



Сельское поселение Волковское Рузского муниципального района  
Московской области

---

Схема теплоснабжения  
Сельского поселения Волковское  
Рузского муниципального района  
Московской области на период до 2030 г.  
(актуализация)

---

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ  
КНИГА 10. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Сведений, составляющих государственную тайну в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 30.11.1995 № 1203 «Об утверждении перечня сведений, отнесенных к государственной тайне», не содержится.

2015 г.  
Москва

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>10</b>	<b>ГЛАВА. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	<b>3</b>
10.1	МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ .....	7
10.1.1	<i>Методические положения.....</i>	<i>7</i>
10.2	КЛАССИФИКАЦИЯ .....	12
10.3	СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ .....	12
10.3.1	<i>Надежность .....</i>	<i>12</i>
10.3.2	<i>Резервирование .....</i>	<i>14</i>
10.3.3	<i>Принятые допущения .....</i>	<i>14</i>
10.4.1	<i>Среднее время до восстановления ЗРА .....</i>	<i>17</i>
10.6	КОТЕЛЬНЫЕ СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ВОЛКОВСКОЕ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫЕ ООО «РУЗСКАЯ ТЕПЛОВАЯ КОМПАНИЯ» .....	24
10.6.1	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Нововолково, д.22.....</i>	<i>24</i>
10.6.2	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной с. Покровское, ДОХБ.....</i>	<i>35</i>
10.6.3	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8.....</i>	<i>42</i>
10.6.4	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Ивойлово, д. 95.....</i>	<i>52</i>
10.6.5	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991.....</i>	<i>59</i>
10.6.6	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Городище, подстанция 151, д. 2Б.....</i>	<i>66</i>
10.6.7	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10 .....</i>	<i>73</i>
10.6.8	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной п. Брикет, д. 88 .....</i>	<i>81</i>
10.7	ВЫВОДЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАТИВНОЙ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	91

## 10 ГЛАВА. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

### СОКРАЩЕНИЯ

АВС – аварийно-восстановительная служба;

ИТ – источник теплоты;

ПН – показатель надежности;

СЦТ – система централизованного теплоснабжения;

СЗ – секционирующая задвижка;

ТС – тепловая сеть;

ЗРА – запорно-регулирующая арматура.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение
Надежность	Свойство объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Это комплексное свойство, включающее единичные свойства безотказности, восстанавливаемости, долговечности, сохраняемости, живучести и ряд других.
Надежность СЦТ, ТС	Свойство системы (СЦТ, ТС) снабжать потребителей теплотой в необходимом количестве требуемого качества и не допускать ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.
Надежность теплоснабжения	Аспект системной надежности ТС (СЦТ), отражающий требования со стороны потребителей в бесперебойном снабжении тепловой энергией.
Полностью рабочее состояние ТС	Рабочее состояние ТС, при котором обеспечивается нормальный режим подачи теплоты всем потребителям.
Частично рабочее состояние ТС	Рабочее состояние ТС, при котором теплоснабжение одного или части потребителей ниже расчетного.
Нормальный режим	Рабочее состояние ТС, при котором обеспечиваются заданные параметры режима работы в установленных пределах.
Послеаварийный режим	Режим, который устанавливается в ТС после отключения отказавшего элемента на время его восстановления.
Отказ технологический ТС	Вынужденное отключение или ограничение работоспособности оборудования ТС, приведшее к нарушению процесса передачи тепловой энергии потребителям, если оно не содержит признаков аварии.
Отказ функционирования ТС	Событие, заключающееся в переходе ТС с одного относительного уровня функционирования на другой, более низкий.
Авария	Событие, заключающееся, как правило, во внезапном переходе ТС с одного относительного уровня функционирования на другой, существенно более низкий с крупным нарушением режима работы, разрушением ТС и неконтролируемым выбросом теплоносителя.
Резервирование ТС	Способ повышения надежности ТС введением избыточности в схему сети (дополнительные связи) и увеличением диаметров теплопроводов сверх минимально необходимых для снабжения потребителей тепловой энергией в нормальных режимах.
Структурный элемент	Неделимый при расчете надежности объект.
Элемент линейной части тепловой сети	Участок теплопровода между двумя секционирующими задвижками, отключающими его при отказе.
Элемент оборудования	Запорная и регулирующая арматура, насосные станции и тепловые пункты в целом, баки аккумуляторы и т.п.
Путь снабжения потребителя	Последовательность элементов, доставляющая теплоноситель от источника тепловой энергии к узлу потребления.

## ВВЕДЕНИЕ

Надежность СЦТ определяется структурой, параметрами, степенью резервирования и качеством элементов всех ее подсистем – ИТ, ТС, узлов потребления, систем автоматического регулирования, а также уровнем эксплуатации и строительно-монтажных работ.

В силу ряда как удаленных по времени, так и действующих сейчас причин положение в централизованном теплоснабжении характеризуется неудовлетворительным техническим уровнем и низкой экономической эффективностью систем теплоснабжения, изношенностью оборудования, недостаточной надежностью теплоснабжения, неудовлетворительным уровнем комфорта в зданиях, большими потерями тепловой энергии.

Наиболее ненадежным звеном СЦТ являются ТС, особенно при их подземной прокладке. Это, в первую очередь, обусловлено низким качеством применяемых ранее конструкций теплопроводов, тепловой изоляции, запорной арматуры, недостаточным уровнем автоматического регулирования процессов передачи, распределения и потребления тепловой энергии, а также все увеличивающимся моральным и физическим старением ТС из-за хронического недофинансирования работ по их модернизации и реконструкции. Кроме того, структура ТС в крупных системах не соответствует их масштабам.

Вместе с тем сфера теплоснабжения в нашей стране имеет высокую социальную и экономическую значимость, поскольку играет ключевую роль в жизнеобеспечении населения и потребляет около 40% первичных топливных ресурсов, более 60% которых составляет природный газ.

В последние годы Правительством страны принимаются меры по устранению негативных тенденций и улучшению положения в тепловом хозяйстве страны.

27 июля 2010 г. вступил в силу Федеральный закон № 190-ФЗ «О теплоснабжении» [7], который первым принципом организации отношений и основ государственной политики в сфере теплоснабжения определяет «обеспечение надежности теплоснабжения в соответствии с техническими регламентами».

Закон обязывает развитие систем теплоснабжения населенных пунктов осуществлять на основании разработки схем теплоснабжения, решения которых должны обеспечивать необходимые санитарно-гигиенические условия и требования к надежности теплоснабжения каждого из потребителей. В статье 23 закона № 190-ФЗ обеспечение надежности и безопасности теплоснабжения потребителей путем резервирования и достижения бесперебойной работы источников тепла, тепловых сетей и системы в целом формулируется как обязательный критерий принятия решений.

Разработанные в свете реализации этого закона документы [8, 9] регламентируют расчет вероятностных показателей надежности теплоснабжения потребителей и определение объемов необходимого резервирования на ИТ и в ТС.

Однако при оценке надежности теплоснабжения потребителей, особенно в крупных системах с многоконтурными ТС, возникают методические трудности.

Методическую и нормативную основу для расчета надежности системы теплоснабжения составили:

1. ГОСТ Р 53480-2009 «Надежность в технике. Термины и определения» [1].
2. Надежность систем энергетики. Терминология [2].
3. Надежность систем энергетики (Сборник рекомендуемых терминов) [3].
4. СП 124.13330-2012. «Тепловые сети» [4], содержащие нормативные положения и показатели для расчета надежности теплоснабжения потребителей.
5. Справочник «Надежность систем теплоснабжения» [5] – 4 том четырехтомного справочника «Надежность систем энергетики и их оборудования» под ред. Ю.Н. Руденко, в котором представлены методические подходы и алгоритмы для оценки вероятностных ПН теплоснабжения потребителей в системах с многоконтурными ТС и для построения систем с требуемым уровнем надежности на основе резервирования ТС.
6. Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения, утвержденные совместным приказом Минэнерго и Минрегионразвития РФ от 29 декабря 2012 г. № 565/667 [9].
7. Труды Соколова Е.Я., в которых предложены аналитические зависимости для расчета времени восстановления теплопроводов, а также нестационарного температурного режима в помещениях, ставшие основой для оценки требуемых норм аварийной подачи тепла и учета временного резерва в расчетах надежности [10] и другие.

## **10.1 Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов**

### **10.1.1 Методические положения**

Объект исследования – ТС и подключенные к ним узлы потребления тепла.

Цели расчета – количественная оценка надежности теплоснабжения потребителей в ТС систем централизованного теплоснабжения и обоснование необходимых мероприятий по достижению требуемой надежности для каждого потребителя.

Методика решения этих задач определяется технологическими особенностями процессов теплоснабжения и свойствами ТС как объектов исследования надежности.

ТС в СЦТ являются пространственными нелинейными сетевыми структурами с произвольной топологией и большим числом узлов-потребителей, имеющих разнородную тепловую нагрузку (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, низкотемпературных технологических процессов) и предъявляющих различные требования к надежности теплоснабжения.

Важным свойством ТС является малая вероятность полного отказа системы. Для ТС с большим количеством элементов характерны частичные отказы, приводящие к отключению или снижению уровня теплоснабжения одного или части потребителей.

Для того, чтобы обеспечить выполнение основной функции ТС – надежную подачу тепловой энергии потребителям, рассредоточенным по узлам сети, в соответствии с их индивидуальными требованиями, надежность ТС необходимо оценивать узловыми показателями.

Интегральные показатели, оценивающие надежность системы в целом (например, суммарный часовой или годовой недоотпуск теплоты, средняя производительность системы и др.) мало информативны, а в задачах построения надежных систем «неработоспособны» и имеют вспомогательное значение. Показатели типа вероятностей безотказной работы, коэффициентов готовности и т.п. для системы в целом вообще не имеют смысла.

Социальный характер систем также требует рассматривать проблему надежности со стороны потребителей, отражая их требования к бесперебойности теплоснабжения, и оценивать не надежность системы, а надежность теплоснабжения потребителей.

Другая важная особенность ТС – наличие временного резерва, который создается аккумулирующей способностью отапливаемых зданий, а также возможностью некоторого снижения температуры воздуха в зданиях против расчетного значения во время восстановления теплоснабжения после отказа (при ограничении частоты отказов и их глубины в соответствии с физиологическими требованиями к температурному режиму в зданиях).

Временной резерв может быть увеличен резервированием ТС, позволяющим поддерживать в послеаварийных режимах некоторый (пониженный) уровень теплоснабжения потребителей.

Резервирование ТС, наряду с повышением качества и надежности конструкций, теплопроводов и оборудования, является основным средством обеспечения требуемого уровня надежности теплоснабжения.

При разработке схем теплоснабжения требуется решить два типа задач, связанных с расчетами надежности.

Во-первых, это расчет ПН теплоснабжения потребителей по характеристикам надежности элементов ТС для заданных схем и параметров сети (задачи анализа надежности).

Во-вторых, выбор (корректировка) схемы и параметров ТС на рассматриваемую перспективу с учетом нормативных требований к надежности теплоснабжения потребителей (задачи синтеза (построения) надежной сети).

Общие методические положения подходов к решению этих задач состоят в следующем.

1. Для решения задач составляется расчетная схема, в которой участки ТС отображаются ветвями расчетной схемы, местом расположения ИТ, потребителей и разветвлений участков сети – узлами схемы с притоками и отборами теплоносителя или без них. Элементы оборудования указываются соответствующими обозначениями (графическими примитивами).

Степень детализации расчетной схемы зависит от постановки задачи. Так, в качестве потребителей могут рассматриваться отдельные здания, группы зданий, городские микрорайоны или другие совокупности потребителей, подключенных к узлу расчетной схемы. Соответствующую детализацию будет иметь ТС.

Расчетная схема может отображать только подающие или только обратные линии ТС (однолинейная расчетная схема). Потребители и источники в такой схеме моделируются отборами или притоками теплоносителя.

В двухлинейной расчетной схеме отображаются теплоподготовительные установки источников, подающие и обратные линии ТС и потребители. Двухлинейные расчетные схемы используются для расчетов послеаварийных гидравлических режимов.

2. Рассматриваются два уровня теплоснабжения потребителей – расчетный и пониженный (аварийный). В соответствии со СП 124.13330-2012 пониженный уровень характеризуется подачей потребителям аварийной нормы тепла во время ликвидации отказов в резервируемой части ТС.

3. Понятия отказов функционирования, соответствующих расчетному и пониженному уровням теплоснабжения, формулируются с позиций потребителей как снижение температуры воздуха в зданиях ниже граничного значения.

Для расчетного уровня теплоснабжения это граничное значение соответствует расчетной температуре воздуха в здании, для пониженного уровня - нормам, установленным СП 124.13330-2012.

Пониженный уровень поддерживается во время ликвидации отказов в резервируемой части сети и характеризуется подачей резервной (аварийной) нормы тепла потребителям, нормируемой СП 124.13330-2012. Величина этой нормы определяет транспортный резерв сети.

4. Оценка надежности производится узловыми вероятностными показателями, определяемыми для потребителей, отнесенных к узлам расчетной схемы ТС. В связи с тем, что нарушения подачи теплоты на отопление и вентиляцию могут привести к катастрофическим последствиям, а ограничения нагрузки горячего водоснабжения лишь к временному снижению комфорта, ПН рассчитываются для отопительно-вентиляционной нагрузки.

Надежность расчетного уровня теплоснабжения потребителей оценивается коэффициентом готовности  $K_j$ , представляющим собой вероятность того, что в произвольный момент времени будет обеспечен расчетный уровень теплоснабжения  $j$ -го потребителя (среднее значение доли отопительного сезона, в течение которой теплоснабжение  $j$ -го потребителя не нарушается).

Надежность пониженного уровня теплоснабжения потребителей оценивается вероятностью безотказной работы  $P_j$ , представляющей собой вероятность того, что в течение отопительного периода температуре воздуха в зданиях  $j$ -го потребителя не опустится ниже граничного значения.

5. Для решения задач анализа (расчета ПН теплоснабжения потребителей) используются вероятностные модели функционирования системы и расчета узловых показателей, а также детерминированные модели нестационарного теплообмена в зданиях и расчета послеаварийных гидравлических режимов.

С помощью этих моделей вычисляются вероятностные меры возможных состояний ТС (рабочего и с отказом каждого из элементов), определяется количество теплоты, подаваемой каждому потребителю в этих состояниях, рассчитываются ПН теплоснабжения потребителей, учитывающие временной резерв потребителей и годовые графики регулирования отпуска тепла.

6. Определение вероятностей состояний ТС и расчет послеаварийных гидравлических режимов производится для временного сечения, соответствующего расчетной температуре наружного воздуха.

7. ПН рассчитываются за отопительный период с учетом зависимости тепловых нагрузок от температуры наружного воздуха и продолжительностей стояния температур в течение отопительного периода.

8. В задачах синтеза (построения надежных ТС на рассматриваемую перспективу) обоснование мероприятий, обеспечивающих выполнение требований СП 124.13330-2012 к надежности теплоснабжения, производится на основе достижения двух следующих условий.

8.1. Вероятностные ПН должны удовлетворять нормативным значениям:

$$K_j \geq K_r, j \in J \quad (1)$$

$$P_j \geq P_{tc}, j \in J \quad (2)$$

где  $K_r = 0,97$  – нормативное значение коэффициента готовности;

$P_{tc} = 0,9$  – нормативное значение вероятности температуры воздуха в зданиях  $j$ -го потребителя не опустится ниже граничного значения теплоснабжения потребителей;

$J$  – множество узлов расчетной схемы ТС, к которым подключены потребители тепловой энергии.

8.2. Потребители во время отказов участков резервируемой части сети должны получать аварийную норму тепла  $\varphi_n^{ab}$ , т.е. для  $j$ -го потребителя при отказе  $k$ -го элемента:

$$\bar{q}_{j,k} = \frac{q_{j,k}}{q_j^p} \geq \varphi_n^{ab}, j \in J, k \in F_j^k, n \in N \quad (3)$$

где  $F_j^k$  – множество участков кольцевой части ТС, гидравлически связанных с  $j$ -м потребителем;

$N$  – количество типоразмеров диаметров теплопроводов, для которых установлена норма аварийной подачи тепла.

Величина  $\varphi_n^{ab}$  нормирована в СП 124.13330-2012 в зависимости от диаметра теплопровода и расчетной температуры наружного воздуха.

Вероятностные ПН  $K_j$  и  $P_j$ , а также детерминированный показатель  $\varphi_n^{ab}$ , хорошо отражают специфику резервирования в ТС и позволяют организовать рациональный алгоритм построения структуры ТС, удовлетворяющей требованиям надежности.

В ТС без резервирования величина  $K_j$  имеет наибольшее значение по сравнению с резервированной сетью, а  $P_j$  наименьшее. Введение в сеть минимальной структурной избыточности и дальнейшее увеличение объема резервирования ведут к повышению надежности обеспечения пониженного уровня теплоснабжения (значение  $P_j$  растет), что обусловлено увеличением временного резерва потребителей при отказах элементов резервированной части сети.

Однако одновременно уменьшается надежность обеспечения расчетного уровня, т.е. значение  $K_j$  (при норме аварийной подачи тепла меньше единицы по отношению к расчетной, что чаще всего имеет место). Это связано с тем, что в резервированной сети расчетное теплоснабжение потребителя нарушается не только при отказах элементов, входящих в путь его теплоснабжения, но и элементов кольцевой части сети, гидравлически связанной с этим потребителем.

Таким образом, если в тупиковой сети значения  $P_j$  удовлетворяют нормативному значению, резервирования сети не требуется. В противном случае должен быть определен такой объем резервирования, при котором значения  $P_j$  удовлетворят своему нормативу, а значения  $K_j$  своего норматива не нарушат.

Если в сети без резервирования величина показателя  $K_j$  меньше нормативного значения, это значит, что масштабы системы завышены и необходимо уменьшить радиус действия и общую длину сети от данного источника.

То же самое необходимо сделать, если при увеличении объема резервирования ТС величина показателя  $K_j$  становится меньше нормативного значения, а показатель  $P_j$  еще не достиг своего нормативного значения.

На основе расчета вероятностных показателей надежности теплоснабжения потребителей ТС делится на резервируемую и нерезервируемую части. В местах их сопряжения могут предусматриваться автоматизированные узлы управления потоками теплоносителя.

Показатель  $\Phi_n^{ab}$  определяет величину транспортного резерва ТС – диаметры участков резервированной части сети должны быть рассчитаны таким образом, чтобы подача тепла потребителям во время ликвидации отказов на участках этой части сети была не менее аварийной нормы  $\Phi_n^{ab}$ .

Затраты на резервирование могут быть снижены, если в системах есть возможность отключения нагрузки горячего водоснабжения во время ликвидации аварийных ситуаций. Неотключаемая по каким-либо причинам часть нагрузки горячего водоснабжения должна учитываться при расчете резервирования.

Данный методический подход обеспечен нормативными положениями, регламентами и показателями, включенными в СП 124.13330-2012.

## **10.2 Классификация**

Потребители по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

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

Вторая категория – потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч.

К ним относятся жилые и общественные здания – снижение до 12 °С; промышленные здания – снижение до 8 °С.

Третья категория – остальные потребители.

## **10.3 Схемы теплоснабжения и тепловых сетей**

В составе СЦТ должны предусматриваться: АВС, численность персонала и техническая оснащенность которых должны обеспечивать полное восстановление теплоснабжения при отказах на ТС в сроки, указанные в таблице 2.

### **10.3.1 Надежность**

Способность действующих и проектируемых ТС обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) следует определять по трем показателям (критериям): вероятности безотказной работы [Р], коэффициенту готовности [K<sub>г</sub>], живучести [Ж]. Расчет показателей системы с учетом надежности должен производиться для каждого потребителя.

Таблица 10.1 - Показатели восстановления теплоснабжения

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

Минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для:

- источника теплоты  $R_{ИТ}=0,97$ ;
- тепловых сетей  $R_{ТС}= 0,9$ ;
- потребителя теплоты  $R_{ПТ} = 0,99$ ;
- СЦТ в целом  $R_{СЦТ} = 0,9 \times 0,97 \times 0,99 = 0,86$ .

Заказчик вправе устанавливать в техническом задании на проектирование более высокие показатели.

Минимально допустимый показатель готовности СЦТ к исправной работе  $K_T$  принимается 0,97.

Рекомендуется определять:

- места соединения радиальных теплопроводов резервными связями;
- достаточность диаметров реконструируемых и новых теплопроводов для обеспечения резервной подачи теплоты потребителям при отказах;
- конкретные участки для замены конструкций ТС и теплопроводов на более надежные, а также переход на надземную или тоннельную прокладку;
- очередность ремонтов и замен теплопроводов, частично или полностью выработавших свой ресурс;
- необходимость работ по дополнительному утеплению зданий.

### 10.3.2 Резервирование

При подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканальной прокладке величина подачи теплоты (%) для обеспечения внутренней температуры воздуха в отапливаемых помещениях не ниже  $12^{\circ}\text{C}$  в течение ремонтно-восстановительного периода после отказа должна приниматься по таблице 2.

### 10.3.3 Принятые допущения

1. Рассматривается стационарный процесс смены состояний ТС с простым пуассоновским распределением потока отказов [11].

2. Вероятность одновременного возникновения двух отказов не учитывается, так как она пренебрежимо мала (на три-четыре порядка меньше вероятности возникновения одного отказа).

3. Принимается, что при восстановлении отказавшего элемента ТС отказы других элементов ТС не происходят.

4. Интенсивность отказов теплопроводов  $\lambda$  определяется на основе статистической обработки данных об отказах – если такие данные имеются. Для получения обоснованных результатов выборки должны обладать соответствующей однородностью, полнотой и значимостью [12].

5. Если статистические данные по отказам не используются, расчет интенсивности отказов теплопроводов  $\lambda$  с учетом времени их эксплуатации производится по зависимостям распределения Вейбулла [13] при начальной интенсивности отказов 1 км однолинейного теплопровода  $\lambda^{\text{нач}}$  равной  $5,7 \cdot 10^{-6}$  1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год) [5]. Начальная интенсивность отказов соответствует периоду нормальной эксплуатации нового теплопровода после периода приработки.

Средняя интенсивность отказов единицы ЗРА (например, задвижки) принимается равной  $2,28 \cdot 10^{-7}$  1/ч или 0,002 1/год.

6. Среднее время восстановления при отказах участков ТС в зависимости от их диаметра определяется на основе статистической обработки эксплуатационных данных о восстановлении отказавших элементов (если такие данные имеются). Для получения обоснованных результатов выборки должны обладать соответствующей однородностью, полнотой и значимостью.

7. Если статистические данные о времени восстановления не используются, расчет среднего времени восстановления участков ТС в зависимости от их диаметра и расстояния между СЗ производится в соответствии с (8).

8. Для схем теплоснабжения городов и городских округов с общим количеством жителей более 100 тыс. человек расчет ПН выполняется для узлов с обобщенными потребителями. Коэффициент тепловой аккумуляции зданий в этом случае принимается пользователем либо для представительных в данном узле категорий зданий, либо для здания с наилучшей теплоустойчивостью.

## 10.4 Основные расчетные зависимости

### 1. Интенсивность отказов элементов ТС

1.1. Интенсивность отказов теплопровода  $\lambda$  с учетом времени его эксплуатации [9]:

$$\lambda = \lambda^{\text{нач}} \cdot (0,1 \cdot \tau^{\text{экспл}})^{\alpha-1}, 1/(\text{км} \cdot \text{ч}), \quad (4)$$

где  $\lambda^{\text{нач}}$  – начальная интенсивность отказов теплопровода, соответствующая периоду нормальной эксплуатации,  $1/(\text{км} \cdot \text{ч})$ ;

$\tau^{\text{экспл}}$  – продолжительность эксплуатации участка, лет;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации участка:

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

1.2. Интенсивность отказов единицы запорно-регулирующей арматуры (ЗРА) принимается равной:

$$\lambda_{\text{зра}} = 2,28 \cdot 10^{-7}, 1/\text{ч}$$

2. Параметр потока отказов элементов ТС:

2.1. Параметр потока отказов участков ТС:

$$\omega = \lambda \cdot L, 1/\text{ч}, \quad (6)$$

где  $L$  – длина участка ТС, км;

2.2. Параметр потока отказов ЗРА:

$$\omega_{\text{зра}} = \lambda_{\text{зра}} = 2,28 \cdot 10^{-7}, 1/\text{ч} \quad (7)$$

3. Среднее время до восстановления элементов ТС

3.1. Среднее время до восстановления участков ТС [10]:

$$z^B = a \cdot \left[ 1 + (b + c \cdot L_{\text{сз}}) \cdot d^{1,2} \right], \text{ч}, \quad (8)$$

где  $L_{\text{сз}}$  – расстояние между секционирующими задвижками, м;

$d$  – диаметр теплопровода, м.

Значения коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  для формулы (8), приведенные в таблице 9.2, получены на основе численных значений времени восстановления теплопроводов в зависимости от их диаметров, рекомендуемых СП 124.13330-2012.

Расстояния  $L_{сз}$  между СЗ должны соответствовать требованиям СП 124.13330-2012 и приниматься в соответствии с таблицей 10.3.

Таблица 10.2 - Значения коэффициентов

Способ прокладки теплопровода	$a^*$	$b^*$	$c^*$
В канале (без канала)	2.913	20.89	-1.88

\* - точные значения коэффициентов:

$a = 2.91256074780734$ ;

$b = 20.8877641154199$ ;

$c = -1.87928919400643$ .

Таблица 10.3 - Расстояния между СЗ в метрах и место их расположения

Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
	ответвлений нет	ответвления есть	ответвлений нет	ответвления есть
до 0,4	1000	непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м
от 0,4 до 0,6	1500	непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 1500 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м
от 0,6 до 0,9	3000	непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 3000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром
Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
	ответвлений нет	ответвления есть	ответвлений нет	ответвления есть
более 0,9	5000	непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 5000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м, 3000 м)	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м, 3000 м)

Если в результате анализа выявляется несоответствие принятым условиям, то в расчете среднего времени восстановления количество секционирующих задвижек и расстояние

между ними условно принимается равным такому, при котором обеспечивается выполнение этих условий. Установка дополнительных задвижек включается в рекомендации.

#### 10.4.1 Среднее время до восстановления ЗРА

Время восстановления ЗРА принимается равным времени восстановления теплопровода, так как отказ ЗРА и отказ теплопровода одного и того же диаметра требуют сопоставимых временных затрат на их восстановление. В связи с этим расчет среднего времени до восстановления ЗРА выполняется по выражению (8).

Интенсивность восстановления элементов ТС:

$$\mu = \frac{1}{z^B}, 1/\text{ч}, \quad (9)$$

Стационарная вероятность рабочего состояния сети:

$$p_o = \left( 1 + \sum_{i=1}^N \frac{\omega_i}{\mu_i} \right)^{-1}, \quad (10)$$

где  $N$  – число элементов ТС (участков и ЗРА).

Вероятность состояния сети, соответствующая отказу  $f$ -го элемента:

$$p_f = \frac{\omega_f}{\mu_f} \cdot p_o, \quad (11)$$

Температура воздуха в здании  $j$ -го потребителя в конце периода восстановления  $f$ -го элемента:

$$t_{j,f}^B = t_{\text{нр}} + \frac{t_j^{\text{вп}} - t^{\text{нр}} - \bar{q}_{j,f} \cdot (t_j^{\text{вп}} - t^{\text{нр}})}{e^{\left(\frac{z_f^B}{\beta_f}\right)}} + \bar{q}_{j,f} \cdot (t_j^{\text{вп}} - t^{\text{нр}}), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (12)$$

где  $t_j^{\text{вп}}$  – расчетная температура воздуха в здании  $j$ -го потребителя,  $^\circ\text{C}$ ;

$t^{\text{нр}}$  – расчетная для отопления температура наружного воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$q_{j,f}$  – часовой расход тепла у  $j$ -го потребителя при отказе  $f$ -го элемента при  $t^{\text{нр}}$ ;

$q_j^{\text{р}}$  – расчетная часовая нагрузка  $j$ -го потребителя при  $t^{\text{нр}}$ , Гкал/ч;

$\bar{q}_{j,f} = \frac{q_{j,f}}{q_j^p}$  относительный часовой расход тепла у  $j$ -го потребителя при отказе  $f$ -го

элемента при  $t^{np}$ ;

$Z_f^B$  – время восстановления  $f$ -го элемента ТС, ч;

$\beta_j$  – коэффициент тепловой аккумуляции здания  $j$ -го потребителя, ч.

Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения  $j$ -го потребителя (определяется для каждого потребителя расчетной схемы ТС):

$$K_j = p_0 + \sum_{f \in F_j} p_f, \quad (13)$$

где  $F_j$  – множество элементов ТС, выход которых в аварию не нарушает расчетный уровень теплоснабжения  $j$ -го потребителя.

Вероятность безотказного теплоснабжения  $j$ -го потребителя – вероятность обеспечения в течение отопительного периода температуры воздуха в здании  $j$ -го потребителя не ниже минимально допустимого значения (определяется для каждого потребителя расчетной схемы ТС):

$$P_j = e^{-[p_0 \cdot \sum_f (\omega_f \cdot \tau_{j,f}^{pав})]}, \quad (14)$$

где  $\tau_{j,f}^{pав}$  – продолжительность (число часов) стояния в течение отопительного периода температуры наружного воздуха  $t_n$  ниже  $t_{j,f}^{pав}$  – температура наружного воздуха, при которой время восстановления  $f$ -го элемента  $Z_f^B$  равно временному резерву  $j$ -го потребителя, т.е. времени снижения температуры воздуха в здании  $j$ -го потребителя до минимально допустимого значения  $t_{jmin}^B$ .

С помощью величин  $t_{j,f}^{pав}$  и  $\tau_{j,f}^{pав}$  выделяется доля отопительного сезона, в течение которой выход в аварию  $f$ -го элемента влияет на величину  $P_j$ .

9.1. Температура наружного воздуха  $t_{j,f}^{pав}$ , при которой время восстановления  $f$ -го элемента равно временному резерву  $j$ -го потребителя

При  $\bar{q}_{j,f} = 0$  (j-ый потребитель при аварии на f-ом участке не получает тепло):

$$t_{j,f}^{\text{пав}} = \frac{t_j^{\text{вп}} - t_{j_{\text{мин}}}^{\text{в}} \cdot e^{\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_f}\right)}}{1 - e^{\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_f}\right)}}, \quad (15)$$

При  $\bar{q}_{j,f} > 0$ :

$$t_{j,f}^{\text{пав}} = \frac{t_j^{\text{вп}} - \bar{q}_{j,f} \cdot (t_j^{\text{вп}} - t^{\text{нп}}) - \left(t_{j_{\text{мин}}}^{\text{в}} - \bar{q}_{j,f} \cdot (t_j^{\text{вп}} - t^{\text{нп}})\right) \cdot e^{\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_f}\right)}}{1 - e^{\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_f}\right)}}, \quad (15a)$$

Здесь  $t_{j_{\text{мин}}}^{\text{в}}$  – минимально допустимая температура воздуха в здании j-го потребителя, °С.

Численные значения коэффициентов тепловой аккумуляции зданий различных типов принимаются в соответствии с рекомендациями МДС 41-6.2000 [14].

Расчетные температуры воздуха в зданиях принимаются в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.2.2645-10 [15],  $t_{j_{\text{мин}}}^{\text{в}}$  – по СП 124.13330-2012.

Продолжительности стояния температур наружного воздуха принимаются по СП 131.13330-2012 «Строительная климатология» [16].

9.2. Правила определения  $\tau_{j,f}^{\text{пав}}$  – числа часов стояния температуры наружного воздуха ниже  $t_{j,f}^{\text{пав}}$

Если  $t_{j,f}^{\text{пав}}$  оказывается равной или выше  $+8^{\circ}\text{C}$  (начало отопительного сезона), это означает, что отказ f-го элемента нарушает пониженный уровень теплоснабжения j-го потребителя при любой температуре наружного воздуха и в формуле (14) величина  $\tau_{j,f}^{\text{пав}}$  берется равной продолжительности отопительного периода.

Если  $t_{j,f}^{\text{пав}}$  оказывается равной  $t^{\text{нп}} + \delta$ , в формуле (13)  $\tau_{j,f}^{\text{пав}}$  берется равной числу часов стояния температуре наружного воздуха ниже  $t^{\text{нп}}$ .

Если  $t_{j,f}^{\text{пав}}$  оказывается ниже  $t^{\text{нп}} + \delta$ , отказ f-го элемента не влияет на теплоснабжение j-го потребителя и в формуле (13)  $\tau_{j,f}^{\text{пав}} = 0$ .

Если  $t_{\text{нп}} < t_{j,f}^{\text{пав}} < +8^{\circ}\text{C}$ , то  $0 < \tau_{j,f}^{\text{пав}} < \tau^{\text{от}}$  и значение  $\tau_{j,f}^{\text{пав}}$  определяется по графику продолжительностей стояния температур (график Россандера) [17]:

$$\tau_{j,f}^{\text{рав}} = \tau^{\text{хол}} + (\tau^{\text{от}} - \tau^{\text{хол}}) \cdot \left( \frac{t_{j,f}^{\text{рав}} - t^{\text{нр}}}{8 - t^{\text{нр}}} \right)^{\frac{t^{\text{н ср}} - t^{\text{нр}}}{8 - t^{\text{н ср}}}}, \quad (16)$$

где  $\tau^{\text{хол}}$  – продолжительность стояния температуры наружного воздуха ниже расчетной для отопления, ч;  
 $\tau^{\text{от}}$  – продолжительность отопительного периода, ч;  
 $t^{\text{н ср}}$  – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С.

10. Средний суммарный недоотпуск теплоты j-му потребителю в течение отопительного периода:

$$Q_j = \left( q_j^p - \sum_{f \in I} p_f g_{j,f} \right) \cdot (\tau_1^p - \tau_2^p) \cdot \frac{t_j^{\text{вр}} - t^{\text{н ср}}}{t_j^{\text{вр}} - t^{\text{нр}}} \cdot \tau^{\text{от}} \cdot 10^{-3}, \frac{\text{Гкал}}{\text{от.период}}, \quad (17)$$

где  $q_j^p$  – расчетный при  $t^{\text{нр}}$  часовой расход теплоносителя у j-го потребителя, т/ч;  
 $q_{j,f}$  – часовой расход теплоносителя у j-го потребителя при отказе f-го элемента, т/ч;  
 $\tau_1^p$  и  $\tau_2^p$  – расчетные (при  $t^{\text{нр}}$ ) температуры воды в подающей и обратной магистралях ТС, °С.

### 10.5 Порядок расчета

Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей производится в следующем порядке.

1. При наличии статистических данных об отказах они заносятся в базы данных электронной модели схемы теплоснабжения, производится обработка статистики, на основе которой определяется интенсивность отказов теплопроводов  $\lambda$ .

2. Если статистические данные отсутствуют, по выражениям (4) и (5) определяется интенсивность отказов  $\lambda$  для теплопроводов и ЗРА, имеющих продолжительность эксплуатации до 25 лет. Значение  $\lambda^{\text{нач}}$  для теплопроводов принимается равным  $5,7 \cdot 10^{-6}$  1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год). Значение  $\lambda^{\text{нач}}$  для ЗРА принимается равным  $2,28 \cdot 10^{-7}$  1/ч или 0,002 1/год.

Участки сети, работающие более 25 лет, выделяются в отдельную группу как потенциально ненадежные. На основе дополнительного анализа их состояния выбираются участки, требующие первоочередной перекладки.

Для дальнейших расчетов интенсивность отказов теплопроводов на этих участках  $\lambda$  принимается как для новых теплопроводов в период нормальной эксплуатации ( $5,7 \cdot 10^{-6}$  1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год)), а для участков этой группы, не рекомендуемых к перекладке – соответствующей интенсивности отказов теплопроводов с продолжительностью эксплуатации 25 лет.

3. В соответствии с (6) и (7) определяются параметры потока отказов участков ТС и ЗРА, 1/ч.

4. При наличии статистических данных о времени восстановления теплоснабжения при отказах участков ТС они заносятся в базы данных электронной модели схемы теплоснабжения, производится обработка статистики, на основе которой определяется среднее время восстановления отказавших участков в зависимости от их диаметра.

Полученные значения сопоставляются с рекомендованными СП 124.13330-2012 сроками восстановления теплоснабжения. При не соблюдении этих рекомендаций разрабатываются предложения по снижению времени восстановления теплоснабжения при отказах (повышение технической оснащенности АВС, увеличение численности ремонтного персонала и др.).

5. При отсутствии статистических данных о времени восстановления теплоснабжения при отказах участков ТС с помощью формулы (8) и таблицы 1 определяется среднее время до восстановления участков ТС – в зависимости от их диаметров и расстояний между СЗ.

6. По выражению (9) рассчитываются интенсивности восстановления элементов ТС (участков и задвижек).

7. В соответствии с (10) и (11) определяются: вероятность рабочего состояния ТС и вероятности ее состояний, соответствующие отказам элементов.

8. Для расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей вычисленным вероятностям состояний сети необходимо поставить в соответствие количество тепловой энергии, подаваемой каждому потребителю в этих состояниях, т.е. определить подачу теплоносителя и подачу теплоты (абсолютные и относительные) каждому потребителю при выходе в аварию каждого из элементов ТС.

Если ТС тупиковая (не имеет кольцевой части), очевидно, что при выходе из строя одного из элементов ТС полностью прекращается теплоснабжение потребителей, расположенных за этим элементом. Теплоснабжение остальных потребителей не нарушается.

В ТС, имеющих кольцевую часть, каждому состоянию, характеризующему выходом из строя того или иного элемента кольцевой части сети, соответствует свой уровень подачи

тепловой энергии потребителям. Этот уровень может быть определен только на основе расчетов соответствующих послеаварийных гидравлических режимов.

9. Расчеты послеаварийных гидравлических режимов производятся для двухлинейной расчетной схемы, ветви которой отображают подающие и обратные линии ТС, схемы установок потребителей и водоподогревательной установки ИТ.

Расчеты выполняются с помощью математических моделей потокораспределения, реализованных в соответствующих геоинформационных системах и программно-расчетных комплексах (например, ГИС Zulu и ППК ZuluThermo). Моделирование послеаварийных ситуаций производится путем автоматического поочередного исключения элементов из расчетной схемы ТС.

10. На основе расчетов послеаварийных гидравлических режимов составляются матрицы относительных расходов теплоносителя у потребителей в этих режимах (по отношению к расчетному) и соответствующих им температуры воздуха в зданиях в конце периода восстановления теплоснабжения ( $t_{j,f}^B$ ), вычисляемых по зависимости (12).

11. По полученным данным определяются элементы ТС, выход которых в аварию нарушает расчетный уровень теплоснабжения каждого потребителя, и формируются множества  $F_j$  для выражений (13).

12. По зависимости (13) определяются коэффициенты готовности системы к обеспечению расчетного теплоснабжения каждого потребителя.

13. В соответствии с (14) рассчитываются вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в течение отопительного периода.

Предварительно по формулам (15) или (15а) определяются температуры наружного воздуха  $t_{j,f}^H$ , при которых время восстановления  $f$ -го элемента равно временному резерву  $j$ -го потребителя и определяется число часов стояния этих температур (по зависимости (16) и правилам, изложенным в п. 9.3 предыдущего раздела).

14. Проверяется выполнение требований (1) – (3) к надежности теплоснабжения потребителей и, если они удовлетворяются, задача решена.

15. Если при соблюдении ограничений (1) все или часть ограничений (2) не выполняются, то необходимо разработать мероприятия по повышению надежности теплоснабжения, основными из которых являются следующие:

15.1. Дополнительная перекладка участков сети с высокими значениями параметра потока отказов, которая моделируется в электронной модели схемы теплоснабжения

путем изменения характеристик трубопроводов «критических» участков на характеристики «новых» трубопроводов. Необходимо иметь в виду, что техническое несовершенство систем недопустимо компенсировать резервированием.

15.2. Введение или увеличение объема резервирования тепловой сети путем устройства аварийных перемычек, дублирования участков сети, увеличения диаметров теплопроводов, увеличения располагаемого напора на коллекторах источника. При этом сначала следует резервировать головные участки ТС, при необходимости наращивая объем резервирования к периферии. Диаметры перемычек следует выбирать по наибольшему диаметру смежных участков сети.

Для вариантов резервирования моделируются и рассчитываются послеаварийные гидравлические режимы, соответствующие отказам элементов кольцевой части сети, и проверяется, обеспечиваются ли потребители во время ликвидации отказов нормой аварийной подачи тепла  $\varphi_n^{ab}$  (см. выражение (3)).

Выполнение ограничений (3) означает, что диаметры реконструируемых существующих и новых проектируемых участков ТС и располагаемый напор на коллекторах ИТ достаточны.

Если выполняются не все ограничения (3), необходимо увеличение диаметров на некоторых участках кольцевой части сети и, возможно, располагаемого напора на источнике.

Для «перекладки» в первую очередь выбираются участки с максимальными удельными потерями давления.

15.3. Снижение времени восстановления теплоснабжения после отказов.

При необходимости могут быть разработаны рекомендации по организации АВС с более высоким уровнем технической оснащенности и увеличенной численностью персонала.

16. Если не соблюдаются ограничения (1), это означает, что необходимо уменьшить радиус действия и общую длину сети от данного источника.

17. Проверка эффективности планируемых к реализации мероприятий по обеспечению надежного теплоснабжения потребителей осуществляется путем моделирования выполнения этих мероприятий, расчета новых значений ПН и их сопоставления с ПН предыдущих вариантов и с нормативными значениями ПН.

18. После получения варианта, в котором выполняются ограничения (1) – (3) по выражению (17) рассчитывается средний суммарный недоотпуск теплоты потребителям в течение отопительного периода.

## 10.6 Котельные сельского поселения Волковское, эксплуатируемые ООО «Русская тепловая компания»

### 10.6.1 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Нововолково, д.22

Таблица 10.4 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д. Нововолково, д.22

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
1) ТК-5 - Ж/д №12	20	0,082	26	0,0000226	0,0000005	5,932244	0,16857	0,0000027
2) ТК-5 - ТК-6	24,09	0,207	45	0,0000226	0,0000005	11,672821	0,085669	0,0000063
3) ТК-6 - ТК-7	90	0,1	26	0,0000226	0,0000002	6,720026	0,148809	0,0000136
4) ТК-7 - Ж/д №6	25	0,082	26	0,0000226	0,0000006	5,927345	0,16871	0,0000033
5) ТК-7 - Ж/д №5	13	0,082	26	0,0000226	0,0000003	5,927345	0,16871	0,0000017
6) ТК-6 - ТК-8	35,14	0,207	45	0,0000226	0,0000008	11,672821	0,085669	0,0000093
7) ТК-8 - Ж/д №4	11	0,082	26	0,0000226	0,0000002	5,934694	0,168501	0,0000015
8) ТК-8 - ТК-9	48,91	0,207	45	0,0000226	0,0000011	11,672821	0,085669	0,0000129
9) ТК-9 - ТК-11	124	0,15	26	0,0000226	0,0000028	9,087093	0,110046	0,0000254
10) ТК-11 - Ж/д №14	22	0,082	26	0,0000226	0,0000005	5,9317	0,168586	0,0000029
11) ТК-9 - ТК-10	18,22	0,207	45	0,0000226	0,0000004	11,672821	0,085669	0,0000048
12) ТК-10 - Ж/д №3	11	0,082	26	0,0000226	0,0000002	5,934694	0,168501	0,0000015
13) ТК-10 - ТК-12	68,19	0,207	45	0,0000226	0,0000015	11,672821	0,085669	0,000018
14) ТК-12 - Ж/д №2 + Адм. ЖКХ	29	0,082	26	0,0000226	0,0000007	5,929795	0,16864	0,0000039
15) ТК-12 - Школа + Библиотека + Клуб	50	0,1	26	0,0000226	0,0000011	6,733841	0,148504	0,0000076
16) ТК-12 - ТК-13	49,67	0,207	45	0,0000226	0,0000011	11,672821	0,085669	0,0000131
17) ТК-13 - Ж/д №1	30	0,082	26	0,0000226	0,0000007	5,929522	0,168648	0,000004
18) ТК-13 - ТК-14	61,06	0,207	45	0,0000226	0,0000014	11,672821	0,085669	0,0000161
19) ТК-14 - ТК-22	30	0,15	45	0,0000226	0,0000007	8,872162	0,112712	0,000006
20) ТК-22 - УТ-1	23	0,125	26	0,0000226	0,0000005	7,91935	0,126273	0,0000041

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
21) УТ-1 - Ж/д №11-1	3	0,082	26	0,0000226	0,0000001	5,936055	0,168462	0,0000004
22) УТ-1 - Ж/д №11-2	3	0,082	26	0,0000226	0,0000001	5,936055	0,168462	0,0000004
23) ТК-22 - ТК-23	10	0,15	45	0,0000226	0,0000002	8,872162	0,112712	0,000002
24) ТК-23 - Ж/д №9	6	0,082	26	0,0000226	0,0000001	5,936055	0,168462	0,0000008
25) ТК-23 - ТК-24	40	0,15	45	0,0000226	0,0000009	8,872162	0,112712	0,000008
26) ТК-24 - УТ-2	60	0,125	26	0,0000226	0,0000014	7,899037	0,126598	0,0000107
27) ТК-24 - ТК-25	82	0,082	26	0,0000226	0,0000019	5,915369	0,169051	0,0000109
28) ТК-14 - ТК-15	78,38	0,15	26	0,0000226	0,0000018	8,872162	0,112712	0,0000157
29) ТК-15 - Ж/д №10	22	0,082	26	0,0000226	0,0000005	5,9317	0,168586	0,0000029
30) ТК-15 - ТК-16	29,91	0,15	26	0,0000226	0,0000007	8,872162	0,112712	0,000006
31) ТК-16 - Столовая	10	0,082	26	0,0000226	0,0000002	5,934966	0,168493	0,0000013
32) ТК-16 - ТК-17	110,97	0,15	26	0,0000226	0,0000025	8,872162	0,112712	0,0000222
33) ТК-17 - Ж/д №8 (Общежитие 1)	13	0,082	26	0,0000226	0,0000003	5,934149	0,168516	0,0000017
34) ТК-17 - Коттедж 2	30	0,051	26	0,0000226	0,0000007	4,614329	0,216716	0,0000031
35) ТК-17 - Коттедж 5	30	0,051	26	0,0000226	0,0000007	4,614329	0,216716	0,0000031
36) ТК-17 - ТК-18	68,5	0,15	26	0,0000226	0,0000015	8,872162	0,112712	0,0000137
37) ТК-18 - Ж/д №10 (Общежитие 2)	13	0,082	26	0,0000226	0,0000003	5,934149	0,168516	0,0000017
38) ТК-18 - ТК-19	30,36	0,15	26	0,0000226	0,0000007	8,872162	0,112712	0,0000061
39) ТК-29 - ТК-37	118	0,125	26	0,0000226	0,0000027	7,834939	0,127633	0,0000209
40) ТК-37 - ТК-38	40	0,082	26	0,0000226	0,0000009	5,926801	0,168725	0,0000053
41) ТК-38 - Коттедж 13	10	0,051	26	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
42) ТК-37 - ТК-39	3	0,125	26	0,0000226	0,0000001	7,834939	0,127633	0,0000005
43) ТК-39 - УТ-3	31,17	0,1	26	0,0000226	0,0000007	6,674491	0,149824	0,0000047
44) УТ-3 - ТК-42	26,95	0,1	26	0,0000226	0,0000006	6,674491	0,149824	0,0000041

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
45) ТК-42 - Коттедж 14 1\2 часть	10	0,051	26	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
46) ТК-42 - ТК-43	40,46	0,1	26	0,0000226	0,0000009	6,674491	0,149824	0,0000061
47) ТК-43 - ТК-45	84,3	0,082	26	0,0000226	0,0000019	5,904281	0,169369	0,0000112
48) ТК-45 - ТК-46	38,44	0,082	26	0,0000226	0,0000009	5,904281	0,169369	0,0000051
49) ТК-46 - Коттедж 17	10	0,051	26	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
50) ТК-39 - ТК-40	37,78	0,1	26	0,0000226	0,0000009	6,674491	0,149824	0,0000057
51) ТК-40 - УТ-4	45,76	0,1	26	0,0000226	0,0000001	6,674491	0,149824	0,0000069
52) УТ-4 - ТК-41	39,73	0,1	26	0,0000226	0,0000009	6,674491	0,149824	0,000006
53) ТК-40 - Коттедж 12 1\2 часть	10	0,051	26	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
54) ТК-41 - Коттедж 20 1\2 часть	10	0,051	26	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
55) ТК-29 - ТК-30	89	0,125	26	0,0000226	0,0000002	7,834939	0,127633	0,0000157
56) ТК-30 - УТ-5	20,26	0,1	26	0,0000226	0,0000005	6,71782	0,148858	0,0000031
57) УТ-5 - ТК-34	43,03	0,1	26	0,0000226	0,0000001	6,71782	0,148858	0,0000065
58) ТК-34 - УТ-6	33,1	0,1	26	0,0000226	0,0000007	6,71782	0,148858	0,000005
59) УТ-6 - УТ-7	10	0,051	26	0,0000226	0,0000002	4,620486	0,216427	0,000001
60) УТ-7 - Коттедж 22	10	0,051	26	0,0000226	0,0000002	4,620486	0,216427	0,000001
61) Кот. Нововолково - ТК-1	18,89	0,207	45	0,0000226	0,0000004	11,672821	0,085669	0,000005
62) ТК-1 - ТК-2	11,61	0,207	45	0,0000226	0,0000003	11,672821	0,085669	0,0000031
63) ТК-2 - Гараж	1	0,1	26	0,0000226	0	6,750763	0,148131	0,0000002
64) ТК-2 - ТК-3	48,32	0,207	45	0,0000226	0,0000011	11,672821	0,085669	0,0000127
65) ТК-3 - Проходная	5	0,082	26	0,0000226	0,0000001	5,936327	0,168454	0,0000007
66) ТК-3 - ТК-4	32,84	0,207	45	0,0000226	0,0000007	11,672821	0,085669	0,0000086
67) ТК-4 - Административное здание	30	0,1	26	0,0000226	0,0000007	6,740748	0,148351	0,0000046
68) ТК-4 - ТК-5	97,19	0,207	45	0,0000226	0,0000022	11,672821	0,085669	0,0000256

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
69) Кот. Нововолково -	3	0,207	45	0,0000226	0,0000001	11,672821	0,085669	0,0000008
70) ТК-19 - ТК-20	19,68	0,15	26	0,0000226	0,0000004	8,872162	0,112712	0,0000039
71) ТК-20 - ТК-29	88,78	0,15	26	0,0000226	0,0000002	8,872162	0,112712	0,0000178
72) ТК-25 - Детский сад	10	0,1	26	0,0000226	0,0000002	6,747655	0,1482	0,0000015
73) УТ-2 - Ж/д №8	10	0,082	26	0,0000226	0,0000002	5,934966	0,168493	0,0000013
74) УТ-2 - УТ-8	8	0,125	26	0,0000226	0,0000002	7,899037	0,126598	0,0000014
75) УТ-8 - Ж/д №7	4	0,082	26	0,0000226	0,0000001	5,936599	0,168447	0,0000005
76) УТ-8 - ТК-28	1	0,1	26	0,0000226	0	6,740402	0,148359	0,0000002
77) ТК-28 - ТК-27	15	0,1	26	0,0000226	0,0000003	6,740402	0,148359	0,0000023
78) ТК-27 - ТК-26	15	0,1	26	0,0000226	0,0000003	6,740402	0,148359	0,0000023
79) ТК-26 - Почта + Центр Телеком	10	0,082	26	0,0000226	0,0000002	5,934966	0,168493	0,0000013
80) Кот. Нововолково - кот.Нововолково	3	0,207	45	0,0000226	0,0000001	11,672821	0,085669	0,0000008
81) ТК-19 - Ж/д №13	177	0,125	26	0,0000226	0,0000004	7,849835	0,127391	0,0000313
82) ТК-20 - Ж/д №15	98	0,082	26	0,0000226	0,0000022	5,911015	0,169176	0,0000131
83) ТК-27 - Магазин + Амб. + Адм. Прогресс	13	0,051	26	0,0000226	0,0000003	4,621564	0,216377	0,0000014
84) ТК-22 - Амб	13	0,051	26	0,0000226	0,0000003	4,621564	0,216377	0,0000014
85) ТК-15 - Музыкальная школа	13	0,051	26	0,0000226	0,0000003	4,621564	0,216377	0,0000014

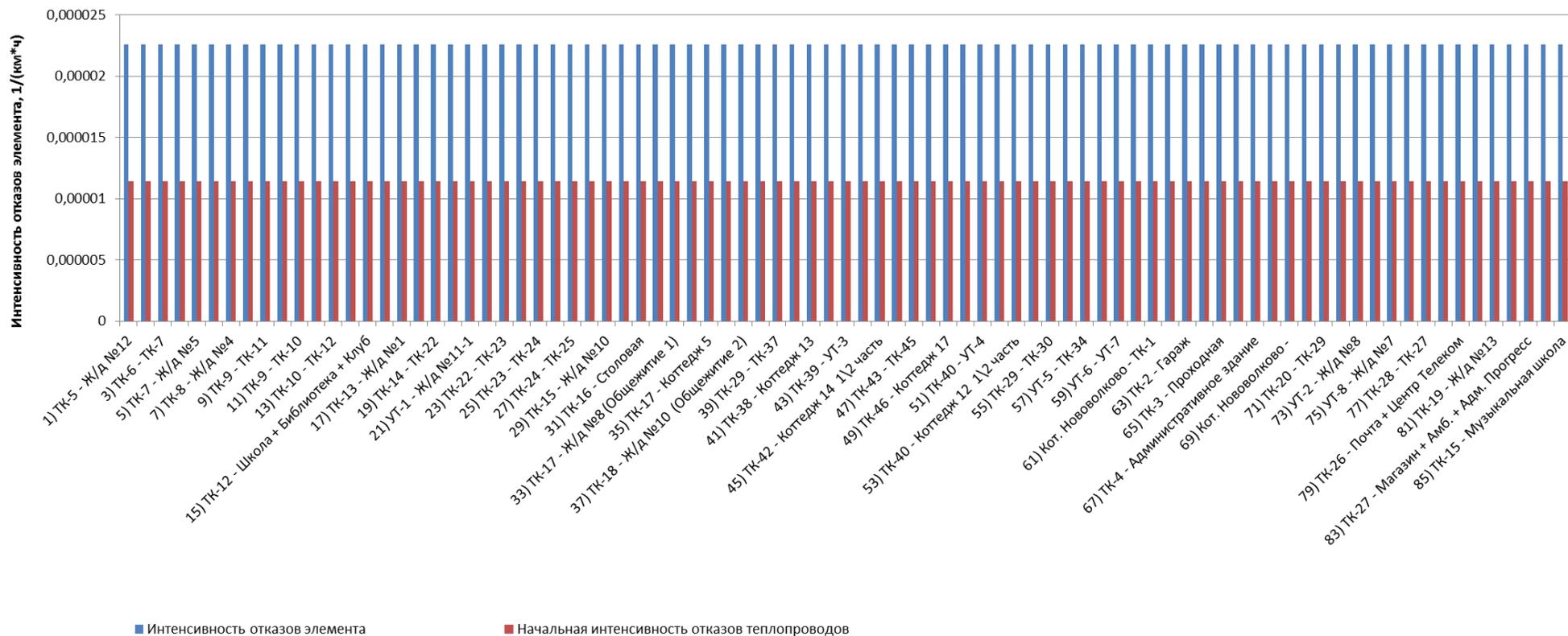


Рисунок 10.1 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети от котельной д. Нововолково, д.22

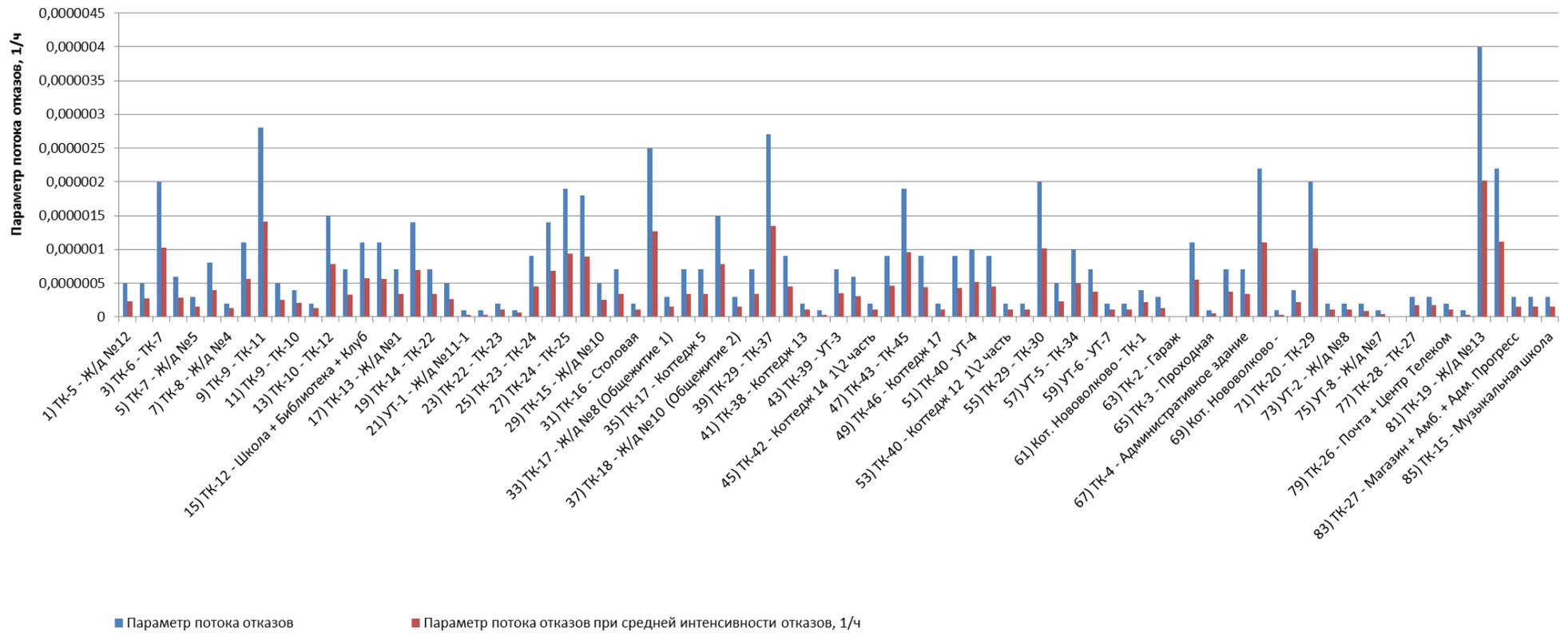


Рисунок 10.2 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети от котельной д. Нововолково, д.22

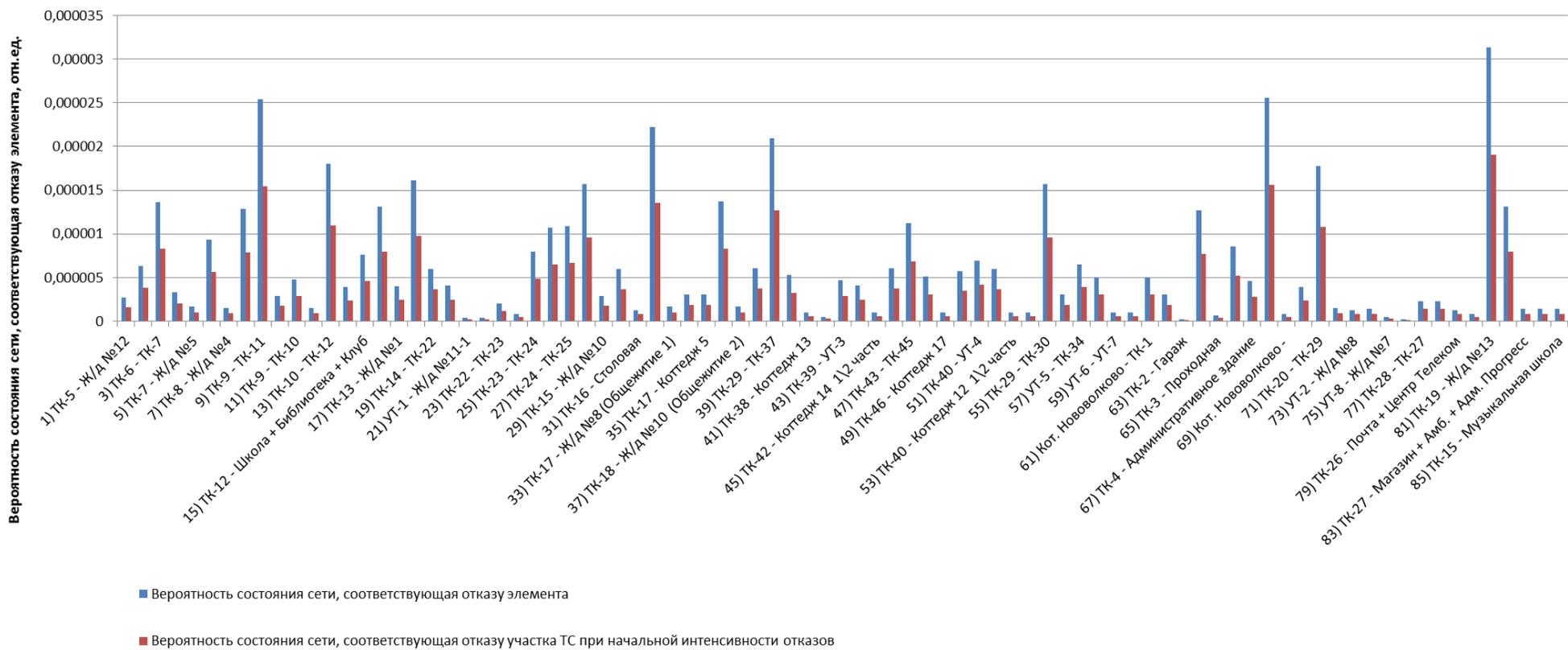


Рисунок 10.3 - Вероятности состояния тепловых сетей, соответствующие отказам ее элементов котельной д. Нововолково, д.22

Таблица 10.5 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Нововолково, д.22

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
1) Ж/д №12 ( - )	0,151	0	60	12	0,999871	0,999476	0,1311
2) Ж/д №6 ( - )	0,0816	0	60	12	0,999856	0,99949	0,0708
3) Ж/д №5 ( - )	0,0796	0	60	12	0,999856	0,999489	0,0691
4) Ж/д №4 ( - )	0,0671	0	60	12	0,999835	0,999475	0,0582
5) Ж/д №14 ( - )	0,1805	0	60	12	0,999729	0,999476	0,1567
6) Ж/д №3 ( - )	0,0676	0	60	12	0,999794	0,999475	0,0587
7) Ж/д №2 + Адм. ЖКХ ( - )	0,0643	0	60	12	0,999751	0,999477	0,0558
8) Школа + Библиотека + Клуб ( - )	0,1789	0	60	12	0,999751	0,999481	0,1553
9) Ж/д №1 ( - )	0,0606	0	60	12	0,999721	0,999477	0,0526
10) Ж/д №11-1 ( - )	0,03355	0	60	12	0,999683	0,999484	0,0291
11) Ж/д №11-2 ( - )	0,03355	0	60	12	0,999683	0,999484	0,0291
12) Ж/д №9 ( - )	0,0748	0	60	12	0,999683	0,999482	0,0649
13) Детский сад ( - )	0,0947	0	60	12	0,999683	0,999502	0,0822
14) Ж/д №10 ( - )	0,066	0	60	12	0,999683	0,999492	0,0573
15) Столовая ( - )	0,0208	0	60	12	0,999683	0,999496	0,0181
16) Ж/д №8 (Общежитие 1) ( - )	0,0979	0	60	12	0,999683	0,999519	0,085
17) Коттедж 2 ( - )	0,0139	0	60	12	0,999683	0,99952	0,0121
18) Коттедж 5 ( - )	0,0092	0	60	12	0,999683	0,99952	0,008
19) Ж/д №10 (Общежитие 2) ( - )	0,1026	0	60	12	0,999683	0,999533	0,0891
20) Коттедж 13 ( - )	0,0162	0	60	12	0,999683	0,999586	0,0141
21) Коттедж 14 1\2 часть ( - )	0,0084	0	60	12	0,999683	0,99959	0,0073
22) Коттедж 17 ( - )	0,0162	0	60	12	0,999683	0,999612	0,0141
23) Коттедж 12 1\2 часть ( - )	0,00855	0	60	12	0,999683	0,999587	0,0074

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
24) Коттедж 20 1\2 часть ( - )	0,004	0	60	12	0,999683	0,9996	0,0035
25) Коттедж 22 ( - )	0,0239	0	60	12	0,999683	0,999591	0,0208
26) Гараж ( - )	0,0453	0	60	12	0,999981	0,999474	0,0393
27) Проходная ( - )	0,008	0	60	12	0,999951	0,999474	0,0069
28) Административное здание ( - )	0,0059	0	60	12	0,999931	0,999478	0,0051
29) Ж/д №8 ( - )	0,0965	0	60	12	0,999683	0,999501	0,0838
30) Ж/д №7 ( - )	0,0445	0	60	12	0,999683	0,999502	0,0386
31) Почта + Центр Телеком ( - )	0,0055	0	60	12	0,999683	0,999508	0,0048
32) кот.Нововолково ( - )	0,0068	0	60	12	0,999998	0,999473	0,0059
33) Ж/д №13 ( - )	0,1154	0	60	12	0,999683	0,999568	0,1002
34) Ж/д №15 ( - )	0,2071	0	60	12	0,999683	0,999554	0,1798
35) Магазин + Амб. + Адм. Прогресс ( - )	0,117	0	60	12	0,999683	0,999505	0,1016
36) Амб ( - )	0,0059	0	60	12	0,999683	0,999481	0,0051
37) Музыкальная школа ( - )	0,022	0	60	12	0,999683	0,99949	0,0191

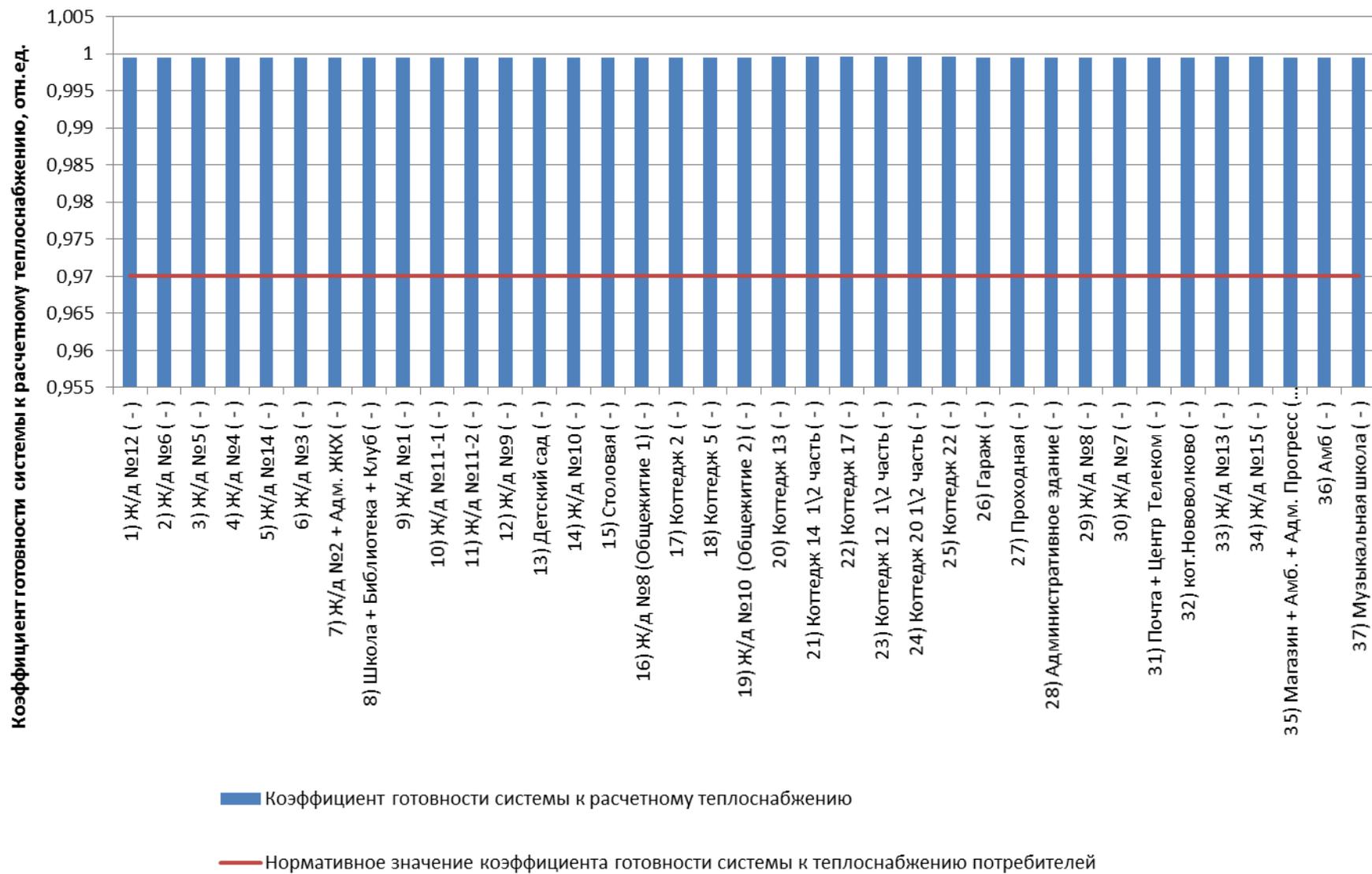


Рисунок 10.4 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной д. Нововолково, д.22

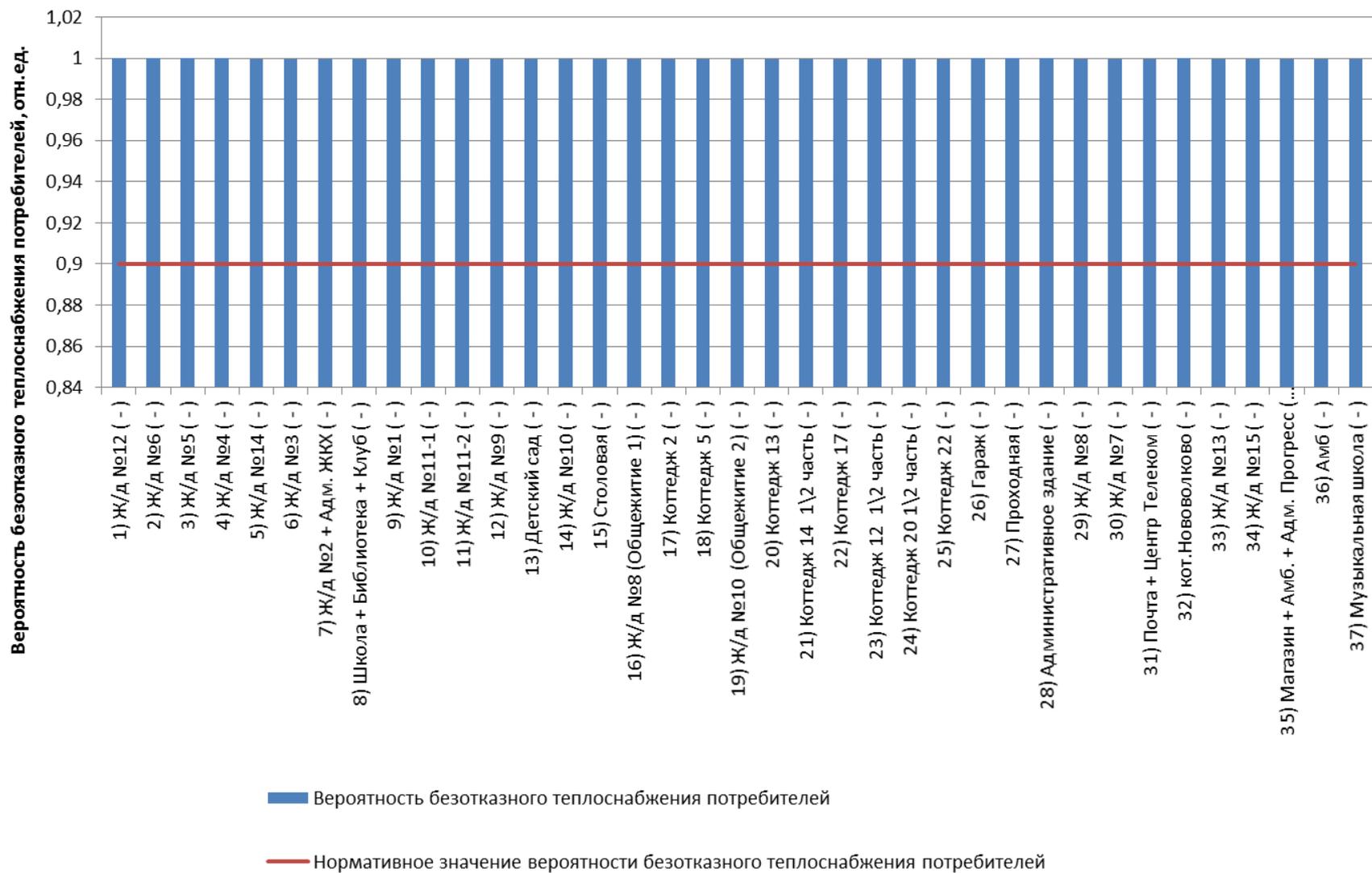


Рисунок 10.5 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Нововолково, д.22

### 10.6.2 Оценка надежности теплоснабжения от котельной с. Покровское, ДОХБ

Таблица 10.6 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной с. Покровское, ДОХБ

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
1) Кот. ДОХБ - УТ-1	20	0,15	10	0,0000114	0,0000002	9,005071	0,111049	0,0000021
2) УТ-1 - ТК-1	15	0,15	10	0,0000114	0,0000002	9,005071	0,111049	0,0000015
3) ТК-1 - ТК-2	52,5	0,1	41	0,0000226	0,0000012	6,729524	0,148599	0,000008
4) ТК-2 - ж/д №19	10	0,1	25	0,0000226	0,0000002	6,729524	0,148599	0,0000015
5) ТК-1 - УТ-2	130	0,15	35	0,0000226	0,0000029	9,005071	0,111049	0,0000264
6) УТ-2 - ТК-3	100	0,15	25	0,0000226	0,0000023	9,005071	0,111049	0,0000203
7) ТК-3 - УТ-3	22,5	0,1	25	0,0000226	0,0000005	6,688944	0,1495	0,0000034
8) УТ-3 - ж/д №20	5	0,1	25	0,0000226	0,0000001	6,688944	0,1495	0,0000008
9) УТ-3 - Коттедж	70	0,033	3	0,0000145	0,000001	3,920977	0,255038	0,000004
10) ТК-3 - ТК-4	125	0,1	25	0,0000226	0,0000028	6,688944	0,1495	0,0000189
11) ТК-4 - ж/д №17	27,5	0,1	25	0,0000226	0,0000006	6,688944	0,1495	0,0000042
12) Кот. ДОХБ -	5	0,15	10	0,0000114	0,0000001	9,005071	0,111049	0,0000005
13) ТК-2 - ж/д №12	130	0,07	3	0,0000145	0,0000019	5,385281	0,185691	0,0000102

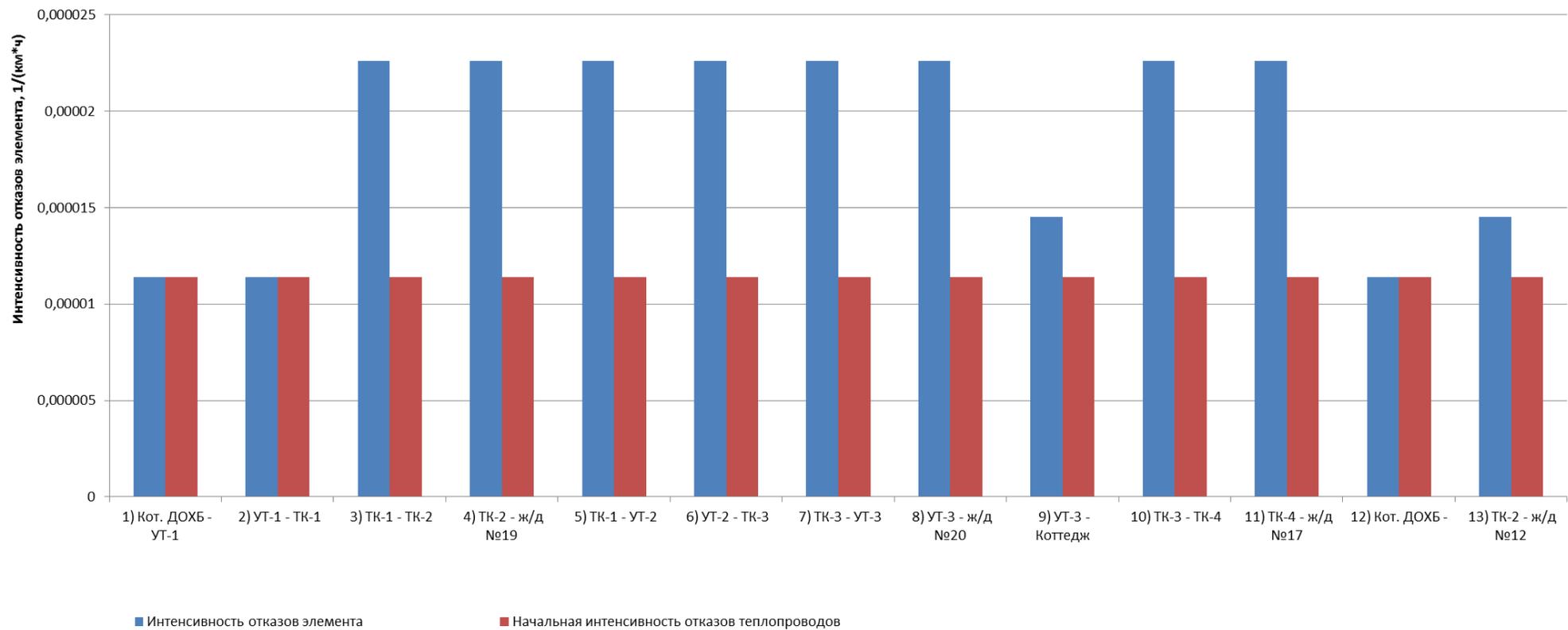


Рисунок 10.6 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной с. Покровское, ДОХБ

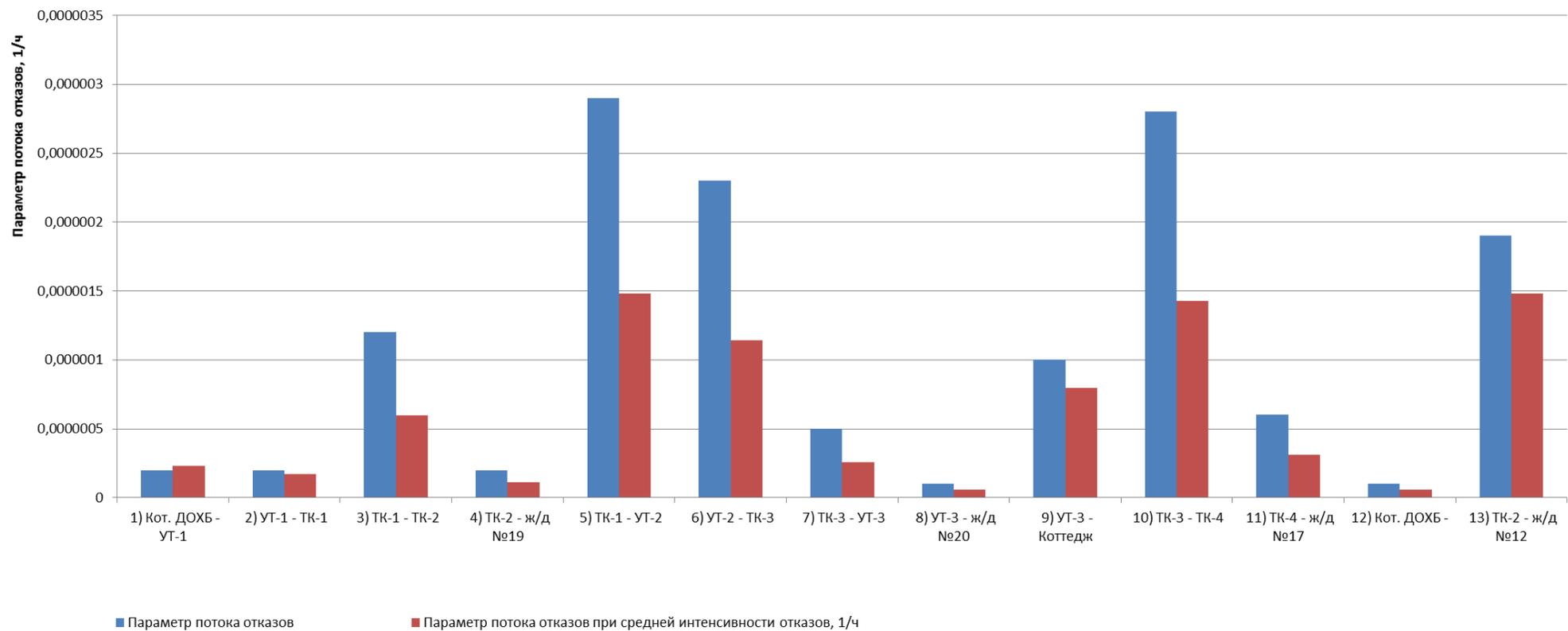


Рисунок 10.7 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной с. Покровское, ДОХБ

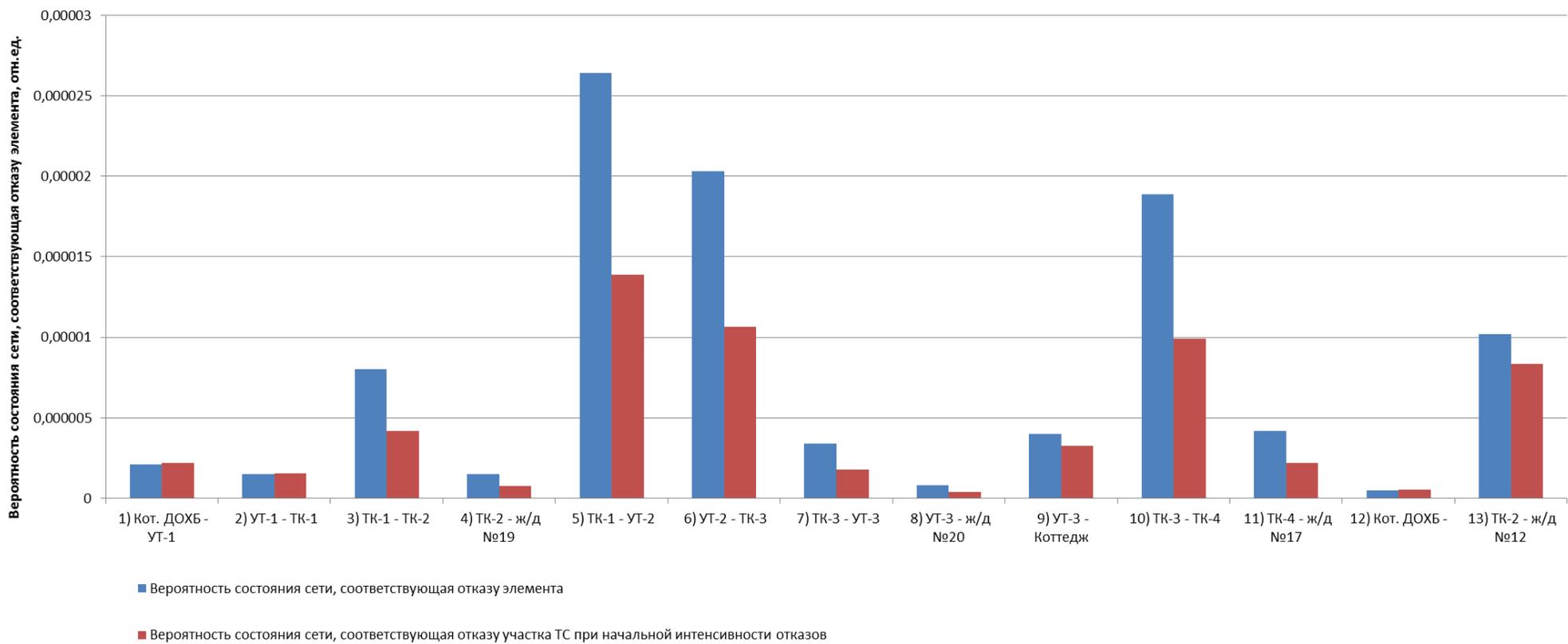


Рисунок 10.8 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной с. Покровское, ДОХБ

Таблица 10.7 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной с. Покровское, ДОХБ

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент тепловой ак- кумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
1) ж/д №19 ( - )	0,19	0	60	12	1	0,999911	0,0314
2) ж/д №20 ( - )	0,333	0	60	12	1	0,999953	0,0542
3) Коттедж ( - )	0,015	0	60	12	1	0,999956	0,0023
4) ж/д №17 ( - )	0,152	0	60	12	1	0,999972	0,0236
5) ж/д №12 ( - )	0,06	0	60	12	1	0,99992	0,0094

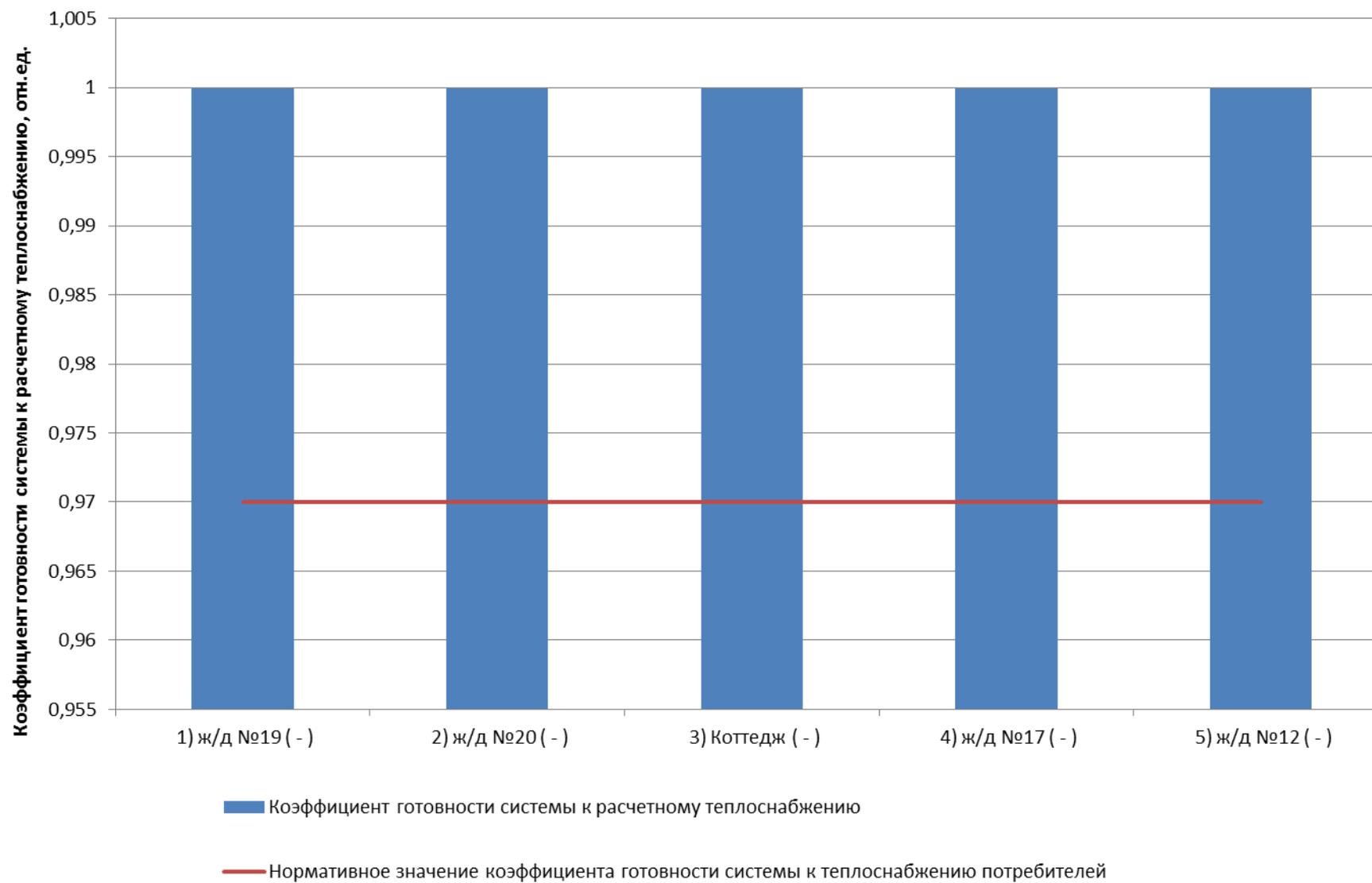


Рисунок 10.9 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной с. Покровское, ДОХБ

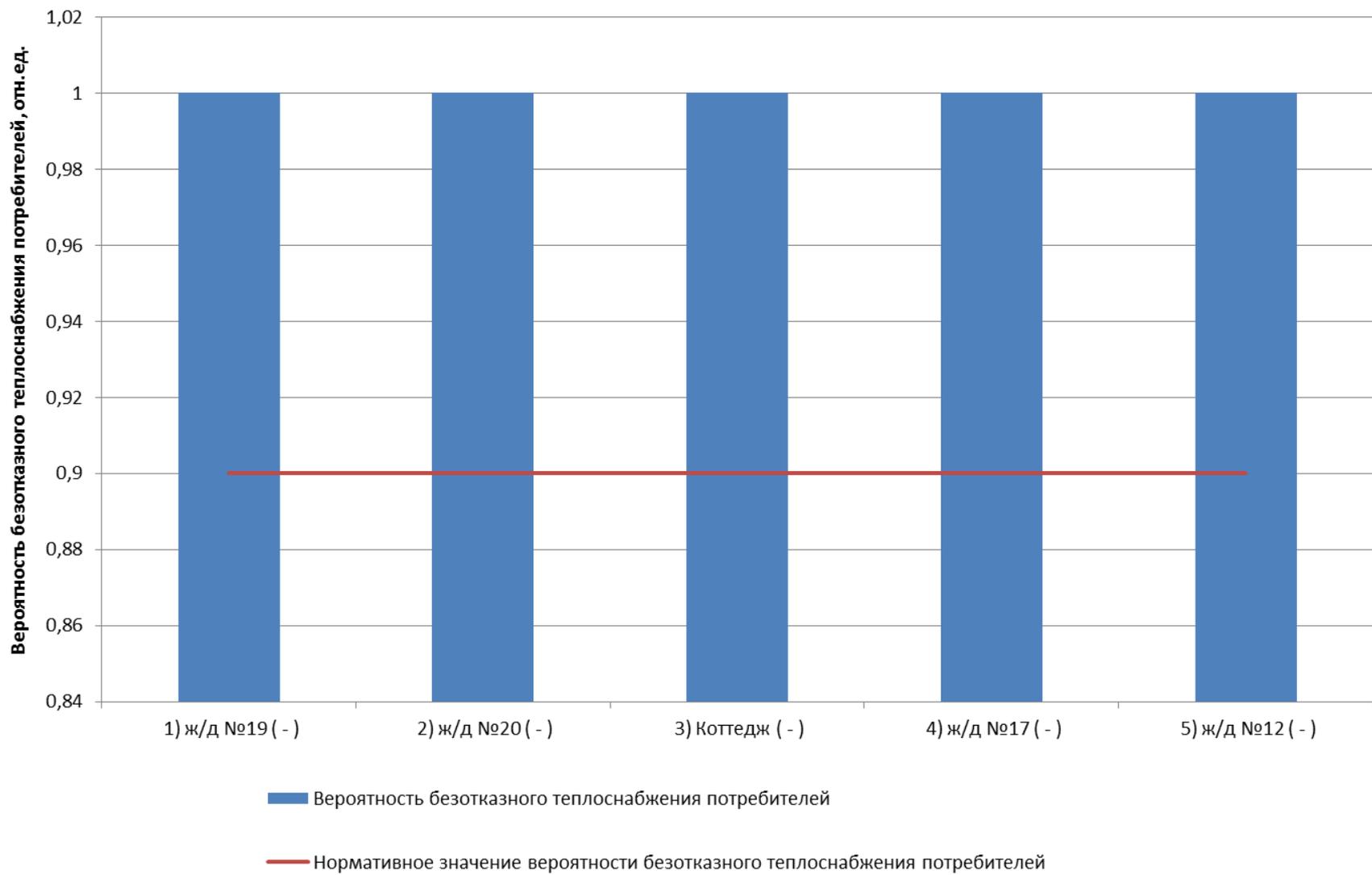


Рисунок 10.10 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной с. Покровское, ДОХБ

### 10.6.3 Оценка надежности теплоснабжения от котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8

Таблица 10.8 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
1) Кот. Урожайная - ТК-1	36	0,125	19	0,0000138	0,0000005	7,835841	0,127619	0,0000039
2) ТК-1 - ТК-2	172	0,125	40	0,0000226	0,0000039	7,835841	0,127619	0,0000304
3) ТК-2 - ТК-27	104,56	0,1	40	0,0000226	0,0000024	6,659009	0,150173	0,0000157
4) ТК-27 - ТК-26	31,72	0,1	40	0,0000226	0,0000007	6,659009	0,150173	0,0000048
5) ТК-26 - ТК-25	40,06	0,1	40	0,0000226	0,0000009	6,659009	0,150173	0,000006
6) ТК-25 - ТК-24	39,44	0,1	40	0,0000226	0,0000009	6,659009	0,150173	0,0000059
7) ТК-27 - ул.Урожайная, д.1	10	0,051	40	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
8) ТК-26 - ул.Урожайная, д.2	10	0,051	40	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
9) ТК-25 - ул.Урожайная, д.3	10	0,051	40	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
10) ТК-24 - ул.Урожайная, д.4	10	0,051	40	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
11) ТК-24 - ТК-23	50,9	0,1	40	0,0000226	0,0000011	6,659009	0,150173	0,0000076
12) ТК-23 - ул.Новая, д.147	10	0,051	40	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
13) ТК-23 - ТК-22	80	0,082	16	0,0000114	0,0000009	5,915914	0,169036	0,0000054
14) ТК-22 - ул.Новая, д.6	10	0,051	16	0,0000114	0,0000001	4,622026	0,216355	0,0000005
15) ТК-1 - ул.Комсомольская, №14	20	0,051	16	0,0000114	0,0000002	4,620486	0,216427	0,0000011
16) ТК-1 - УТ-1	30	0,15	42	0,0000226	0,0000007	9,131475	0,109511	0,0000062
17) УТ-1 - ТК-4	68,77	0,082	16	0,0000114	0,0000008	5,861035	0,170618	0,0000046
18) ТК-4 - ТК-17	75,97	0,082	16	0,0000114	0,0000009	5,861035	0,170618	0,0000051
19) ТК-19 - ТК-20	34,7	0,082	16	0,0000114	0,0000004	5,861035	0,170618	0,0000023
20) ТК-18 - ТК-19	38,9	0,082	16	0,0000114	0,0000004	5,861035	0,170618	0,0000026
21) ТК-18 - ул.Новая, д.2	10	0,051	16	0,0000114	0,0000001	4,622026	0,216355	0,0000005
22) ТК-19 - ул.Новая, д.3	10	0,051	16	0,0000114	0,0000001	4,622026	0,216355	0,0000005

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
23) ТК-20 - ул.Новая, д.4	10	0,051	16	0,0000114	0,0000001	4,622026	0,216355	0,0000005
24) ТК-20 - ТК-21	36,08	0,082	16	0,0000114	0,0000004	5,861035	0,170618	0,0000024
25) УТ-1 - ТК-3	15	0,15	42	0,0000226	0,0000003	9,131475	0,109511	0,0000031
26) ТК-3 - ТК-5	200	0,125	42	0,0000226	0,0000045	7,587107	0,131803	0,0000342
27) ТК-5 - ул.Комсомольская, №15	10	0,051	42	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
28) ТК-5 - ТК-6	60	0,125	42	0,0000226	0,0000014	7,587107	0,131803	0,0000103
29) ТК-6 - ул.Комсомольская, №7	40	0,1	42	0,0000226	0,0000009	6,69965	0,149262	0,000006
30) ТК-6 - УТ-2	30	0,1	42	0,0000226	0,0000007	6,69965	0,149262	0,0000045
31) УТ-2 - ул.Комсомольская, №8	14	0,1	42	0,0000226	0,0000003	6,69965	0,149262	0,0000021
32) УТ-2 - ул.Комсомольская, №9	65	0,1	42	0,0000226	0,0000015	6,69965	0,149262	0,0000098
33) ТК-5 - ТК-7	27,94	0,125	42	0,0000226	0,0000006	7,587107	0,131803	0,0000048
34) ТК-7 - ТК-8	63	0,051	42	0,0000226	0,0000014	4,61202	0,216825	0,0000066
35) ТК-8 - ул.Комсомольская, №20	12	0,051	31	0,0000226	0,0000003	4,61202	0,216825	0,0000012
36) ТК-7 - ТК-11	17,11	0,125	16	0,0000114	0,0000002	7,587107	0,131803	0,0000015
37) ТК-11 - ТК-9	45,37	0,1	16	0,0000114	0,0000005	6,728277	0,148626	0,0000035
38) ТК-9 - ул.Комсомольская, №8а	12	0,051	16	0,0000114	0,0000001	4,621718	0,21637	0,0000006
39) ТК-9 - ТК-10	20,74	0,1	16	0,0000114	0,0000002	6,728277	0,148626	0,0000016
40) ТК-10 - ул.Комсомольская, №10	16	0,051	16	0,0000114	0,0000002	4,621102	0,216399	0,0000008
41) ТК-11 - ТК-12	22,52	0,125	16	0,0000114	0,0000003	7,587107	0,131803	0,0000019
42) ТК-12 - ул.Комсомольская, №16	14,8	0,1	16	0,0000114	0,0000002	6,745997	0,148236	0,0000011
43) ТК-12 - ТК-13	31,78	0,125	16	0,0000114	0,0000004	7,587107	0,131803	0,0000027
44) ТК-13 - ул.Комсомольская, №17	46,81	0,1	31	0,0000226	0,0000011	6,734942	0,148479	0,0000071
45) ТК-13 - ТК-14	69,35	0,125	31	0,0000226	0,0000016	7,587107	0,131803	0,0000119
46) ТК-14 - ТК-15	74,71	0,125	31	0,0000226	0,0000017	7,587107	0,131803	0,0000128

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
47) ТК-15 - ул.Комсомольская, д1	20	0,033	31	0,0000226	0,0000005	3,923716	0,25486	0,0000018
48) ТК-15 - Магазин	20	0,033	31	0,0000226	0,0000005	3,923716	0,25486	0,0000018
49) ТК-14 - УТ-3	36,6	0,125	31	0,0000226	0,0000008	7,587107	0,131803	0,0000063
50) УТ-3 - УТ-4	7,49	0,051	31	0,0000226	0,0000002	4,61119	0,216864	0,0000008
51) УТ-4 - Магазин	17,11	0,051	31	0,0000226	0,0000004	4,61119	0,216864	0,0000018
52) УТ-4 - ул.Советская, д.1	55,79	0,051	31	0,0000226	0,0000013	4,61119	0,216864	0,0000058
53) УТ-3 - УТ-5	28,76	0,125	31	0,0000226	0,0000006	7,587107	0,131803	0,0000049
54) УТ-5 - УТ-6	6,6	0,125	31	0,0000226	0,0000001	7,587107	0,131803	0,0000011
55) УТ-6 - ул.Комсомольская, №18	0,5	0	31	0,0000226	0	63,746706	0,015687	0,0000007
56) УТ-6 - ул.Комсомольская, №19	50	0,1	31	0,0000226	0,0000011	6,733841	0,148504	0,0000076
57) УТ-5 - ТК-16	140,66	0,125	31	0,0000226	0,0000032	7,587107	0,131803	0,0000241
58) ТК-16 - ул.Комсомольская, №20	33,56	0,082	31	0,0000226	0,0000008	5,928553	0,168675	0,0000045
59) ТК-16 - д/сад	43	0,125	31	0,0000226	0,0000001	7,587107	0,131803	0,0000074
60) ТК-17 - ТК-18	27,21	0,082	16	0,0000114	0,0000003	5,861035	0,170618	0,0000018
61) ТК-17 - ул.Новая, д.1	10	0,051	16	0,0000114	0,0000001	4,622026	0,216355	0,0000005
62) ТК-21 - ул.Новая, д.5	10	0,051	16	0,0000114	0,0000001	4,622026	0,216355	0,0000005
63) ТК-2 - ТК-28	59	0,04	16	0,0000114	0,0000007	4,16849	0,239895	0,0000028
64) ТК-28 -	135,67	0,04	16	0,0000114	0,0000015	4,16849	0,239895	0,0000064

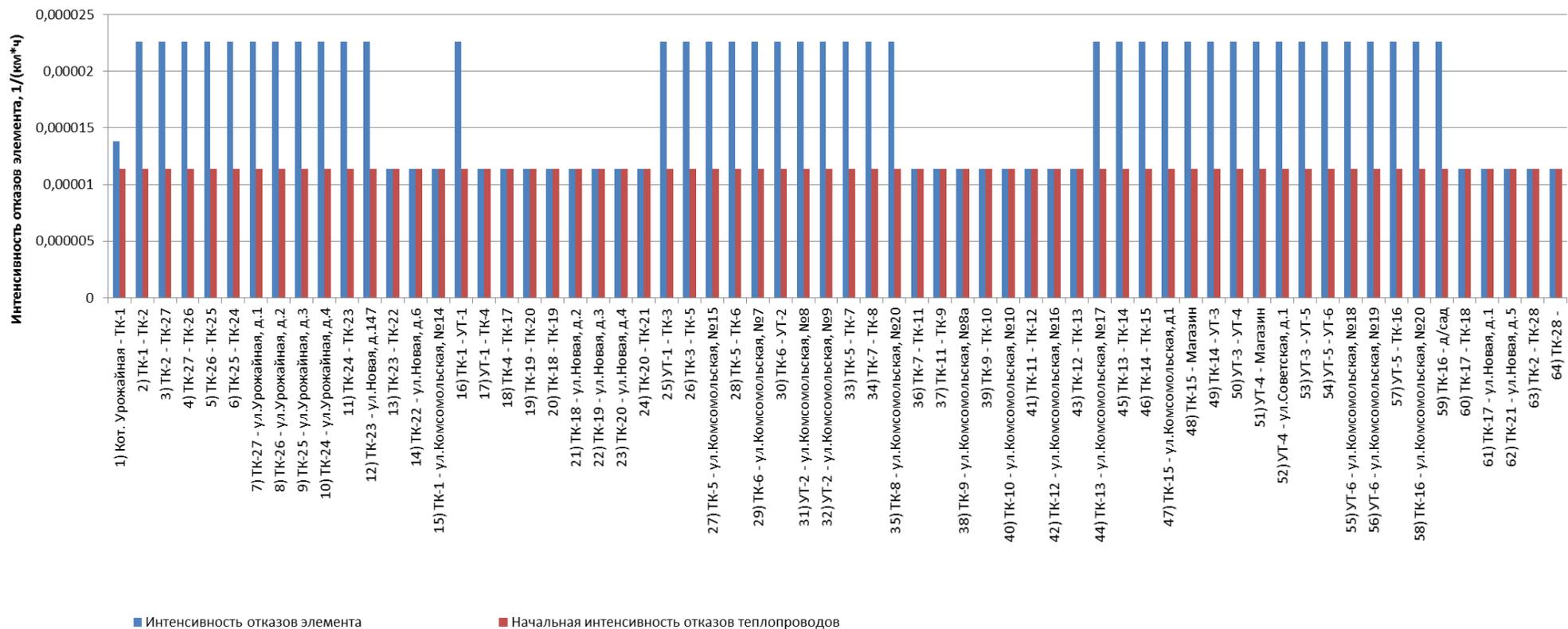


Рисунок 10.11 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8

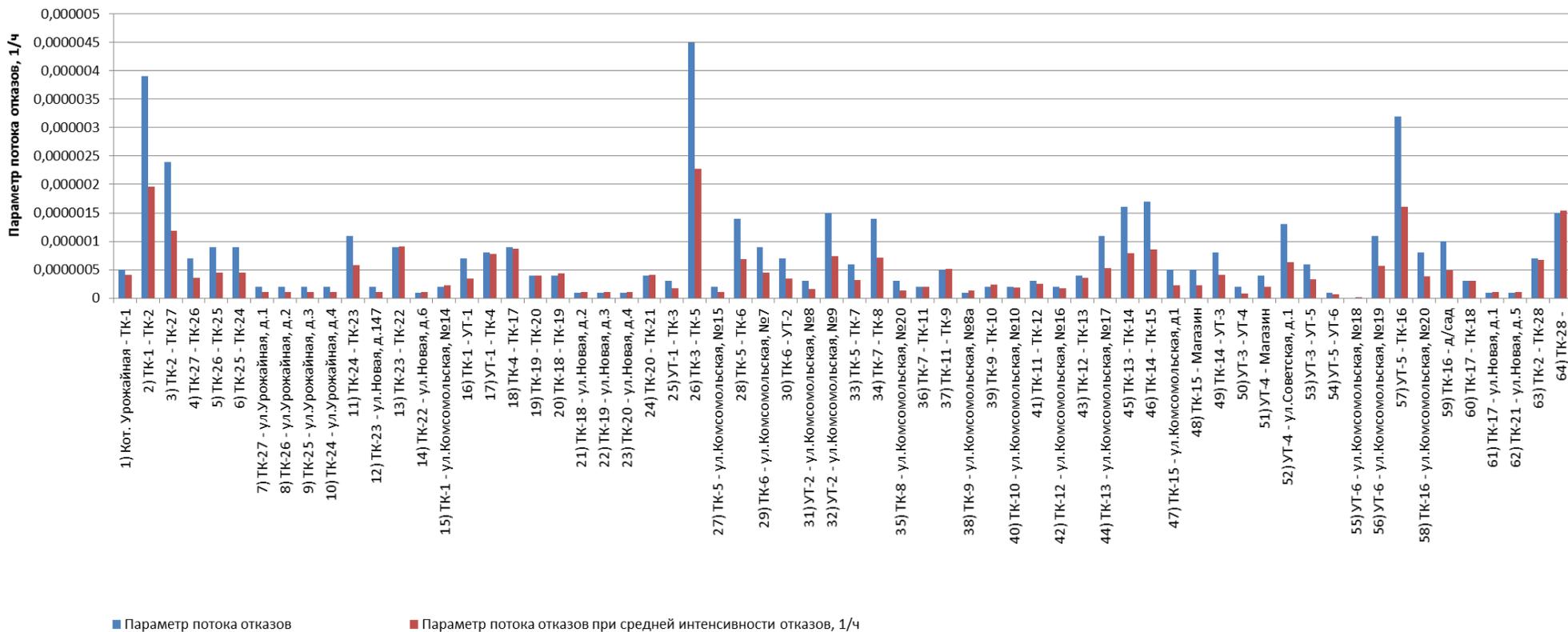


Рисунок 10.12 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8

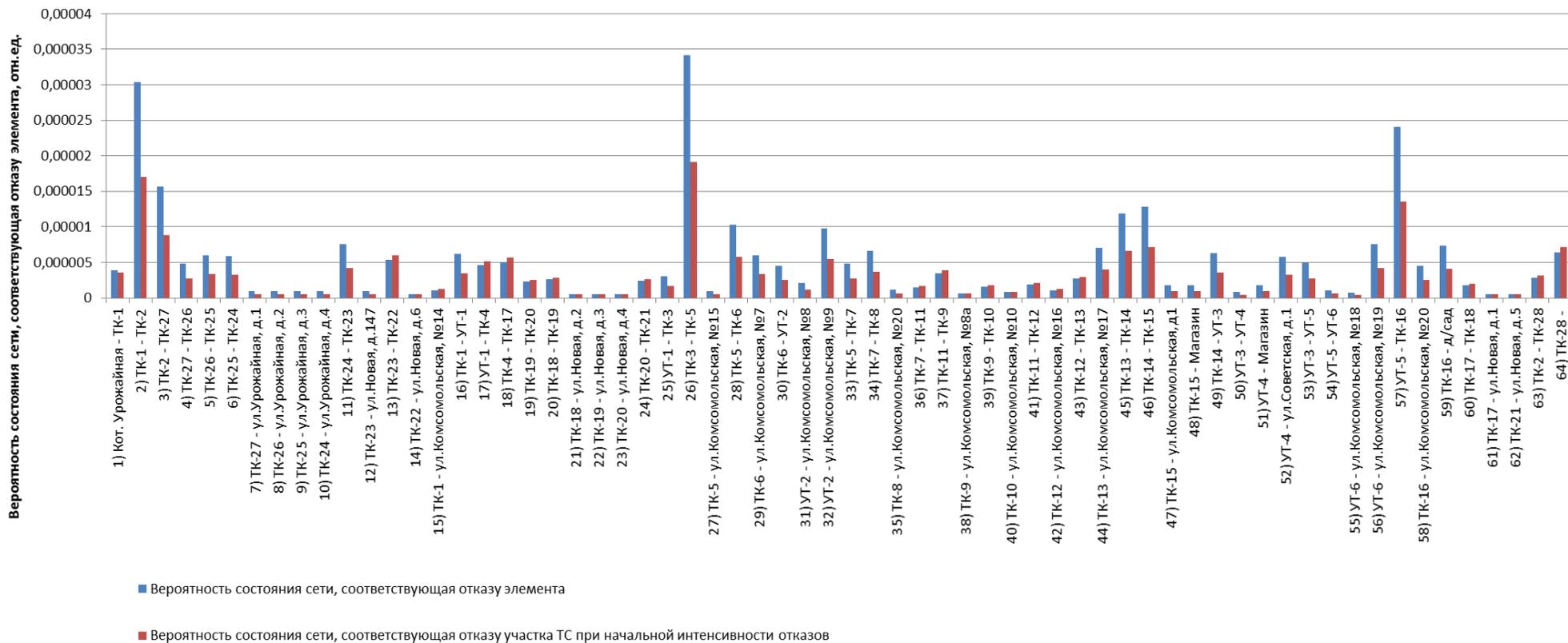


Рисунок 10.13 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8

Таблица 10.9 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффици- ент тепловой аккумуля- ции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недо- отпуск теплоты, Гкал/от- период
1) ул.Урожайная, д.1 (-)	0,018	0	60	12	1	0,99973	0,0084
2) ул.Урожайная, д.2 (-)	0,018	0	60	12	1	0,999735	0,0083
3) ул.Урожайная, д.3 (-)	0,018	0	60	12	1	0,999741	0,008
4) ул.Урожайная, д.4 (-)	0,018	0	60	12	1	0,999747	0,0078
5) ул.Новая, д.147 (-)	0,021037133	0	60	12	1	0,999754	0,0086
6) ул.Новая, д.6 (-)	0,02500001	0	60	12	1	0,999759	0,0096
7) ул.Комсомольская, №14 (-)	0,11284586	0	60	12	1	0,999684	0,0595
8) ул.Новая, д.2 (-)	0,018	0	60	12	0,999982	0,999695	0,0091
9) ул.Новая, д.3 (-)	0,018	0	60	12	0,999982	0,999697	0,0089
10) ул.Новая, д.4 (-)	0,018	0	60	12	0,999982	0,9997	0,0088
11) ул.Новая, д.5 (-)	0,018	0	60	12	0,999982	0,999702	0,0084
12) ул.Комсомольская, №15 (-)	0,10878397	0	60	12	0,999973	0,999718	0,0566
13) ул.Комсомольская, №7 (-)	0,044120538	0	60	12	0,999973	0,999733	0,0215
14) ул.Комсомольская, №8 (-)	0,044120538	0	60	12	0,999973	0,999734	0,0218
15) ул.Комсомольская, №9 (-)	0,039999226	0	60	12	0,999973	0,999742	0,0184
16) ул.Комсомольская, №20 (-)	0,02500001	0	60	12	0,999973	0,999729	0,0116
17) ул.Комсомольская, №8а (-)	0,044120538	0	60	12	0,999973	0,999727	0,0227
18) ул.Комсомольская, №10 (-)	0,06604758	0	60	12	0,999973	0,999729	0,0337
19) ул.Комсомольская, №16 (-)	0,091312701	0	60	12	0,999973	0,999726	0,0474
20) ул.Комсомольская, №17 (-)	0,085194163	0	60	12	0,999973	0,999735	0,0431
21) ул.Комсомольская, д1 (-)	0,02500001	0	60	12	0,999973	0,999754	0,0115
22) Магазин (-)	0,018	0	60	12	0,999973	0,999754	0,0082
23) Магазин (-)	0,018	0	60	12	0,999973	0,999749	0,0089

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недо- отпуск теплоты, Гкал/от.пе- риод
24) ул.Советская, д.1 (-)	0,02500001	0	60	12	0,999973	0,999753	0,0117
25) ул.Комсомольская, №18 (-)	0,085375917	0	60	12	0,999917	0,999752	0,0435
26) ул.Комсомольская, №19 (-)	0,085140966	0	60	12	0,999973	0,99976	0,0422
27) ул.Комсомольская, №20 (-)	0,11257847	0	60	12	0,999973	0,999779	0,0546
28) д/сад (-)	0,0644913	0	60	12	0,999973	0,999782	0,0306
29) ул.Новая, д.1 (-)	0,018	0	60	12	0,999982	0,999693	0,0091
30) (-)	0,02500001	0	60	12	1	0,999722	0,011

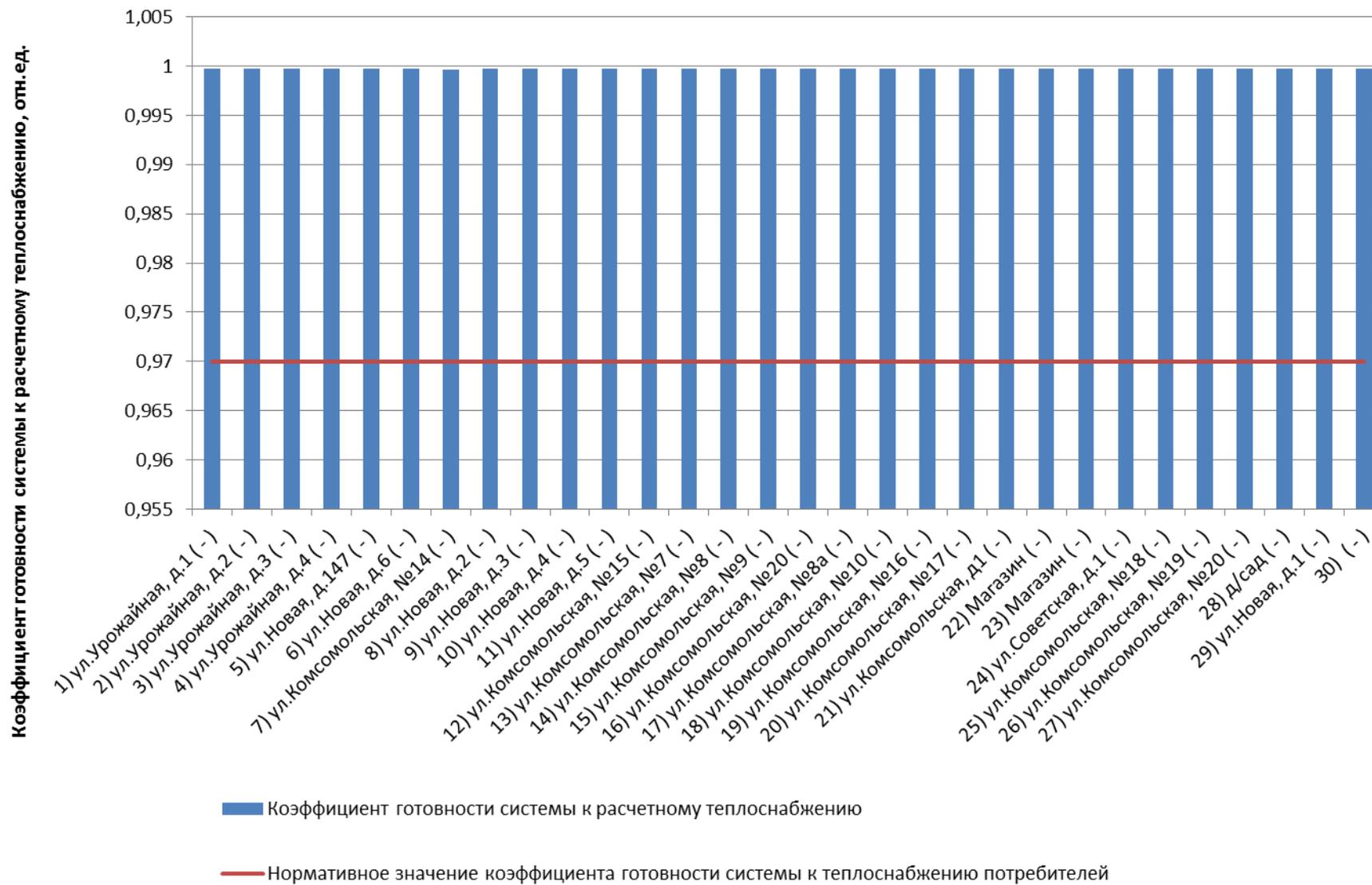


Рисунок 10.14 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8

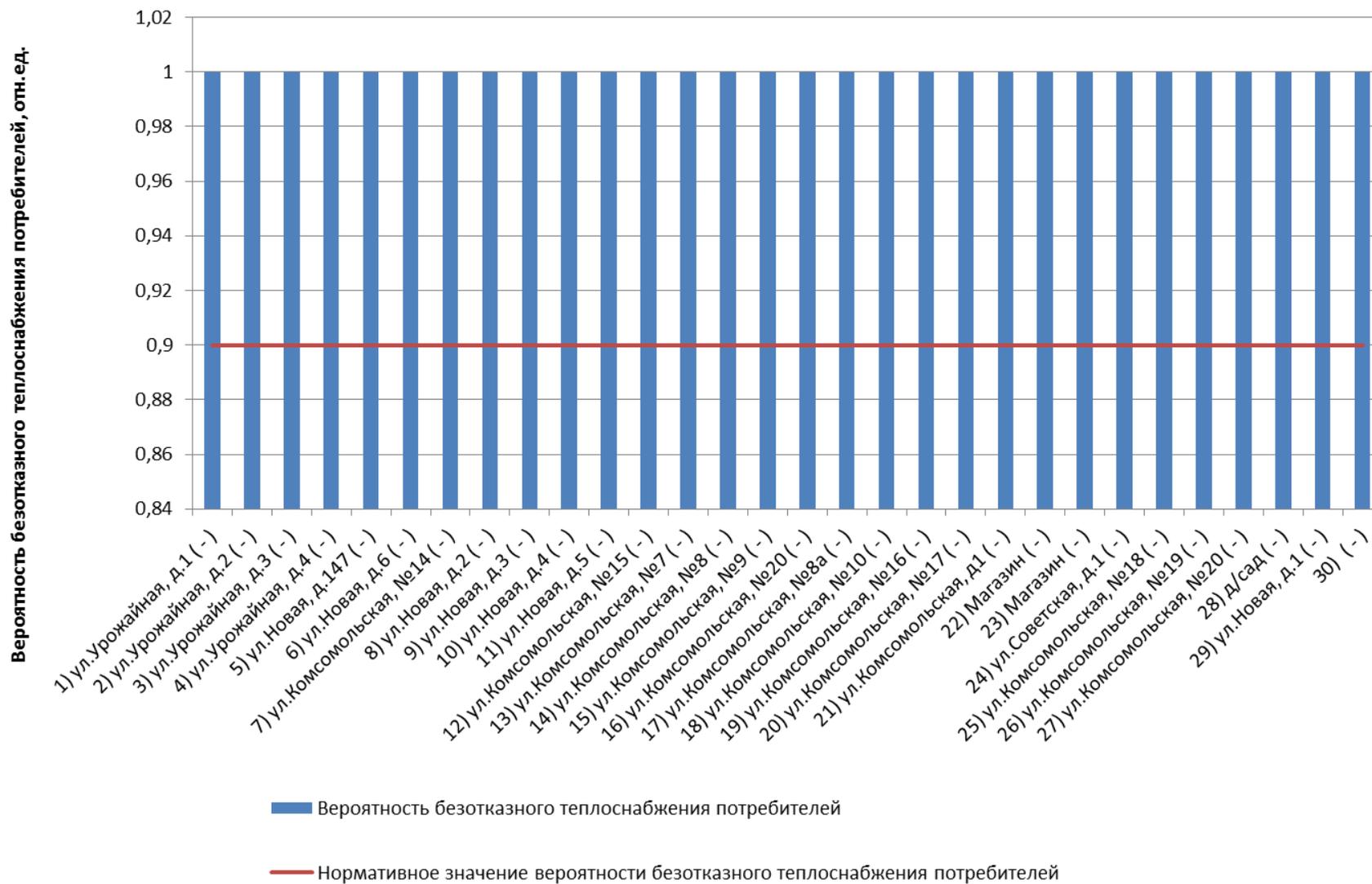


Рисунок 10.15 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8

### 10.6.4 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Ивойлово, д. 95

Таблица 10.10 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д. Ивойлово, д. 95

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
1) Кот. Ивойлово - УТ-1	32	0,15	41	0,0000226	0,0000007	9,104509	0,109836	0,0000066
2) УТ-1 - Клуб	95	0,082	41	0,0000226	0,0000021	5,911831	0,169152	0,0000127
3) УТ-1 - УТ-2	61	0,15	41	0,0000226	0,0000014	9,104509	0,109836	0,0000125
4) УТ-2 - УТ-3	87	0,1	41	0,0000226	0,000002	6,69896	0,149277	0,0000132
5) УТ-3 - Коттедж	10	0,1	41	0,0000226	0,0000002	6,69896	0,149277	0,0000015
6) УТ-2 - УТ-4	54	0,1	41	0,0000226	0,0000012	6,69896	0,149277	0,0000082
7) УТ-4 - Ж/д №1	11	0,051	41	0,0000226	0,0000002	4,621872	0,216363	0,0000011
8) УТ-4 - УТ-5	20	0,082	41	0,0000226	0,0000005	5,920541	0,168903	0,0000027
9) УТ-5 - УТ-6	43	0,082	41	0,0000226	0,000001	5,920541	0,168903	0,0000057
10) УТ-6 - Ж/д №4	29	0,051	41	0,0000226	0,0000007	4,618793	0,216507	0,000003
11) УТ-5 - Ж/д №2	2	0,051	41	0,0000226	0	4,623257	0,216298	0,0000002
12) УТ-6 - Ж/д №3	2	0,051	41	0,0000226	0	4,618793	0,216507	0,0000002

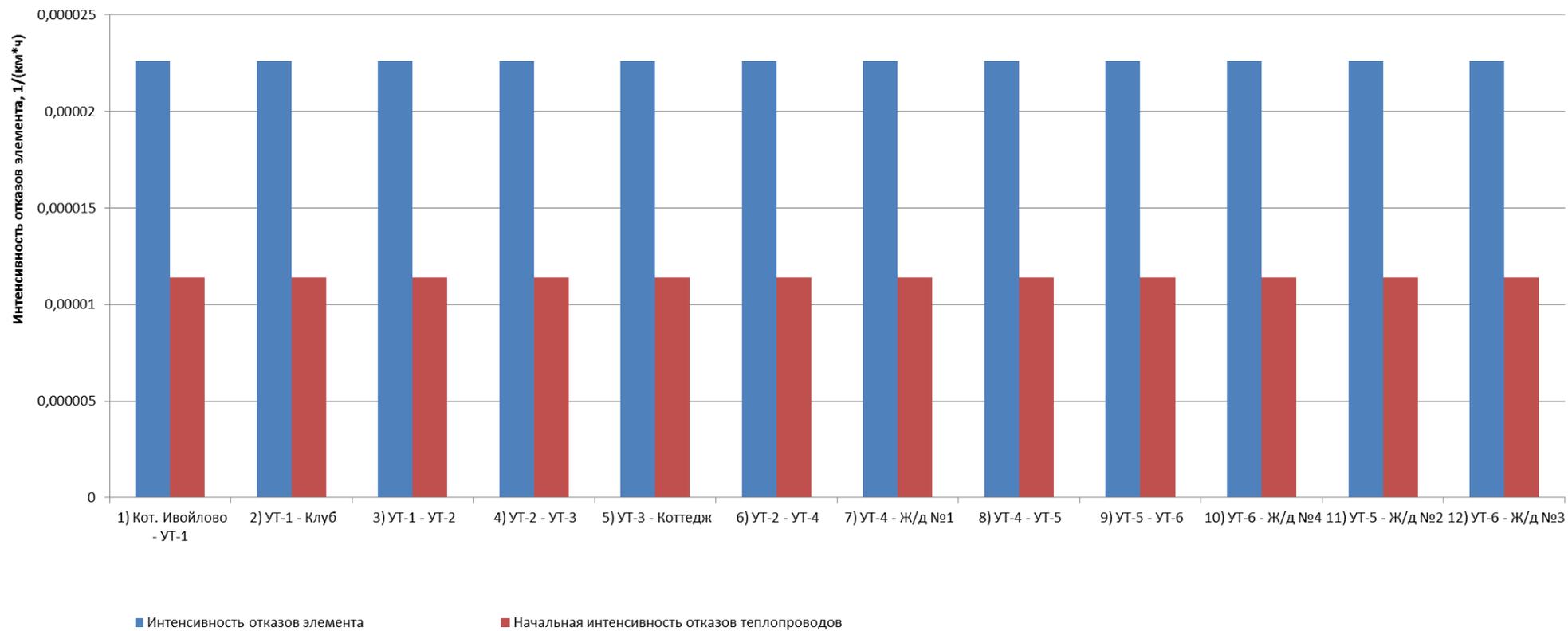


Рисунок 10.16 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной д. Ивойлово, д. 95

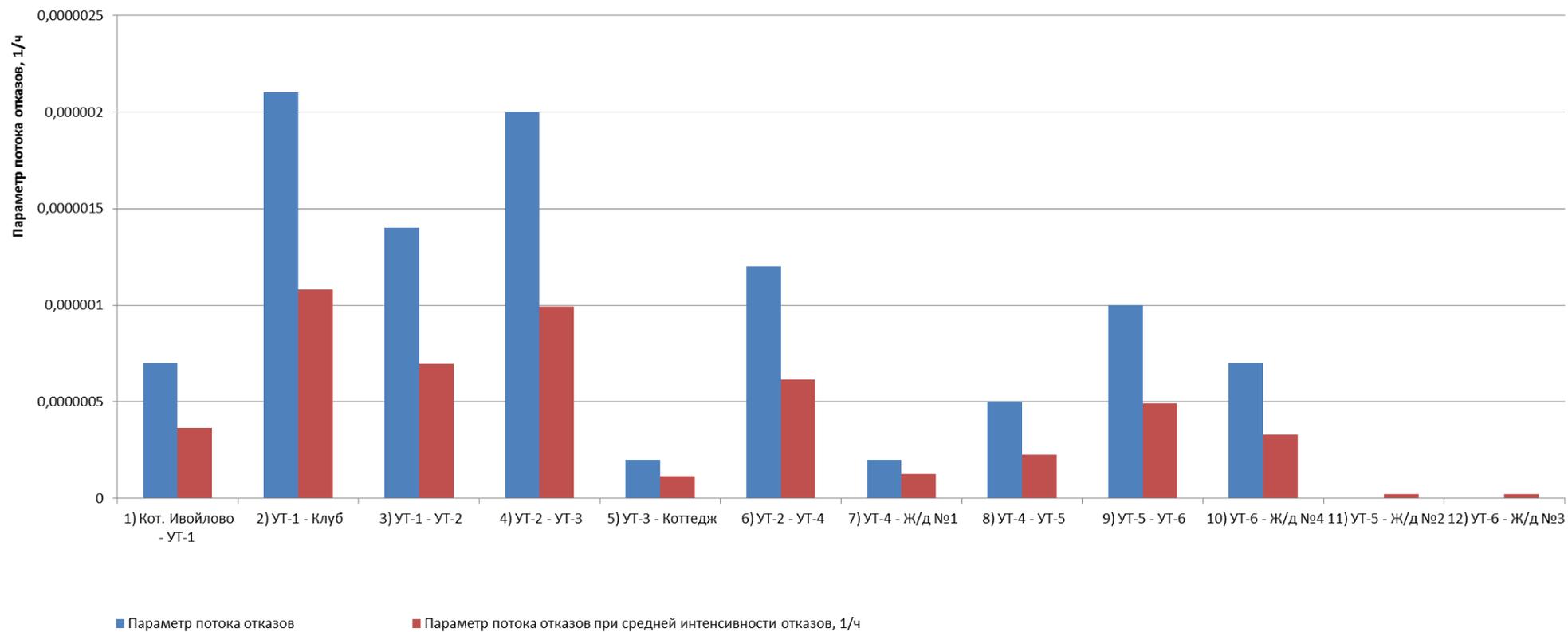


Рисунок 10.17 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной д. Ивойлово, д. 95

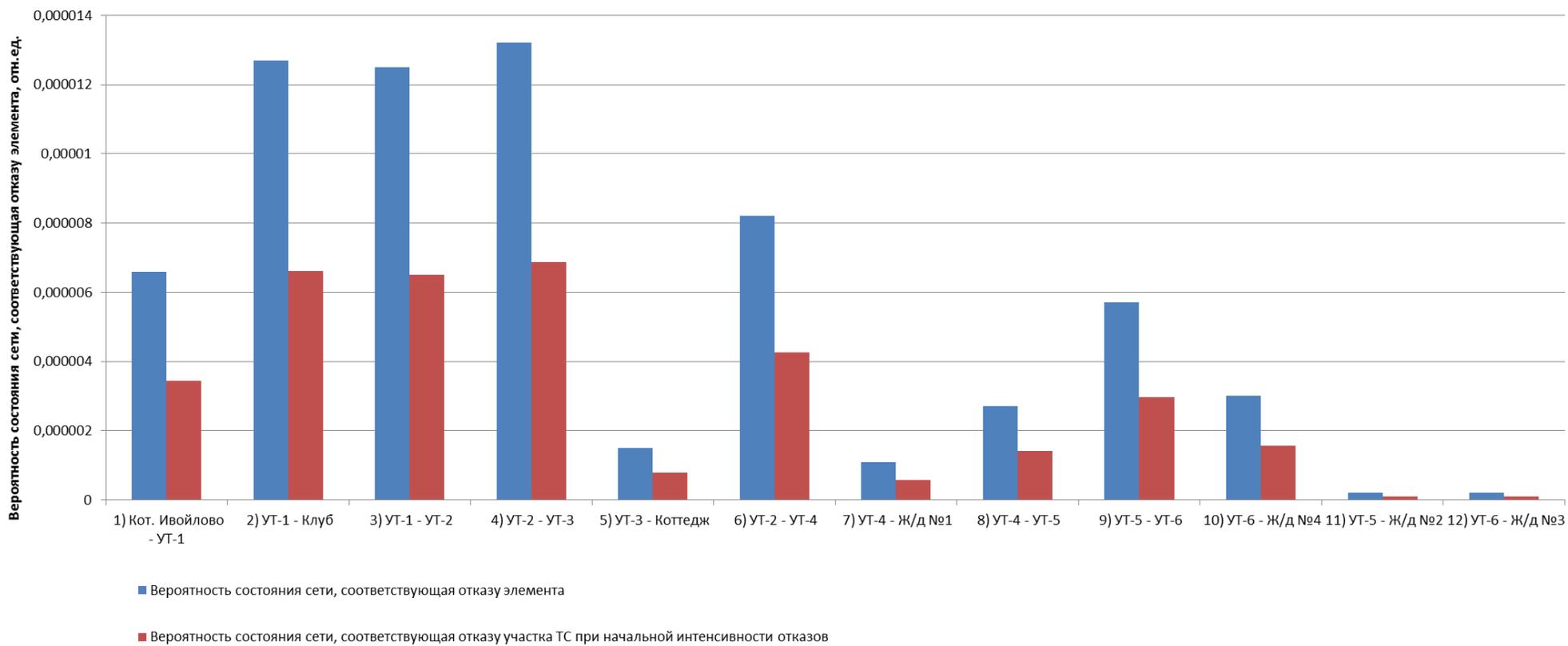


Рисунок 10.18 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной д. Ивойлово, д. 95

Таблица 10.11 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Ивойлово, д. 95

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент теп- ловой аккумуля- ции, ч	Минимально до- пустимая темпе- ратура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммар- ный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
1) Клуб ( - )	0,013	0	60	12	0,999981	0,999945	0,001
2) Коттедж ( - )	0,04	0	60	12	0,999943	0,999947	0,0039
3) Ж/д №1 ( - )	0,075	0	60	12	0,999943	0,999942	0,0081
4) Ж/д №4 ( - )	0,089	0	60	12	0,999943	0,999952	0,0095
5) Ж/д №2 ( - )	0,089	0	60	12	0,999943	0,999943	0,0097
6) Ж/д №3 ( - )	0,089	0	60	12	0,999943	0,999949	0,0096

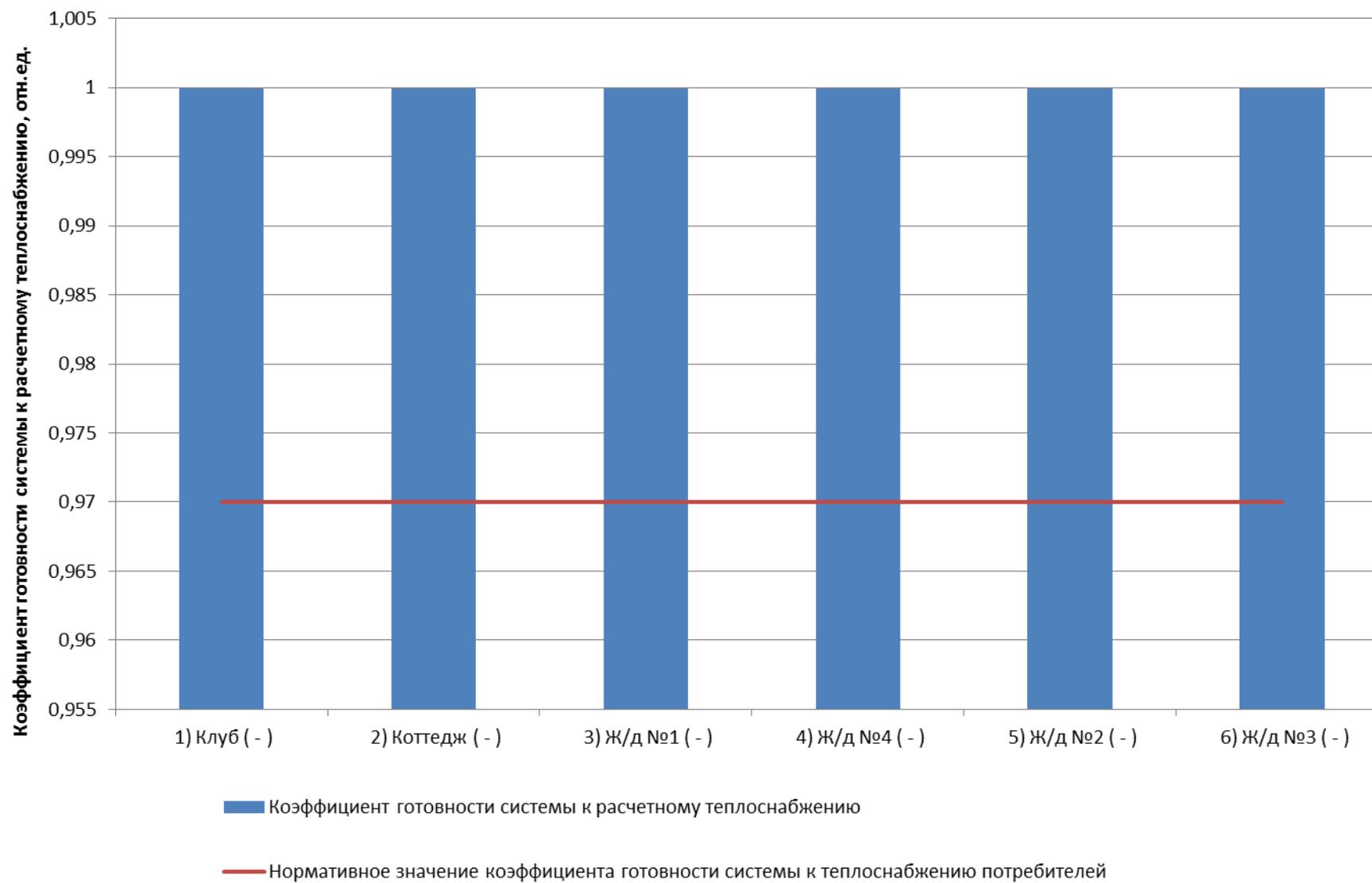


Рисунок 10.19 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной д. Ивойлово, д. 95

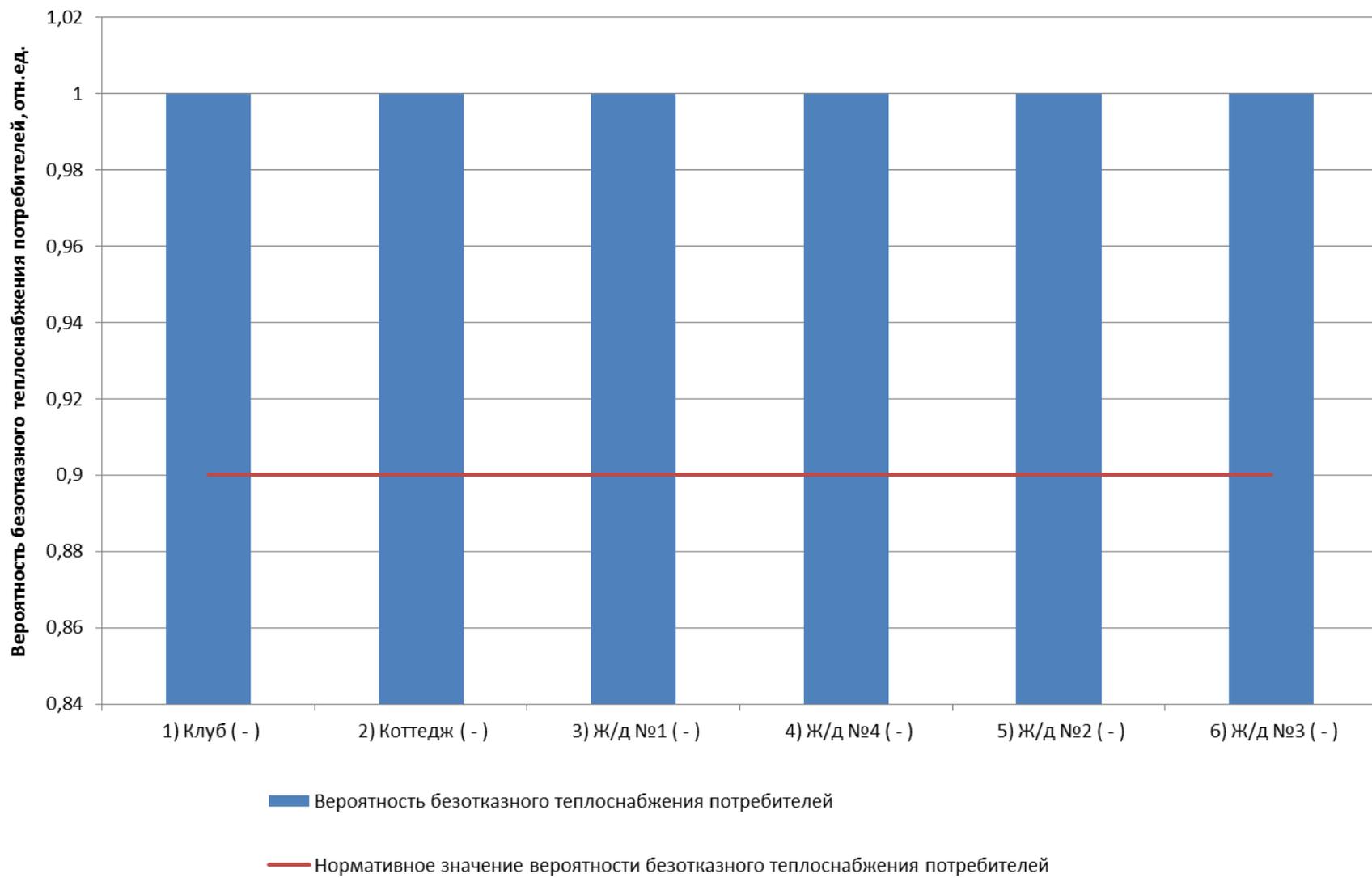


Рисунок 10.20 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Ивойлово, д. 95

### 10.6.5 Оценка надежности теплоснабжения от котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991

Таблица 10.12 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
1) Кот. Ольховка - ТК-1	85	0,125	3	0,0000145	0,0000012	7,756847	0,128918	0,0000096
2) ТК-1 - Ж/д №53	55	0,051	3	0,0000145	0,0000008	4,615099	0,21668	0,0000037
3) ТК-1 - ТК-2	25	0,125	3	0,0000145	0,0000004	7,756847	0,128918	0,0000028
4) ТК-2 - Ж/д №55	36	0,051	3	0,0000145	0,0000005	4,618023	0,216543	0,0000024
5) ТК-2 - Вр.	63	0,125	3	0,0000145	0,0000009	7,756847	0,128918	0,0000071
6) Вр. - ТК-7	100	0,125	3	0,0000145	0,0000015	7,756847	0,128918	0,0000112
7) ТК-7 - Ж/д №56	40	0,1	3	0,0000145	0,0000006	6,720026	0,148809	0,0000039
8) ТК-7 - Ж/д №57	50	0,1	3	0,0000145	0,0000007	6,720026	0,148809	0,0000049
9) Вр. - ТК-3	37	0,125	3	0,0000145	0,0000005	7,756847	0,128918	0,0000042
10) ТК-3 - Ж/д №54	28	0,051	3	0,0000145	0,0000004	4,619255	0,216485	0,0000019
11) ТК-3 - ТК-4	10	0,125	3	0,0000145	0,0000001	7,756847	0,128918	0,0000011
12) ТК-5 - Ж/д №50	11	0,051	3	0,0000145	0,0000002	4,621872	0,216363	0,0000007
13) ТК-5 - Вр.2	28	0,1	3	0,0000145	0,0000004	6,731078	0,148565	0,0000027
14) Вр.2 - Ж/д №1	12	0,051	3	0,0000145	0,0000002	4,621718	0,21637	0,0000008
15) Вр.2 - ТК-6	30	0,1	3	0,0000145	0,0000004	6,731078	0,148565	0,0000029
16) ТК-6 - Ж/д №49	10	0,051	3	0,0000145	0,0000001	4,618947	0,2165	0,0000007
17) ТК-6 - Ж/д №2	20	0,051	3	0,0000145	0,0000003	4,618947	0,2165	0,0000013
18) ТК-4 - ТК-5	63	0,125	3	0,0000145	0,0000009	7,756847	0,128918	0,0000071

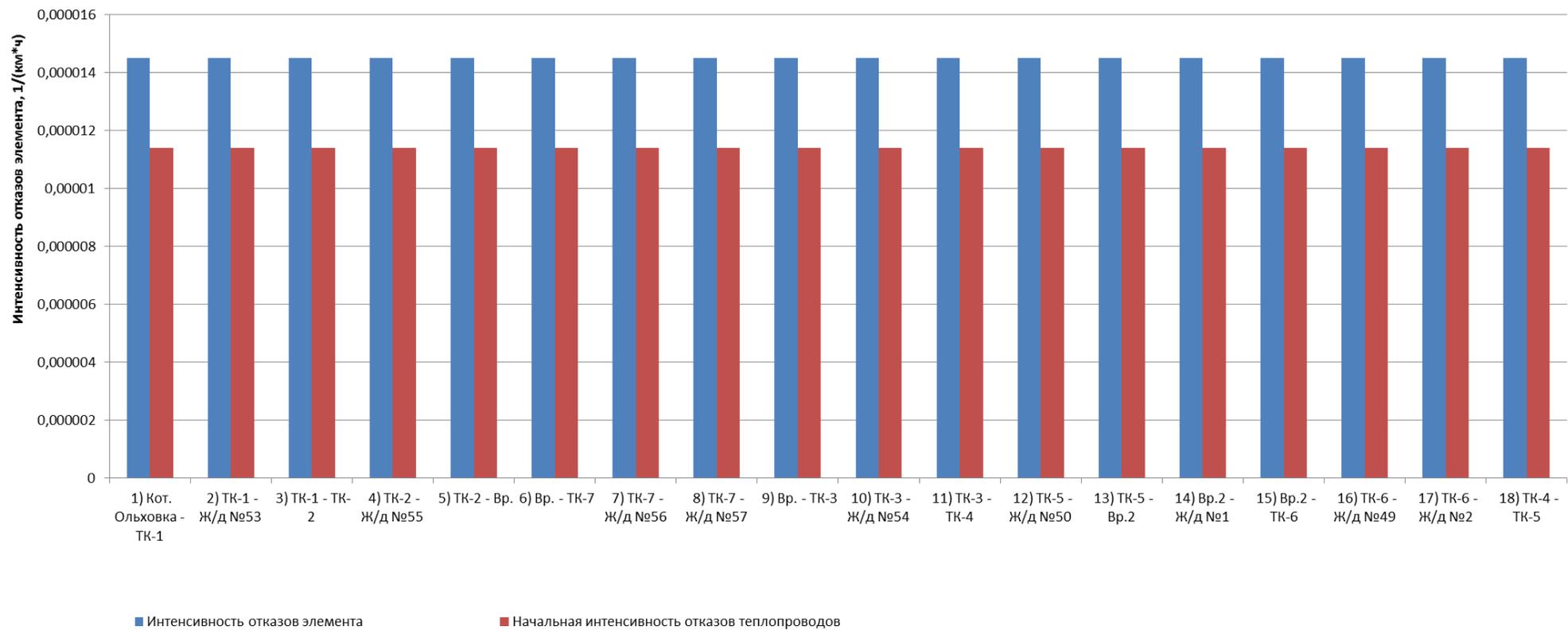


Рисунок 10.21 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991

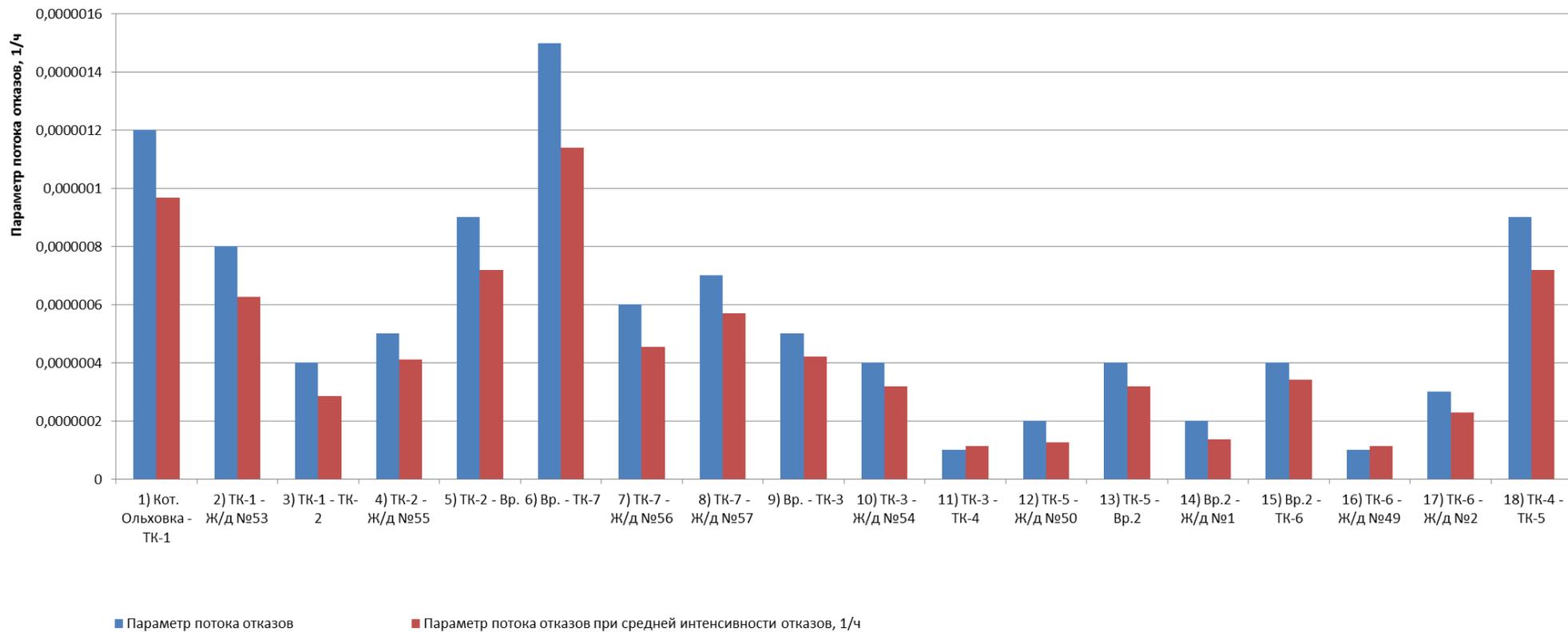


Рисунок 10.22 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991

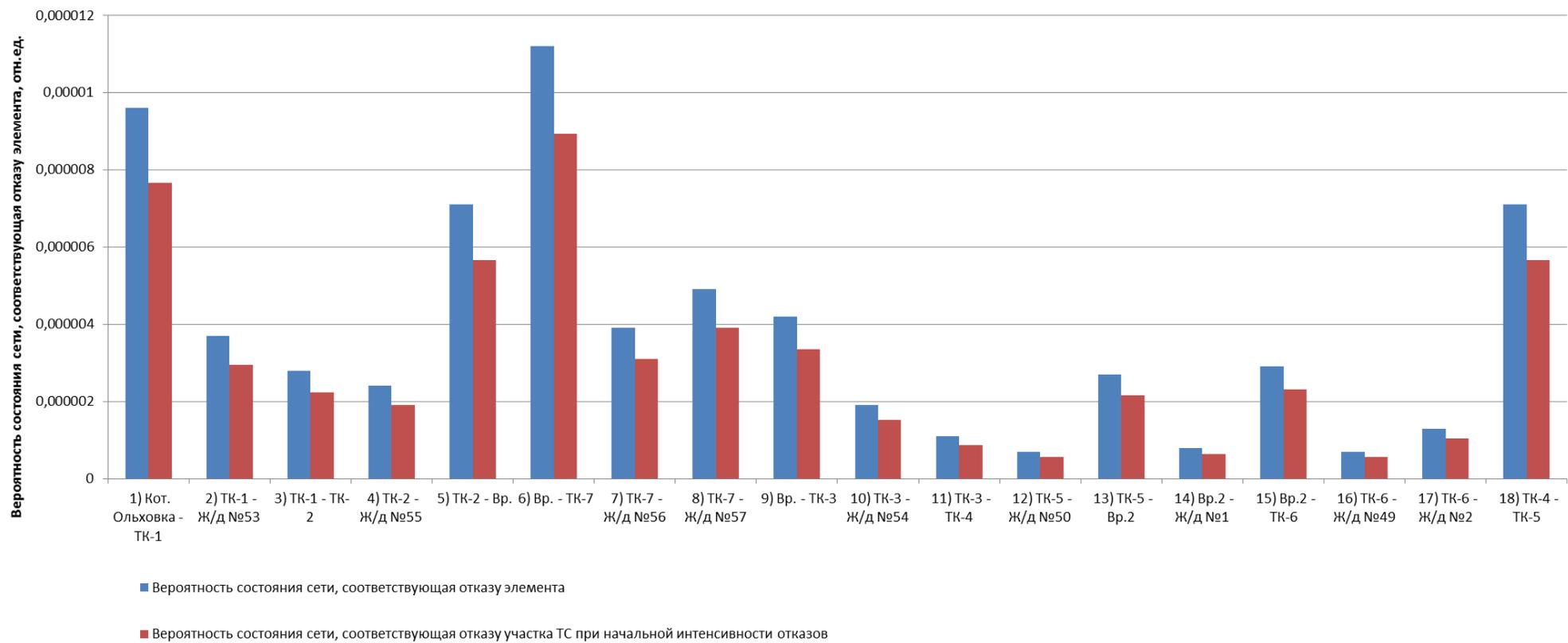


Рисунок 10.23 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991

Таблица 10.13 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент теп- ловой аккумуля- ции, ч	Минимально до- пустимая темпе- ратура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммар- ный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
1) Ж/д №53 ( - )	0,063	0	60	12	1	0,999944	0,007
2) Ж/д №55 ( - )	0,046	0	60	12	1	0,999946	0,0051
3) Ж/д №56 ( - )	0,181	0	60	12	1	0,999966	0,0202
4) Ж/д №57 ( - )	0,181	0	60	12	1	0,999967	0,0201
5) Ж/д №54 ( - )	0,046	0	60	12	1	0,999956	0,0051
6) Ж/д №50 ( - )	0,046	0	60	12	1	0,999964	0,0051
7) Ж/д №1 ( - )	0,066	0	60	12	1	0,999966	0,0073
8) Ж/д №49 ( - )	0,046	0	60	12	1	0,999969	0,005
9) Ж/д №2 ( - )	0,066	0	60	12	1	0,99997	0,0072

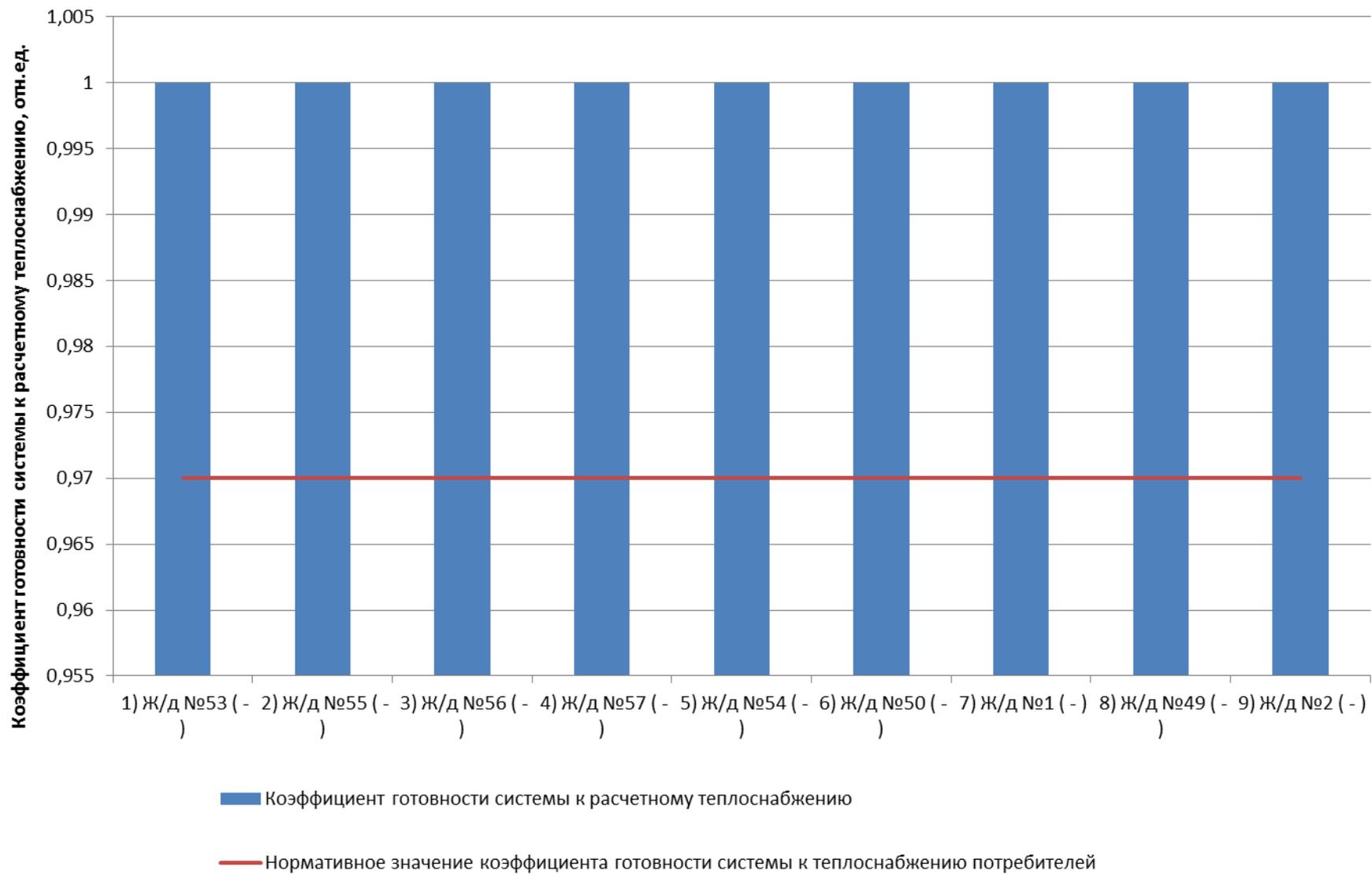


Рисунок 10.24 - Сопоставление коoeffициентов готовности с нормативным значением котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991

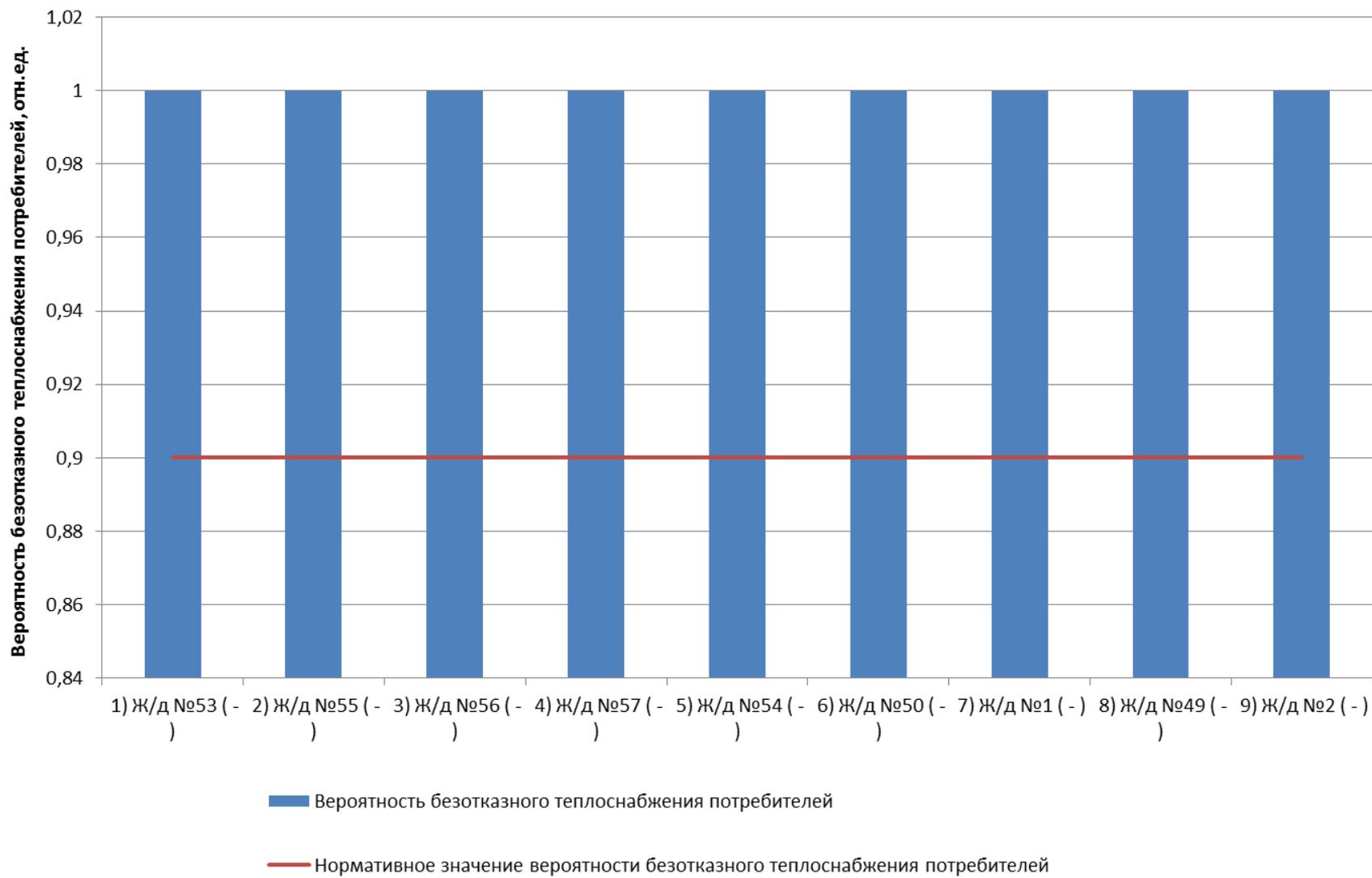


Рисунок 10.25 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной в/ч «Ольховка», в/ч 69991

### 10.6.6 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Городище, подстанция 151, д. 2Б

Таблица 10.14 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д.д. Городище, подстанция 151, д. 2Б

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
1) Кот. Городище - ТК-1	24	0,051	36	0,0000226	0,0000005	4,606632	0,217078	0,0000025
2) ТК-1 - ТК-2	51	0,051	36	0,0000226	0,0000012	4,606632	0,217078	0,0000053
3) ТК-2 - ж.д. 2	22	0,051	36	0,0000226	0,0000005	4,606632	0,217078	0,0000023
4) ТК-1 - ж.д. 1	13	0,051	36	0,0000226	0,0000003	4,606632	0,217078	0,0000014

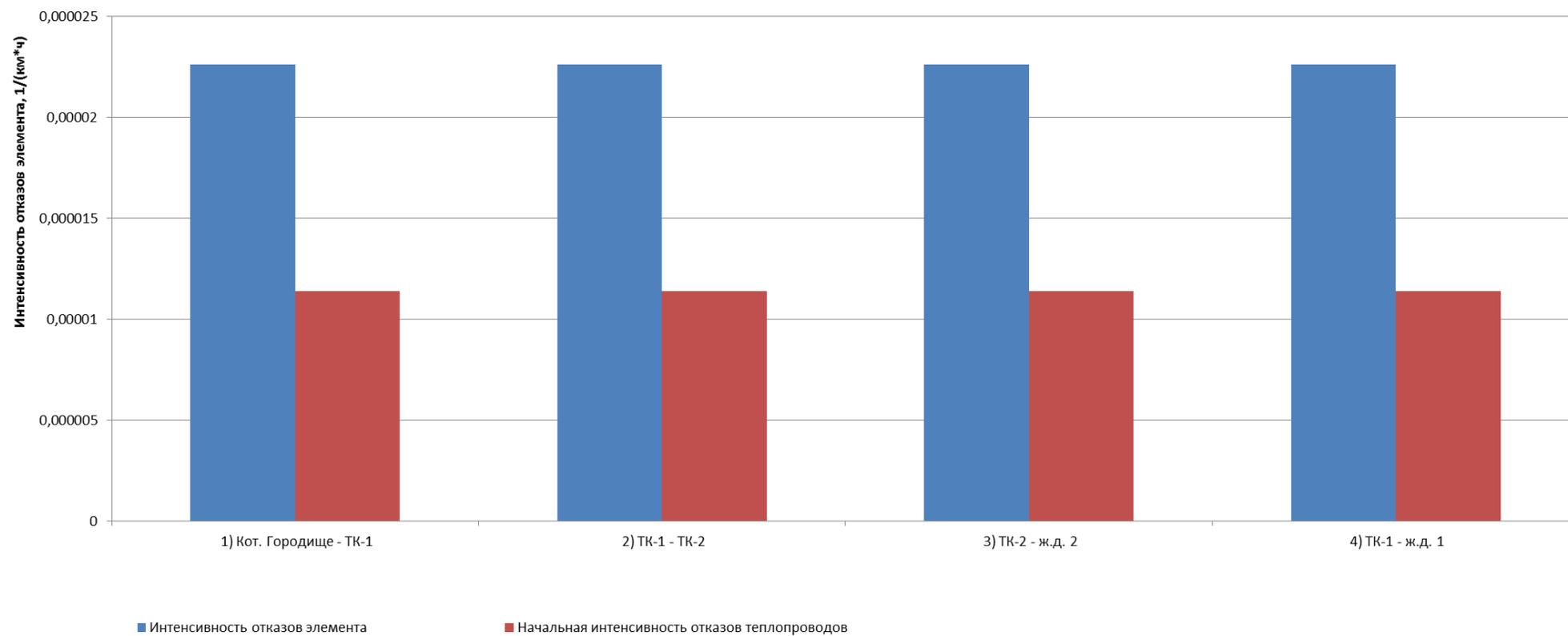


Рисунок 10.26 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной д. Городище, подстанция 151, д. 2Б

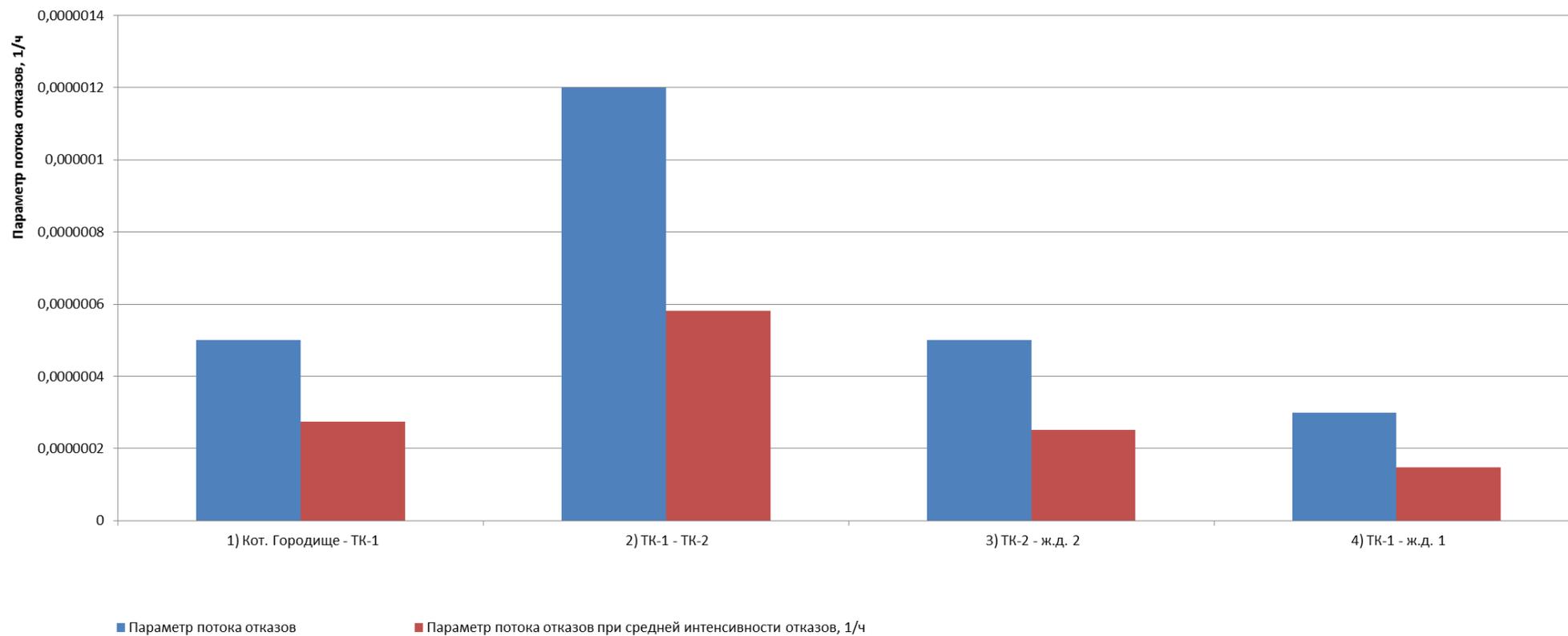


Рисунок 10.27 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной д. Городище, подстанция 151, д. 2Б

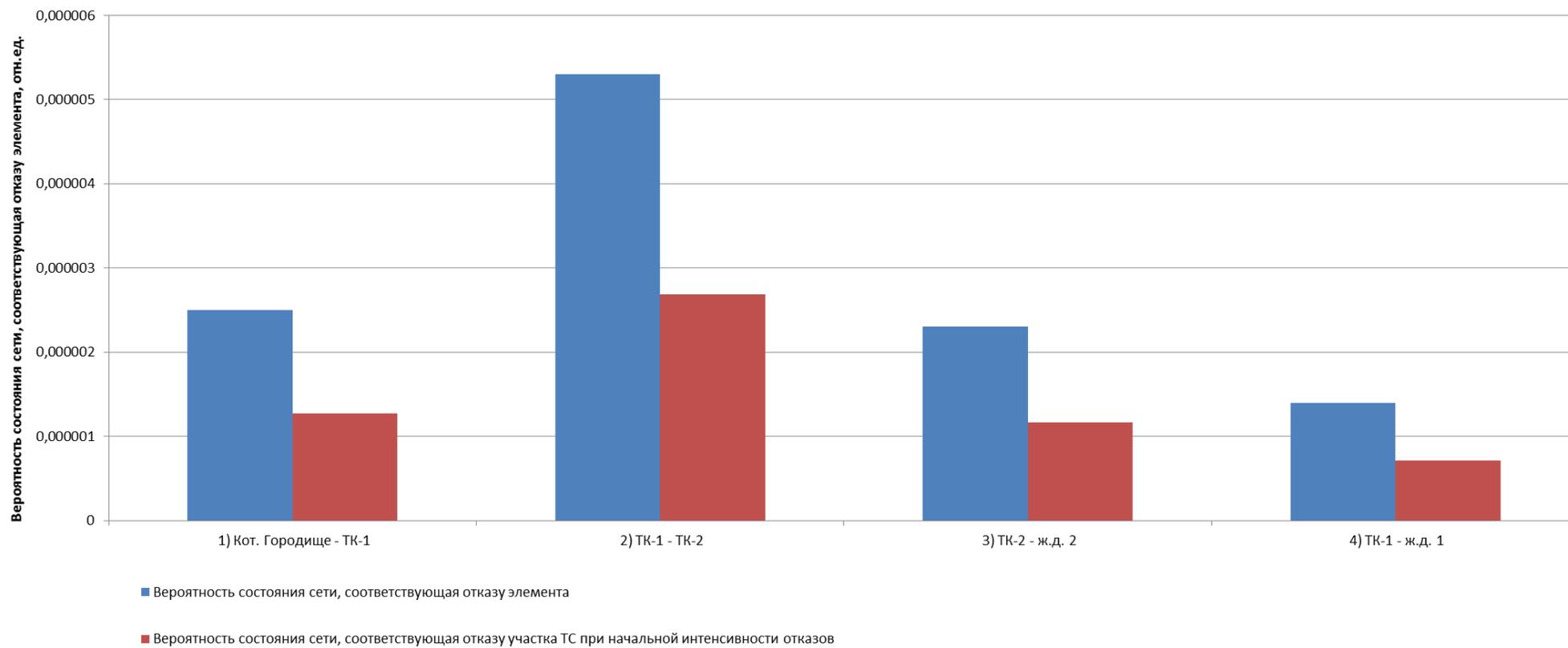


Рисунок 10.28 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной д. Городище, подстанция 151, д. 2Б

Таблица 10.15 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Городище, подстанция 151, д. 2Б

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент теп- ловой аккумуля- ции, ч	Минимально до- пустимая темпе- ратура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммар- ный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
1) ж.д. 1 ( - )	0,051214345	0	60	12	1	0,999992	0,001
2) ж.д. 2 ( - )	0,051264335	0	60	12	1	0,999999	0,0009

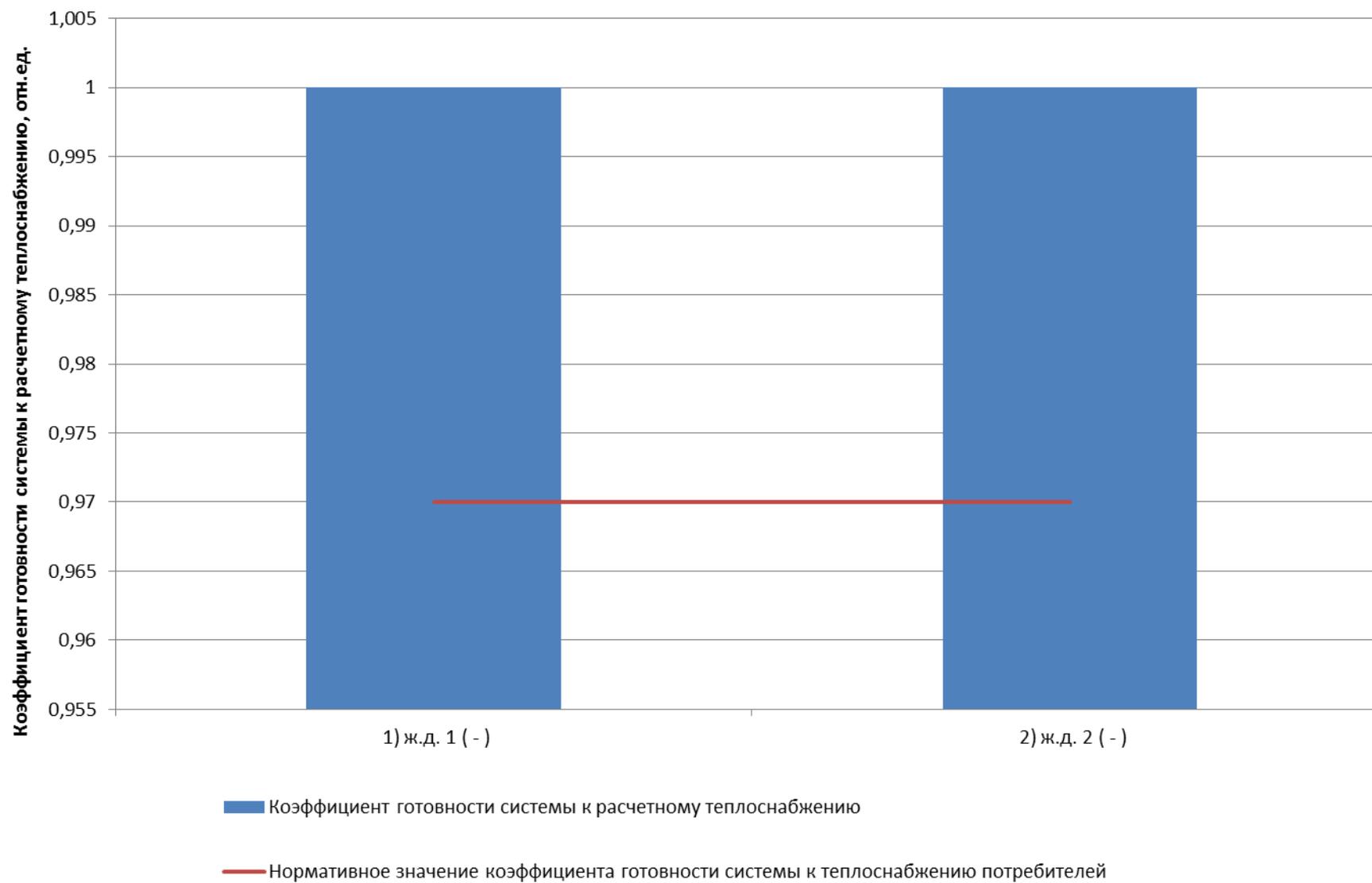


Рисунок 10.29 - Сопоставление коэффицентов готовности с нормативным значением котельной д. Городище, подстанция 151, д. 2Б

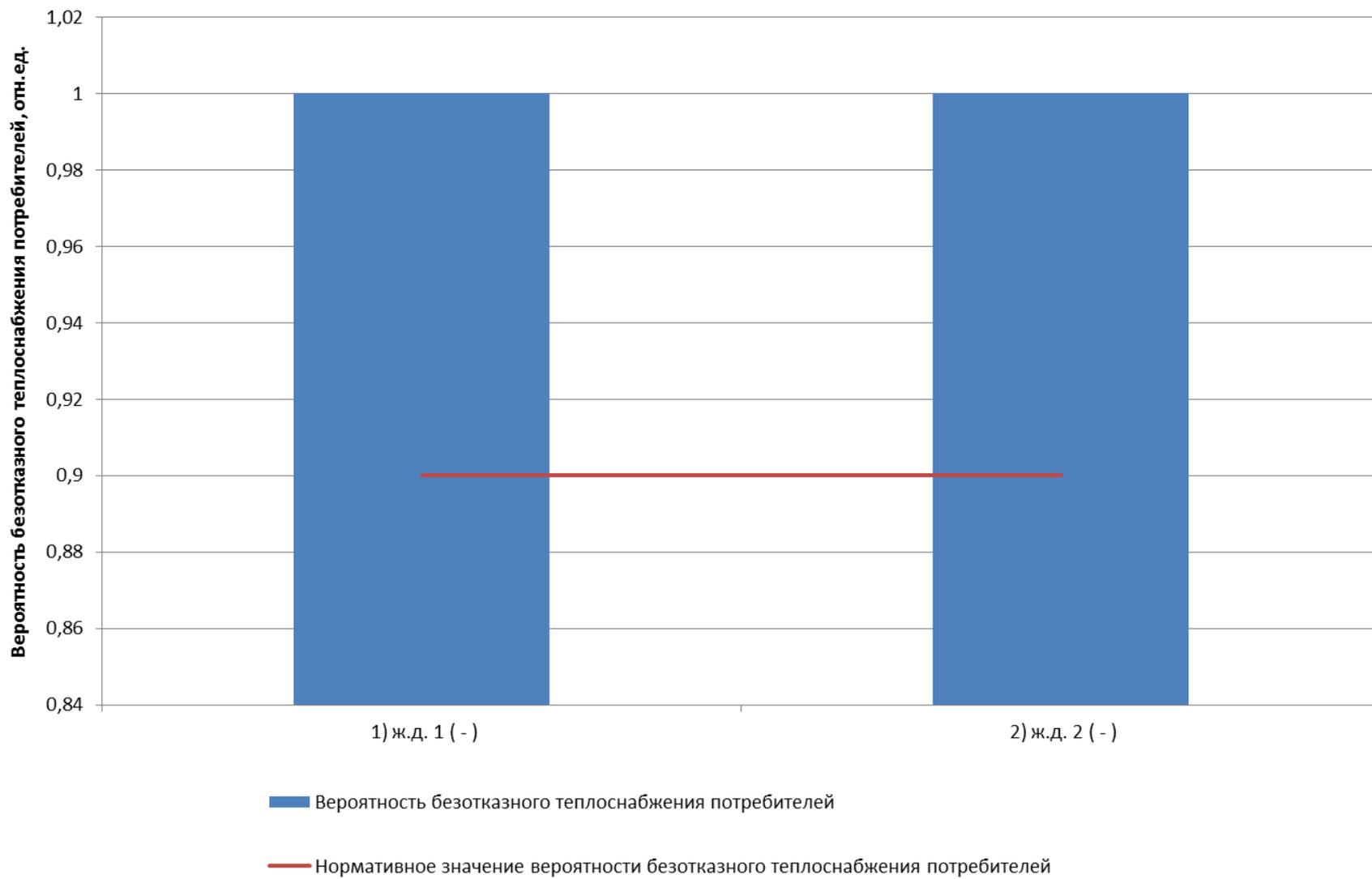


Рисунок 10.30 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Городище, подстанция 151, д. 2Б

### 10.6.7 Оценка надежности теплоснабжения от котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10

Таблица 10.16 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
1) Кот. Никольское - ТК-5	40	0,207	41	0,0000226	0,0000009	12,060561	0,082915	0,0000109
2) ТК-5 - ТК-6	11,2	0,207	41	0,0000226	0,0000003	12,060561	0,082915	0,000003
3) ТК-6 - Ж/д 16	30	0,051	2	0,0000157	0,0000005	4,618947	0,2165	0,0000022
4) ТК-6 - ТК-7	66	0,125	8	0,0000114	0,0000008	7,89994	0,126583	0,0000059
5) ТК-7 - Ж/д 12	12	0,051	6	0,0000114	0,0000001	4,6171	0,216586	0,0000006
6) ТК-7 - Ж/д 11	30	0,051	6	0,0000114	0,0000003	4,6171	0,216586	0,0000016
7) ТК-7 - ТК-8	92,4	0,1	8	0,0000114	0,0000011	6,6197	0,151064	0,000007
8) ТК-8 - ТК-9	80	0,1	8	0,0000114	0,0000009	6,6197	0,151064	0,000006
9) ТК-9 - Детский сад	8,7	0,1	41	0,0000226	0,0000002	6,6197	0,151064	0,0000013
10) ТК-9 - ТК-10	84,4	0,1	41	0,0000226	0,0000019	6,6197	0,151064	0,0000126
11) ТК-10 - УТ-1	40,5	0,051	1	0,0000181	0,0000007	4,608864	0,216973	0,0000034
12) УТ-1 - Ж/д 11	5	0,051	1	0,0000181	0,0000001	4,608864	0,216973	0,0000004
13) УТ-1 - Ж/д 12	50	0,051	1	0,0000181	0,0000009	4,608864	0,216973	0,0000042
14) ТК-8 - ТК-12	115	0,1	41	0,0000226	0,0000026	6,6197	0,151064	0,0000172
15) ТК-12 - УТ-2	47	0,051	41	0,0000226	0,0000011	4,583695	0,218165	0,0000049
16) УТ-2 - Ж/д 7	10	0,051	41	0,0000226	0,0000002	4,583695	0,218165	0,000001
17) УТ-2 - Ж/д 9	12	0,051	41	0,0000226	0,0000003	4,583695	0,218165	0,0000012
18) ТК-12 - УТ-3	29,2	0,051	41	0,0000226	0,0000007	4,583695	0,218165	0,000003
19) УТ-3 - ТК-13	15	0,051	41	0,0000226	0,0000003	4,583695	0,218165	0,0000016
20) ТК-13 - Ж/д 4	10	0,051	41	0,0000226	0,0000002	4,583695	0,218165	0,000001
21) ТК-13 - Ж/д 8	28	0,051	41	0,0000226	0,0000006	4,583695	0,218165	0,0000029
22) УТ-3 - ТК-14	52,4	0,051	41	0,0000226	0,0000012	4,583695	0,218165	0,0000054

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
23) ТК-14 - Ж/д 4а	13	0,051	41	0,0000226	0,0000003	4,583695	0,218165	0,0000013
24) ТК-14 - ТК-15	14,4	0,051	11	0,0000114	0,0000002	4,583695	0,218165	0,0000008
25) ТК-15 - Ж/д 6	5	0,051	11	0,0000114	0,0000001	4,583695	0,218165	0,0000003
26) ТК-5 - ТК-4	30	0,1	11	0,0000114	0,0000003	6,693572	0,149397	0,0000023
27) ТК-4 - ТК-3	70	0,1	11	0,0000114	0,0000008	6,693572	0,149397	0,0000053
28) ТК-3 - Ж/д 24	25	0,07	3	0,0000145	0,0000004	5,408918	0,18488	0,000002
29) ТК-4 - ТК-2	66,6	0,1	39	0,0000226	0,0000015	6,693572	0,149397	0,0000101
30) ТК-2 - УТ-4	40	0,07	39	0,0000226	0,0000009	5,395321	0,185346	0,0000049
31) УТ-4 - Ж/д 26	10	0,051	39	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
32) УТ-5 - УТ-4	45,4	0,07	37	0,0000226	0,000001	5,395321	0,185346	0,0000055
33) УТ-5 - Ж/д 28	10	0,051	37	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
34) ТК-11 - УТ-5	150	0,125	6	0,0000114	0,0000017	7,862023	0,127194	0,0000134
35) УТ-6 - ТК-11	33,9	0,07	39	0,0000226	0,0000008	5,402412	0,185103	0,0000041
36) УТ-6 - Ж/д 5	20	0,07	39	0,0000226	0,0000005	5,402412	0,185103	0,0000024
37) ТК-12 - УТ-6	23	0,051	7	0,0000114	0,0000003	4,583695	0,218165	0,0000012
38) УТ-4 - ТК-1	154	0,207	41	0,0000226	0,0000035	11,97556	0,083503	0,0000416
39) ТК-1 - УТ-7	53,9	0,07	39	0,0000226	0,0000012	5,351763	0,186854	0,0000065
40) УТ-7 - Ж/д 25	30	0,051	37	0,0000226	0,0000007	4,618947	0,2165	0,0000031
41) УТ-7 - Ж/д 27	80	0,07	39	0,0000226	0,0000018	5,351763	0,186854	0,0000097
42) ТК-1 - ТК	100	0,07	2	0,0000157	0,0000016	5,351763	0,186854	0,0000084
43) ТК - Школа	45	0,07	2	0,0000157	0,0000007	5,351763	0,186854	0,0000038
44) Кот. Никольское - Кот. Никольское	0,5	0	41	0,0000226	0	63,746706	0,015687	0,0000007

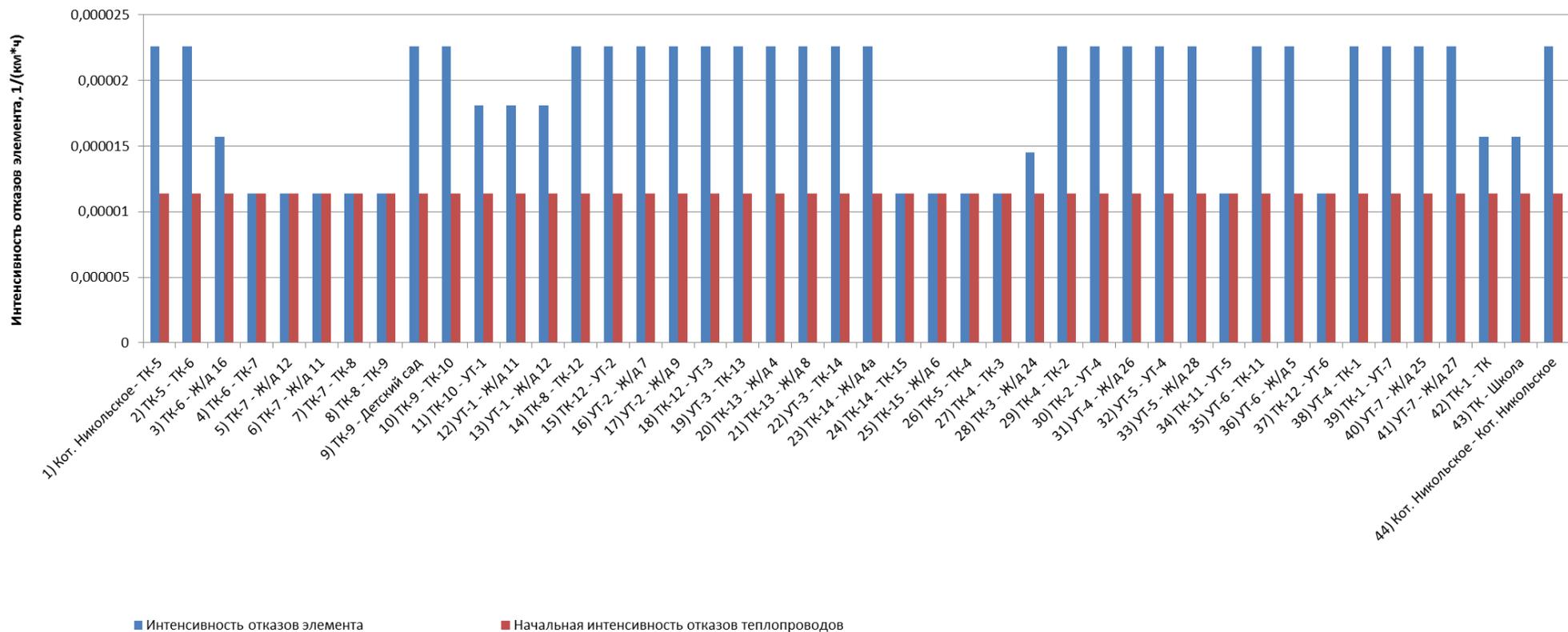


Рисунок 10.31 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10

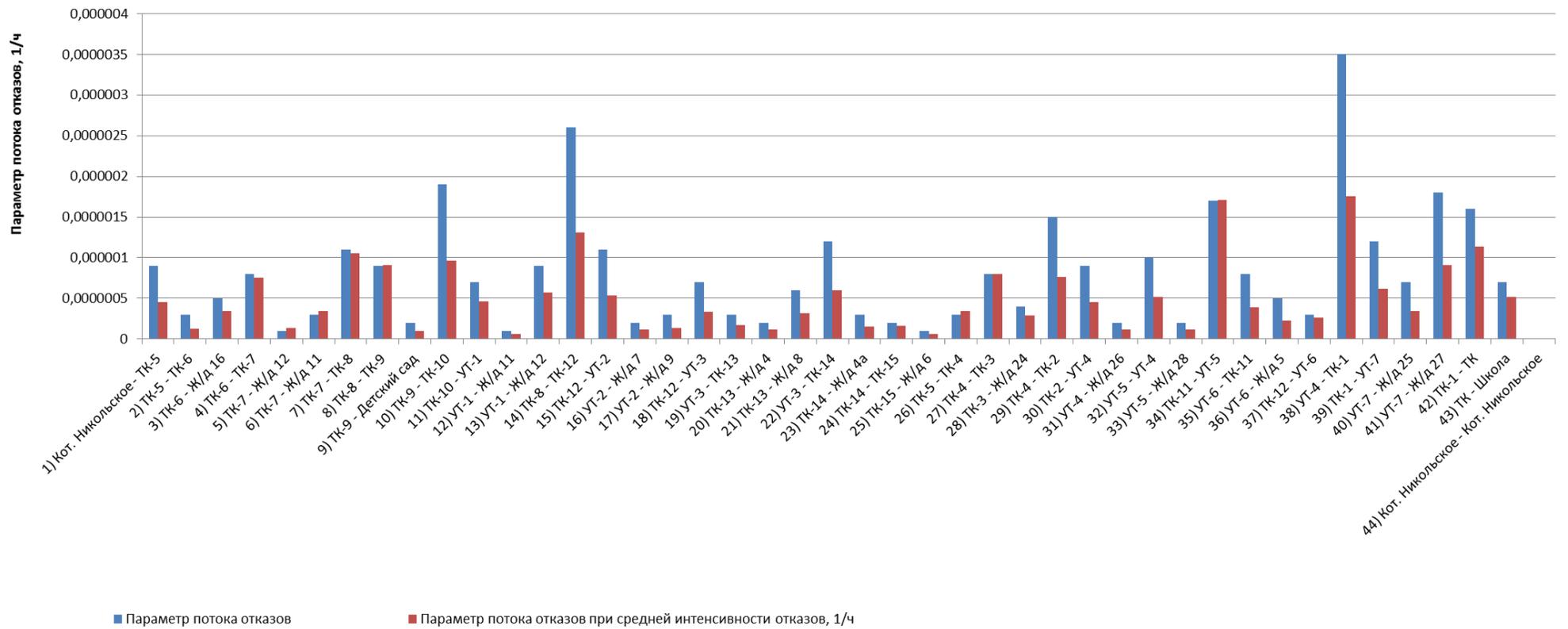


Рисунок 10.32 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10

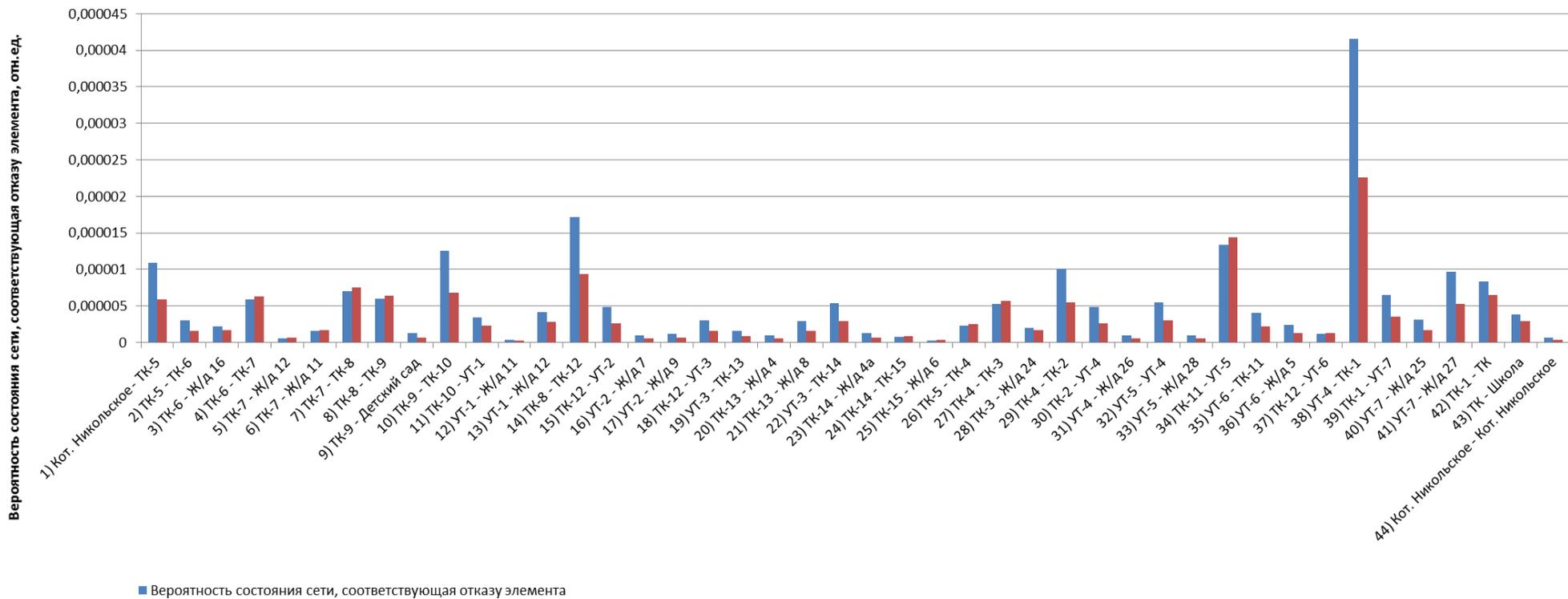


Рисунок 10.33 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10

Таблица 10.17 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент теп- ловой аккумуля- ции, ч	Минимально до- пустимая темпе- ратура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммар- ный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
1) Ж/д 16 ( - )	0,041800266	0	60	12	0,999975	0,99985	0,0154
2) Ж/д 12 ( - )	0,057457858	0	60	12	0,999975	0,999848	0,0213
3) Ж/д 11 ( - )	0,054463669	0	60	12	0,999975	0,999849	0,0201
4) Детский сад ( - )	0,07743672	0	60	12	0,999975	0,999855	0,0282
5) Ж/д 11 ( - )	0,025	0	60	12	0,999975	0,99987	0,0082
6) Ж/д 12 ( - )	0,025	0	60	12	0,999975	0,999874	0,008
7) Ж/д 7 ( - )	0,017	0	60	12	0,999975	0,999854	0,0059
8) Ж/д 9 ( - )	0,03	0	60	12	0,999975	0,999854	0,0104
9) Ж/д 4 ( - )	0,014143473	0	60	12	0,999975	0,999853	0,0049
10) Ж/д 8 ( - )	0,013662724	0	60	12	0,999975	0,999855	0,0045
11) Ж/д 4а ( - )	0,015	0	60	12	0,999975	0,999858	0,0049
12) Ж/д 6 ( - )	0,018	0	60	12	0,999975	0,999857	0,006
13) Ж/д 24 ( - )	0,087614603	0	60	12	0,999975	0,999855	0,0319
14) Ж/д 26 ( - )	0,40568032	0	60	12	0,999975	0,999849	0,1494
15) Ж/д 28 ( - )	0,13763627	0	60	12	0,999975	0,999849	0,0497
16) Ж/д 5 ( - )	0,02	0	60	12	0,999975	0,99985	0,007
17) Ж/д 25 ( - )	0,33562508	0	60	12	0,999879	0,999857	0,1215
18) Ж/д 27 ( - )	0,14088069	0	60	12	0,999879	0,999864	0,0498
19) Школа ( - )	0,20859245	0	60	12	0,999879	0,99986	0,0749

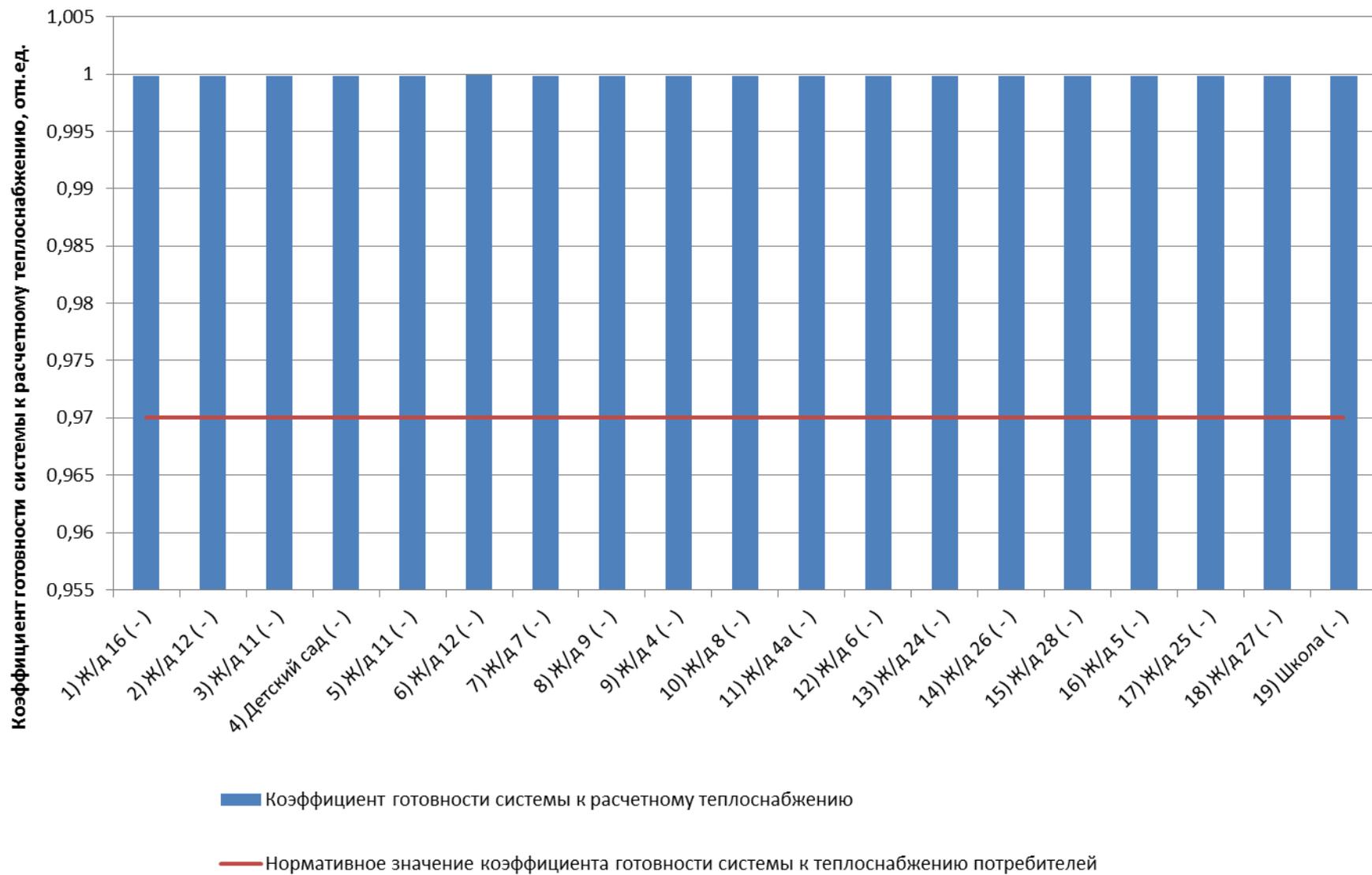


Рисунок 10.34 - Сопоставление коoeffициентов готовности с нормативным значением котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10

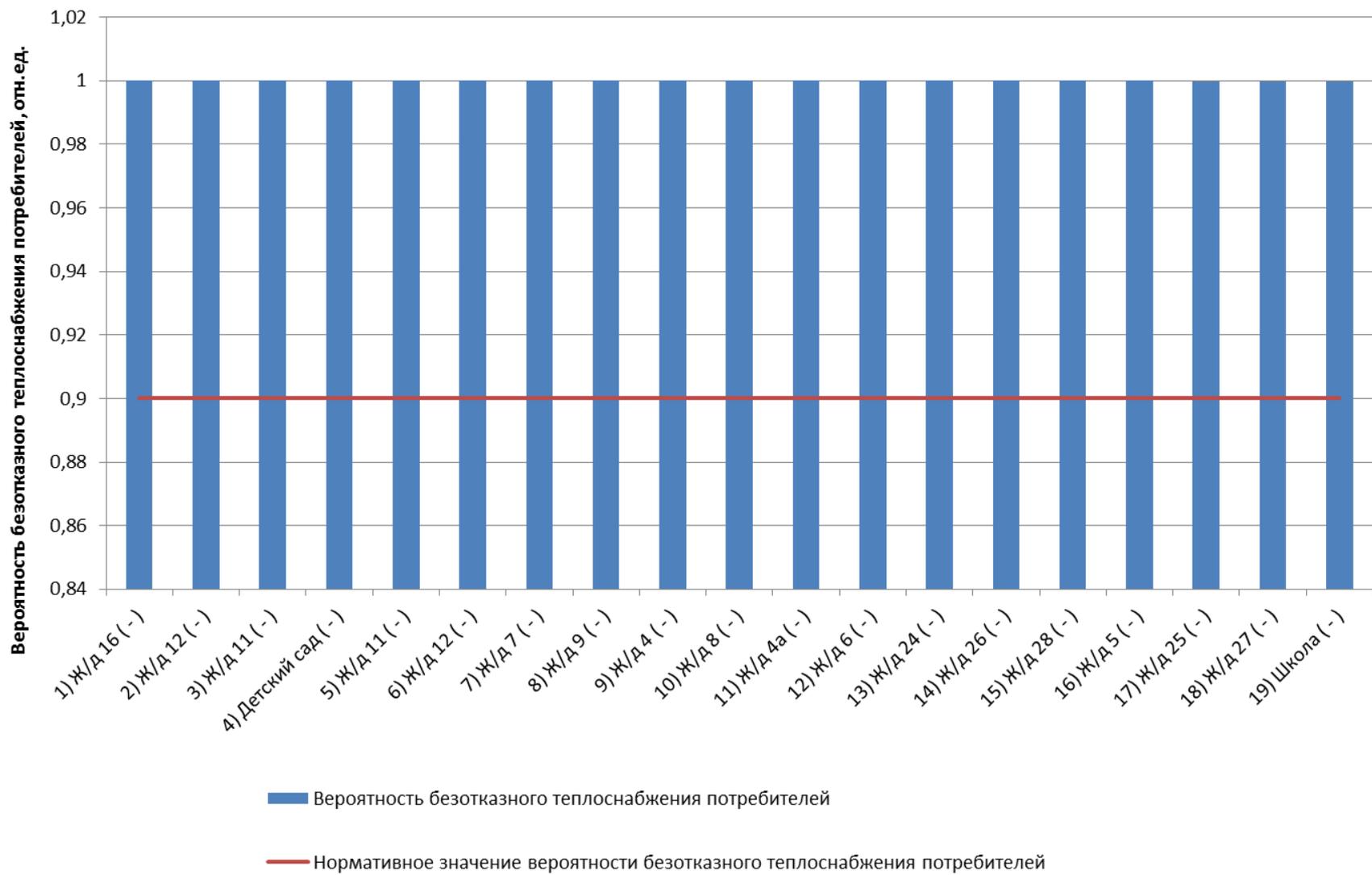


Рисунок 10.35 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной с. Никольское, микрорайон, д. 10

### 10.6.8 Оценка надежности теплоснабжения от котельной п. Брикет, д. 88

Таблица 10.18 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной п. Брикет, д. 88

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
1) Кот. Брикет - ТК-1	342	0,15	33	0,0000226	0,0000077	8,897937	0,112386	0,0000686
2) ТК-1 - ТК-2	118,7	0,15	33	0,0000226	0,0000027	8,897937	0,112386	0,0000238
3) ТК-2 - Школа + Библ. + Школа искусств	25	0,082	26	0,0000226	0,0000006	5,930883	0,168609	0,0000033
4) ТК-1 - ТК-3	80,1	0,1	1	0,0000181	0,0000014	6,723445	0,148733	0,0000097
5) ТК-3 - У-д.№29-1	24,7	0,07	26	0,0000226	0,0000006	5,401106	0,185147	0,000003
6) У-д.№29-1 - Ж/д №29	5	0,07	26	0,0000226	0,0000001	5,401106	0,185147	0,0000006
7) У-д.№29-1 - У-д.№29-2	5	0,07	26	0,0000226	0,0000001	5,401106	0,185147	0,0000006
8) У-д.№29-2 - Ж/д №29	5	0,07	26	0,0000226	0,0000001	5,401106	0,185147	0,0000006
9) У-д.№29-2 - У-д.№29-3	5	0,07	26	0,0000226	0,0000001	5,401106	0,185147	0,0000006
10) У-д.№29-3 - Ж/д №29	5	0,07	26	0,0000226	0,0000001	5,401106	0,185147	0,0000006
11) У-д.№29-3 - У-д.№29-4ы	5	0,07	26	0,0000226	0,0000001	5,401106	0,185147	0,0000006
12) У-д.№29-4ы - Ж/д №27	17,6	0,051	43	0,0000226	0,0000004	4,620856	0,21641	0,0000018
13) У-д.№29-4ы - Ж/д №29	5	0,07	26	0,0000226	0,0000001	5,401106	0,185147	0,0000006
14) ТК-3 - Дом культуры	100	0,04	26	0,0000226	0,0000023	4,179378	0,23927	0,0000094
15) ТК-2 - ТК-4	58,4	0,125	5	0,0000114	0,0000007	7,703943	0,129804	0,0000051
16) ТК-4 - ТК-5	35,4	0,125	43	0,0000226	0,0000008	7,703943	0,129804	0,0000062
17) ТК-6 - ТК-7	25	0,125	10	0,0000114	0,0000003	7,703943	0,129804	0,0000022
18) ТК-7 - Ж/д №3	10	0,051	6	0,0000114	0,0000001	4,62064	0,21642	0,0000005
19) ТК-7 - Ж/д №4	9	0,051	6	0,0000114	0,0000001	4,62064	0,21642	0,0000005
20) ТК-6 - ТК-8	90,4	0,125	43	0,0000226	0,0000002	7,703943	0,129804	0,0000157
21) ТК-8 - Ж/д №26	20,9	0,051	27	0,0000226	0,0000005	4,615052	0,216682	0,0000022
22) ТК-8 - Ж/д №25	34,4	0,051	27	0,0000226	0,0000008	4,615052	0,216682	0,0000036

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
23) ТК-4 - ТК-9	35,25	0,125	43	0,0000226	0,0000008	7,703943	0,129804	0,0000061
24) ТК-9 - Ж/д №5	48,4	0,051	43	0,0000226	0,0000011	4,611712	0,216839	0,000005
25) ТК-9 - Ж/д №7	28,6	0,051	43	0,0000226	0,0000006	4,611712	0,216839	0,000003
26) ТК-9 - ТК-11	35,25	0,125	43	0,0000226	0,0000008	7,703943	0,129804	0,0000061
27) ТК-11 - ТК-12	27,75	0,125	43	0,0000226	0,0000006	7,703943	0,129804	0,0000048
28) ТК-12 - Ж/д №9	10	0,051	43	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
29) ТК-12 - ТК-13	27,75	0,125	43	0,0000226	0,0000006	7,703943	0,129804	0,0000048
30) ТК-13 - Детский сад	17,7	0,051	43	0,0000226	0,0000004	4,62084	0,216411	0,0000018
31) ТК-13 - ТК-14	27,75	0,125	43	0,0000226	0,0000006	7,703943	0,129804	0,0000048
32) ТК-14 - У-д.№12	91	0,082	9	0,0000114	0,000001	5,90421	0,169371	0,0000061
33) ТК-14 - ТК-15	27,75	0,125	43	0,0000226	0,0000006	7,703943	0,129804	0,0000048
34) ТК-14 - ТК-10	38,2	0,1	43	0,0000226	0,0000009	6,737916	0,148414	0,0000058
35) ТК-15 - Ж/д №23	10	0,051	43	0,0000226	0,0000002	4,622026	0,216355	0,000001
36) ТК-11 - ТК-16	35,25	0,125	43	0,0000226	0,0000008	7,703943	0,129804	0,0000061
37) ТК-16 - Ж/д №20 + Больница	13,7	0,051	43	0,0000226	0,0000003	4,621456	0,216382	0,0000014
38) ТК-16 - ТК-17	35,25	0,125	43	0,0000226	0,0000008	7,703943	0,129804	0,0000061
39) ТК-17 - ТК-18	28,2	0,1	43	0,0000226	0,0000006	6,658864	0,150176	0,0000042
40) ТК-18 - Ж/д №13	19,4	0,051	43	0,0000226	0,0000004	4,620579	0,216423	0,000002
41) ТК-18 - ТК-19	41,7	0,1	2	0,0000157	0,0000007	6,658864	0,150176	0,0000044
42) ТК-19 - Ж/д №11	13,6	0,051	2	0,0000157	0,0000002	4,621472	0,216381	0,000001
43) ТК-18 - ТК-21	126,8	0,1	2	0,0000157	0,000002	6,658864	0,150176	0,0000133
44) ТК-21 - Ж/д №17	41	0,07	27	0,0000226	0,0000009	5,405316	0,185003	0,000005
45) ТК-21 - Ж/д №17	24	0,051	1	0,0000181	0,0000004	4,619871	0,216456	0,000002
46) ТК-17 - ТК-20	70,4	0,1	26	0,0000226	0,0000016	6,658864	0,150176	0,0000106

Наименование участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Период эксплуатации, лет	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
47) ТК-20 - Ж/д №19	36	0,07	29	0,0000226	0,0000008	5,406441	0,184965	0,0000044
48) ТК-5 - ТК-6	39	0,125	43	0,0000226	0,0000009	7,703943	0,129804	0,0000068
49) ТК-10 - Ж/д №24	14,5	0,051	5	0,0000114	0,0000002	4,621333	0,216388	0,0000008
50) У-д.№12 - Ж/д №12-2	2	0,082	9	0,0000114	0	5,90421	0,169371	0,0000001
51) У-д.№12 - Ж/д №12-1	15	0,082	9	0,0000114	0,0000002	5,90421	0,169371	0,000001
52) У-д.№12 - Ж/д №12-3	15	0,082	9	0,0000114	0,0000002	5,90421	0,169371	0,000001

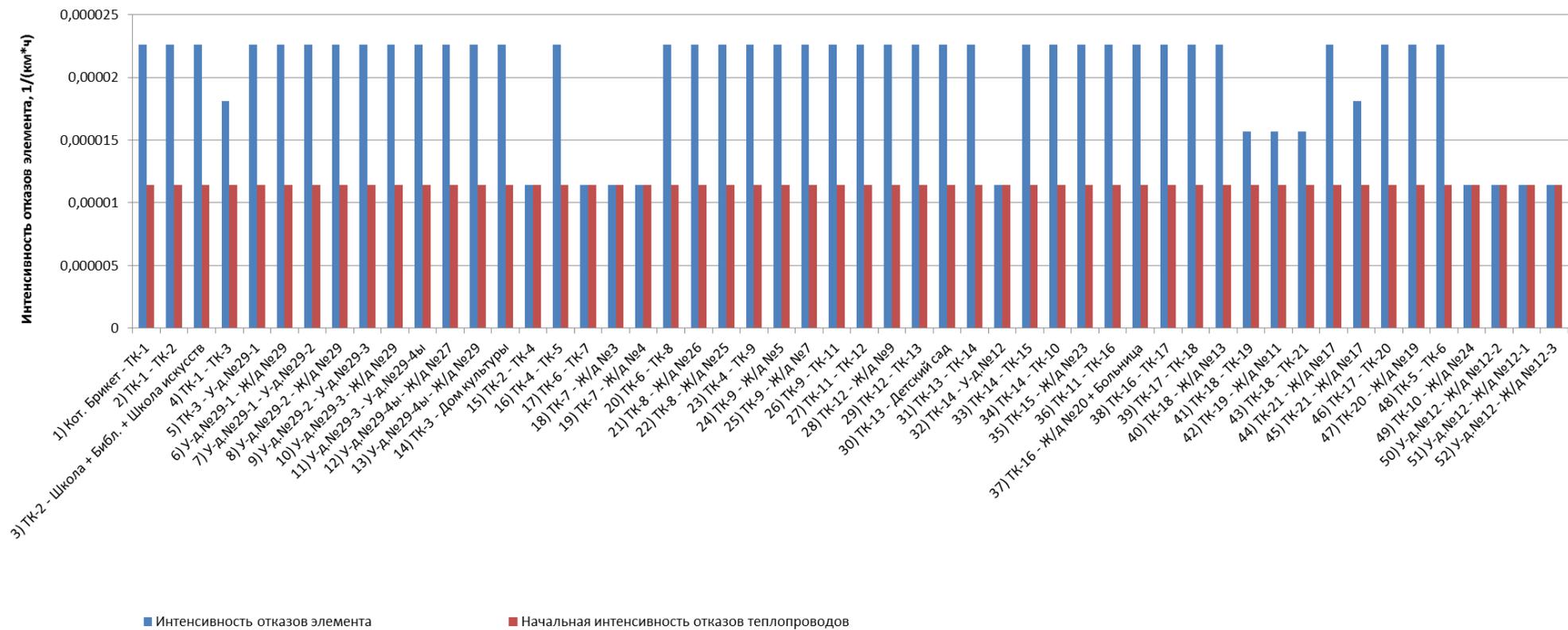


Рисунок 10.36 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной п. Брикет, д. 88

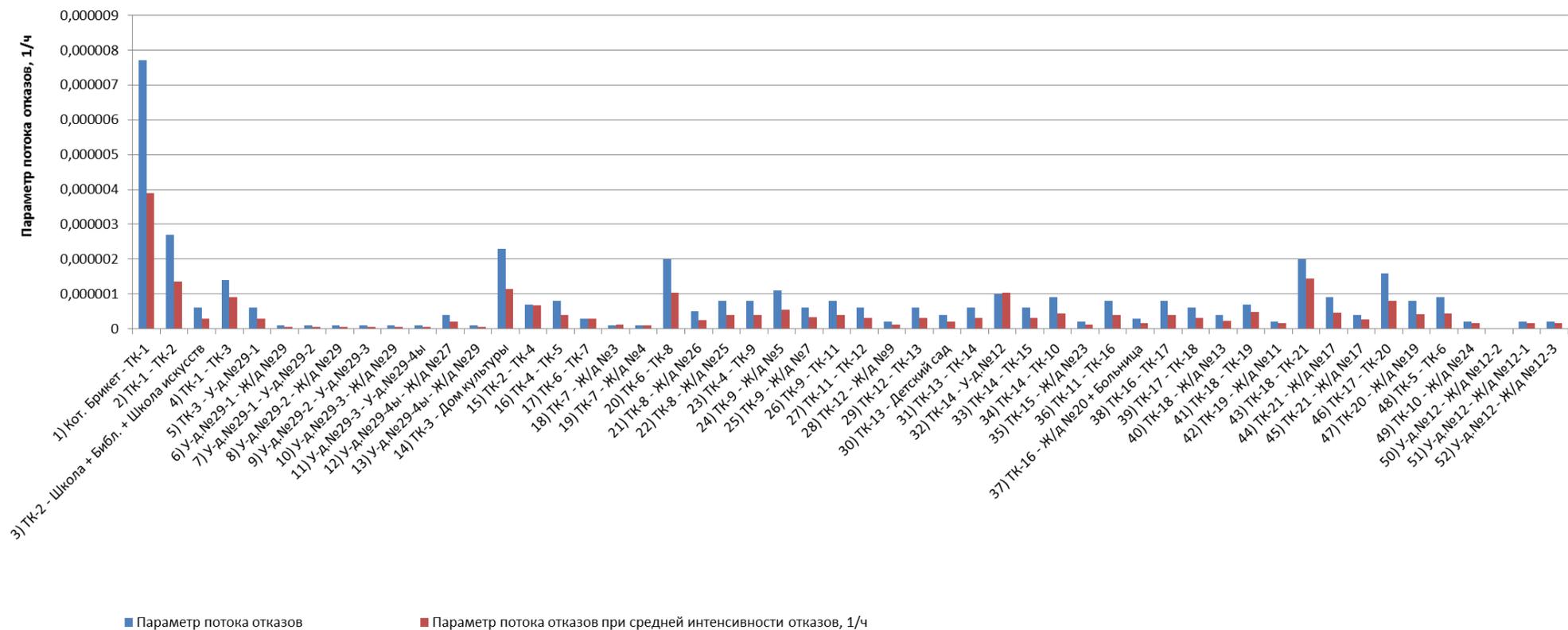


Рисунок 10.37 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной п. Брикет, д. 88

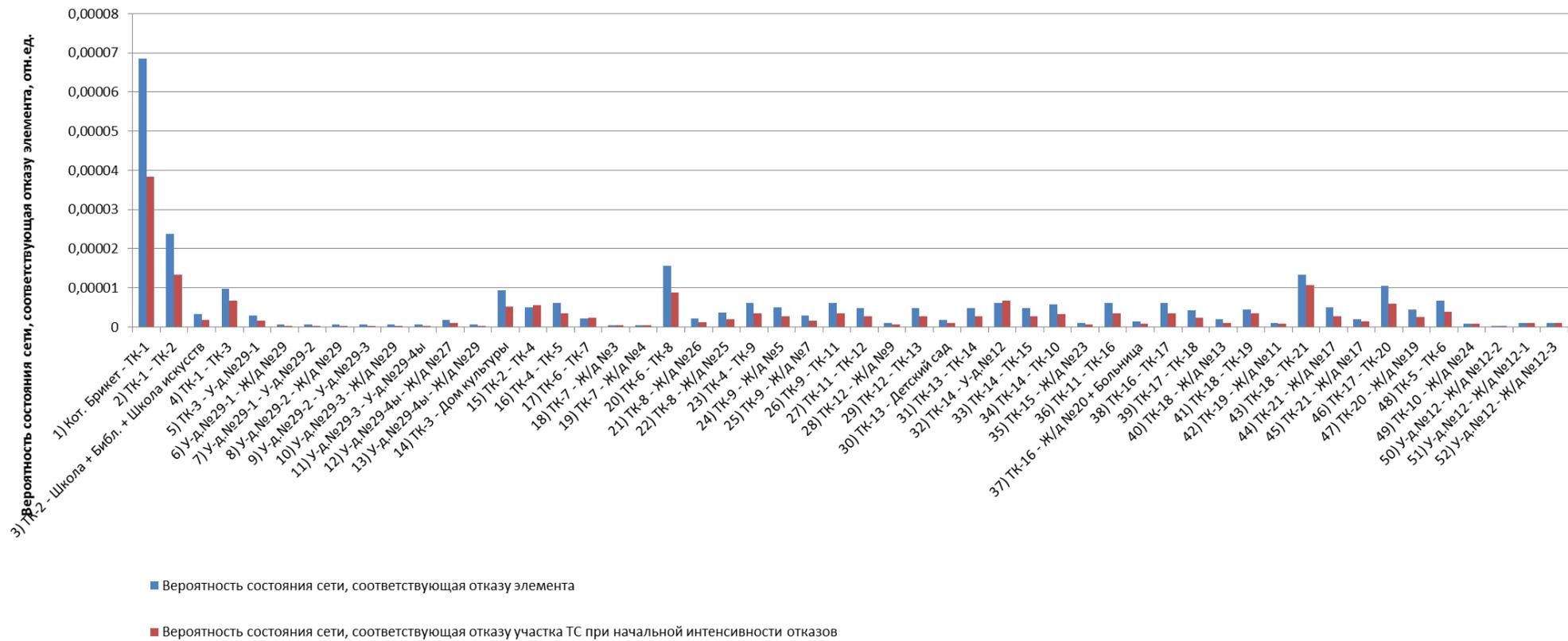


Рисунок 10.38 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной п. Брикет, д. 88

Таблица 10.19 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной п. Брикет, д. 88

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
1) Школа + Библиот. + Школа искусств ( - )	0,236	0	60	12	1	0,99981	0,1092
2) Ж/д №29 ( - )	0,045	0	60	12	1	0,999796	0,0207
3) Ж/д №29 ( - )	0,045	0	60	12	1	0,999797	0,0207
4) Ж/д №29 ( - )	0,045	0	60	12	1	0,999798	0,0207
5) Ж/д №27 ( - )	0,026	0	60	12	1	0,999799	0,0117
6) Ж/д №29 ( - )	0,045	0	60	12	1	0,999798	0,0207
7) Дом культуры ( - )	0,012	0	60	12	1	0,999802	0,0047
8) Ж/д №3 ( - )	0,047	0	60	12	1	0,999828	0,0213
9) Ж/д №4 ( - )	0,05	0	60	12	1	0,999828	0,0226
10) Ж/д №26 ( - )	0,09	0	60	12	1	0,999843	0,0397
11) Ж/д №25 ( - )	0,077	0	60	12	1	0,999844	0,0339
12) Ж/д №5 ( - )	0,047	0	60	12	1	0,999823	0,0209
13) Ж/д №7 ( - )	0,074	0	60	12	1	0,999821	0,0337
14) Ж/д №9 ( - )	0,072	0	60	12	1	0,99983	0,0329
15) Детский сад ( - )	0,048	0	60	12	1	0,999836	0,0216
16) Ж/д №12-2 ( - )	0,028333333	0	60	12	1	0,999845	0,0126
17) Ж/д №24 ( - )	0,075	0	60	12	1	0,999845	0,0331
18) Ж/д №23 ( - )	0,075	0	60	12	1	0,999845	0,0333
19) Ж/д №20 + Больница ( - )	0,091	0	60	12	1	0,999832	0,0416
20) Ж/д №13 ( - )	0,047	0	60	12	1	0,999843	0,021
21) Ж/д №11 ( - )	0,111	0	60	12	1	0,999846	0,0499
22) Ж/д №17 ( - )	0,0235	0	60	12	1	0,999859	0,0097
23) Ж/д №17 ( - )	0,0235	0	60	12	1	0,999856	0,0099

Наименование потребителя (Адрес потребителя)	Расчетная нагрузка ОВ, Гкал/ч	Расчетная нагрузка ГВС, Гкал/ч	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
24) Ж/д №19 ( - )	0,118	0	60	12	1	0,999851	0,0523
25) Ж/д №12-1 ( - )	0,028333333	0	60	12	1	0,999846	0,0125
26) Ж/д №12-3 ( - )	0,028333333	0	60	12	1	0,999846	0,0125

Коэффициент готовности системы к расчетному теплоснабжению, отн. ед.

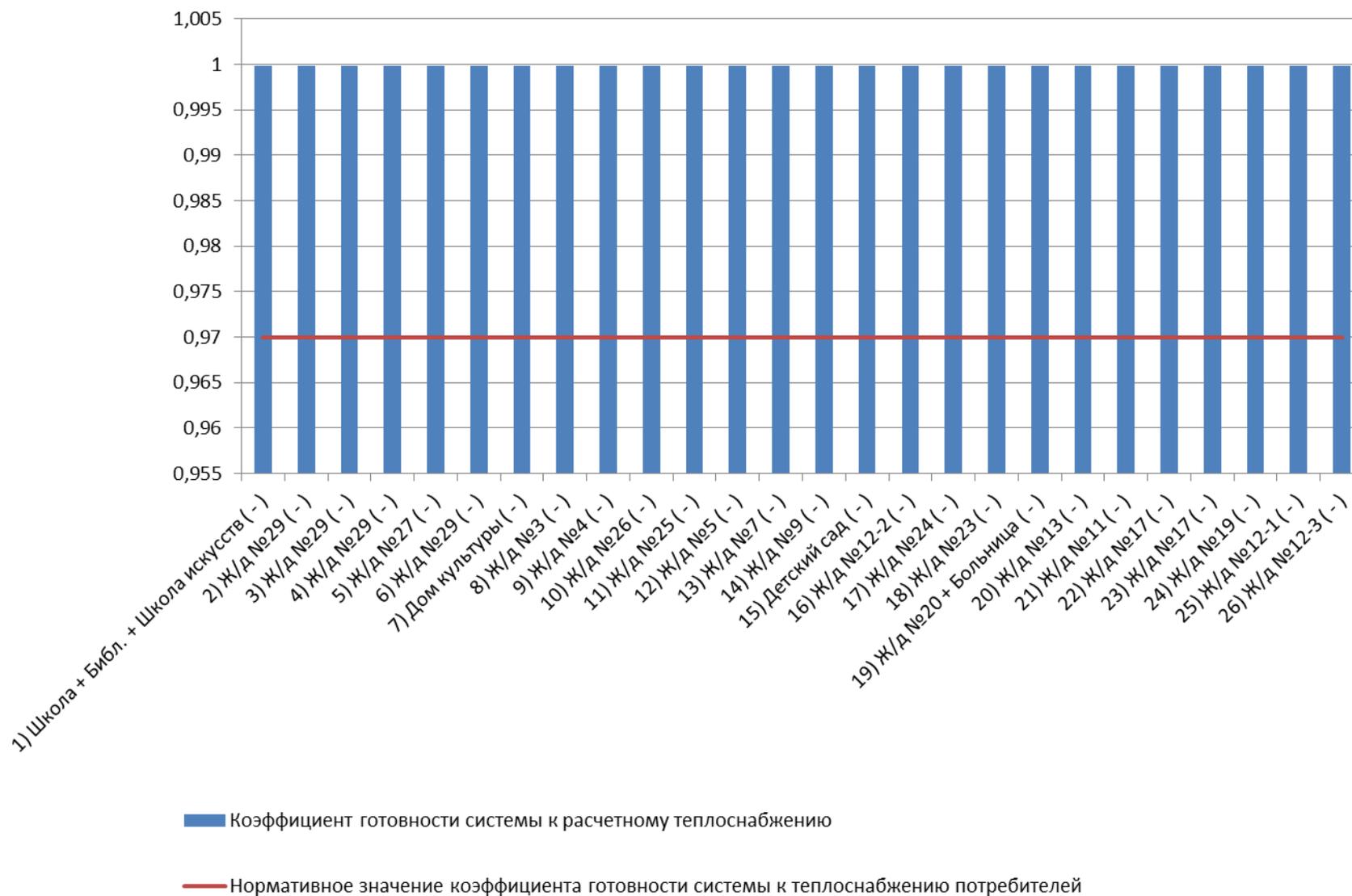


Рисунок 10.39 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной п. Брикет, д. 88

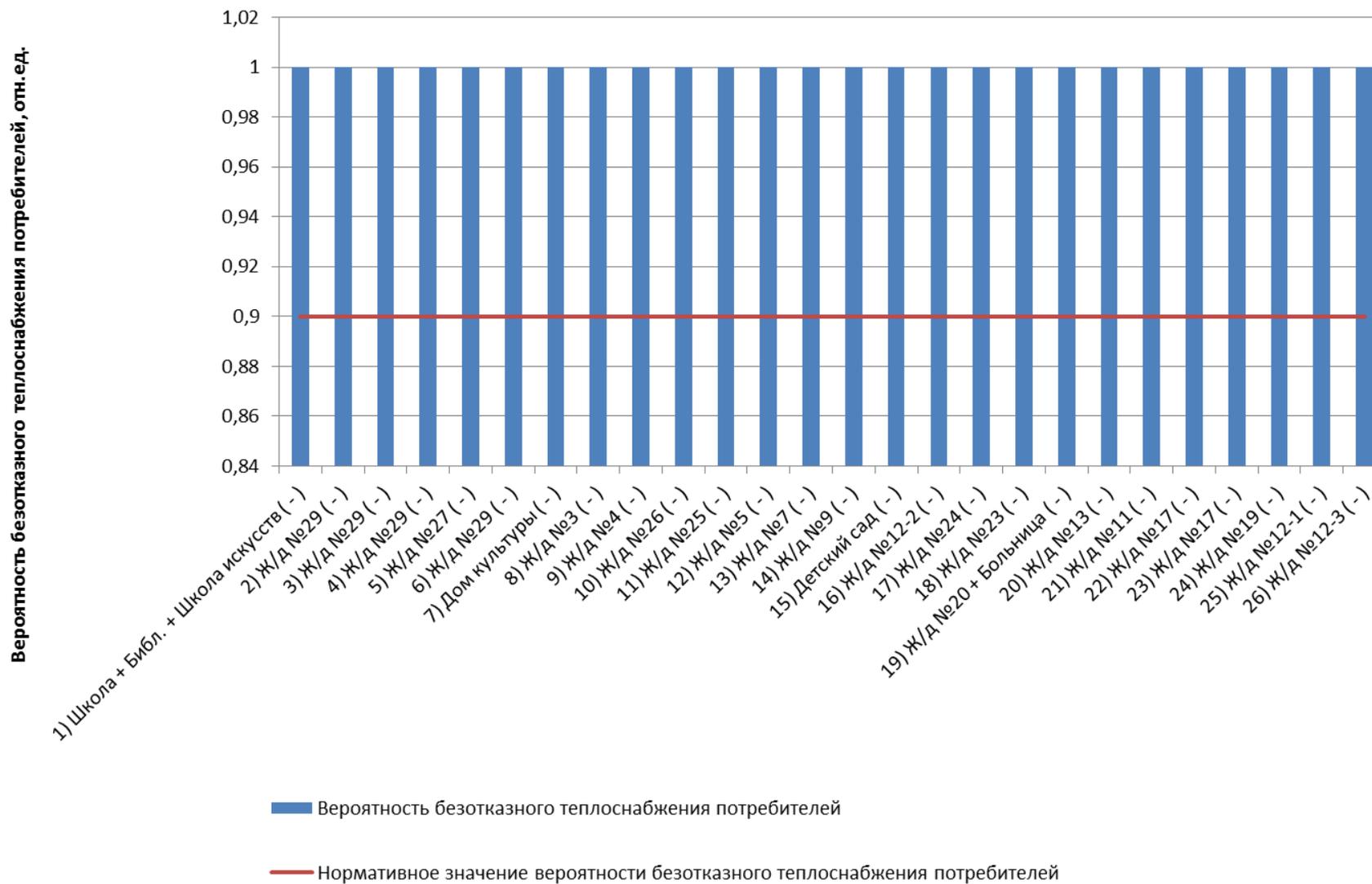


Рисунок 10.40 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной п. Брикет, д. 88

## 10.7 Выводы по обеспечению нормативной надежности и безопасности теплоснабжения

Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей для обеспечения нормативной надежности и безопасности теплоснабжения приводятся ниже.

Вероятностные показатели надежности должны удовлетворять нормативным значениям:

$$K_j \geq K_r, j \in J \quad (1)$$

$$P_j \geq P_{тс}, j \in J \quad (2)$$

где:  $K_r = 0,97$  – нормативное значение коэффициента готовности;

$P_{тс} = 0,9$  – нормативное значение вероятности температуры воздуха в зданиях  $j$ -го потребителя не опустится ниже граничного значения теплоснабжения потребителей;

$J$  – множество узлов расчетной схемы ТС, к которым подключены потребители тепловой энергии.

В разрабатываемой схеме теплоснабжения сельского поселения Волковское до 2029 г. предусмотрены инвестиции на реконструкцию участков тепловых сетей, в первую очередь имеющих повышенный срок эксплуатации (свыше 17 лет), то есть являющихся потенциально опасными.

Предлагается предусмотреть инвестиции на реконструкцию участков тепловых сетей котельных, приведенных в таблице 10.20.

Таблица 10.20 - Котельные с тепловыми сетями, имеющими длительный срок эксплуатации

№ п/п	Наименование котельной
1	Котельная д. Нововолково д. 22
2	Котельная с. Покровское, ДОХБ
3	Котельная ЖКХ с. Покровское, ул. Урожайная, д. 8
4	Котельная д. Ивойлово, д. 95
5	Котельная д. Городище, подстанция 151, д. 2Б
6	Котельная с. Никольское, микрорайон, д. 10
7	Котельная п. Брикет, д. 88

Приведенный выше список котельных сформирован на основании исходных данных и анализа результатов оценки надежности теплоснабжения.

Рекомендуется при реконструкции существующих теплопроводов применять предизолированные трубопроводы в пенополиуретановой (ППУ) изоляции. Для сокращения времени устранения аварий на тепловых сетях и снижения выбросов теплоносителя в атмосферу и др.

последствий, неразрывно связанных с авариями на теплопроводах, рекомендуется применять систему оперативно-дистанционного контроля (ОДК).

Предлагаемые к реконструкции участки тепловых сетей источников теплоснабжения сельского поселения Волковское приведены в главе 7 Обосновывающих материалов схемы теплоснабжения.