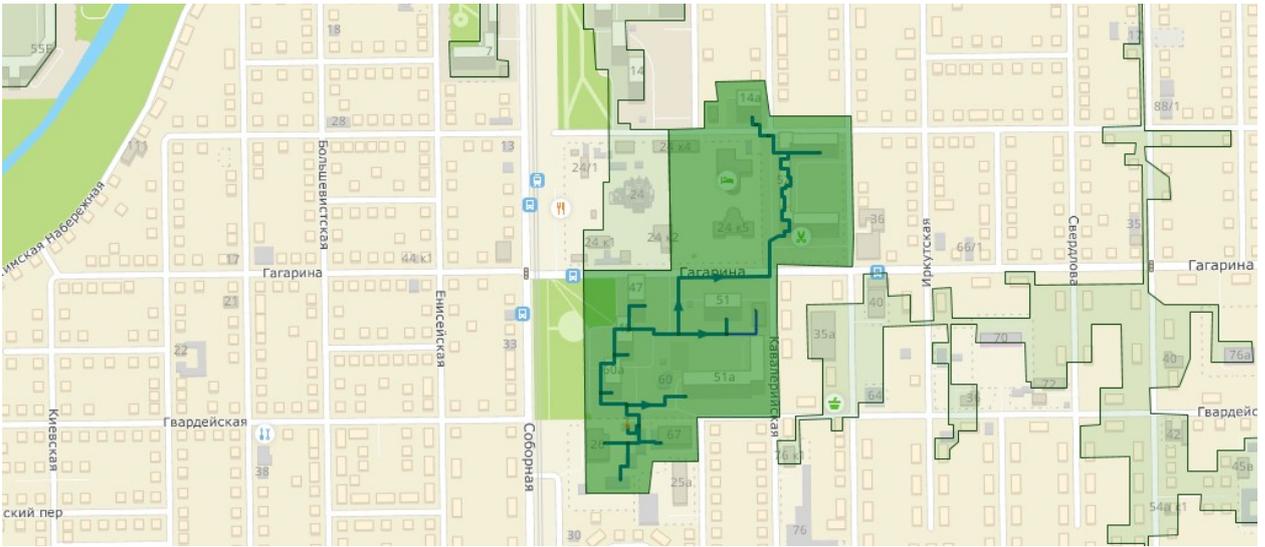


Рисунок 4-27 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 26

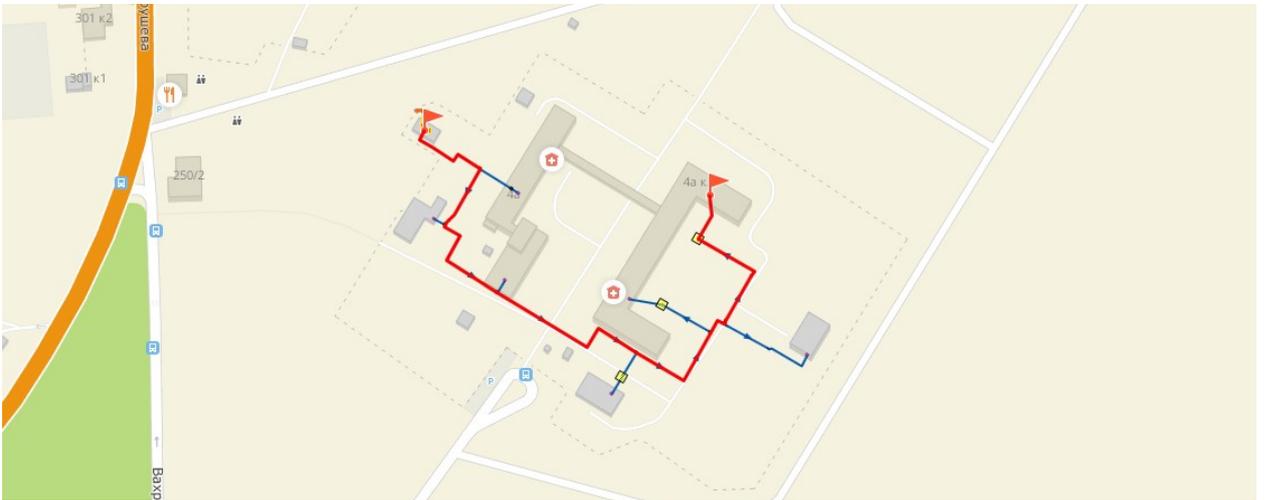


Рисунок 4-28 – Путь от котельной № 31 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы

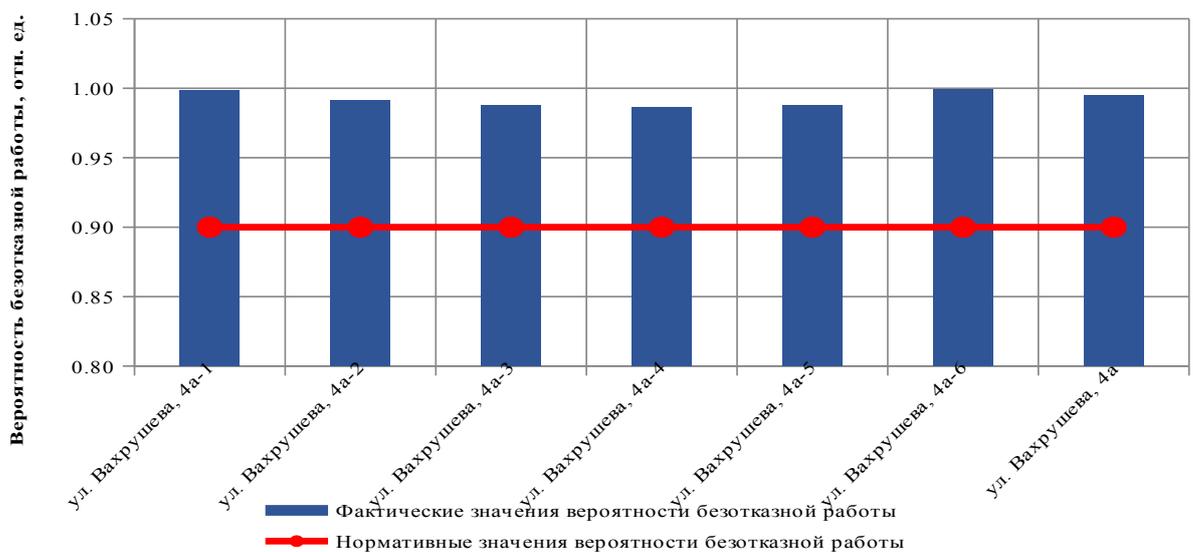
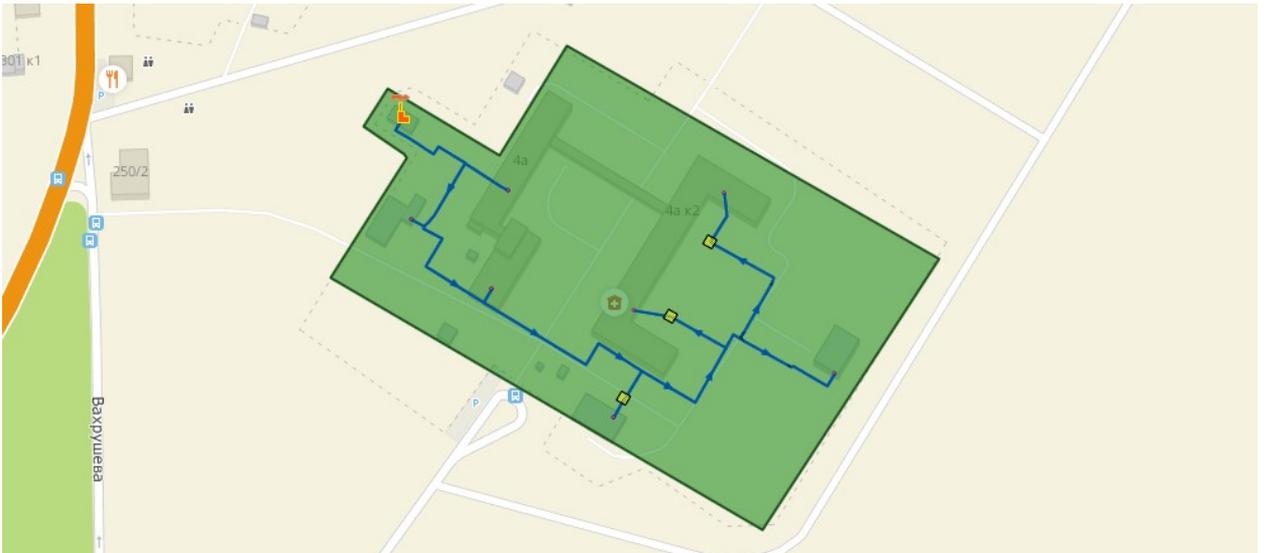
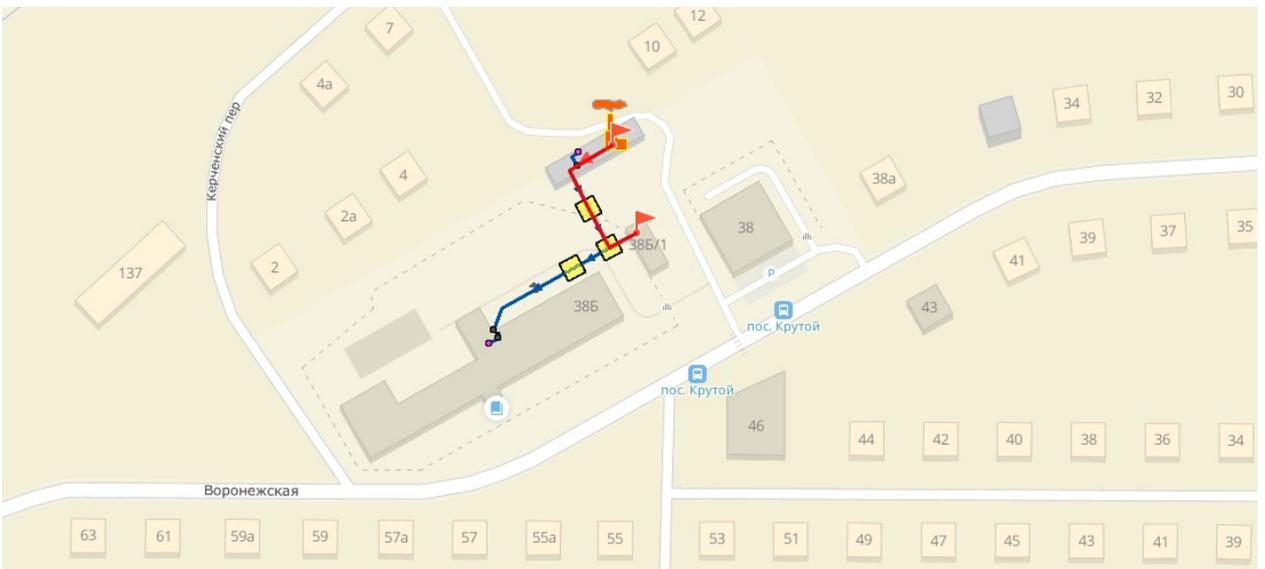


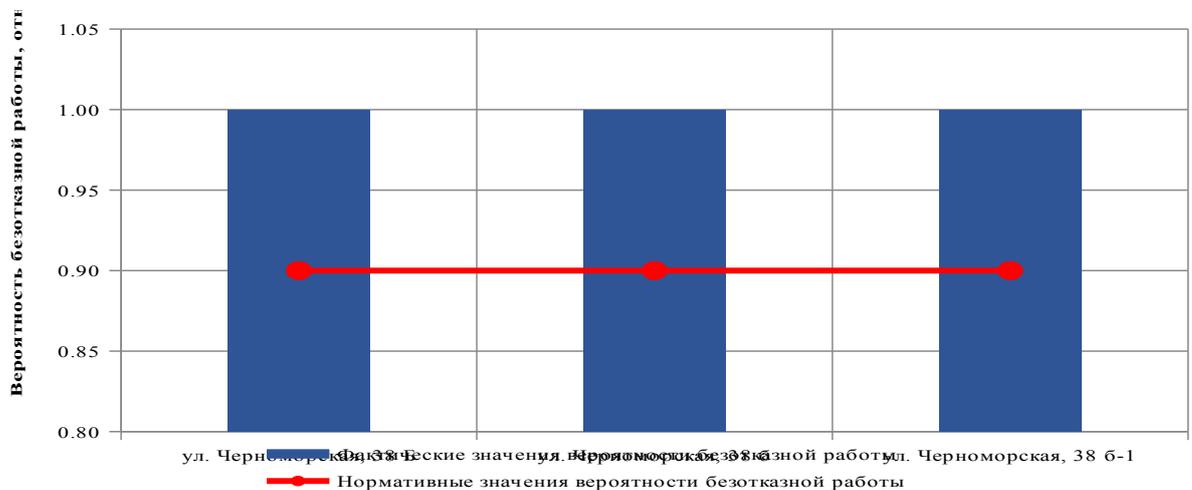
Рисунок 4-29 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №31



**Рисунок 4-30 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 31**



**Рисунок 4-31 – Путь от котельной № 34 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



**Рисунок 4-32 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне**

**теплоснабжения котельной №34**



**Рисунок 4-33 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 34**



**Рисунок 4-34 – Путь от котельной № 35 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**

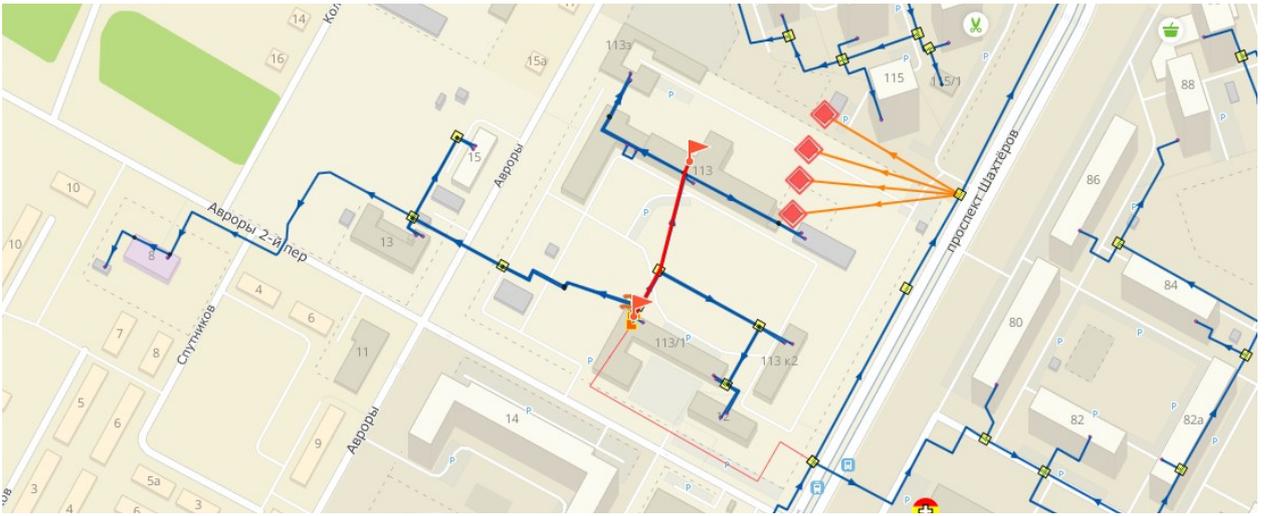


**Рисунок 4-35 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 35**

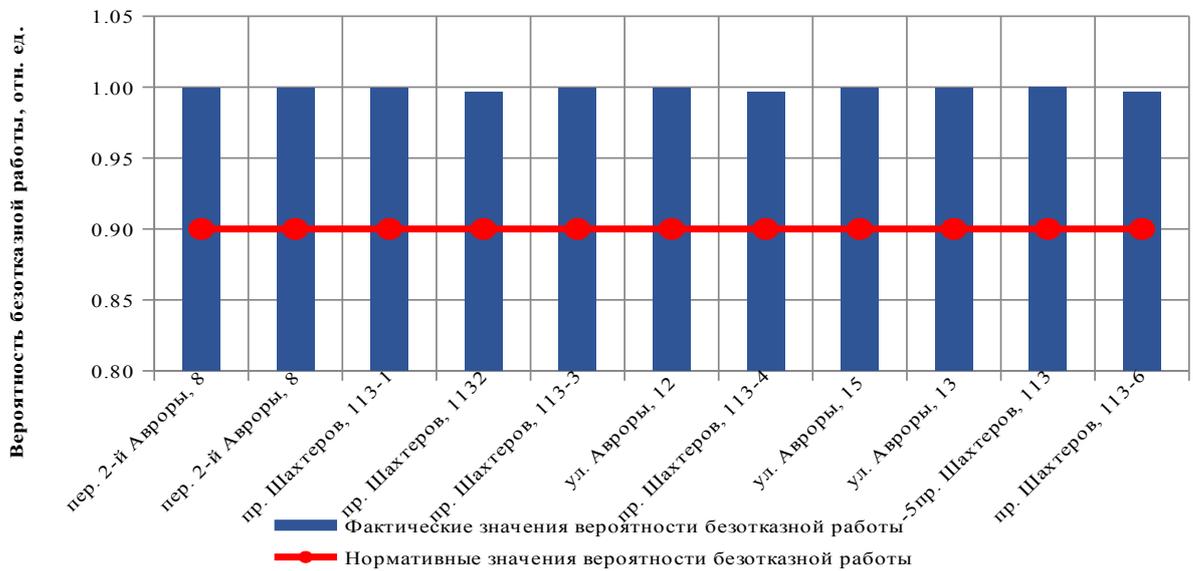
Вероятность безотказной работы, отн. ед.



Рисунок 4-36 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №35



**Рисунок 4-37 – Путь от котельной № 38 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



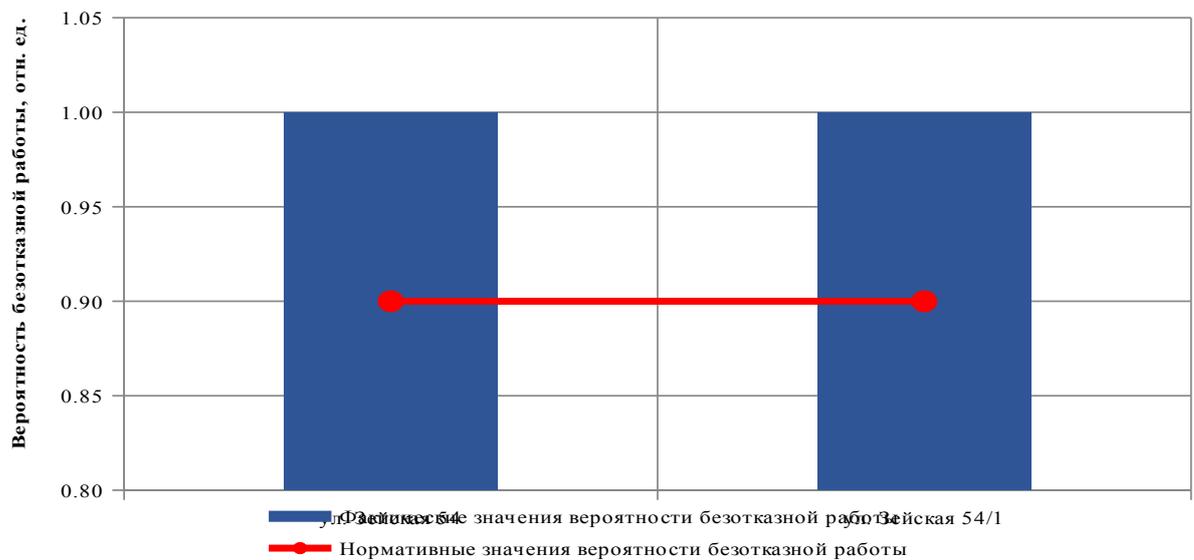
**Рисунок 4-38 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №38**



**Рисунок 4-39 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 38**



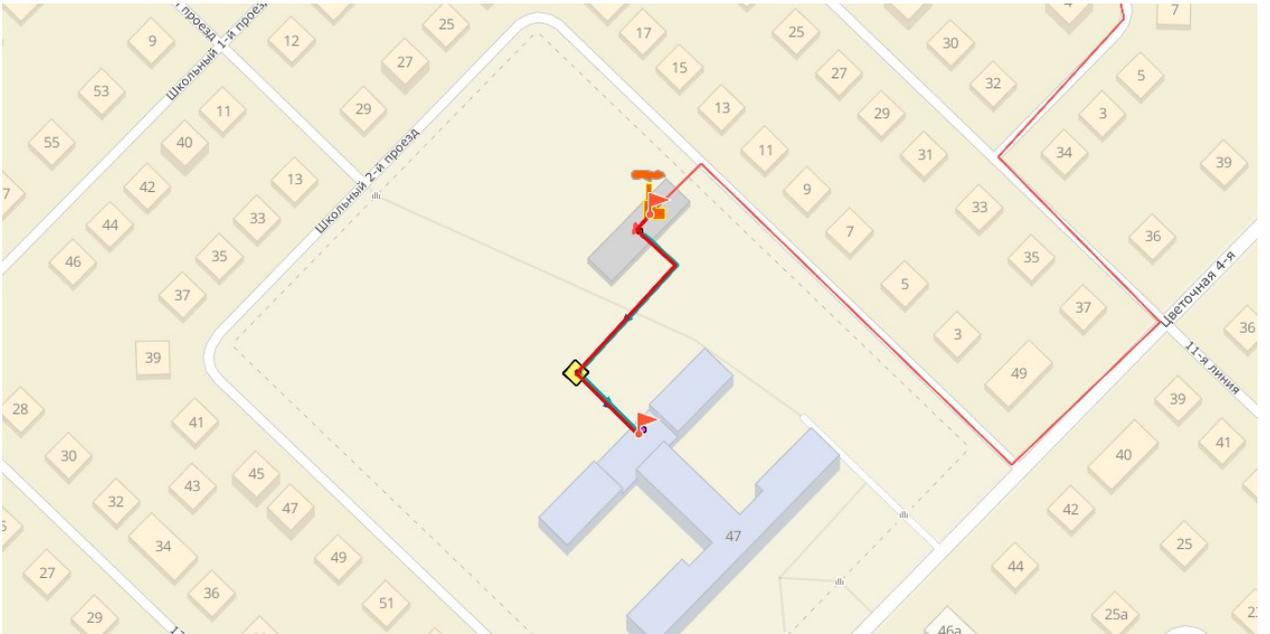
**Рисунок 4-40 – Путь от котельной № 42 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



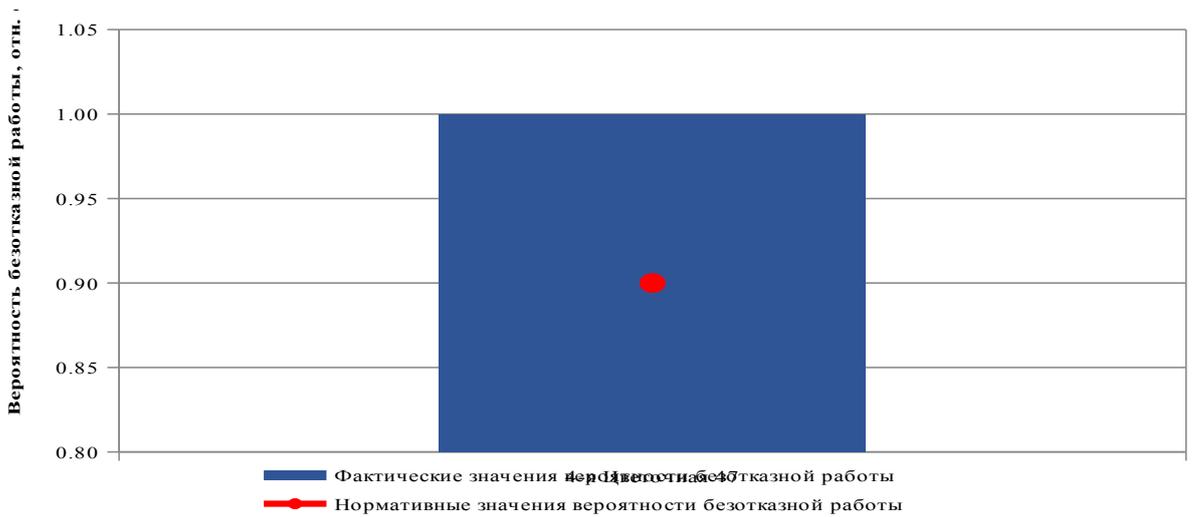
**Рисунок 4-41 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №42**



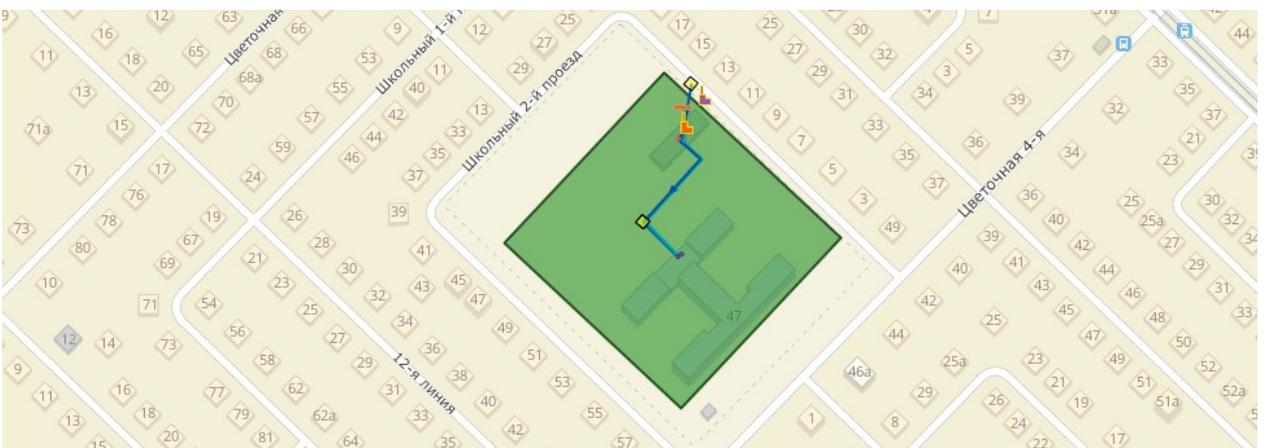
**Рисунок 4-42 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 42**



**Рисунок 4-43 – Путь от котельной № 43 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



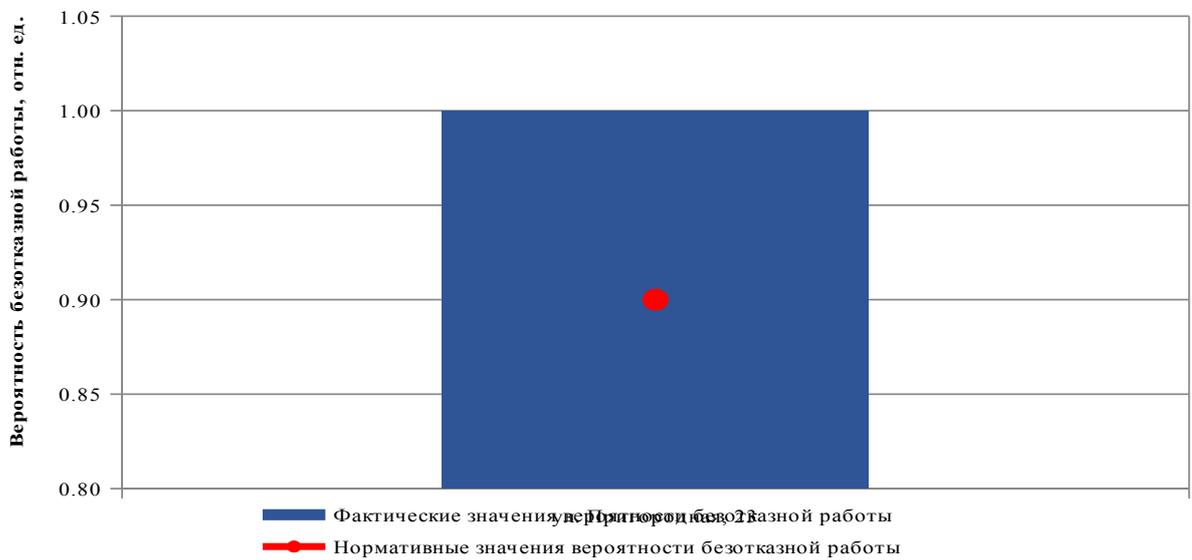
**Рисунок 4-44 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №43**



**Рисунок 4-45 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 43**



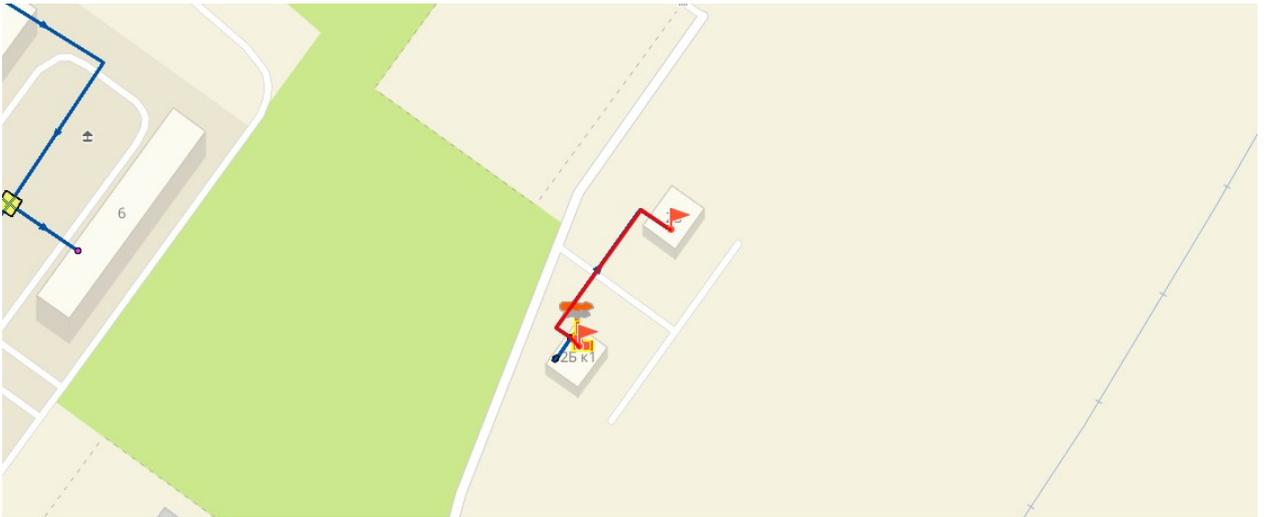
**Рисунок 4-46 – Путь от котельной № 56 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



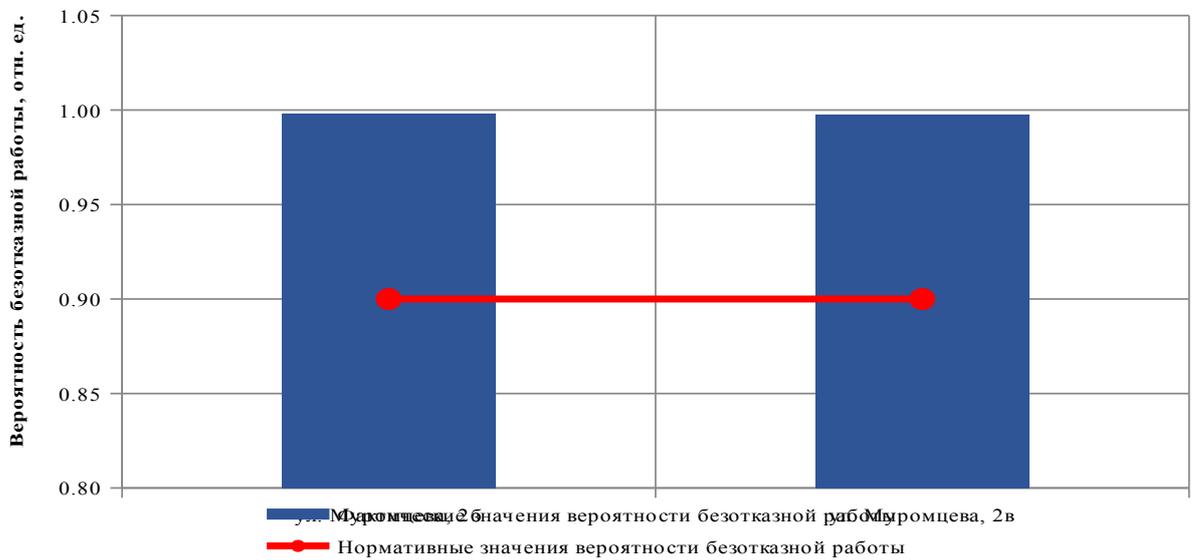
**Рисунок 4-47 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №56**



**Рисунок 4-48 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 56**



**Рисунок 4-49 – Путь от котельной № 60 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



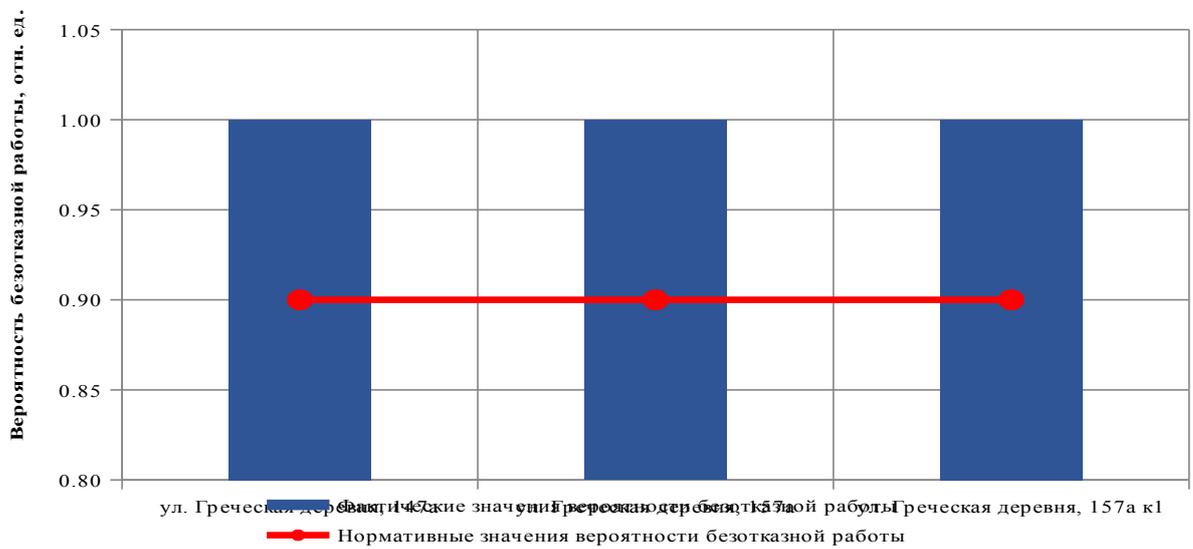
**Рисунок 4-50 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №60**



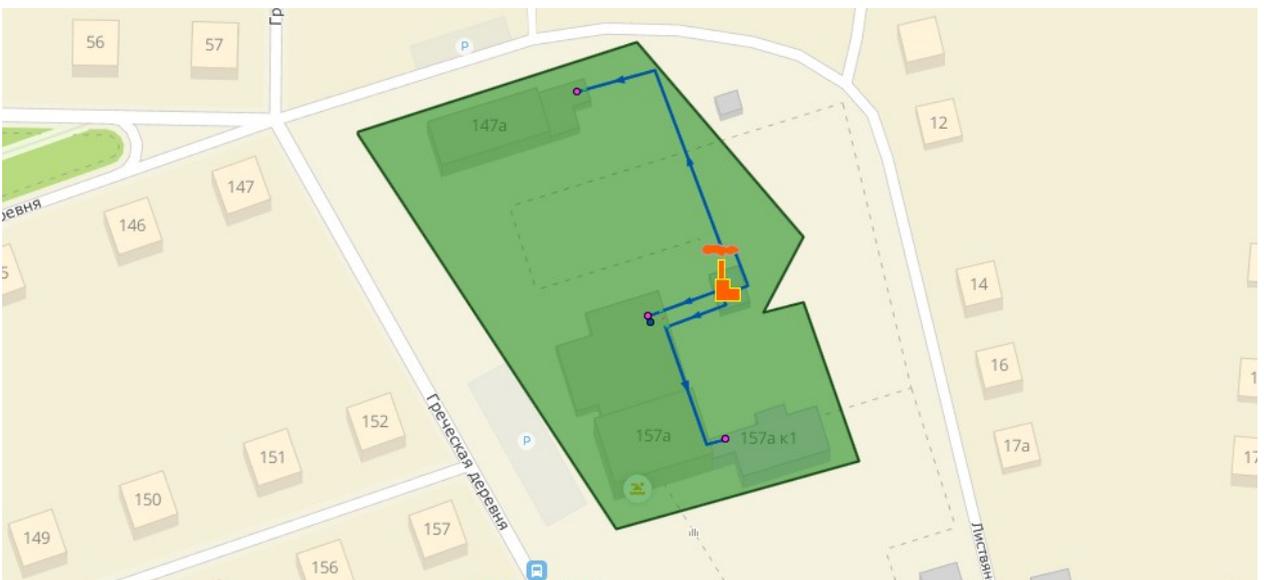
**Рисунок 4-51 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 60**



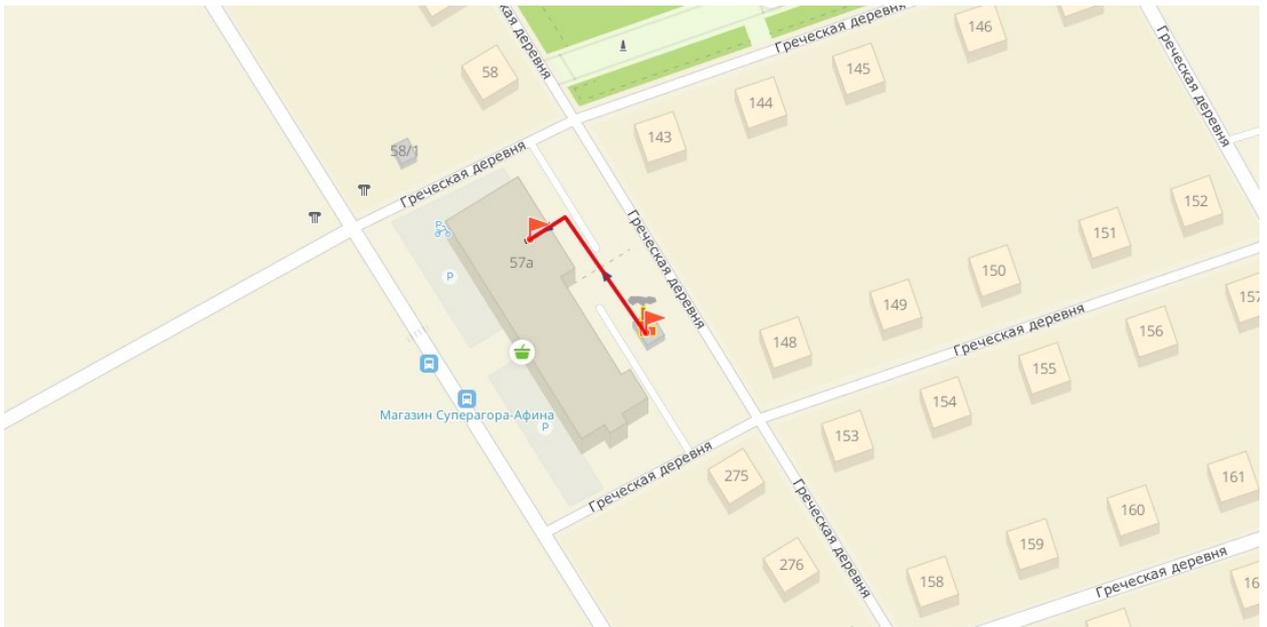
**Рисунок 4-52 – Путь от котельной № 65 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



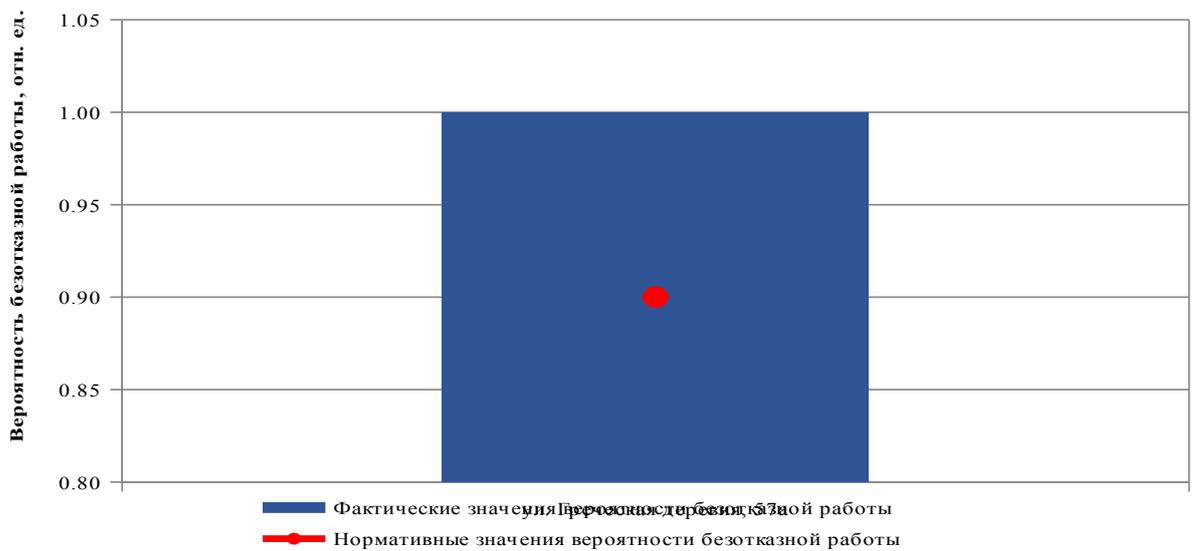
**Рисунок 4-53 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №65**



**Рисунок 4-54 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 65**



**Рисунок 4-55 – Путь от котельной № 66 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



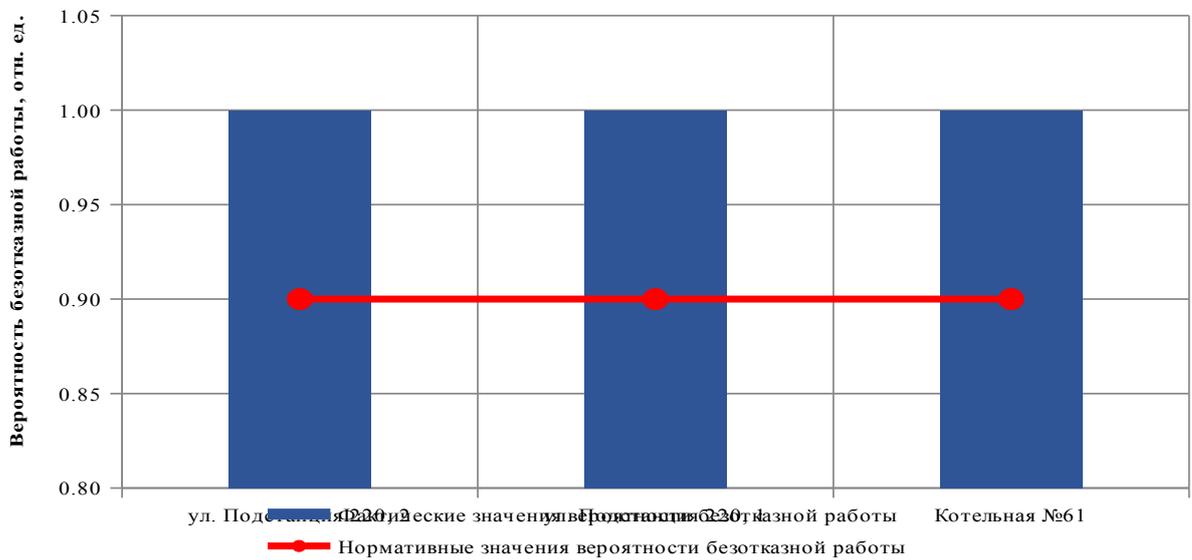
**Рисунок 4-56 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №66**



**Рисунок 4-57 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 66**



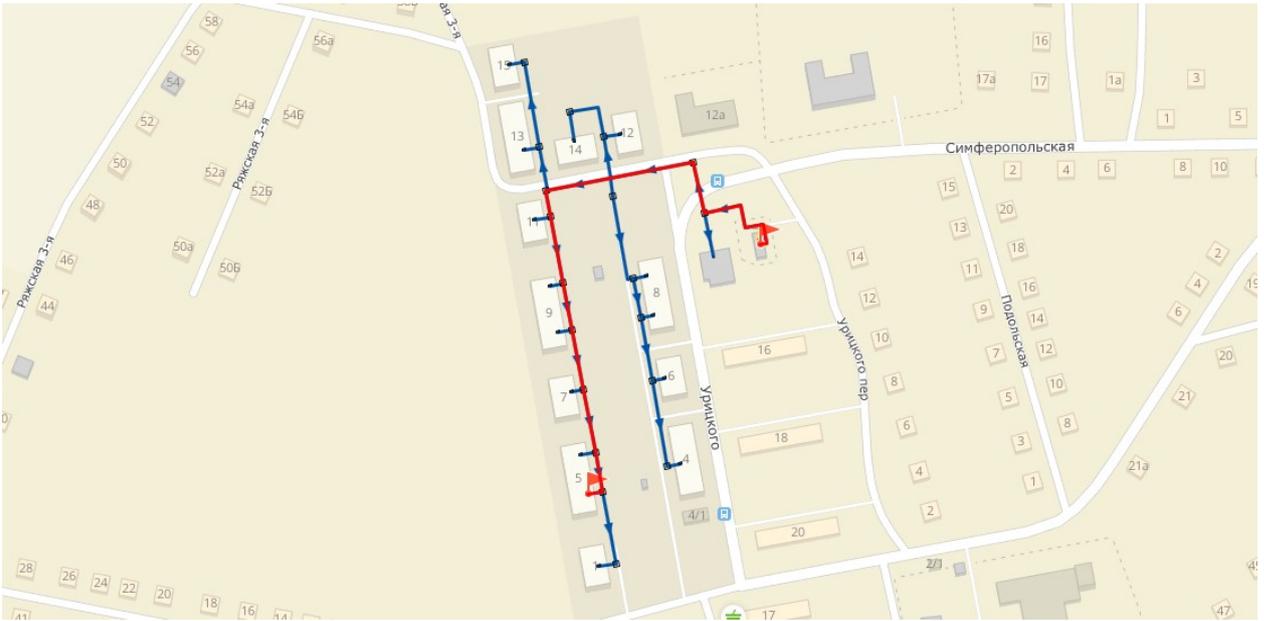
**Рисунок 4-58 – Путь от котельной № 91 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



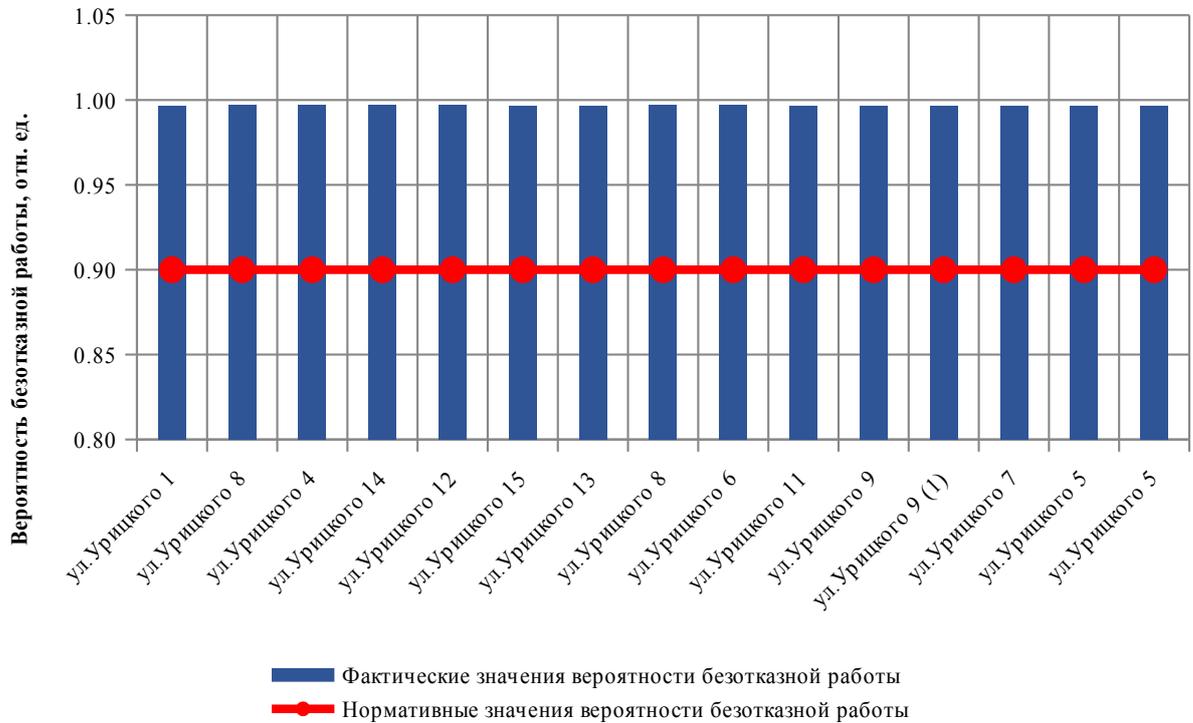
**Рисунок 4-59 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №91**



**Рисунок 4-60 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 91**



**Рисунок 4-61 – Путь от котельной № 92 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



**Рисунок 4-62 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №92**



**Рисунок 4-63 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 92**



**Рисунок 4-64 – Путь от котельной № 96 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**

Вероятность безотказной работы, отн. ед.

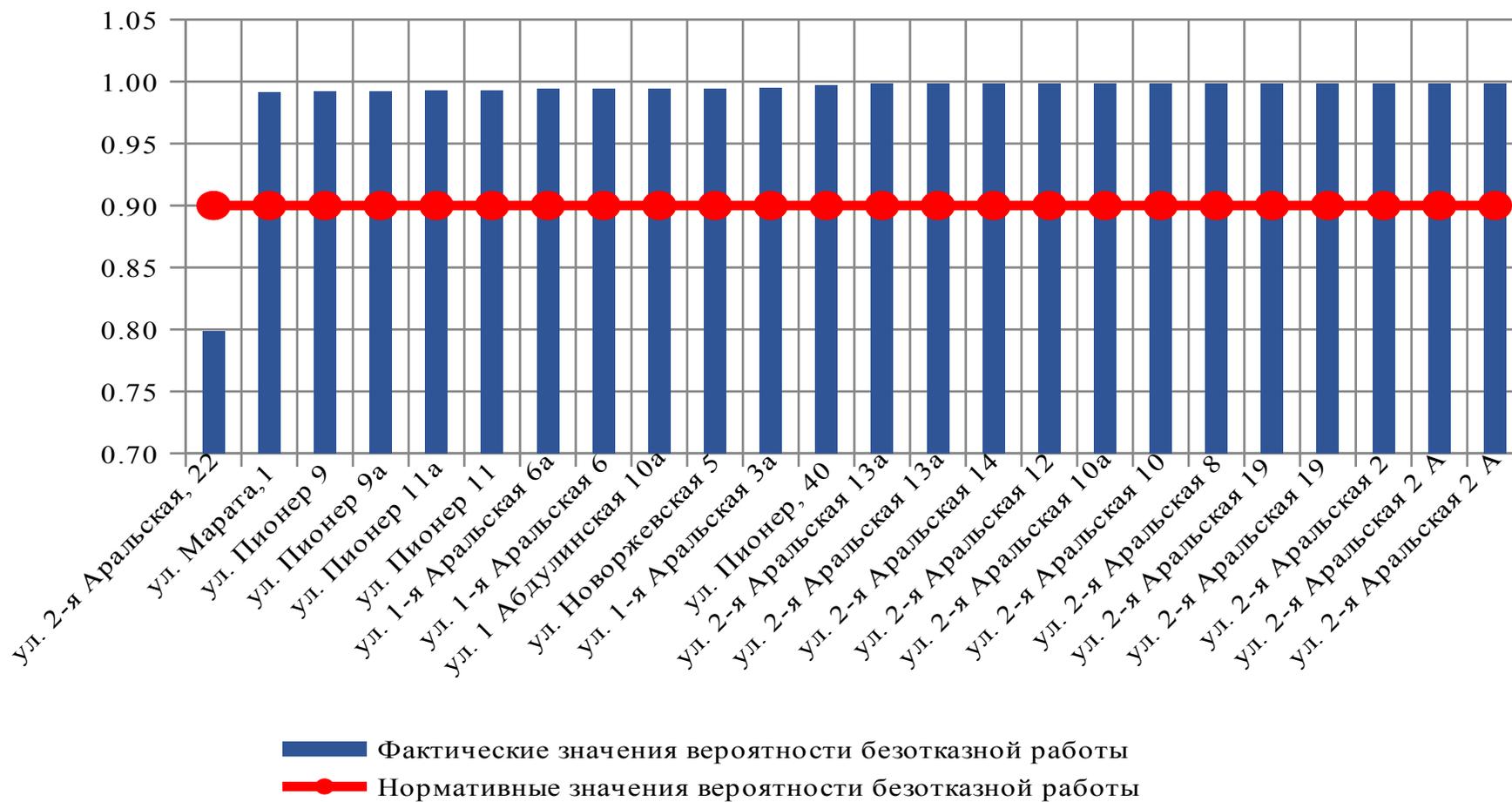


Рисунок 4-65 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №96



Рисунок 4-66 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 96



Рисунок 4-67 – Путь от котельной № 97 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы

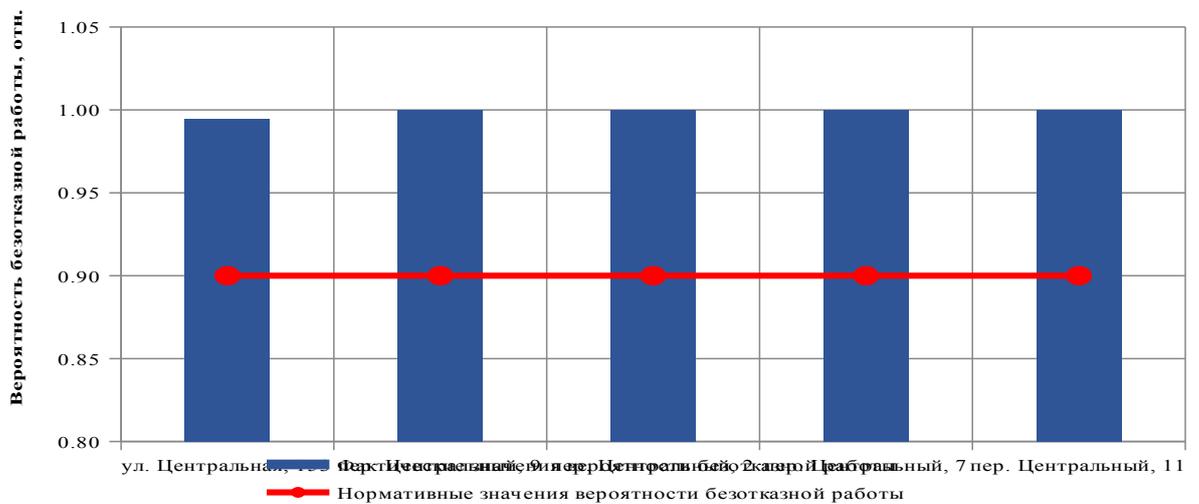


Рисунок 4-68 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №97



**Рисунок 4-69 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 97**



**Рисунок 4-70 – Путь от котельной № 101 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**

Вероятность безотказной работы, отн. ед.

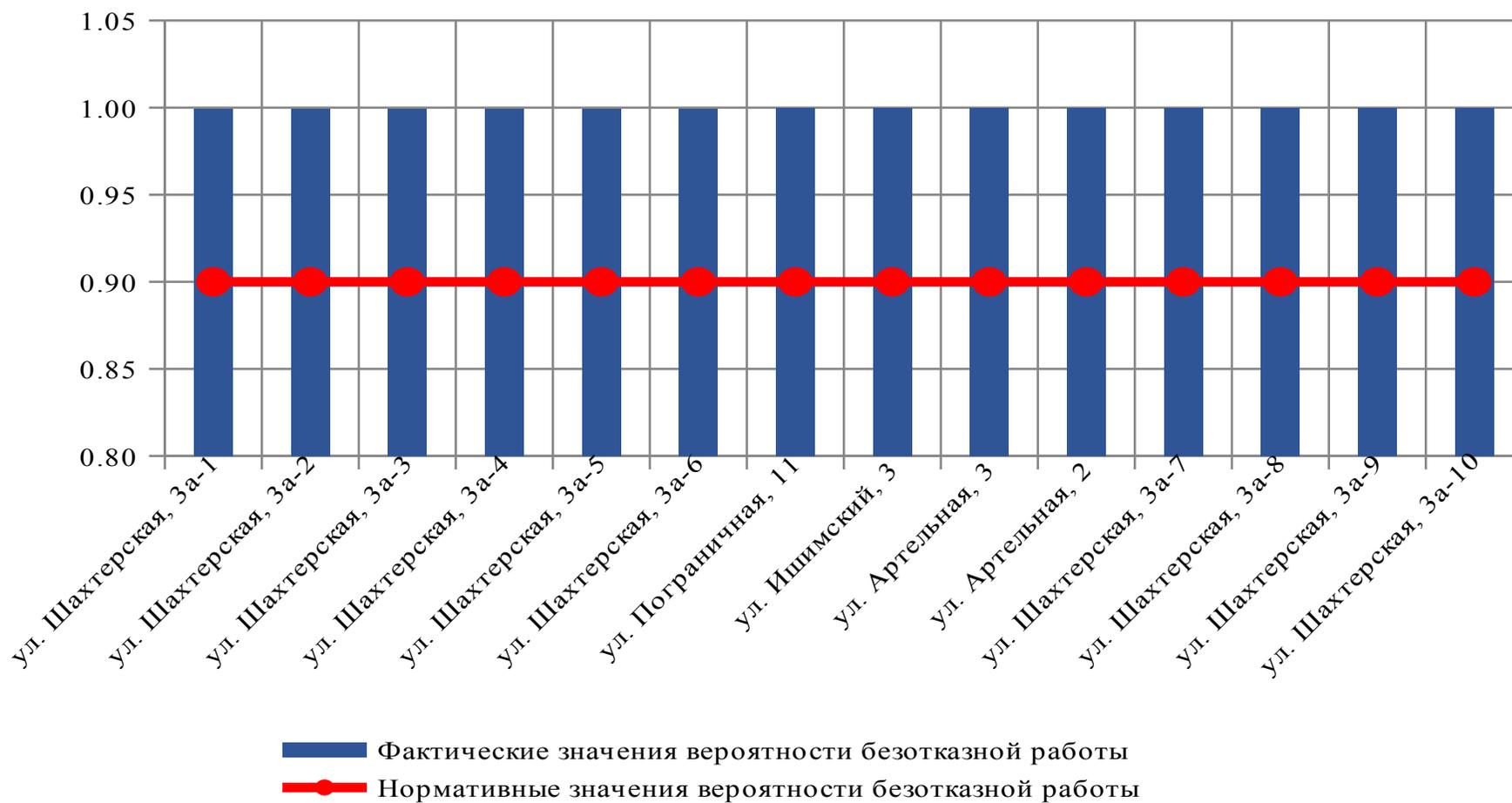


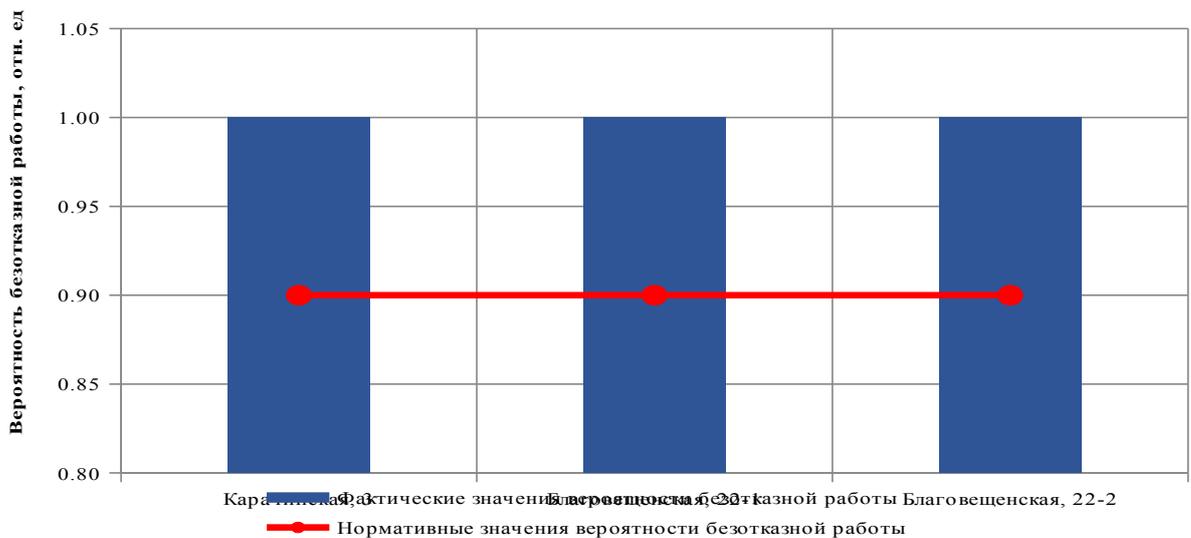
Рисунок 4-71 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №101



**Рисунок 4-72 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 101**



**Рисунок 4-73 – Путь от котельной № 102 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



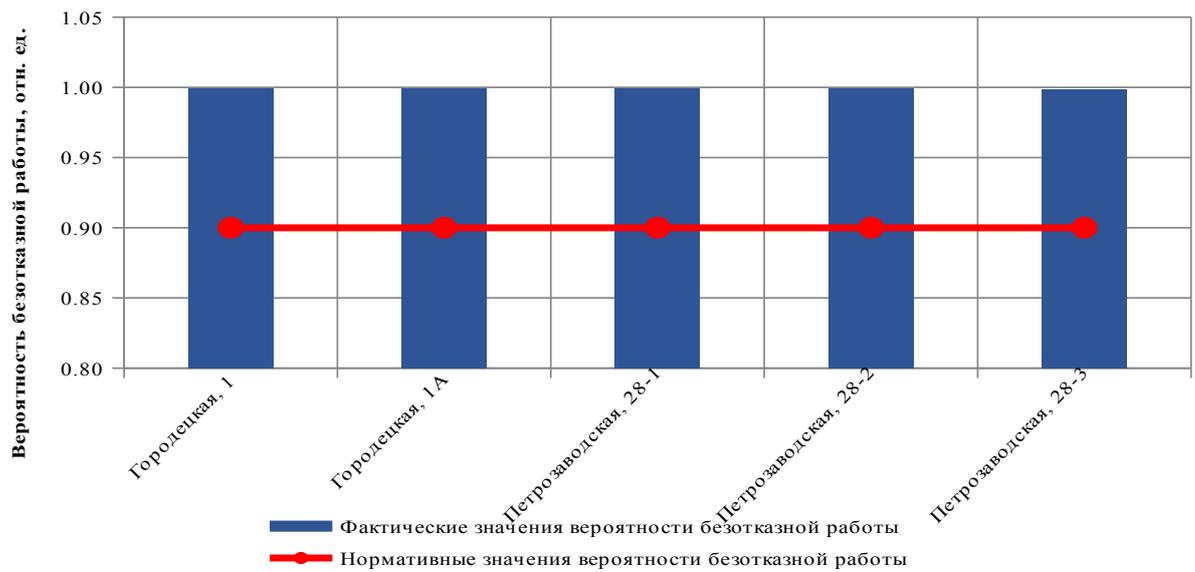
**Рисунок 4-74 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №102**



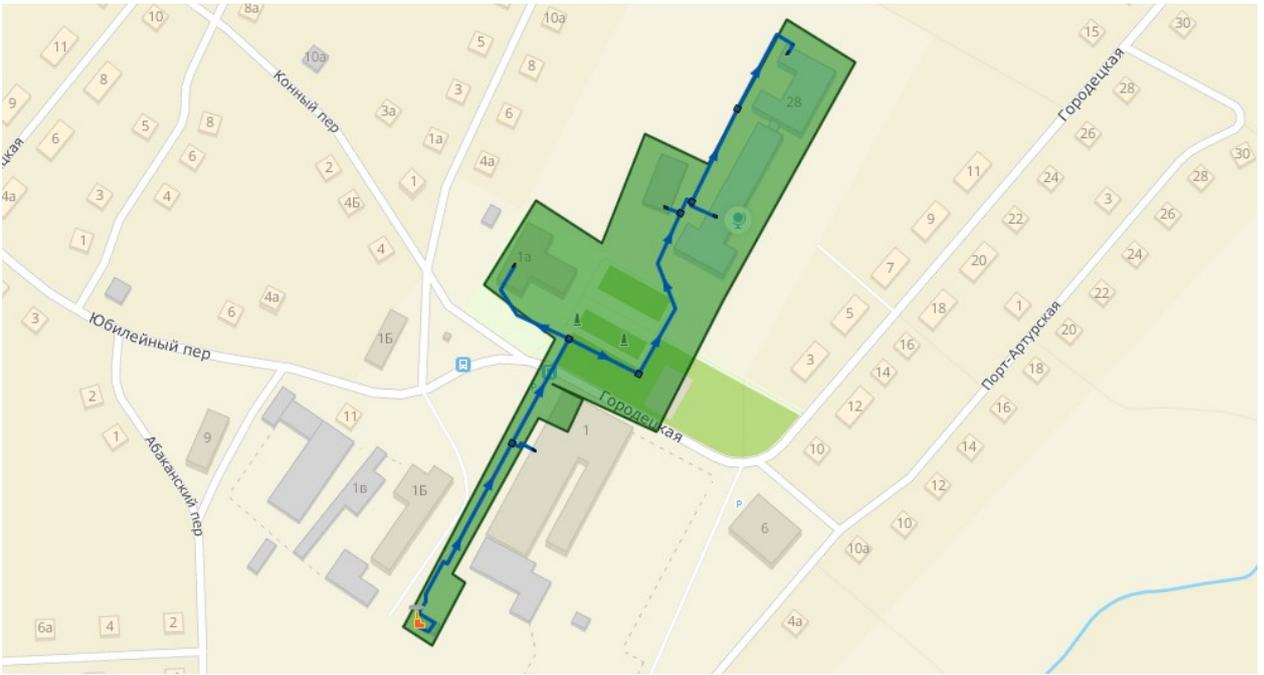
**Рисунок 4-75 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 102**



**Рисунок 4-76 – Путь от котельной № 103 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



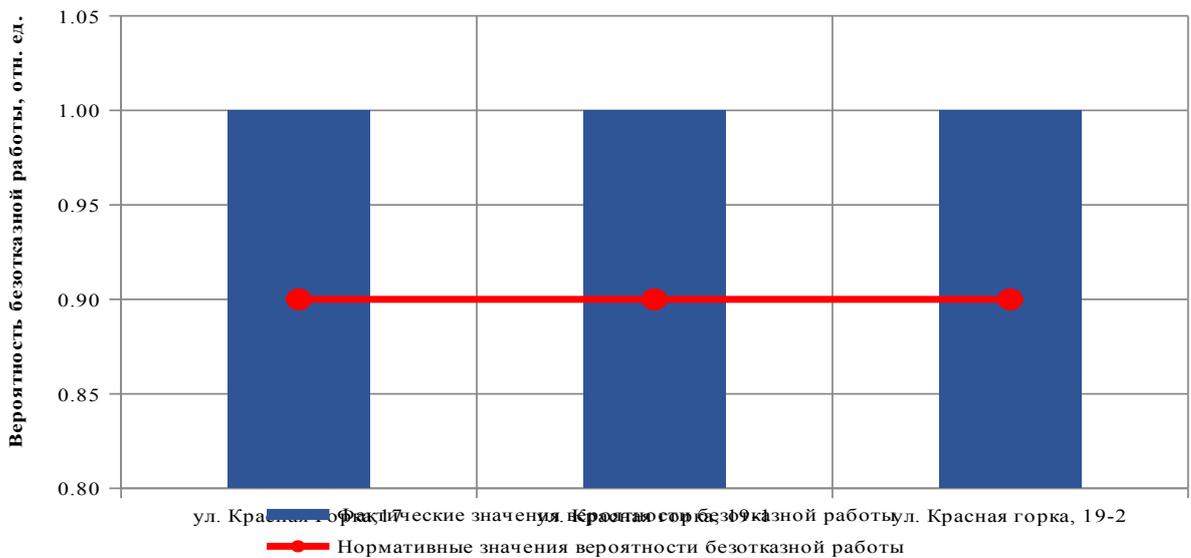
**Рисунок 4-77 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №103**



**Рисунок 4-78 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 103**



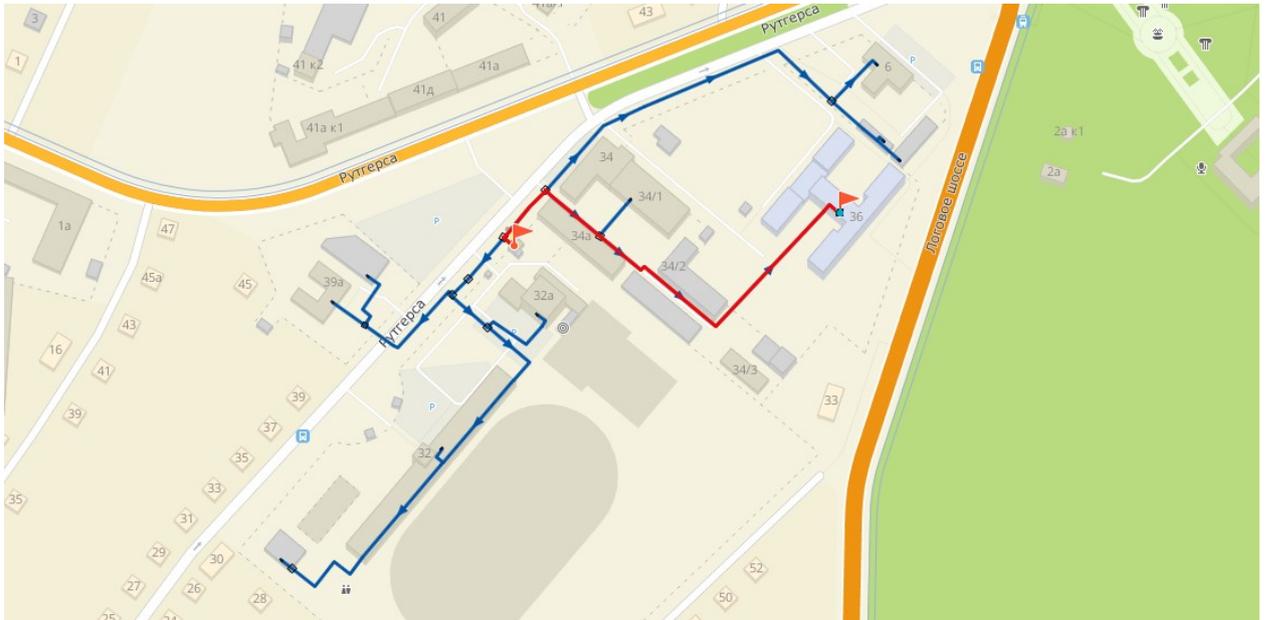
**Рисунок 4-79 – Путь от котельной № 110 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



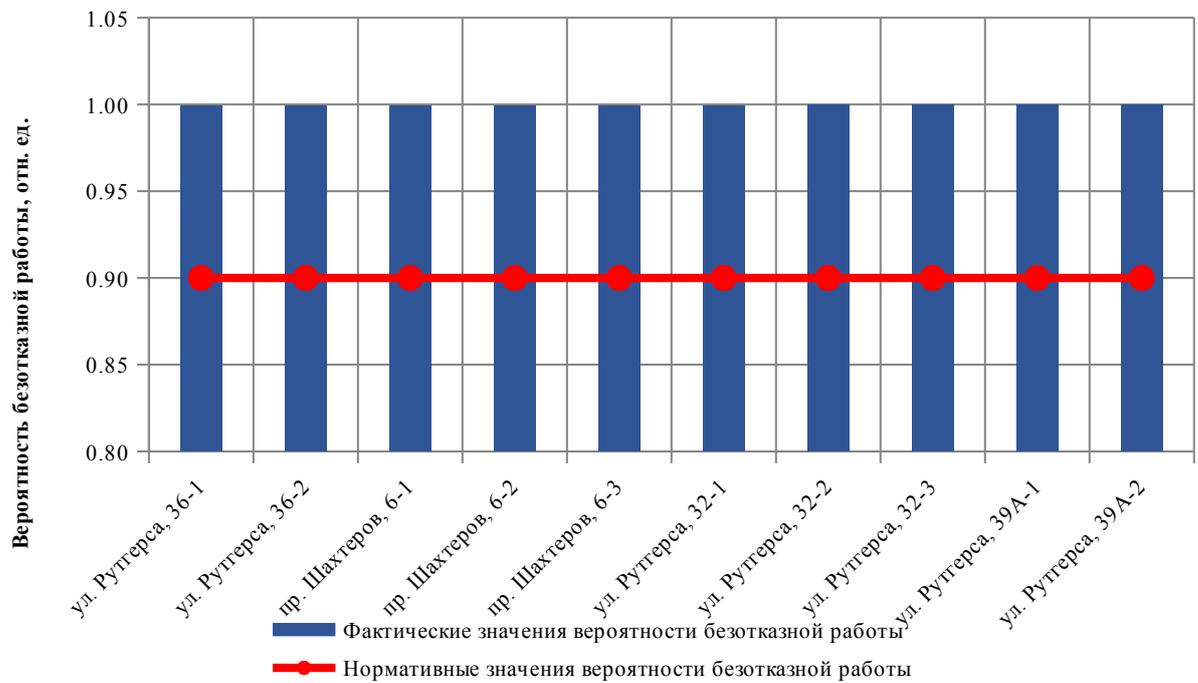
**Рисунок 4-80 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №110**



**Рисунок 4-81 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 110**



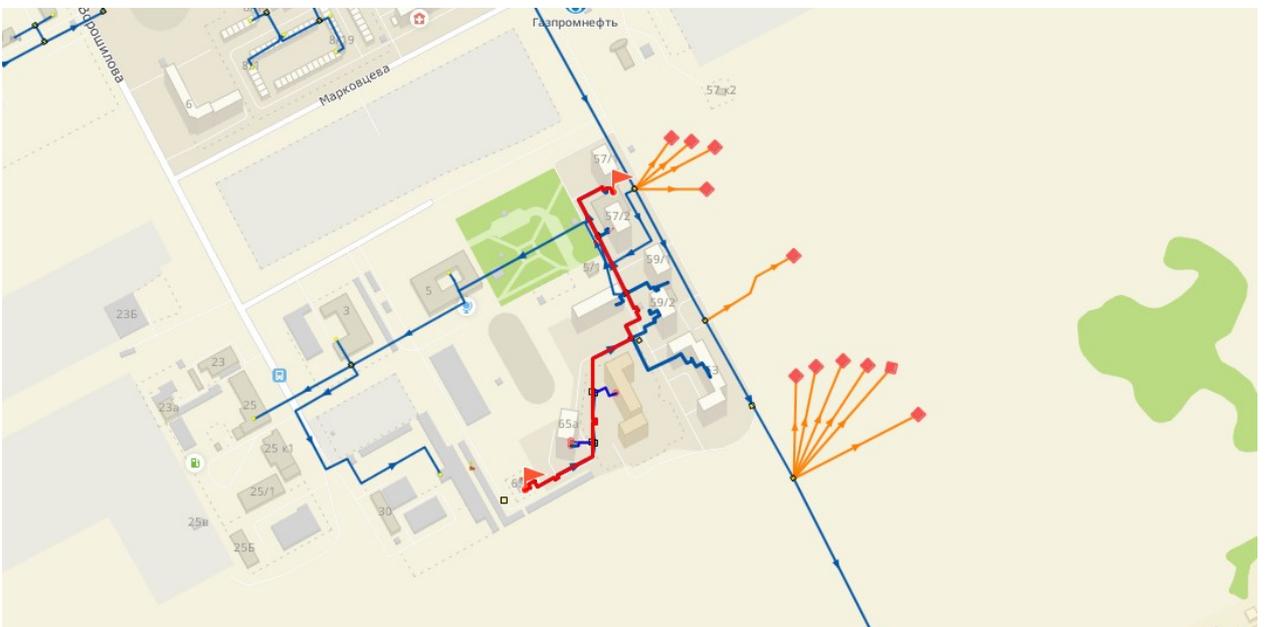
**Рисунок 4-82 – Путь от котельной № 112 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



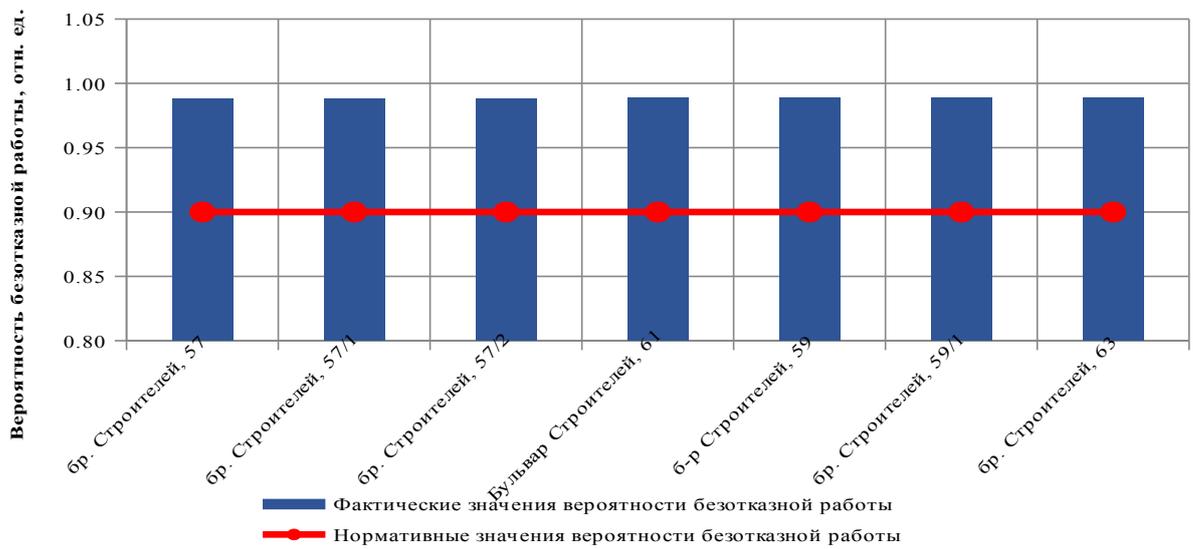
**Рисунок 4-83 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №112**



**Рисунок 4-84 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 112**



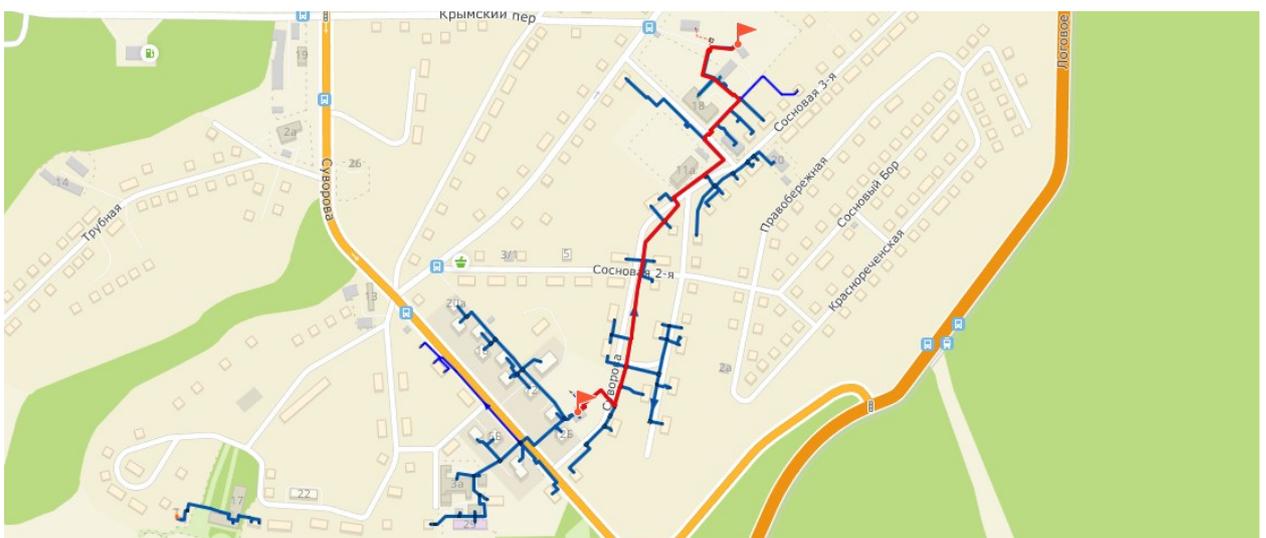
**Рисунок 4-85 – Путь от котельной № 114 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



**Рисунок 4-86 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной № 114**



**Рисунок 4-87 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 114**



**Рисунок 4-88 – Путь от котельной № 118 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**

Вероятность безотказной работы, отн. ед.



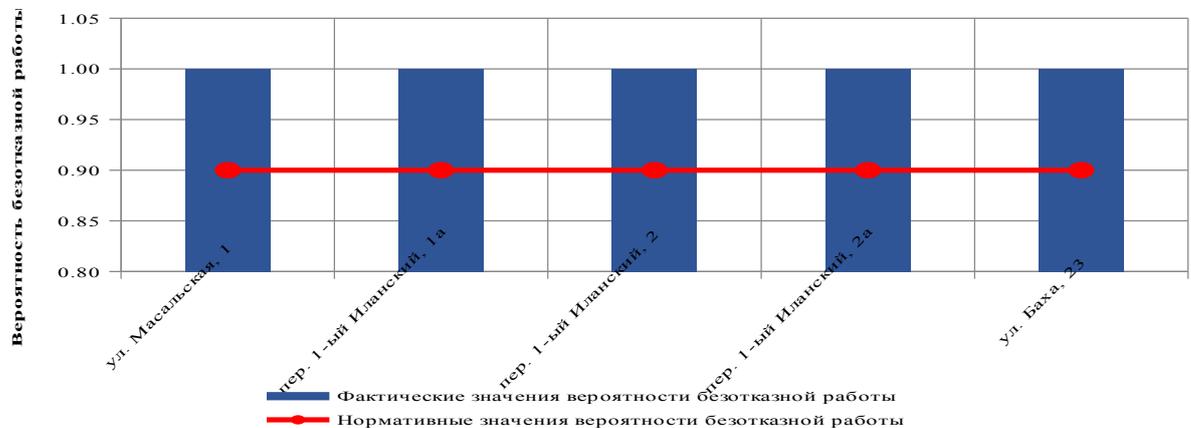
Рисунок 4-89 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №118



**Рисунок 4-90 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 118**



**Рисунок 4-91 – Путь от котельной № 122 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



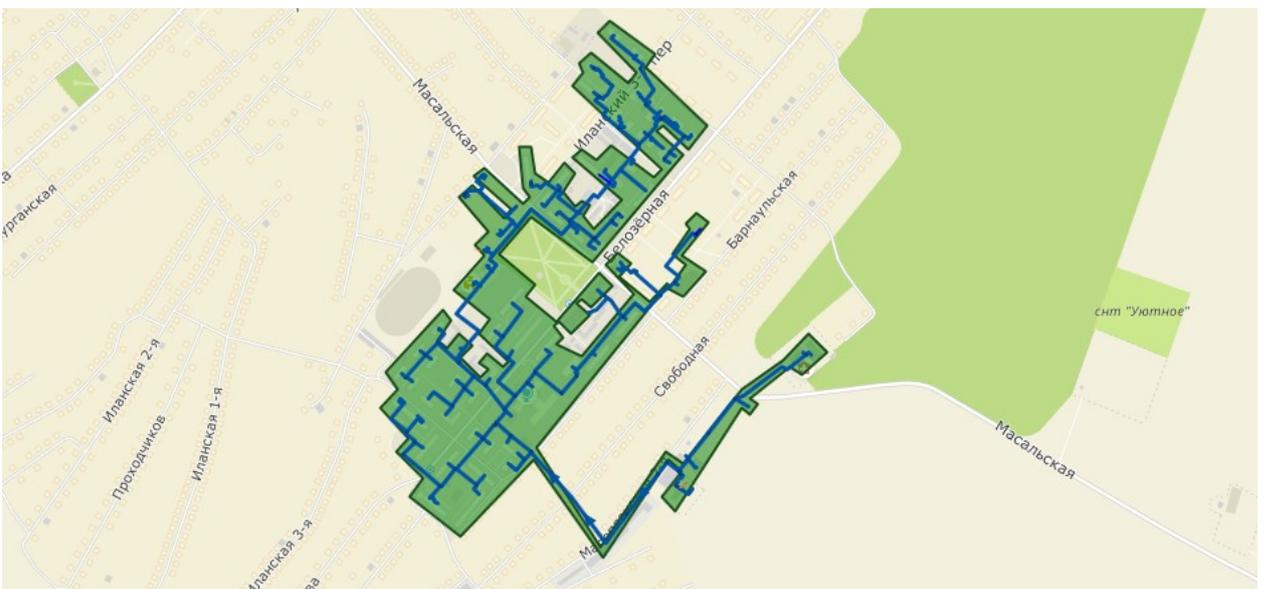
**Рисунок 4-92 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №122**



**Рисунок 4-93 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 122**



**Рисунок 4-94 – Путь от котельной № 123 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



**Рисунок 4-95 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 123**

Вероятность безотказной работы, отн. ед.

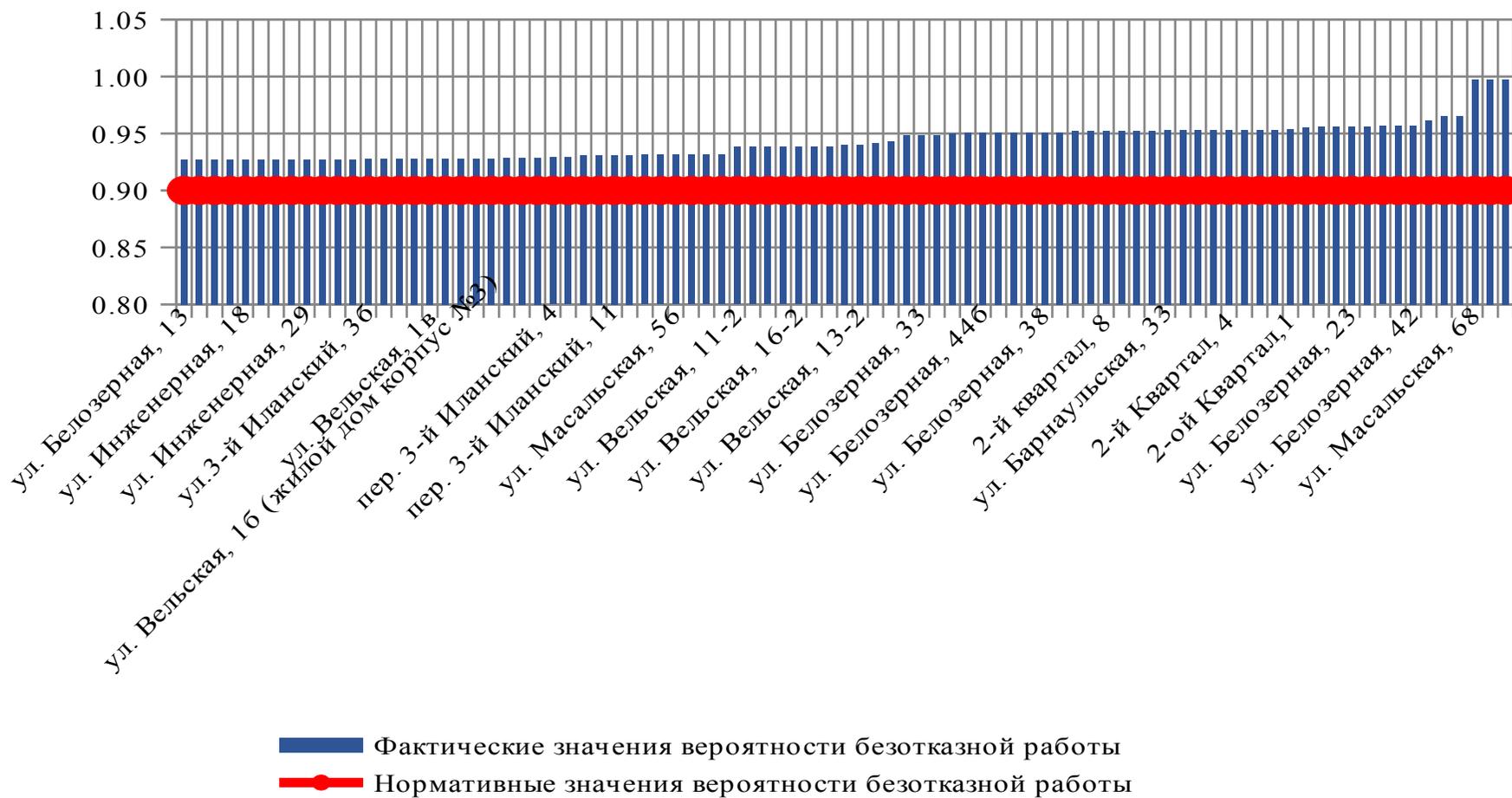
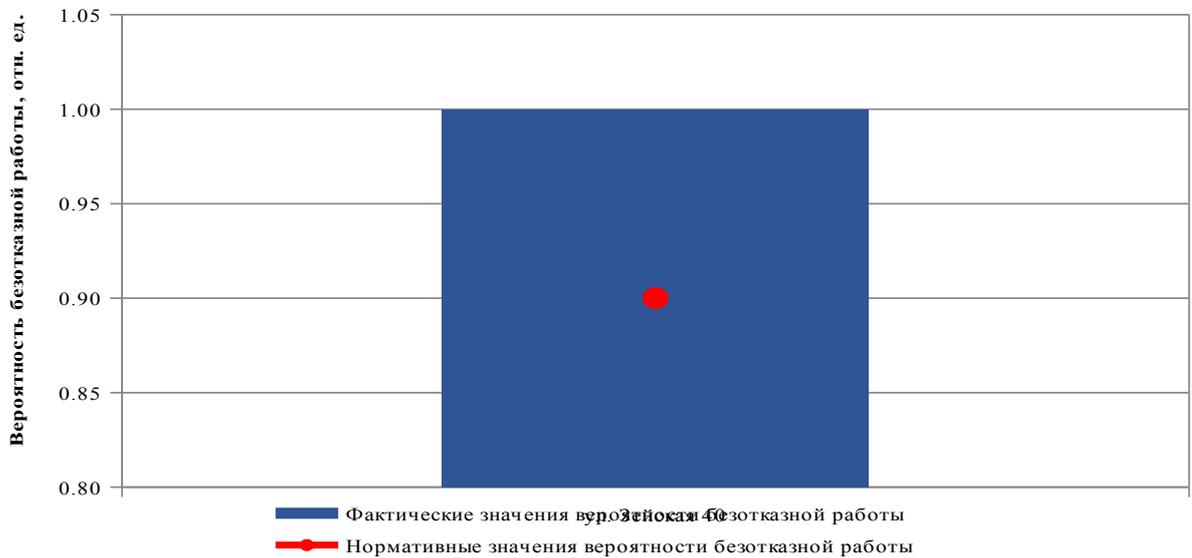


Рисунок 4-96 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №123



**Рисунок 4-97 – Путь от котельной № 141 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



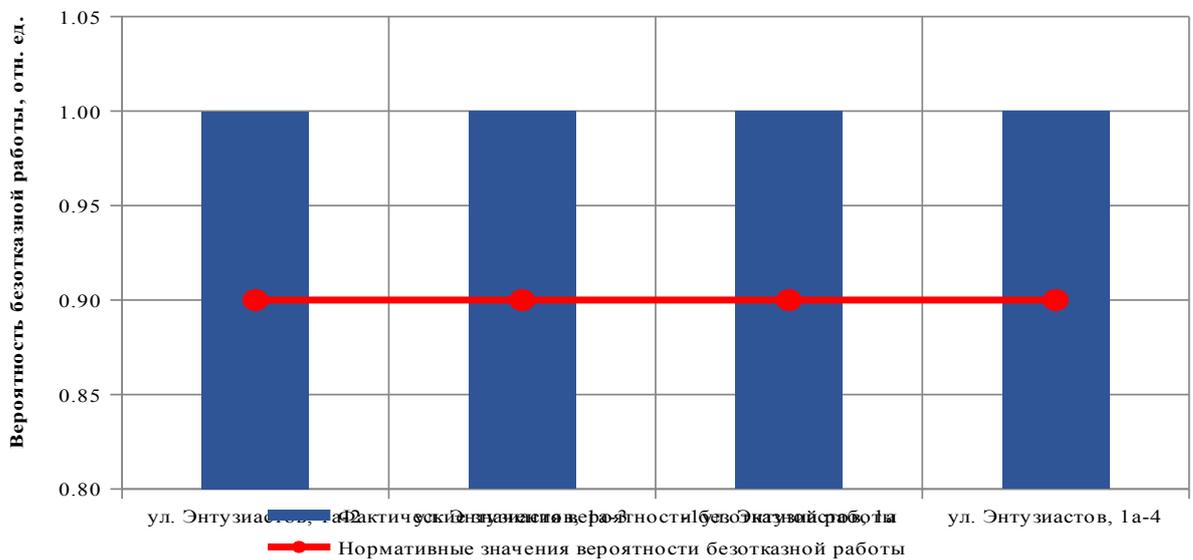
**Рисунок 4-98 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №141**



**Рисунок 4-99 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 141**



**Рисунок 4-100 – Путь от котельной № 163 до потребителя с минимальными показателями вероятности безотказной работы**



**Рисунок 4-101 – Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей в зоне теплоснабжения котельной №163**



**Рисунок 4-102 – Зоны надежного и ненадежного теплоснабжения от котельной № 163**

## 5. ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГОТОВНОСТИ ТЕПЛОПРОВОДОВ К НЕСЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ

Расчет показателей готовности энергосистем к безаварийному теплоснабжению производится согласно Методическим указаниям по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения (Приказ Минрегиона России от 26.07.2013 № 310 «Об утверждении Методических указаний по анализу показателей, используемых для оценки надежности систем теплоснабжения»).

Для расчета используется ряд показателей надежности системы теплоснабжения:

$K_3$  – показатель надежности электроснабжения источников тепловой энергии характеризуется наличием или отсутствием резервного электропитания:

- $K_3 = 1,0$  – при наличии резервного электроснабжения;
- $K_3 = 0,6$  – при отсутствии резервного электроснабжения.

При наличии в системе теплоснабжения нескольких источников тепловой энергии общий показатель определяется по формуле (5.1):

$$K_3^{общ} = \frac{Q_1 \cdot K_3^{ucmi} + \dots + Q_n \cdot K_3^{ucmn}}{Q_1 + \dots + Q_n}, \quad (5.1)$$

где  $K_3^{ucmi}$ ,  $K_3^{ucmn}$  – значения показателей надежности электроснабжения отдельных источников тепловой энергии.

$$Q_i = \frac{Q_{факт}}{t_u}, \quad (5.2)$$

где  $Q_i$ ,  $Q_n$  – средние фактические тепловые нагрузки за предшествующие 12 месяцев по каждому  $i$ -му источнику тепловой энергии;  $t_u$  – количество часов отопительного периода за предшествующие 12 месяцев;  $n$  – количество источников тепловой энергии.

$K_в$  – показатель надежности водоснабжения источников тепловой энергии характеризуется наличием или отсутствием резервного водоснабжения (5.3):

- $K_в = 1,0$  – при наличии резервного водоснабжения;
- $K_в = 0,6$  – при отсутствии резервного водоснабжения.

При наличии в системе теплоснабжения нескольких источников тепловой энергии общий показатель определяется по формуле:

$$K_в^{общ} = \frac{Q_1 \cdot K_в^{ucmi} + \dots + Q_n \cdot K_в^{ucmn}}{Q_1 + \dots + Q_n}, \quad (5.3)$$

где  $K_в^{ucmi}$ ,  $K_в^{ucmn}$  – значения показателей надежности водоснабжения отдельных источников тепловой энергии.

$K_т$  – показатель надежности топливоснабжения источников тепловой энергии

характеризуется наличием или отсутствием резервного топливоснабжения:

- $K_T = 1,0$  – при наличии резервного топлива;
- $K_T = 0,5$  – при отсутствии резервного топлива.

При наличии в системе теплоснабжения нескольких источников тепловой энергии общий показатель определяется по формуле (5.4):

$$K_m^{общ} = \frac{Q_i \cdot K_m^{ucmi} + \dots + Q_n \cdot K_m^{ucmn}}{Q_i + \dots + Q_n}, \quad (5.4)$$

где  $K_m^{ucmi}$ ,  $K_m^{ucmn}$  – значения показателей надежности топливоснабжения отдельных источников тепловой энергии.

$K_n$  – показатель надежности оборудования источников тепловой энергии характеризуется наличием или отсутствием акта проверки готовности источника тепловой энергии к отопительному периоду (при наличии акта проверки готовности источника тепловой энергии к отопительному периоду без замечаний –  $K_n = 1,0$ ).

$K_6$  – показатель соответствия тепловой мощности источников тепловой энергии и пропускной способности тепловых сетей расчетным тепловым нагрузкам потребителей ( $K_6$ ) характеризуется долей (%) тепловой нагрузки, не обеспеченной мощностью источников тепловой энергии и/или пропускной способностью тепловых сетей:

- $K_6 = 1,0$  – полная обеспеченность;
- $K_6 = 0,8$  – не обеспечена в размере 10% и менее;
- $K_6 = 0,5$  – не обеспечена в размере более 10%.

При наличии в системе теплоснабжения нескольких источников тепловой энергии общий показатель определяется по формуле (5.5):

$$K_6^{общ} = \frac{Q_i \cdot K_6^{ucmi} + \dots + Q_n \cdot K_6^{ucmn}}{Q_i + \dots + Q_n}, \quad (5.5)$$

где  $K_6^{ucmi}$ ,  $K_6^{ucmn}$  – значения показателей надежности отдельных источников тепловой энергии.

$K_p$  – показатель уровня резервирования источников тепловой энергии и элементов тепловой сети путем их кольцевания и устройства перемычек ( $K_p$ ) характеризуемый отношением резервируемой расчетной тепловой нагрузки к сумме расчетных тепловых нагрузок (%), подлежащих резервированию согласно схеме теплоснабжения городских округов, выраженный в %:

Оценку уровня резервирования ( $K_p$ ):

- от 90% до 100% –  $K_p = 1,0$ ;
- от 70% до 90% включительно –  $K_p = 0,7$ ;
- от 50% до 70% включительно –  $K_p = 0,5$ ;

- от 30% до 50% включительно –  $K_p = 0,3$ ;
- менее 30% включительно –  $K_p = 0,2$ .

При наличии в системе теплоснабжения нескольких источников тепловой энергии общий показатель определяется по формуле (5.6):

$$K_p^{общ} = \frac{Q_i \cdot K_p^{ucmi} + \dots + Q_n \cdot K_p^{ucmn}}{Q_i + \dots + Q_n}, \quad (5.6)$$

где  $K_p^{ucmi}$ ,  $K_p^{ucmn}$  – значения показателей надежности отдельных источников тепловой энергии.

$K_c$  – показатель технического состояния тепловых сетей, характеризуемый долей ветхих, подлежащих замене трубопроводов, определяется по формуле:

$$K_c = \frac{S_c^{экспл} - S_c^{ветх}}{S_c^{экспл}}, \quad (5.7)$$

где  $S_c^{экспл}$  – протяженность тепловых сетей, находящихся в эксплуатации;  $S_c^{ветх}$  – протяженность ветхих тепловых сетей, находящихся в эксплуатации.

$K_{отк\ tc}$  – показатель интенсивности отказов тепловых сетей ( $K_{отк\ tc}$ ), характеризуемый количеством вынужденных отключений участков тепловой сети с ограничением отпуска тепловой энергии потребителям, вызванным отказом и его устранением:

$$I_{отк\ tc} = \frac{n_{отк}}{S}, \quad (5.8)$$

где  $n_{отк}$  – количество отказов за предыдущий год;  $S$  – протяженность тепловой сети (в двухтрубном исполнении) данной системы теплоснабжения, км.

В зависимости от интенсивности отказов ( $I_{отк\ tc}$ ) определяется показатель надежности тепловых сетей ( $K_{отк\ tc}$ ):

- до 0,2 включительно –  $K_{отк\ tc} = 1,0$ ;
- от 0,2 до 0,6 включительно –  $K_{отк\ tc} = 0,8$ ;
- от 0,6 - 1,2 включительно –  $K_{отк\ tc} = 0,6$ ;
- свыше 1,2 –  $K_{отк\ tc} = 0,5$ .

$K_{отк\ ит}$  – показатель интенсивности отказов (далее – отказ) теплового источника, характеризуемый количеством вынужденных отказов источников тепловой энергии с ограничением отпуска тепловой энергии потребителям, вызванным отказом и его устранением ( $K_{отк\ ит}$ ):

$$I_{отк\ ит} = \frac{K_э + K_г + K_м}{3}. \quad (5.9)$$

В зависимости от интенсивности отказов  $I_{отк\ ит}$  определяется показатель надежности теплового источника  $K_{отк\ ит}$ :

- до 0,2 включительно –  $K_{отк\ ит} = 1,0$ ;
- от 0,2 до 0,6 включительно –  $K_{отк\ ит} = 0,8$ ;
- от 0,6 - 1,2 включительно –  $K_{отк\ ит} = 0,6$ .

$K_{нед}$  – показатель относительного аварийного недоотпуска тепла ( $K_{нед}$ ) в результате внеплановых отключений теплопотребляющих установок потребителей определяется по формуле (5.10):

$$Q_{нед} = \frac{Q_{откл}}{Q_{факт} \cdot 100 [\%]}, \quad (5.10)$$

где  $Q_{откл}$  – недоотпуск тепла;  $Q_{факт}$  – фактический отпуск тепла системой теплоснабжения.

В зависимости от величины относительного недоотпуска тепла ( $Q_{откл}$ ) определяется показатель надежности ( $K_{нед}$ ):

- до 0,1% включительно –  $K_{нед} = 1,0$ ;
- от 0,1% до 0,3% включительно –  $K_{нед} = 0,8$ ;
- от 0,3% до 0,5% включительно –  $K_{нед} = 0,6$ ;
- от 0,5% до 1,0% включительно –  $K_{нед} = 0,5$ ;
- свыше 1,0% –  $K_{нед} = 0,2$ .

$K_{п}$  – показатель укомплектованности ремонтным и оперативно-ремонтным персоналом определяется как отношение фактической численности к численности по действующим нормативам, но не более 1,0.

$K_{м}$  – показатель оснащенности машинами, специальными механизмами и оборудованием ( $K_{м}$ ) принимается как среднее отношение фактического наличия к количеству, определенному по нормативам, по основной номенклатуре:

$$K_{м} = \frac{K_{м}^f + K_{м}^n}{n}, \quad (5.11)$$

где  $K_{м}^f$ ,  $K_{м}^n$  – показатели, относящиеся к данному виду машин, механизмов, оборудования;  $n$  – число показателей, учтенных в числителе.

$K_{тр}$  – показатель наличия основных материально-технических ресурсов ( $K_{тр}$ ) определяется аналогично по формуле (5.11) по основной номенклатуре ресурсов (трубы, компенсаторы, арматура, сварочные материалы и т.п.). Принимаемые для определения значения общего  $K_{тр}$  частные показатели не должны быть выше 1,0.

$K_{ист}$  – показатель укомплектованности передвижными автономными источниками электропитания ( $K_{ист}$ ) для ведения аварийно-восстановительных работ, вычисляется как отношение фактического наличия данного оборудования (в единицах мощности – кВт) к потребности.

Показатель готовности теплоснабжающих организаций к проведению аварийно-

восстановительных работ в системах теплоснабжения (общий показатель) базируется на показателях:

- укомплектованности ремонтным и оперативно-ремонтным персоналом;
- оснащенности машинами, специальными механизмами и оборудованием;
- наличия основных материально-технических ресурсов;
- укомплектованности передвижными автономными источниками
- электропитания для ведения аварийно-восстановительных работ.

Общий показатель готовности теплоснабжающих организаций к проведению восстановительных работ в системах теплоснабжения к выполнению аварийно-восстановительных работ определяется следующим образом (5.12):

$$K_{\text{гот}} = 0,25 \cdot K_n + 0,35 \cdot K_m + 0,3 \cdot K_{\text{тр}} + 0,1 \cdot K_{\text{ист.}} \quad (5.12)$$

Общая оценка готовности дается по следующим категориям – таблица 5-1.

**Таблица 5-4 – Категории готовности**

$K_{\text{гот}}$	$(K_n; K_m); K_{\text{тр}}$	Категория готовности
0,85-1,0	0,75 и более	удовлетворительная готовность
0,85-1,0	до 0,75	ограниченная готовность
0,7-0,84	0,5 и более	ограниченная готовность
0,7-0,84	до 0,5	неготовность
менее 0,7	-	неготовность

Оценка надежности систем теплоснабжения:

а) оценка надежности источников тепловой энергии.

В зависимости от полученных показателей надежности  $K_э$ ,  $K_в$ ,  $K_т$  и  $K_и$ , источники тепловой энергии могут быть оценены как:

- высоконадежные – при  $K_э = K_в = K_т = K_и = 1$ ;
- надежные – при  $K_э = K_в = K_т = 1$  и  $K_и = 0,5$ ;
- малонадежные – при  $K_и = 0,5$  и при значении меньше 1 одного из показателей  $K_э$ ,  $K_в$ ,  $K_т$ ;
- ненадежные – при  $K_и = 0,2$  и/или значении меньше 1 у 2-х и более показателей  $K_э$ ,  $K_в$ ,  $K_т$ .

б) оценка надежности тепловых сетей.

В зависимости от полученных показателей надежности тепловые сети могут быть оценены как:

- высоконадежные – более 0,9;
- надежные – 0,75-0,89;

– малонадежные – 0,5-0,74;

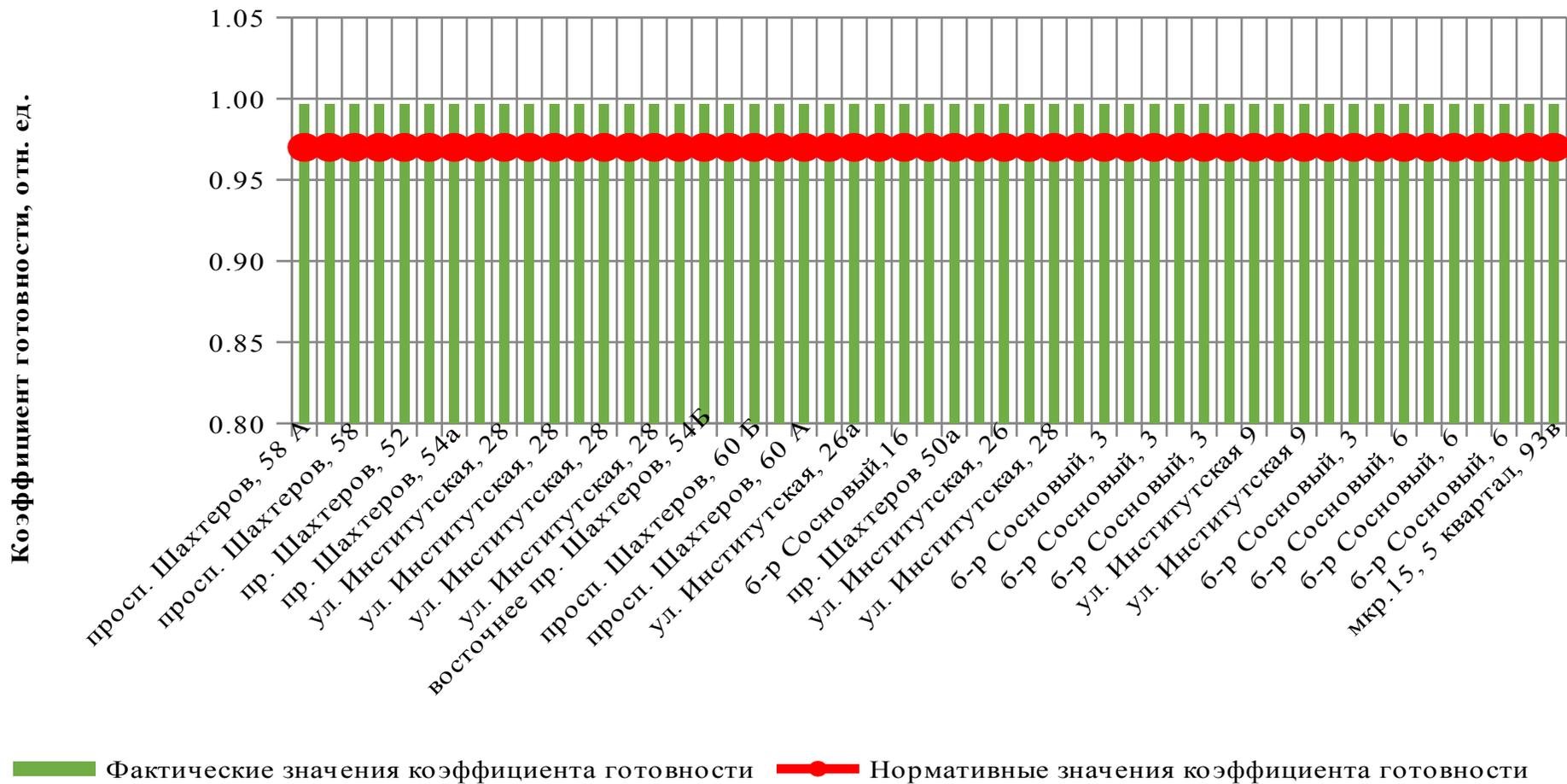
– ненадежные – менее 0,5.

в) оценка надежности систем теплоснабжения в целом.

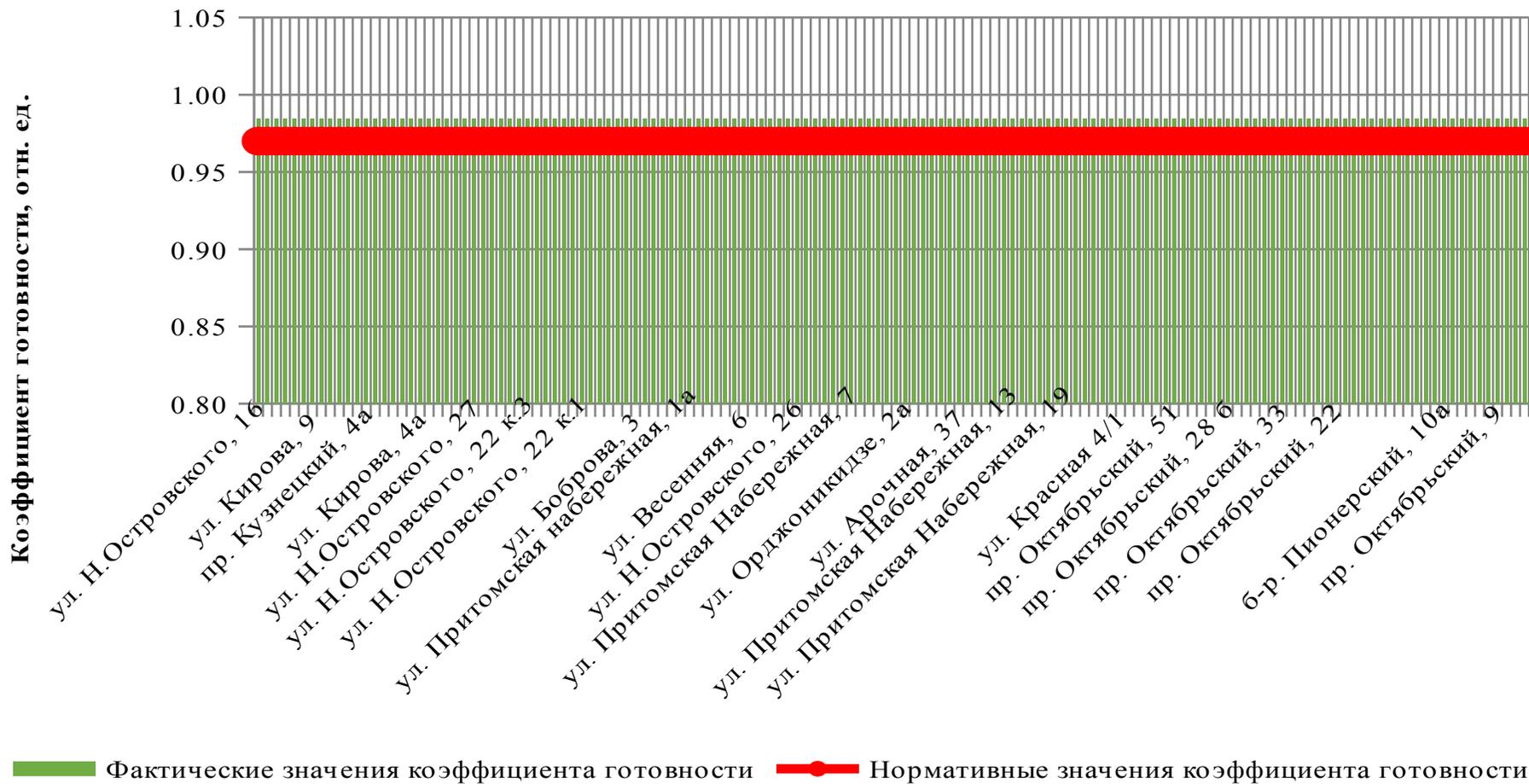
Общая оценка надежности системы теплоснабжения определяется исходя из оценок надежности источников тепловой энергии и тепловых сетей.

Общая оценка надежности системы теплоснабжения определяется как наихудшая из оценок надежности источников тепловой энергии или тепловых сетей.

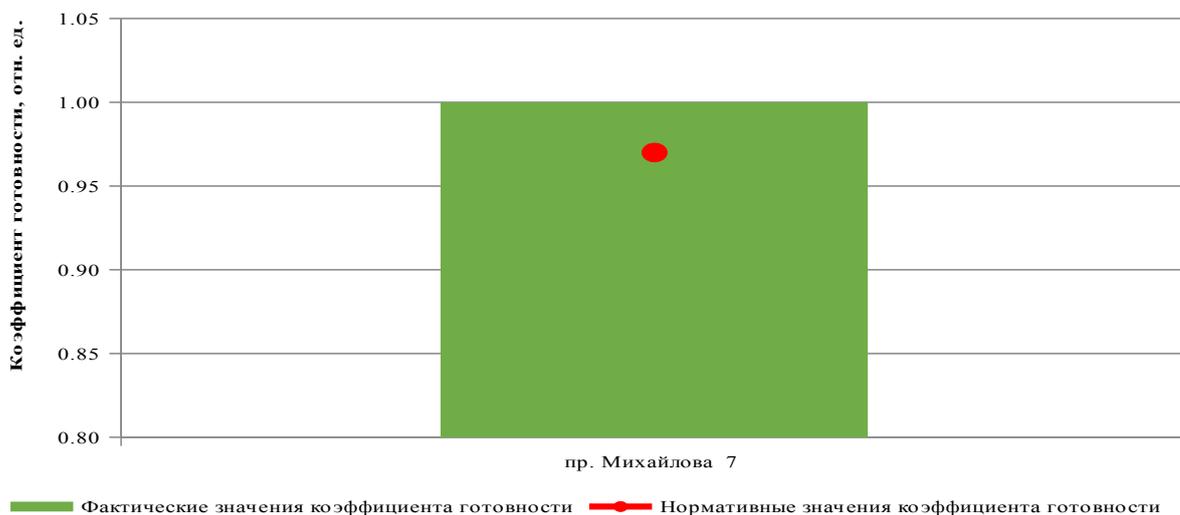
Результаты расчета вероятности коэффициентов готовности к безотказному теплоснабжению по энергоисточникам представлены в таблицах 4-1 и 4-2 раздела 4 и на рисунках 5-1 – 5-33. Расчет основан на ПРК ZuluThermo и электронной модели систем теплоснабжения, в соответствии с Методикой и алгоритмом расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов АО «Газпром промгаз».



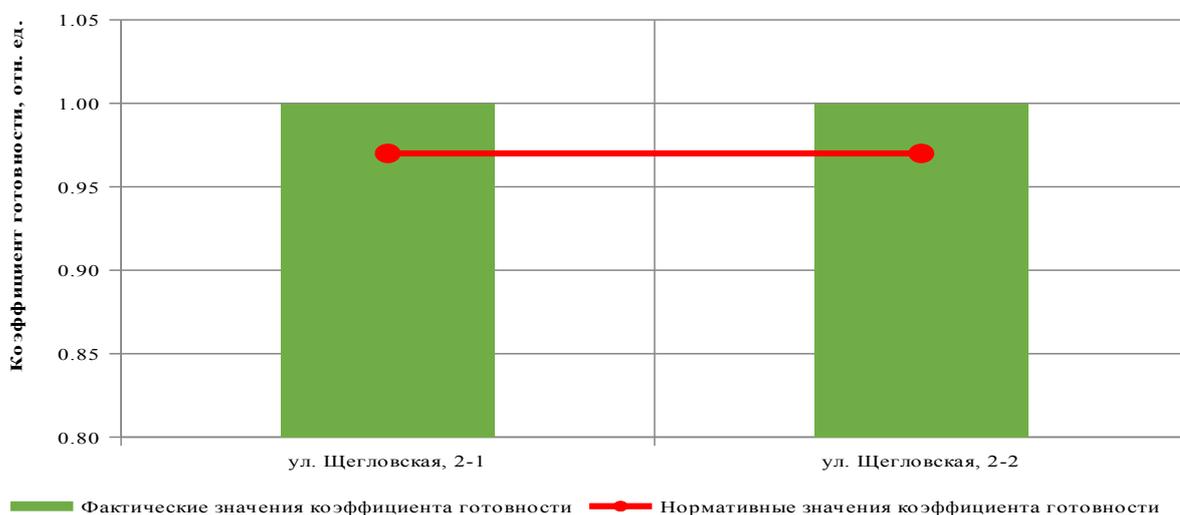
**Рисунок 5-103 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей правобережной части города (путь – рисунок 4-4)**



**Рисунок 5-104 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей левобережной части города (путь – рисунок 4-8)**



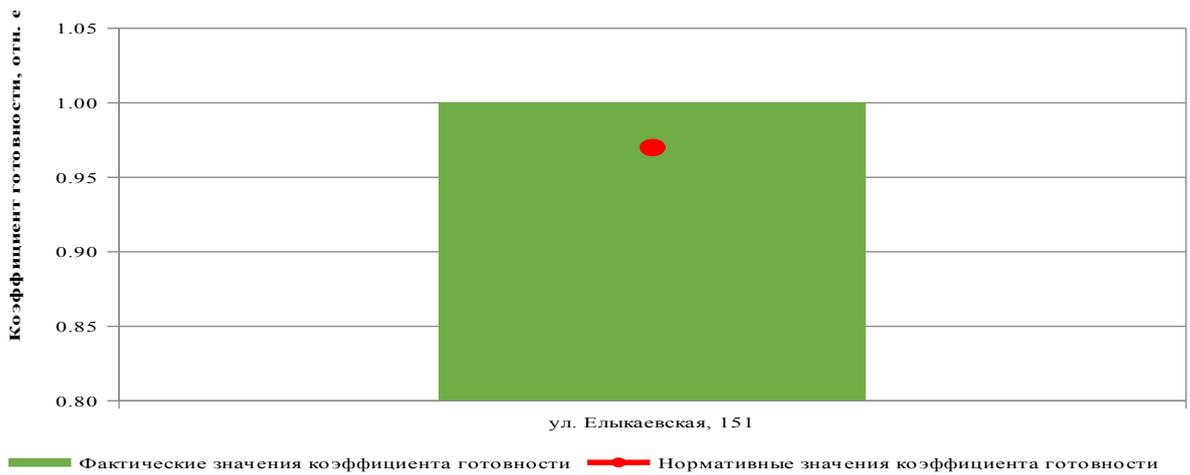
**Рисунок 5-105 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №4 (путь – рисунок 4-11)**



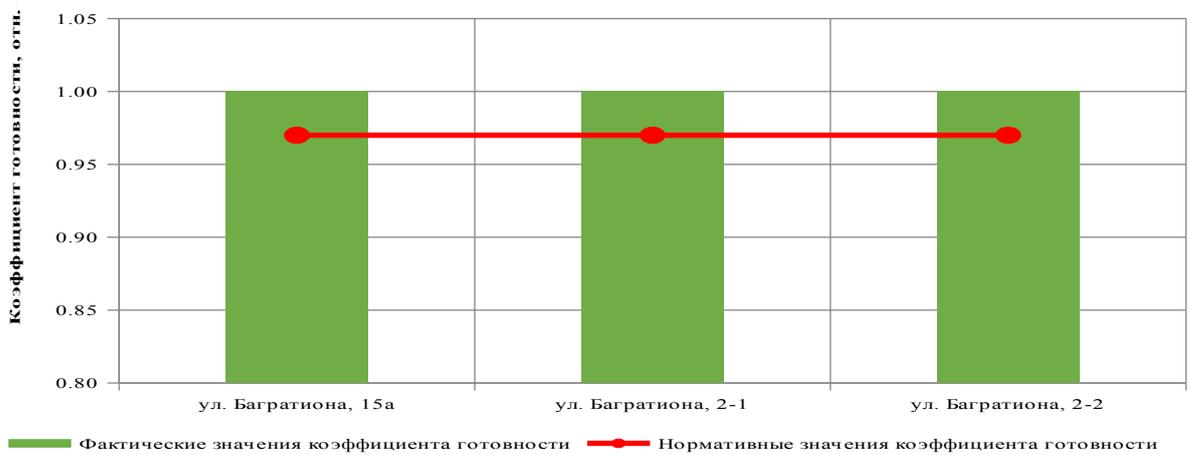
**Рисунок 5-106 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №6 (путь – рисунок 4-14)**



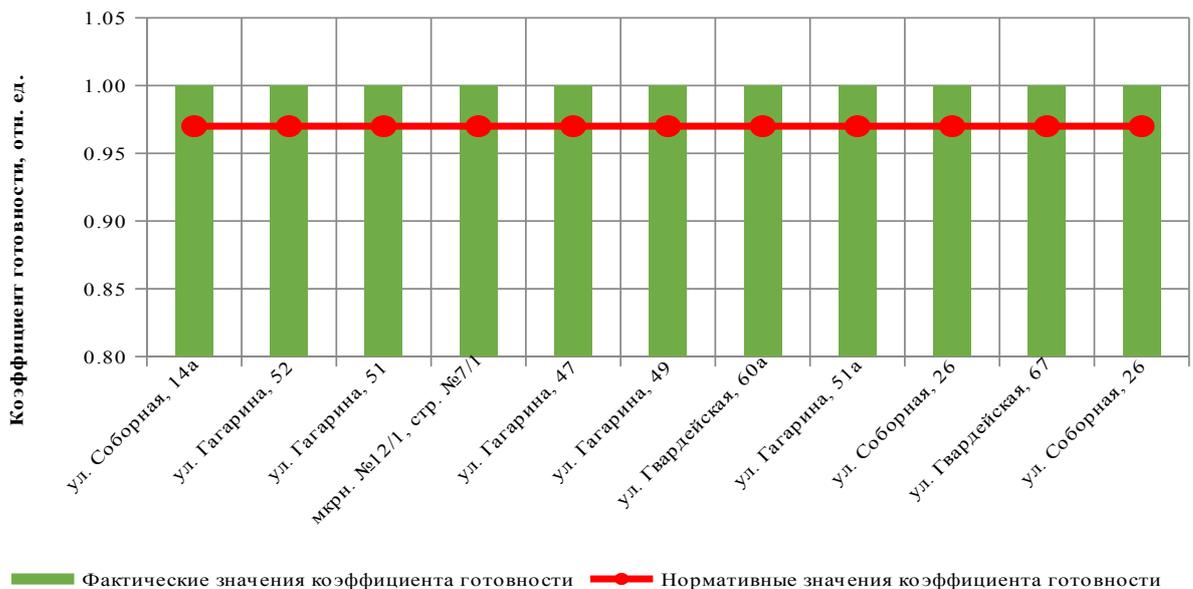
**Рисунок 5-107 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №8 (путь – рисунок 4-17)**



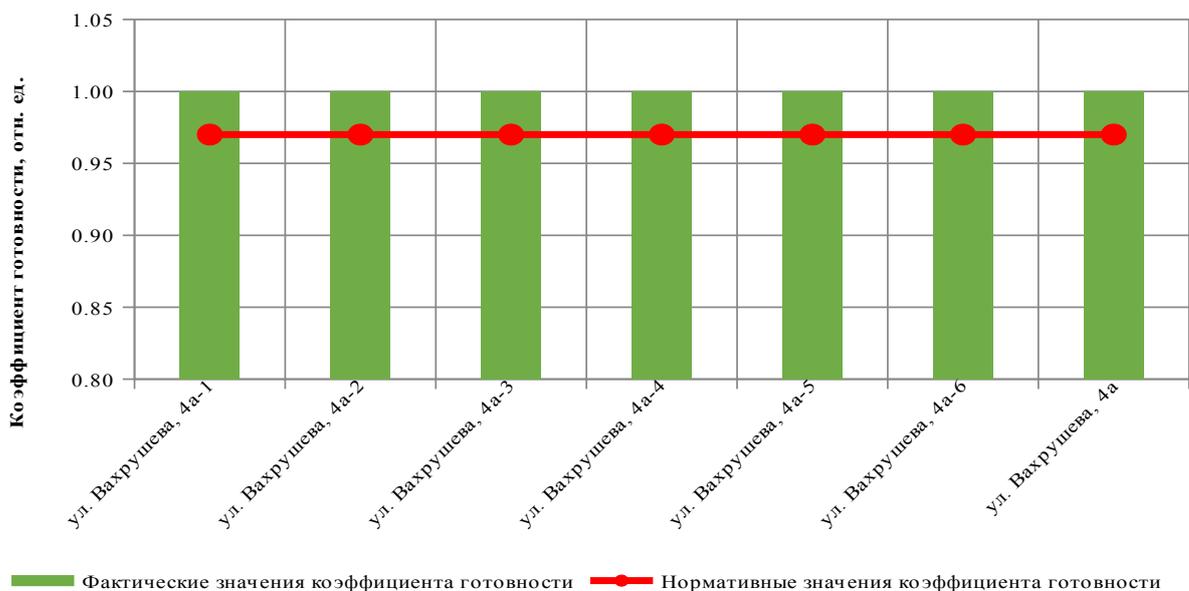
**Рисунок 5-108 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №15 (путь – рисунок 4-20)**



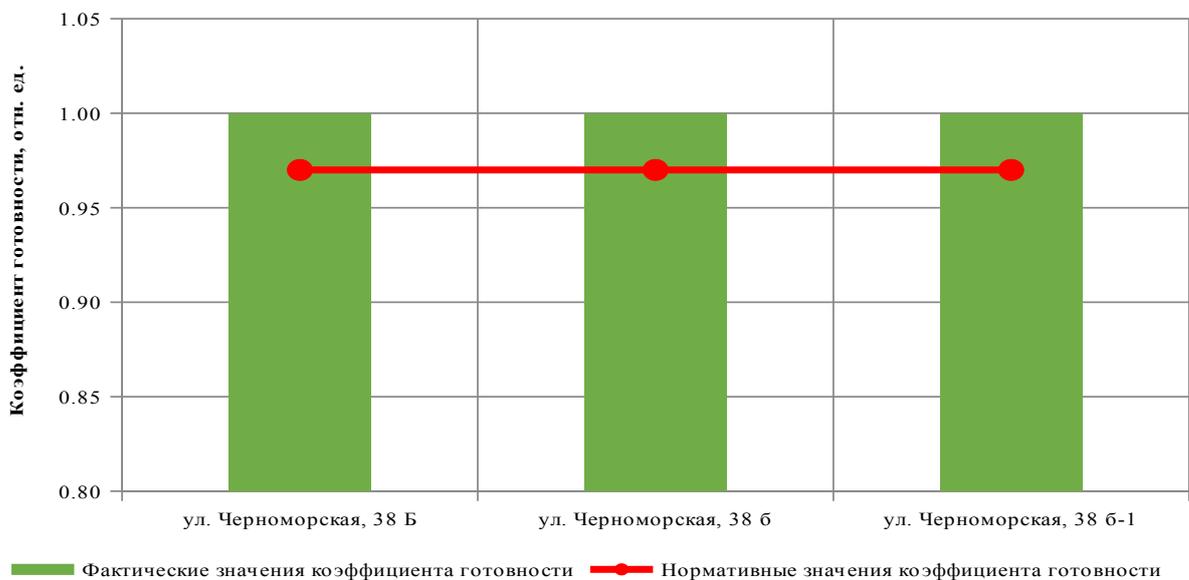
**Рисунок 5-109 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №17 (путь – рисунок 4-23)**



**Рисунок 5-110 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №26 (путь – рисунок 4-26)**



**Рисунок 5-111 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №31 (путь – рисунок 4-29)**



**Рисунок 5-112 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №34 (путь – рисунок 4-32)**

Коэффициент готовности, отн. ед.

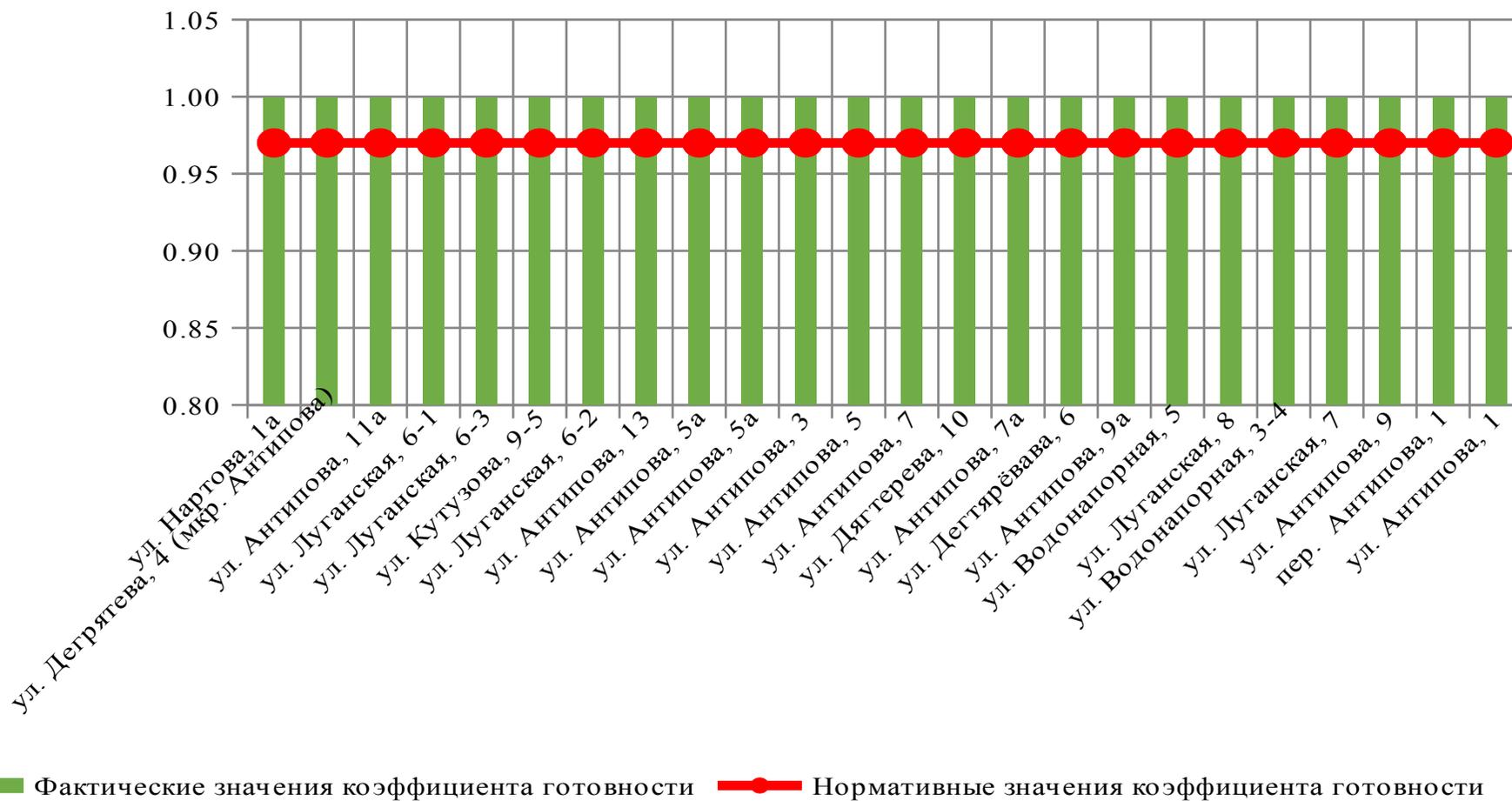
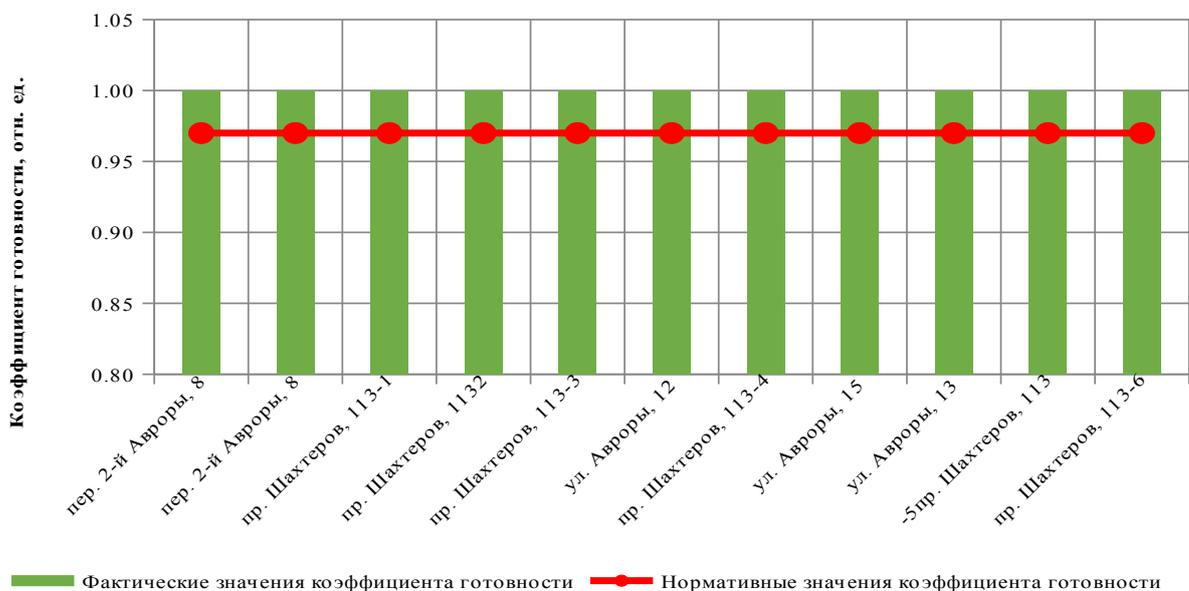
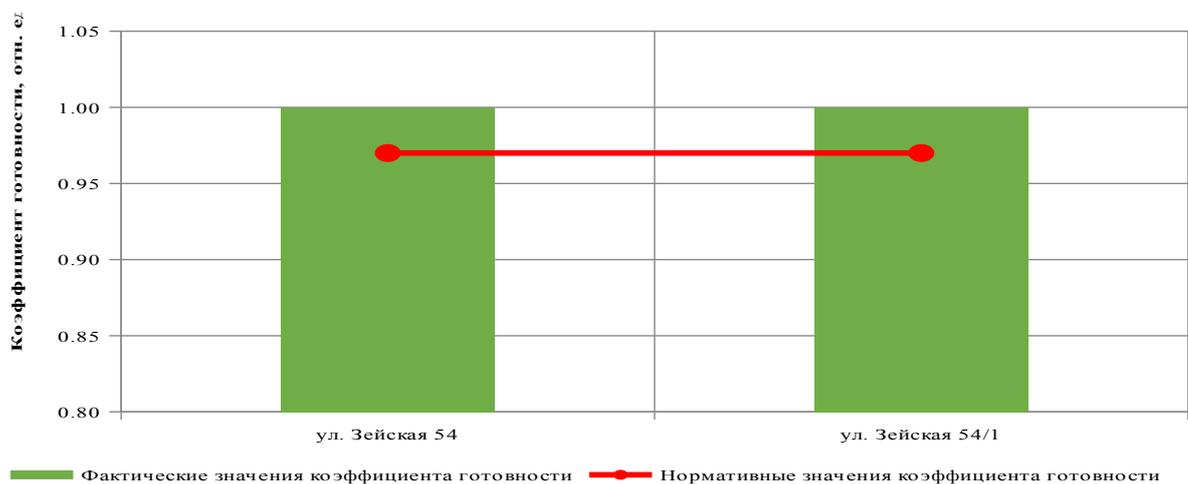


Рисунок 5-113 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №35 (путь – рисунок 4-35)



**Рисунок 5-114 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №38 (путь – рисунок 4-38)**



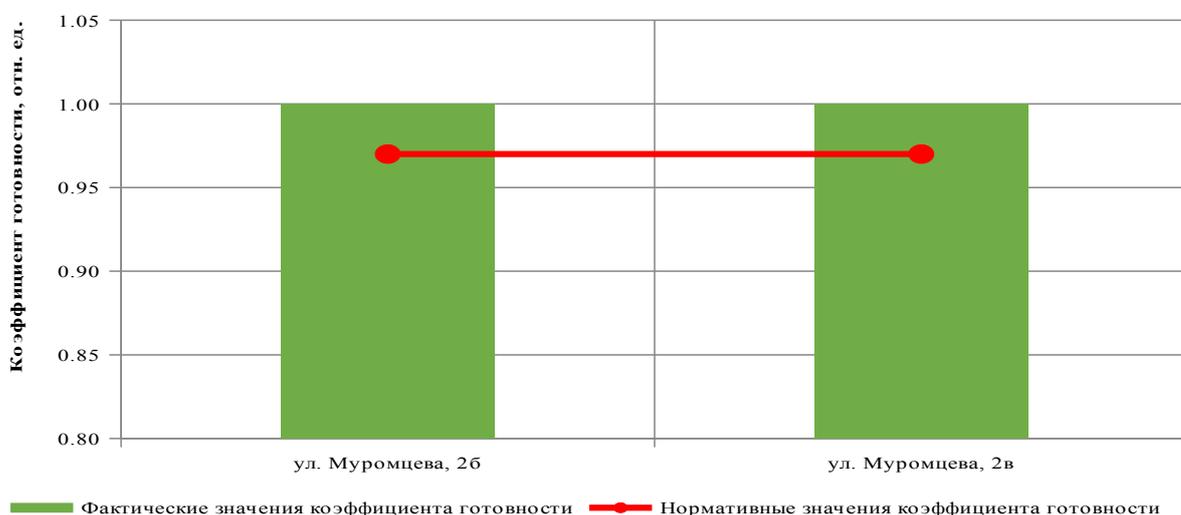
**Рисунок 5-115 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №42 (путь – рисунок 4-42)**



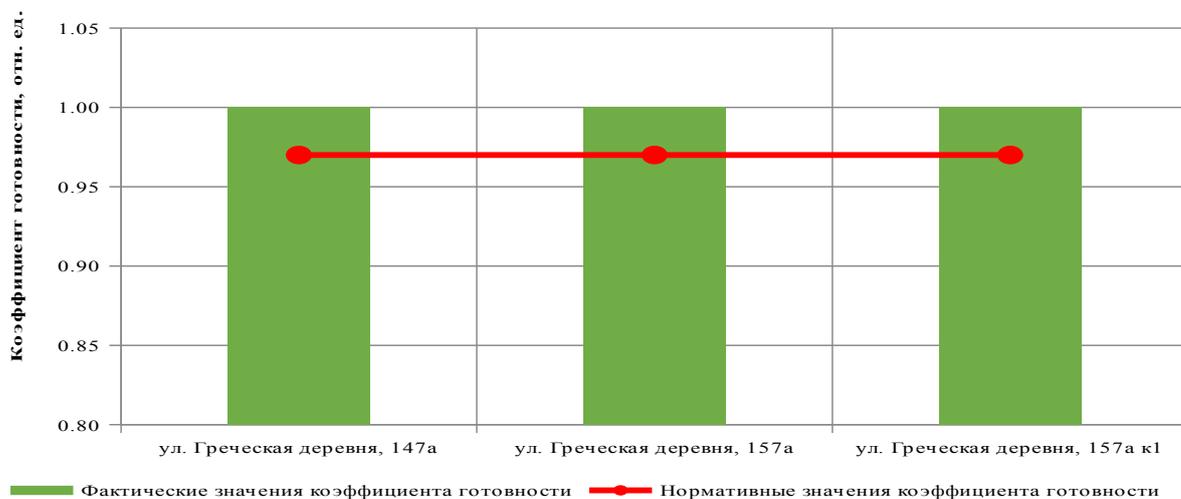
**Рисунок 5-116 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №43 (путь – рисунок 4-44)**



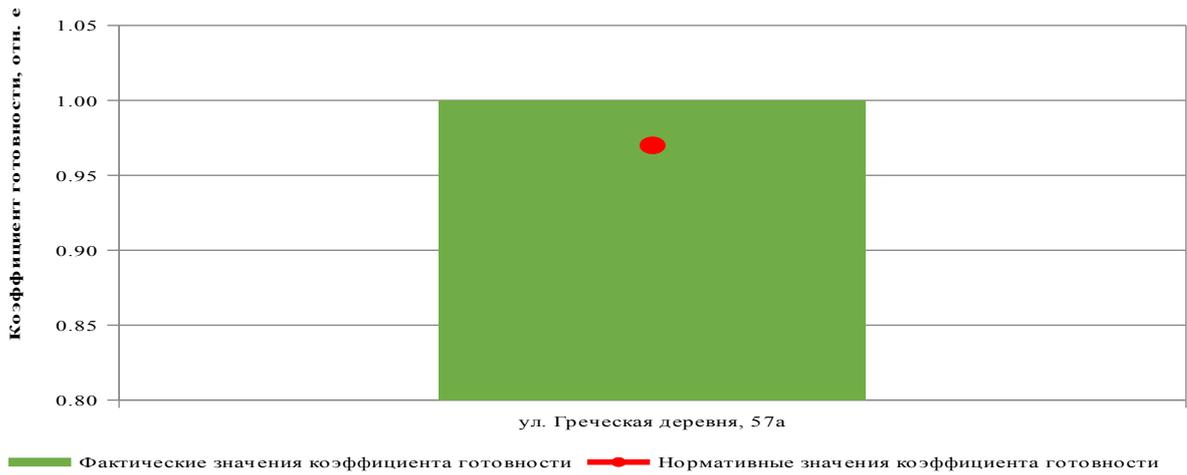
**Рисунок 5-117 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №56 (путь – рисунок 4-47)**



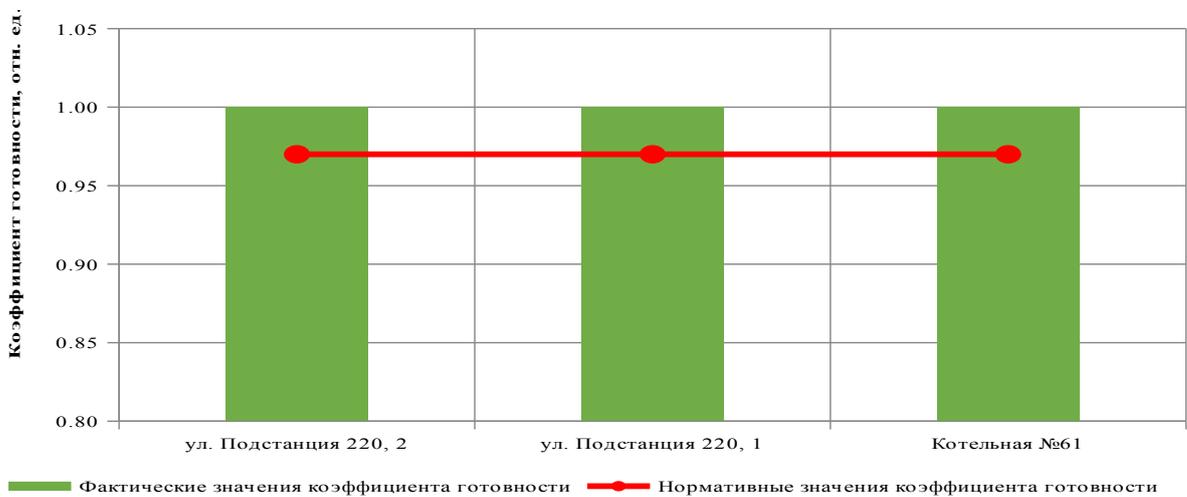
**Рисунок 5-118 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №60 (путь – рисунок 4-50)**



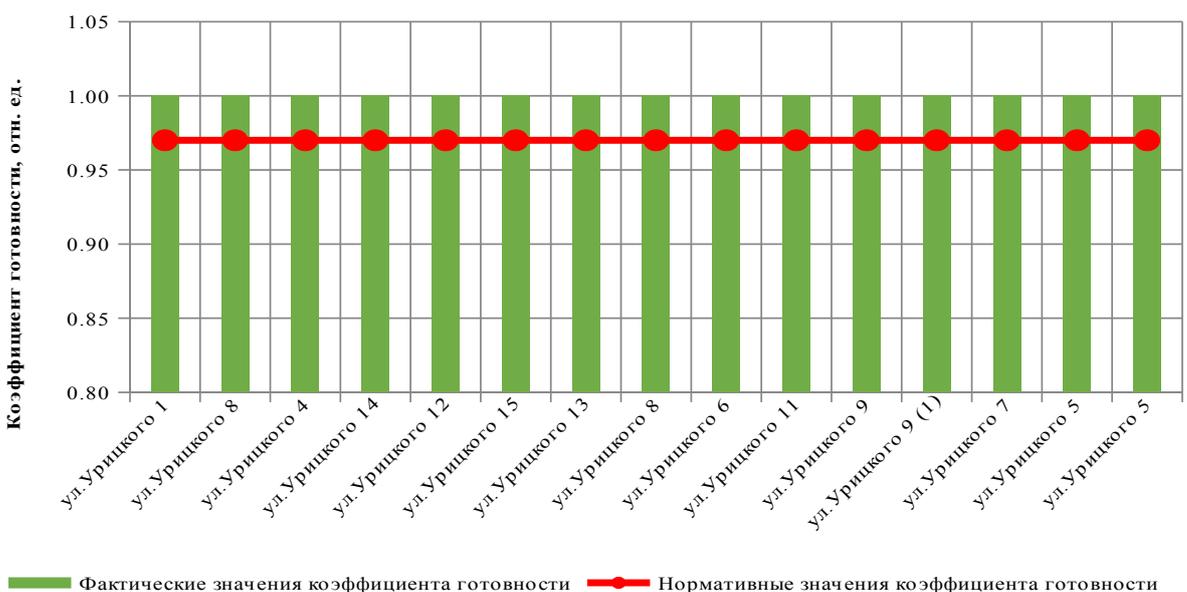
**Рисунок 5-119 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №65 (путь – рисунок 4-53)**



**Рисунок 5-120 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №66 (путь – рисунок 4-56)**



**Рисунок 5-121 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №91 (путь – рисунок 4-59)**



**Рисунок 5-122 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №92 (путь – рисунок 4-62)**

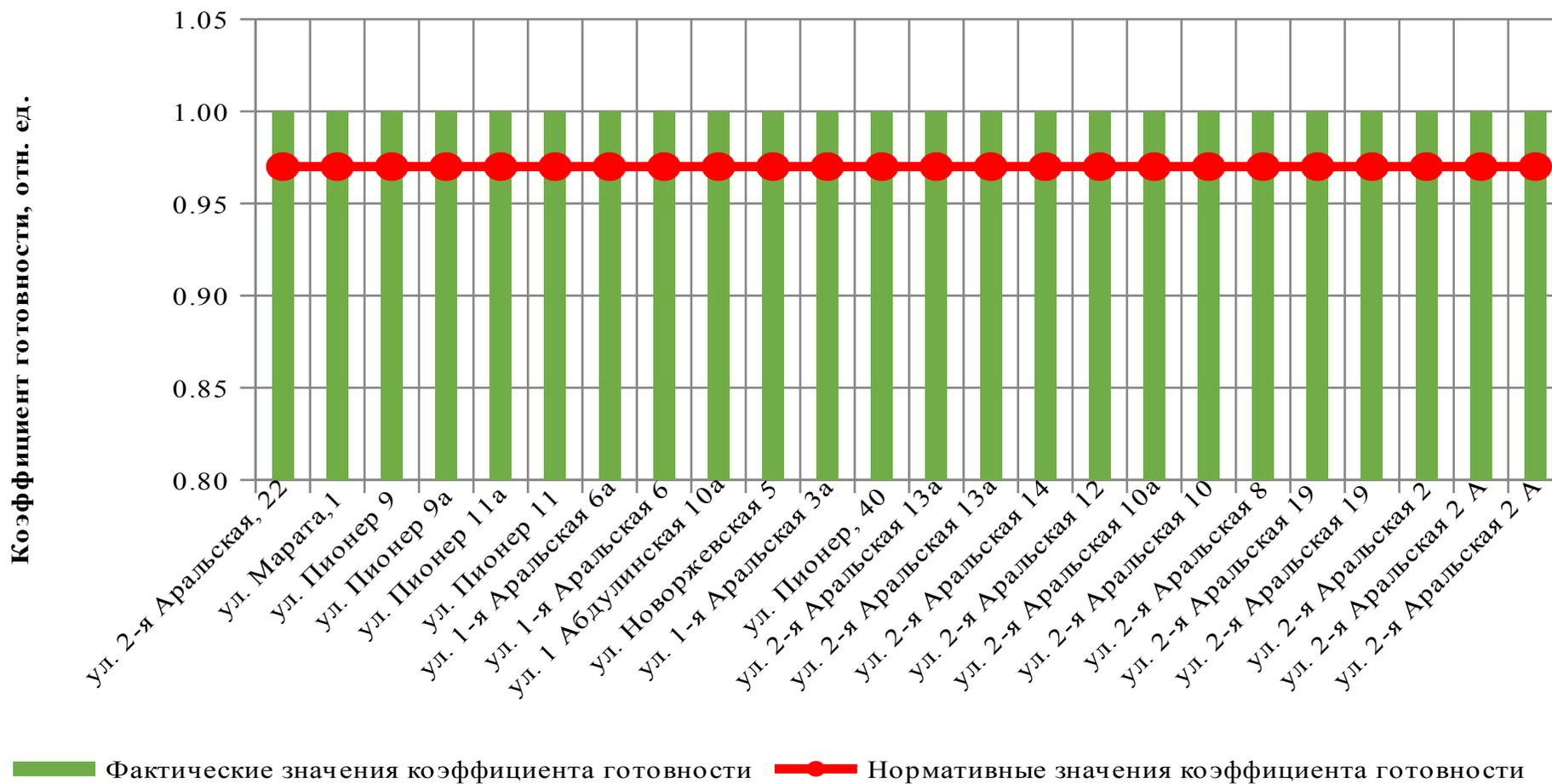
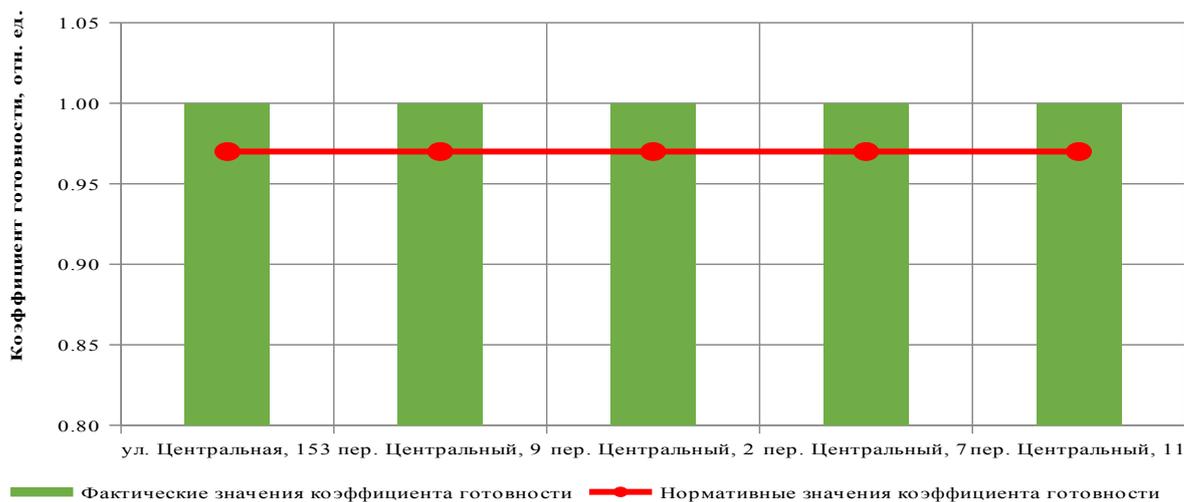
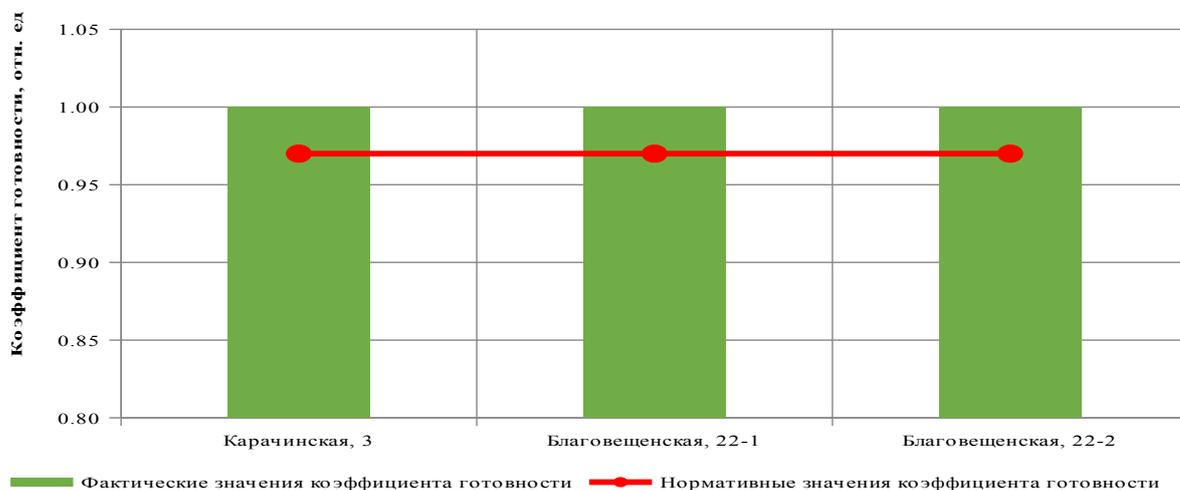


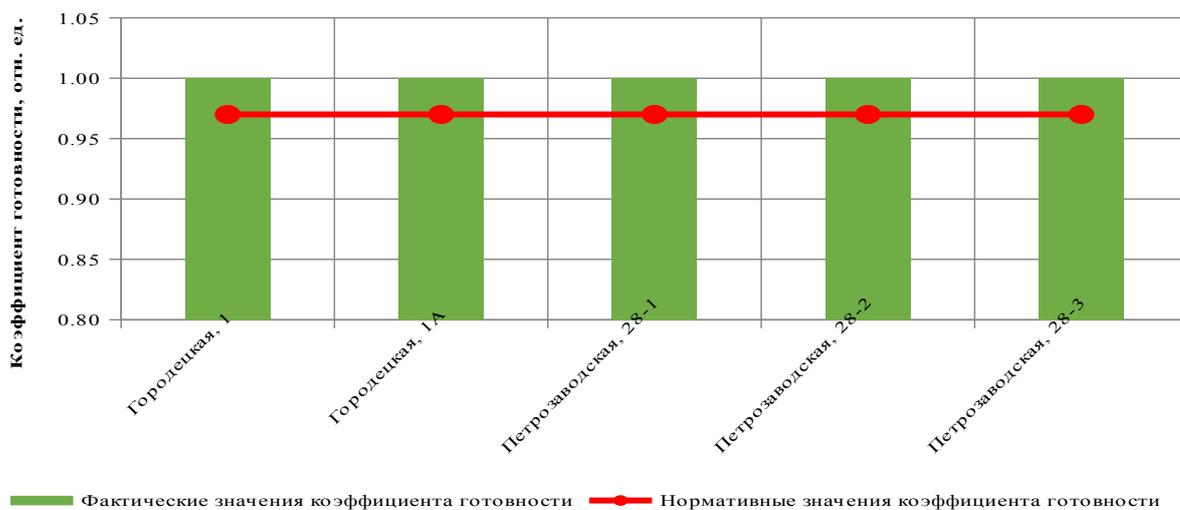
Рисунок 5-123 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №96 (путь – рисунок 4-65)



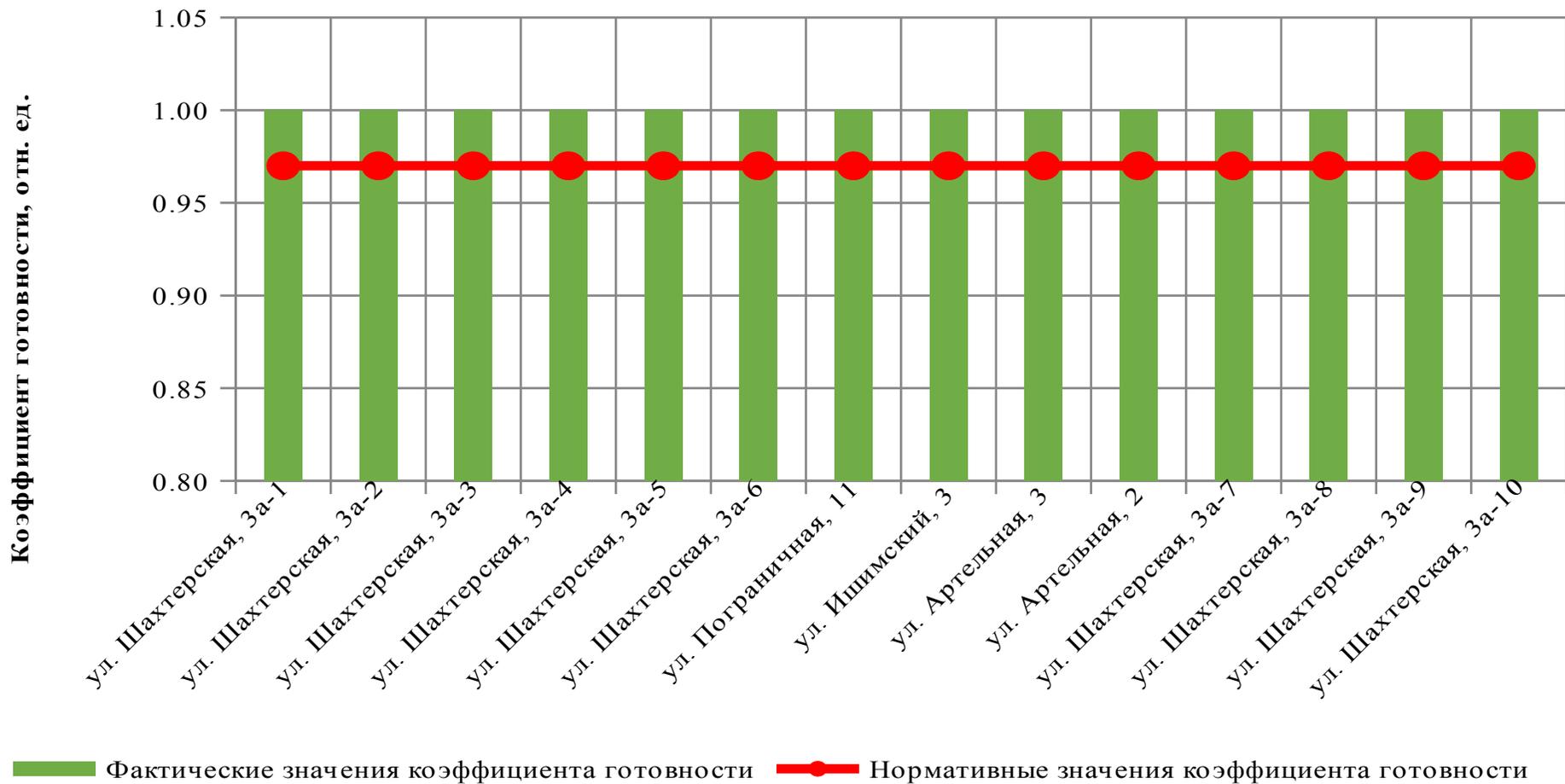
**Рисунок 5-124 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №97 (путь – рисунок 4-68)**



**Рисунок 5-125 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №102 (путь – рисунок 4-74)**



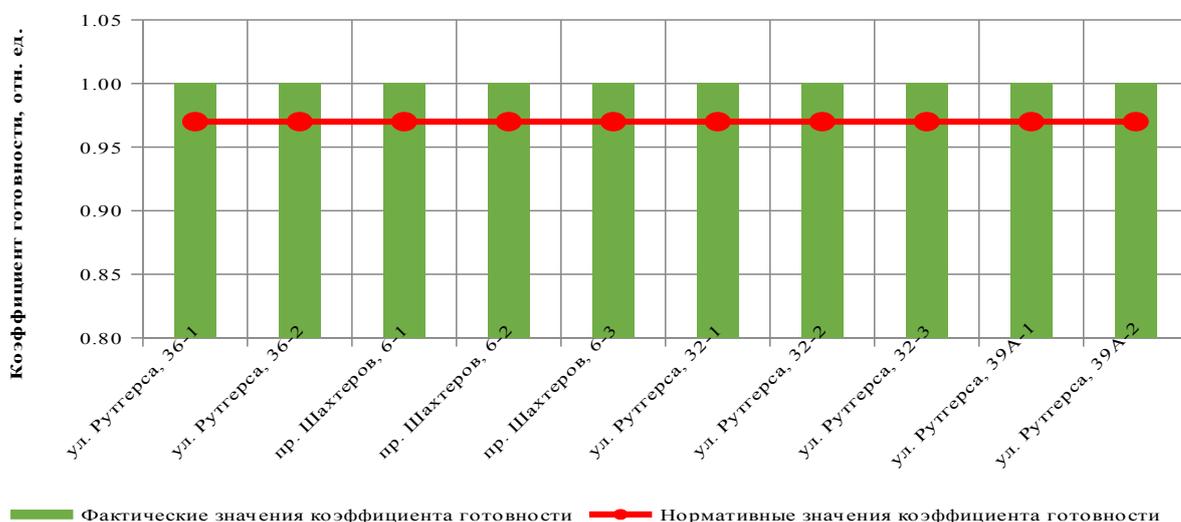
**Рисунок 5-126 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №103 (путь – рисунок 4-77)**



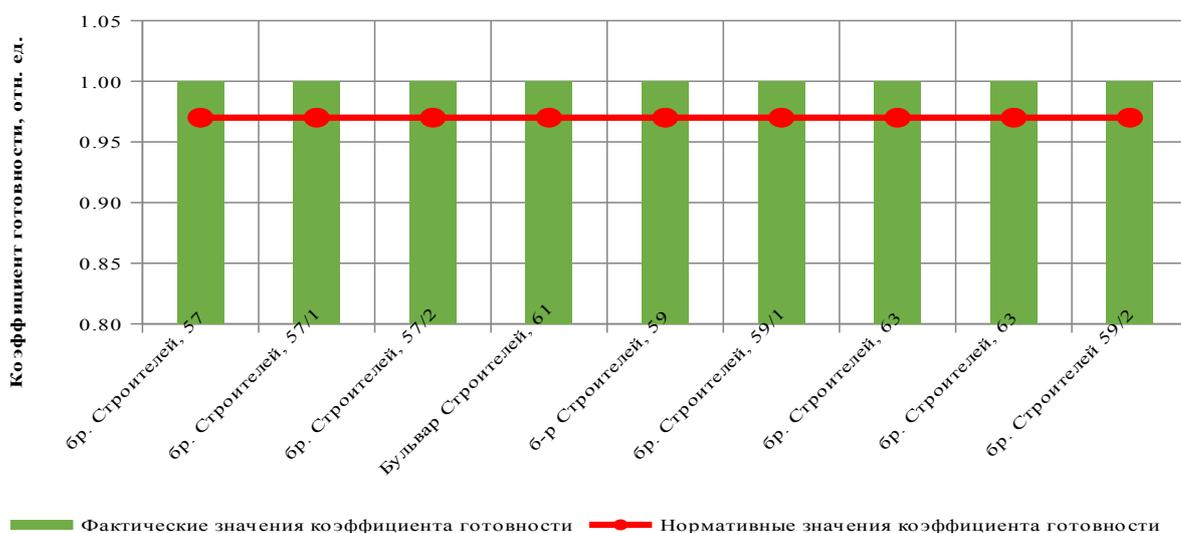
**Рисунок 5-127 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №101 (путь – рисунок 4-71)**



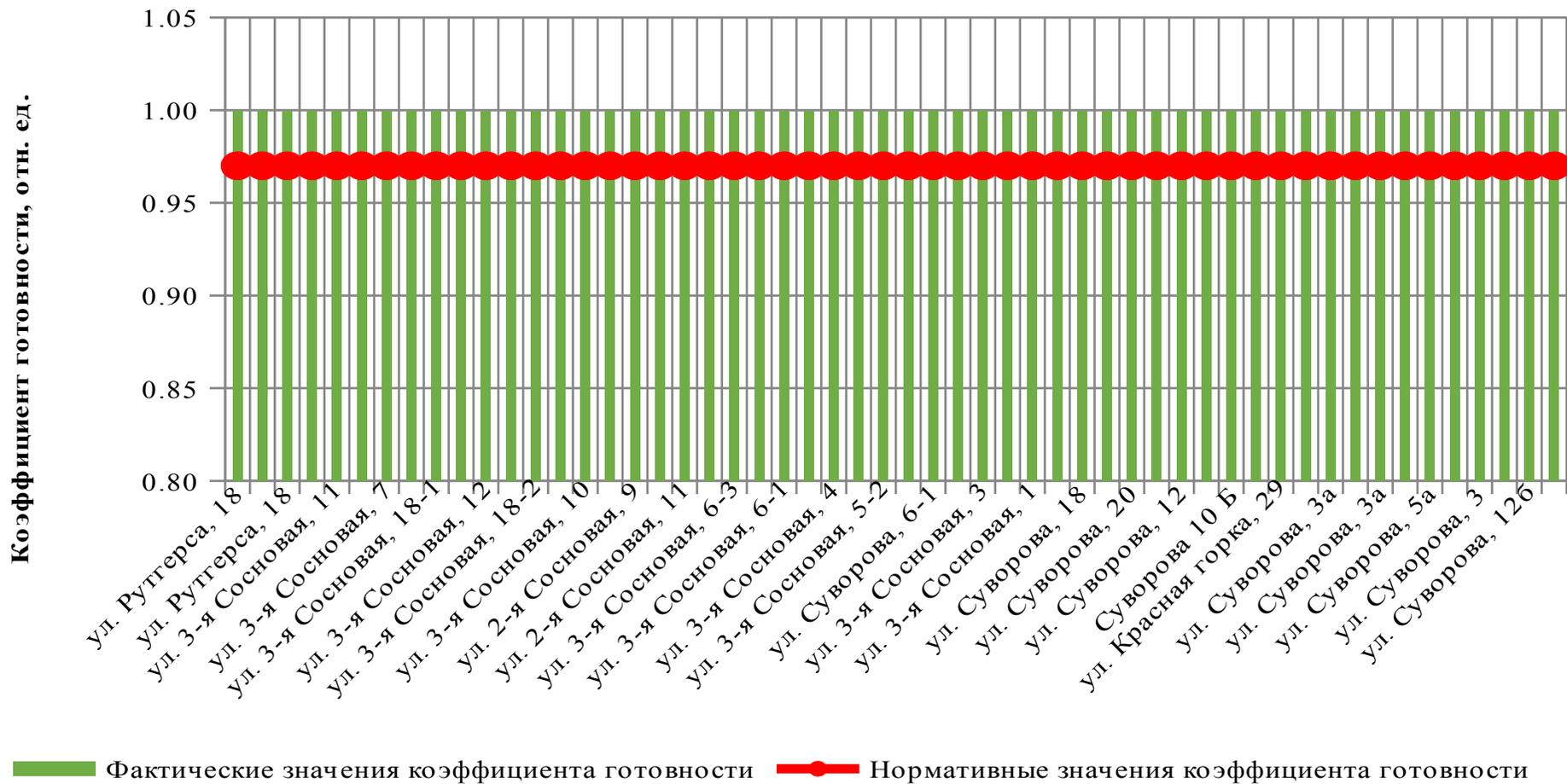
**Рисунок 5-128 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №110 (путь – рисунок 4-80)**



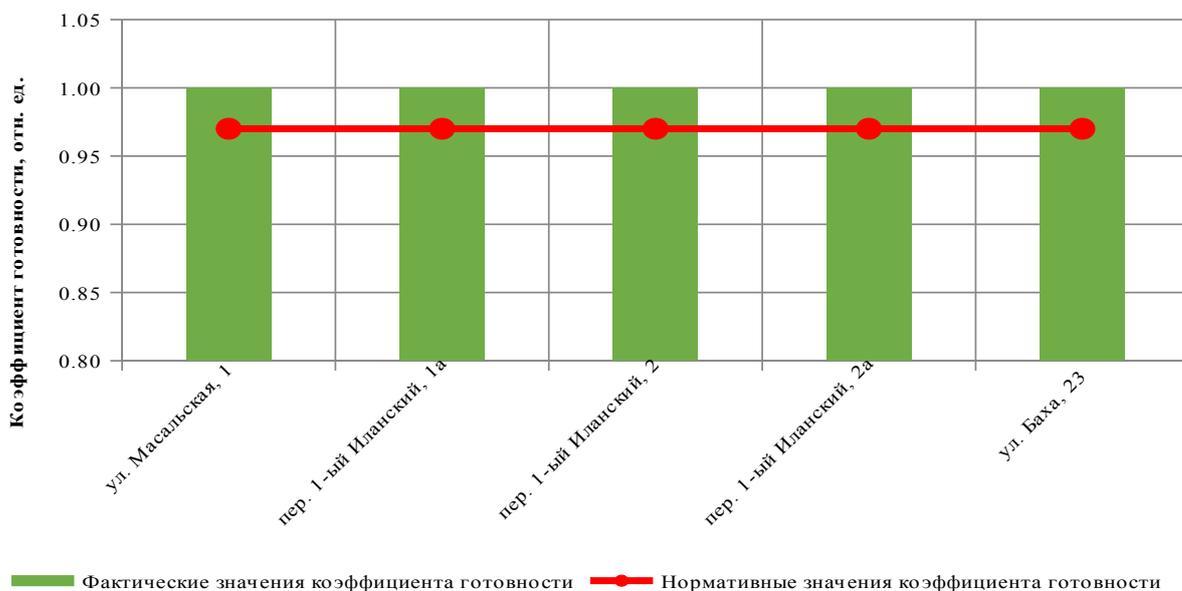
**Рисунок 5-129 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №112 (путь – рисунок 4-83)**



**Рисунок 5-130 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №114 (путь – рисунок 4-86)**



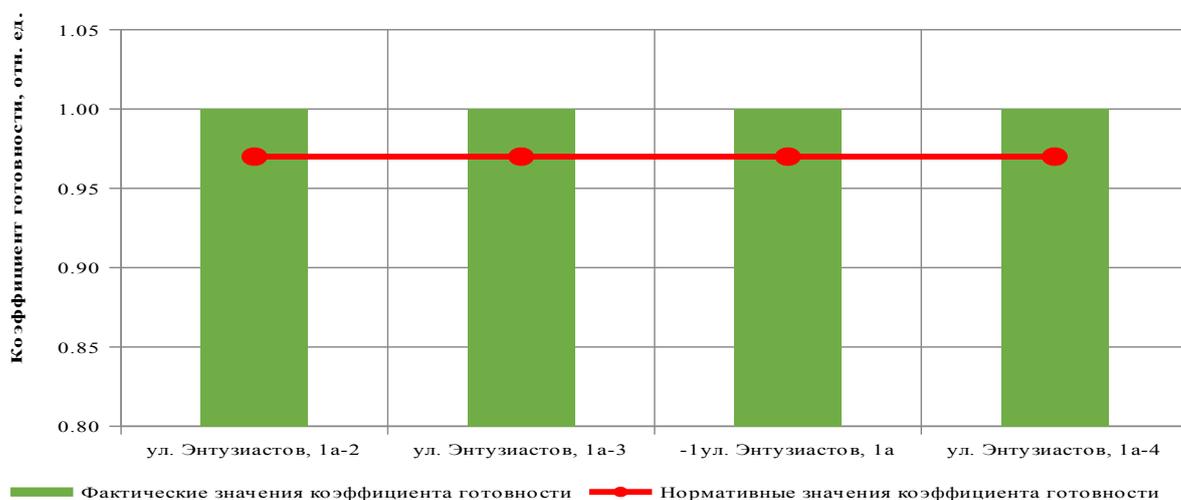
**Рисунок 5-131 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №118 (путь – рисунок 4-89)**



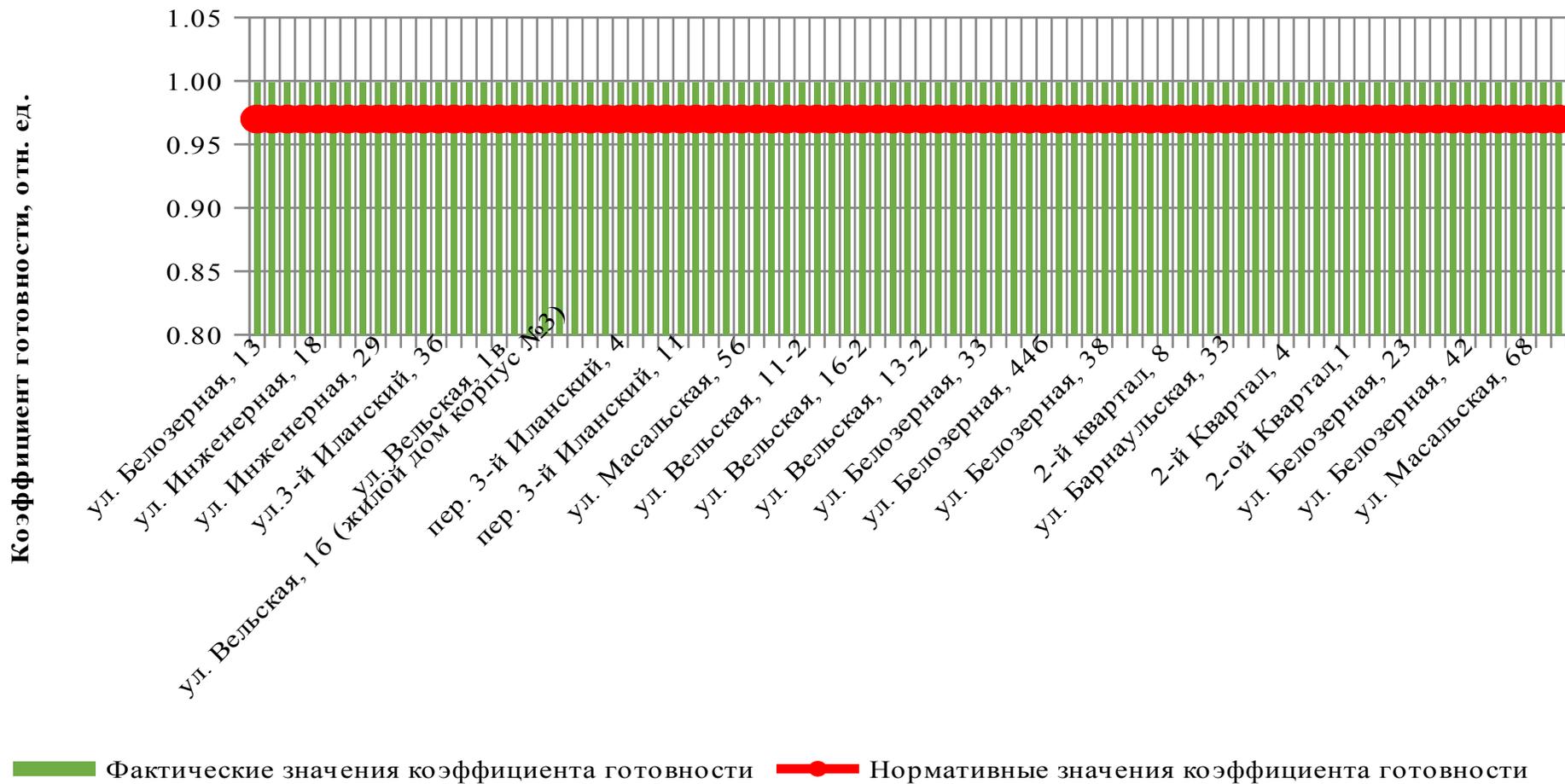
**Рисунок 5-132 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №122 (путь – рисунок 4-92)**



**Рисунок 5-133 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №141 (путь – рисунок 4-98)**



**Рисунок 5-134 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №163 (путь – рисунок 4-101)**



**Рисунок 5-135 – Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей в зоне действия котельной №123 (путь – рисунок 4-95)**

## 6. ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ НЕДООТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПРИЧИНЕ ОТКАЗОВ (АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ) И ПРОСТОЕВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В системах теплоснабжения одним из самых распространенных способов повышения надежности является резервирование участков, суммы участков, целых магистральных выводов или насосных агрегатов, секционирующих задвижек и т.д. А наиболее часто применяемым способом расчета систем теплоснабжения с резервированием – приведение реальной системы теплоснабжения к эквивалентной модели параллельных или последовательно-параллельных соединений участков тепловой сети. Этот метод, конечно, является не единственным, но значительно более простым чем, например, «метод минимальных путей – минимальных сечений».

Выполнив оценку вероятности безотказной работы каждого магистрального теплопровода, легко определить средний (как вероятностную меру) недоотпуск тепла для каждого потребителя, присоединенного к этому магистральному теплопроводу.

Вычислив вероятность безотказной работы теплопровода относительно выбранного потребителя и, соответственно, вероятность отказа теплопровода относительно выбранного потребителя недоотпуск рассчитывается как ( $\Delta Q_n$ , Гкал):

$$\Delta Q_n = \bar{Q}_{np} \times T_{on} \times q_{mn}, \quad (6.1)$$

где  $\bar{Q}_{np}$  – среднегодовая тепловая мощность теплопотребляющих установок потребителя (либо, по-другому, тепловая нагрузка потребителя), Гкал/ч;  $T_{on}$  – продолжительность отопительного периода, час;  $q_{mn}$  – вероятность отказа теплопровода.

Приведенный объем годового недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии по состоянию на 2019 год составляет 4,56% от годового отпуска тепловой энергии на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения совокупного потребителя (при этом нарушениями в подаче тепловой энергии, считается необеспечение необходимых параметров качества теплоносителей, поддерживаемых на границе раздела тепловых сетей в соответствии с договорными условиями).

Ожидаемая динамика изменения показателя при условии реализации мероприятий, учтенных в Главах 7 и 8, приведена в таблице 6-1.

**Таблица 6-5 – Ожидаемая динамика изменения показателя при условии реализации мероприятий учтенных инвестиционной программой регулируемых организаций**

2019	2033
------	------

4,56%	3,78%
-------	-------

Показатель является замещающим фактором по отношению к коэффициенту аварийности, который учитывает суммарное количество повреждений в сети вне зависимости от времени отключения потребительских систем (без учета сокращения фактического времени отключения системы теплоснабжения за счет использования резервных и временных линий подачи тепла и т.д.).

## **7. ПРЕДЛОЖЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

### **7.1. Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих готовность энергетического оборудования**

#### **7.1.1. Источники комбинированной выработки электрической и тепловой энергии**

Согласно предоставленной статистике отказов и восстановления оборудования ТЭЦ за период 2014-2019 гг. аварий и инцидентов не зафиксировано.

Технологические нарушения, произошедшие на электростанциях за рассматриваемый период, не приводили к ограничению отпуска тепловой энергии и снижению качества теплоносителя. После выяснения причин в сжатые сроки принимались меры для устранения нарушений и дальнейшее восстановление заданного режима.

Технологические сбои в работе станций случались, в основном, из-за повреждений и зашлакованности экранных труб, пароперегревателей, воздухоподогревателей, повреждений трубопроводов котлов, поломки вспомогательного котельного оборудования и прочее.

На расчетный период, применение на ТЭЦ рациональных тепловых схем с дублированными связями не требуется. Мероприятия по развитию ТЭЦ, позволяющие поддерживать нормативную надежность теплоснабжения, представлены в Главе 7.

#### **7.1.2. Котельные**

Согласно предоставленной статистике технологических сбоев и отказов в работе основного оборудования котельных АО «Теплоэнерго» за период 2014-2019 гг. не зафиксировано.

Отсутствие технологических нарушений в первую очередь объясняется ответственным подходом к работе теплоэнергетического оборудования.

Имеющиеся технологические нарушения не приводили к ограничению отпуска тепловой энергии от котельных и снижению качества теплоносителя. После выяснения причин в кратчайшие сроки принимались меры для устранения нарушений и восстановления заданного режима работы оборудования.

На расчетный период, применение на котельных г. Кемерово рациональных тепловых схем с дублированными связями не требуется. Мероприятия по развитию котельных, позволяющие поддерживать нормативную надежность теплоснабжения, представлены в Главе 7.

## **7.2. Установка резервного оборудования**

Как показано в разделе 14 «Обоснование перспективных балансов производства и потребления тепловой мощности источников тепловой энергии и теплоносителя и присоединенной тепловой нагрузки в каждой из систем теплоснабжения города» Главы 7, на большинстве энергоисточников выдерживаются положительные значения аварийного резерва тепловой мощности «нетто».

Котельные №№ 14 и 43 являются муниципальной собственностью. АО «Теплоэнерго», как организации осуществляющей техническое обслуживание котельной № 14, рекомендуется проработать с собственником вопрос установки резервного теплоэнергетического оборудования.

В связи с тем, что котельная № 43 расположена в зоне РЭТ источников с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии, рекомендуется в рамках следующей актуализации КУМИ г. Кемерово совместно с эксплуатирующей организацией – АО «Теплоэнерго» определить рациональное направление развития системы теплоснабжения г. Кемерово по вариантам:

1. Установка резервного теплоэнергетического оборудования на котельной;
2. Повышение надежности теплоснабжения потребителей, путем замещения котельной № 43 на НКТЭЦ в 2022 г.

Для остальных энергоисточников установка резервного оборудования для покрытия тепловой нагрузки в аварийных режимах, не требуется.

## **7.3. Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть**

ТЭЦ и крупные котельные города сильно удалены друг от друга, поэтому совместная работа на одну сеть нецелесообразна по экономическим соображениям.

## **7.4. Резервирование тепловых сетей смежных районов городского округа**

Основными показателями надежности теплоснабжения потребителей являются показатели, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии; приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии; числом приведенных объемов недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии, что приводит к безотказной работе системы.

В ходе анализа характеристик и количества участков, предлагаемых к реконструкции с целью повышения надежности теплоснабжения выявлено, что все рассматриваемые участки уже включены в состав группы проектов № 6 Главы 8

(реконструкция тепловых сетей в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса).

Таким образом, за счет перекладки ветхих теплопроводов, включенных в группу проектов № 6, возможно в перспективе соответствие фактических показателей надежности установленным нормативам. Перечень мероприятий по замене тепловых сетей, в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса представлен в Главе 8 «Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей» Обосновывающих материалов Схемы теплоснабжения.

### **7.5. Устройство резервных насосных станций**

Как показал анализ статистики отказов, основная доля инцидентов приходится на тепловые сети малых диаметров  $Dy = 50 \div 200$  мм. При этом отказы на прочих элементах тепловой сети встречаются относительно редко. Следовательно, устройство резервных насосных станций не позволит существенно улучшить надежность теплоснабжения.

### **7.6. Установка баков-аккумуляторов**

В соответствии с п. 11.24 СП 89.13330.2012 Котельные установки (актуализированная версия) СНиП II-35-76:

*«11.24. В котельных для открытых систем теплоснабжения и для установок централизованных систем горячего водоснабжения, водоподогреватели которых выбраны по расчетным средним часовым нагрузкам, должны предусматриваться баки-аккумуляторы горячей воды, а для закрытых систем теплоснабжения - баки запаса подготовленной подпиточной воды.*

*Выбор вместимостей баков-аккумуляторов и баков-запаса производится в соответствии с СП 74.13330.*

*Для повышения надежности работы баков-аккумуляторов следует предусматривать:*

- антикоррозионную защиту внутренней поверхности баков путем применения герметизирующих жидкостей, защитных покрытий или катодной защиты и защиту воды в них от аэрации;*
- заполнение баков только деаэрированной водой с температурой не выше 95°C;*
- оборудование баков переливной и воздушной трубами; пропускная способность переливной трубы должна быть не менее пропускной способности труб, подводящих воду к баку;*
- конструкции опор на подводящих и отводящих трубопроводах бака-аккумулятора исключающие передачу усилий на стенки и днища бака от внешних трубопроводов и*

*компенсирующие усилия, возникающие при осадке бака;*

*– установку электрифицированных задвижек на подводе и отводе воды; все задвижки (кроме задвижек на сливе воды и герметика) должны быть вынесены из зоны баков;*

*– оборудование баков- аккумуляторов аппаратурой для контроля за уровнем воды и герметика, сигнализацией и соответствующими блокировками;*

*– устройство в зоне баков лотков для сбора, перелива и слива бака с последующим отводом охлажденной воды в канализацию.»*

Установка на котельных баков аккумуляторов горячей воды позволяет повысить надежность систем теплоснабжения, за счет создания резерва горячей воды в случае отказа тепломеханического оборудования.

При комплексной модернизации оборудования котельных и при строительстве новых БМК целесообразно рассмотреть установку баков аккумуляторов.