



Сельское поселение Ивановское Рузского муниципального района
Московской области

Схема теплоснабжения
сельского поселения Ивановское
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

10	ГЛАВА. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	3
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 ИВАНОВСКОЕ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫЕ ООО «РУЗСКАЯ ТЕПЛОВАЯ КОМПАНИЯ»	24
10.6.1	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной п. Белаяя Гора</i>	<i>24</i>
10.6.2	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Ленково</i>	<i>32</i>
10.6.3	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Филатово</i>	<i>39</i>
10.6.4	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Лужки</i>	<i>46</i>
10.6.5	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Лидино</i>	<i>53</i>
10.6.6	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Лихачево</i>	<i>64</i>
10.6.7	<i>Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Сумароково.....</i>	<i>71</i>
10.7	ВЫВОДЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАТИВНОЙ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	78

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 температура 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 φ_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 φ_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 φ_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 Φ_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 Φ_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 [К_г], 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°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 λ 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 λ 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 наименьшей теплоустойчивостью.

10.4 Основные расчетные зависимости

1. Интенсивность отказов элементов ТС

1.1. Интенсивность отказов теплопровода λ 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;

α – 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;

β_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;
 τ_1^p и τ_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 λ .

2. Если статистические данные отсутствуют, по выражениям (4) и (5) определяется интенсивность отказов λ 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 λ 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 φ_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 Ивановское, эксплуатируемые ООО «Русская тепловая компания»

10.6.1 Оценка надежности теплоснабжения от котельной п. Белаяя Гора

Таблица 10.4 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной п. Белаяя Гора

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. п. Белаяя гора - ТК-б/н(3)	103	0,15	46	0,0000226	0,0000023	8,92642	0,112027	0,0000207
2) ТК-б/н(3) - ТК-б/н(12)	5	0,15	46	0,0000226	0,0000001	8,92642	0,112027	0,000001
3) ТК-б/н(3) - ТК-б/н(11)	98	0,1	46	0,0000226	0,0000022	6,685145	0,149585	0,0000148
4) ТК-б/н(11) - ж/д №15	66	0,07	46	0,0000226	0,0000015	5,399688	0,185196	0,000008
5) ТК-б/н(11) - ТК-б/н(10)	93	0,1	46	0,0000226	0,0000021	6,685145	0,149585	0,000014
6) ТК-б/н(10) - ж/д №14	2	0,082	46	0,0000226	0	5,937143	0,168431	0,0000003
7) ТК-б/н(10) - Детский сад	95	0,051	46	0,0000226	0,0000021	4,608941	0,21697	0,0000099
8) ТК-б/н(12) - ТК-б/н(2)	163	0,125	46	0,0000226	0,0000037	7,790702	0,128358	0,0000286
9) ТК-б/н(9) - ж/д №11	15	0,082	46	0,0000226	0,0000003	5,933605	0,168532	0,000002
10) ТК-б/н(9) - ж/д №9	146	0,07	46	0,0000226	0,0000033	5,38168	0,185816	0,0000177
11) ТК-б/н(12) - ТК-б/н(8)	114	0,15	46	0,0000226	0,0000026	8,92642	0,112027	0,000023
12) ТК-б/н(8) - ж/д №13	2	0,07	46	0,0000226	0	5,414095	0,184703	0,0000002
13) ТК-б/н(8) - ТК-б/н(7)	36	0,15	46	0,0000226	0,0000008	8,92642	0,112027	0,0000072
14) ТК-б/н(7) - ж/д №12	68	0,051	46	0,0000226	0,0000015	4,613097	0,216774	0,0000071
15) ТК-б/н(7) - ТК-б/н(6)	150	0,15	46	0,0000226	0,0000034	8,92642	0,112027	0,0000302
16) ТК-б/н(6) - ТК-б/н(5)	61	0,1	46	0,0000226	0,0000014	6,683419	0,149624	0,0000092
17) ТК-б/н(5) - Школа	52	0,1	46	0,0000226	0,0000012	6,683419	0,149624	0,0000078
18) ТК-б/н(6) - ТК-б/н(1)	73	0,082	46	0,0000226	0,0000016	5,917819	0,168981	0,0000097
19) ТК-б/н(1) - ЗАО "Доватора"	2	0,04	46	0,0000226	0	4,187198	0,238823	0,0000002
20) ТК-б/н(1) - Магазин	30	0,04	46	0,0000226	0,0000007	4,187198	0,238823	0,0000028

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) ТК-б/н(6) - ТК-б/н(4)	83	0,1	46	0,0000226	0,0000019	6,683419	0,149624	0,0000125
22) ТК-б/н(4) - ТК-б/н(13)	158	0,082	46	0,0000226	0,0000036	5,894684	0,169644	0,000021
23) ТК-б/н(13) - ж/д №8	15	0,051	46	0,0000226	0,0000003	4,618947	0,2165	0,0000016
24) ТК-б/н(13) - ж/д №7	15	0,051	46	0,0000226	0,0000003	4,618947	0,2165	0,0000016
25) Кот. п. Бебяная гора - Бебяная гора	2	0,15	46	0,0000226	0	8,92642	0,112027	0,0000004
26) Кот. п. Бебяная гора - Котельная (собств. нужды)	2	0,07	46	0,0000226	0	5,414095	0,184703	0,0000002
27) Кот. п. Бебяная гора - Котельная пристройка	2	0,04	46	0,0000226	0	4,190649	0,238627	0,0000002

Т

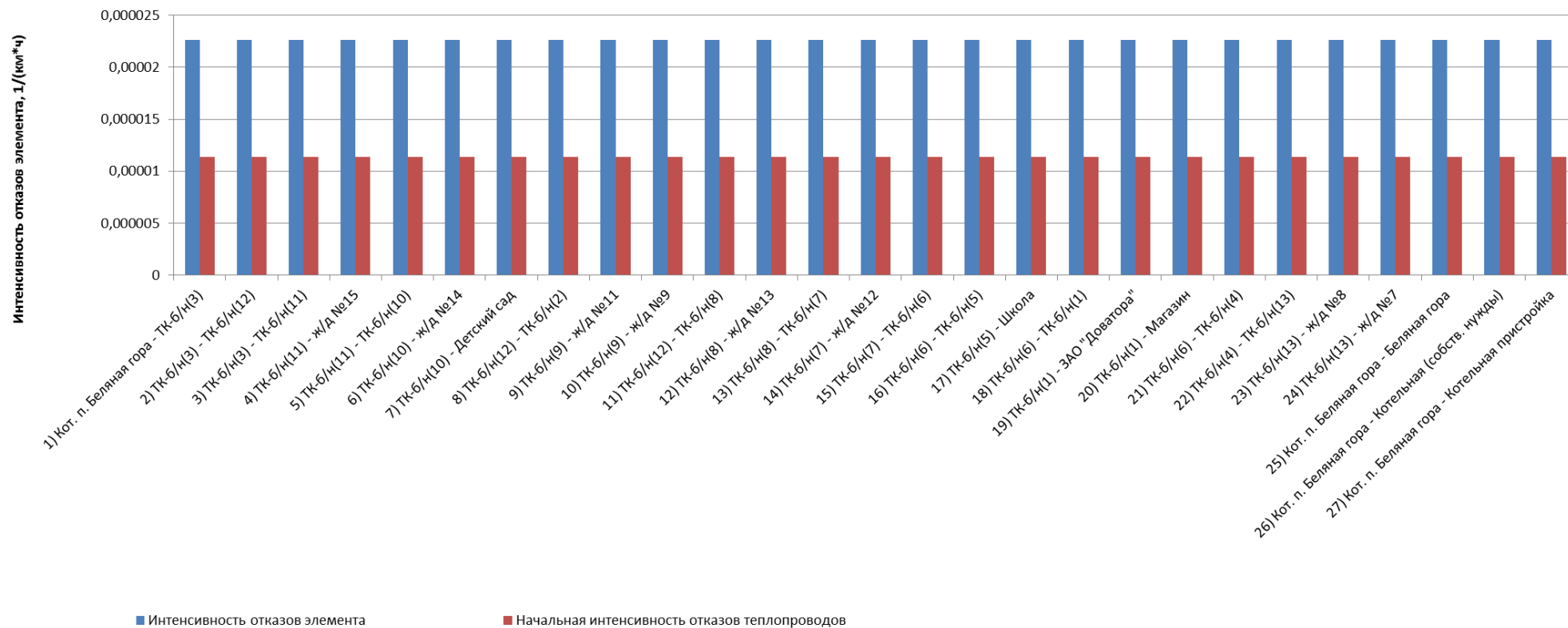


Рисунок 10.1 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети от котельной п. Белая Гора

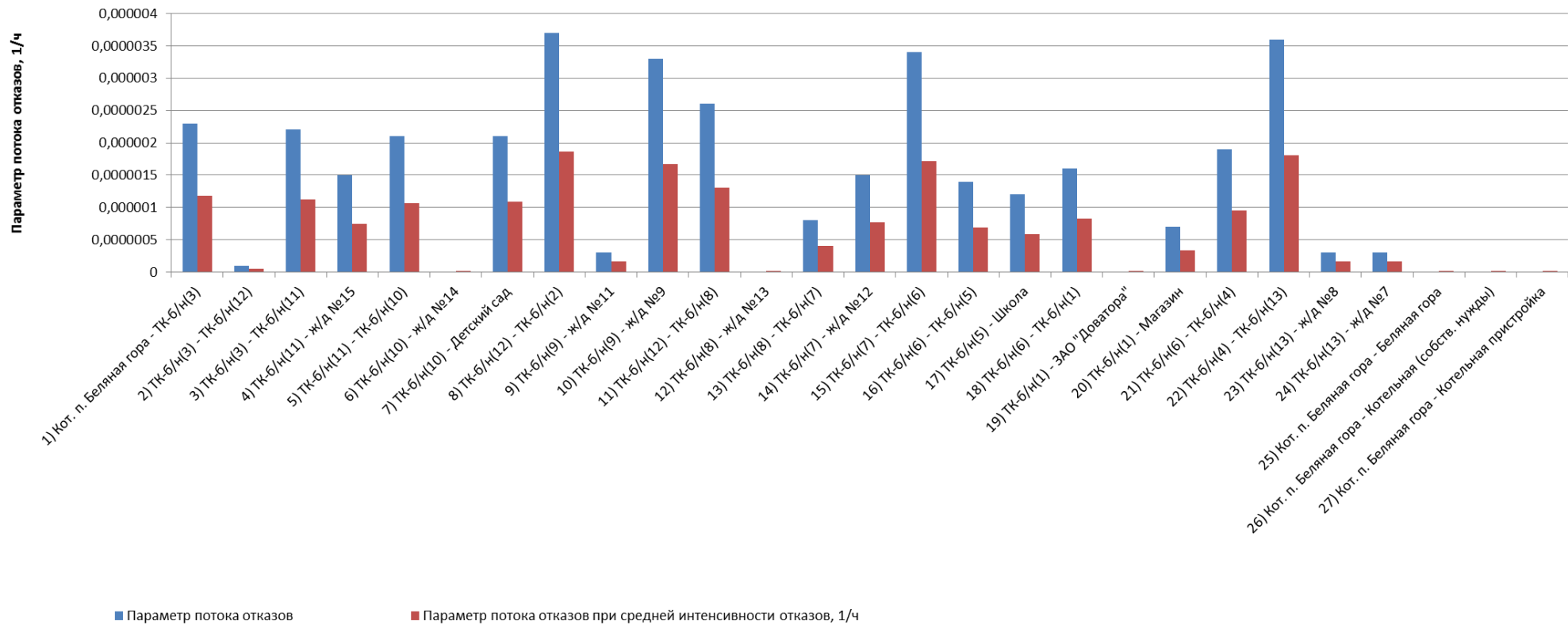


Рисунок 10.2 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети от котельной п. Белая Гора

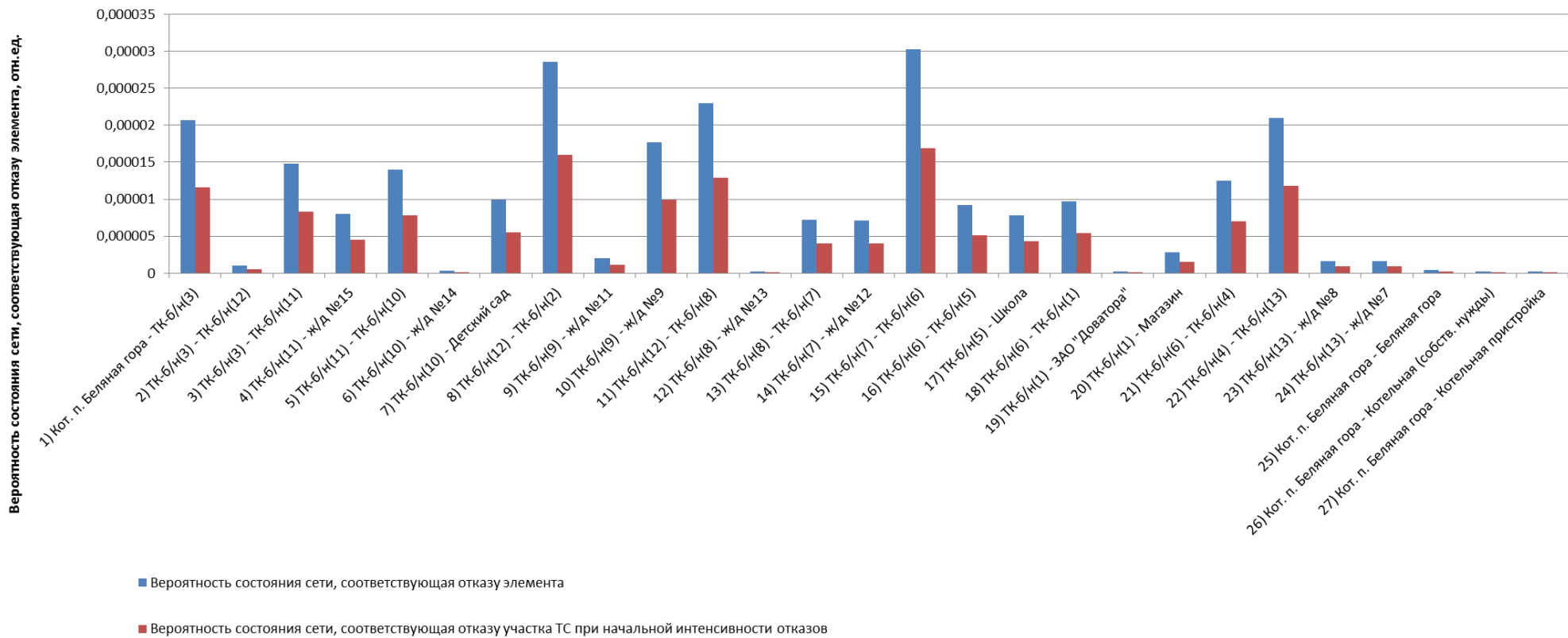


Рисунок 10.3 - Вероятности состояния тепловых сетей, соответствующие отказам ее элементов котельной п. Белая Гора

Таблица 10.5 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной п. Белая Гора

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 №15 (-)	0,2553	0	60	12	1	0,999766	0,1314
2) ж/д №14 (-)	0,2616	0	60	12	1	0,999772	0,1347
3) Детский сад (-)	0,088	0	60	12	1	0,999782	0,0453
4) ж/д №11 (-)	0,1858	0	60	12	1	0,9998	0,0957
5) ж/д №9 (-)	0,1423	0	60	12	1	0,999816	0,0733
6) ж/д №13 (-)	0,2585	0	60	12	1	0,999767	0,1331
7) ж/д №12 (-)	0,2745	0	60	12	1	0,999781	0,1413
8) Школа (-)	0,1855	0	60	12	1	0,999822	0,0955
9) ЗАО "Доватора" (-)	0,181	0	60	12	1	0,999814	0,0932
10) Магазин (-)	0,252	0	60	12	1	0,999817	0,1298
11) ж/д №8 (-)	0,0853	0	60	12	1	0,99984	0,0439
12) ж/д №7 (-)	0,0844	0	60	12	1	0,99984	0,0435
13) Котельная (собств. нужды) (-)	0,1317	0	60	12	1	0,999723	0,0678

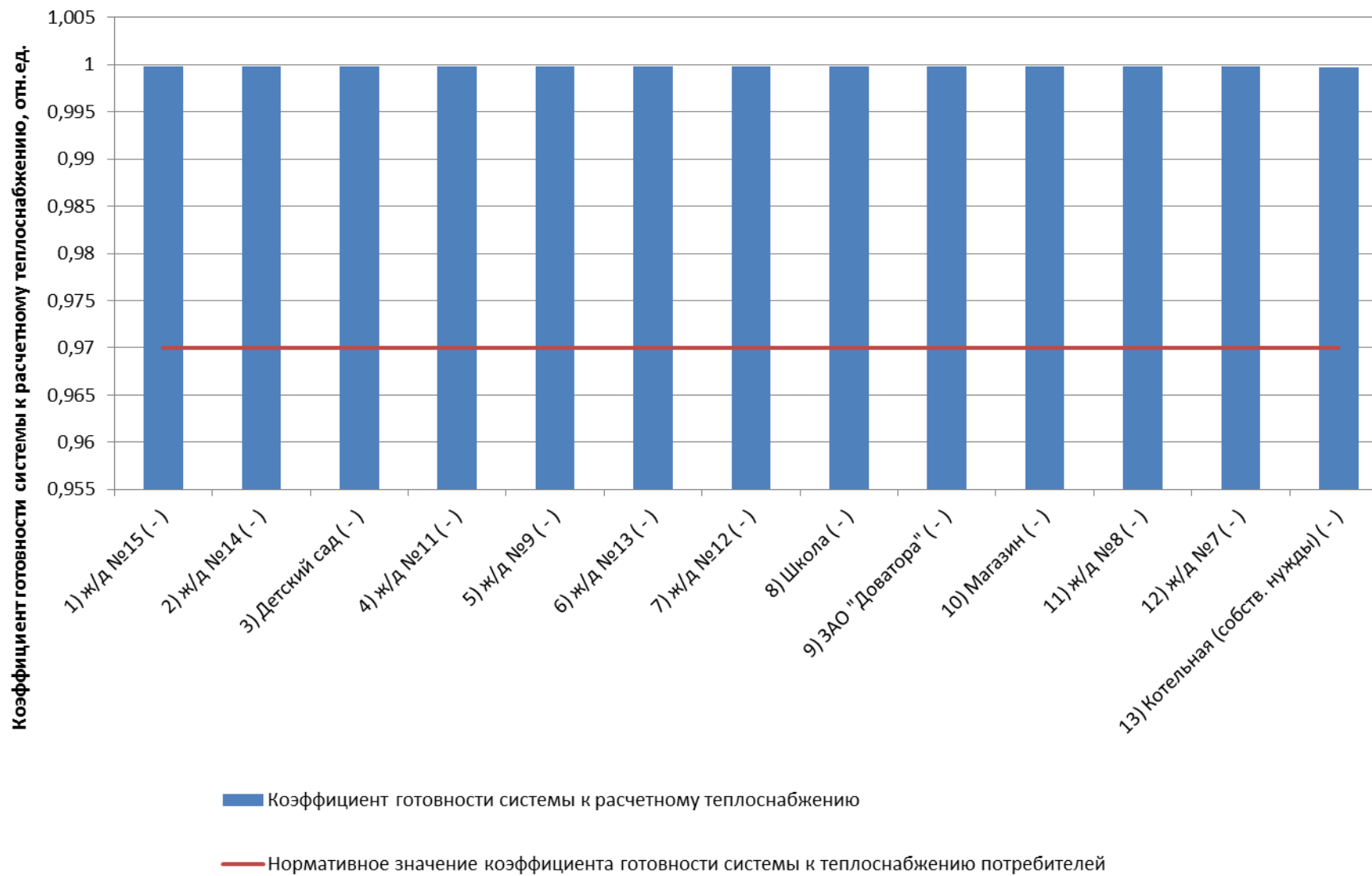


Рисунок 10.4 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной п. Белаяя Гора

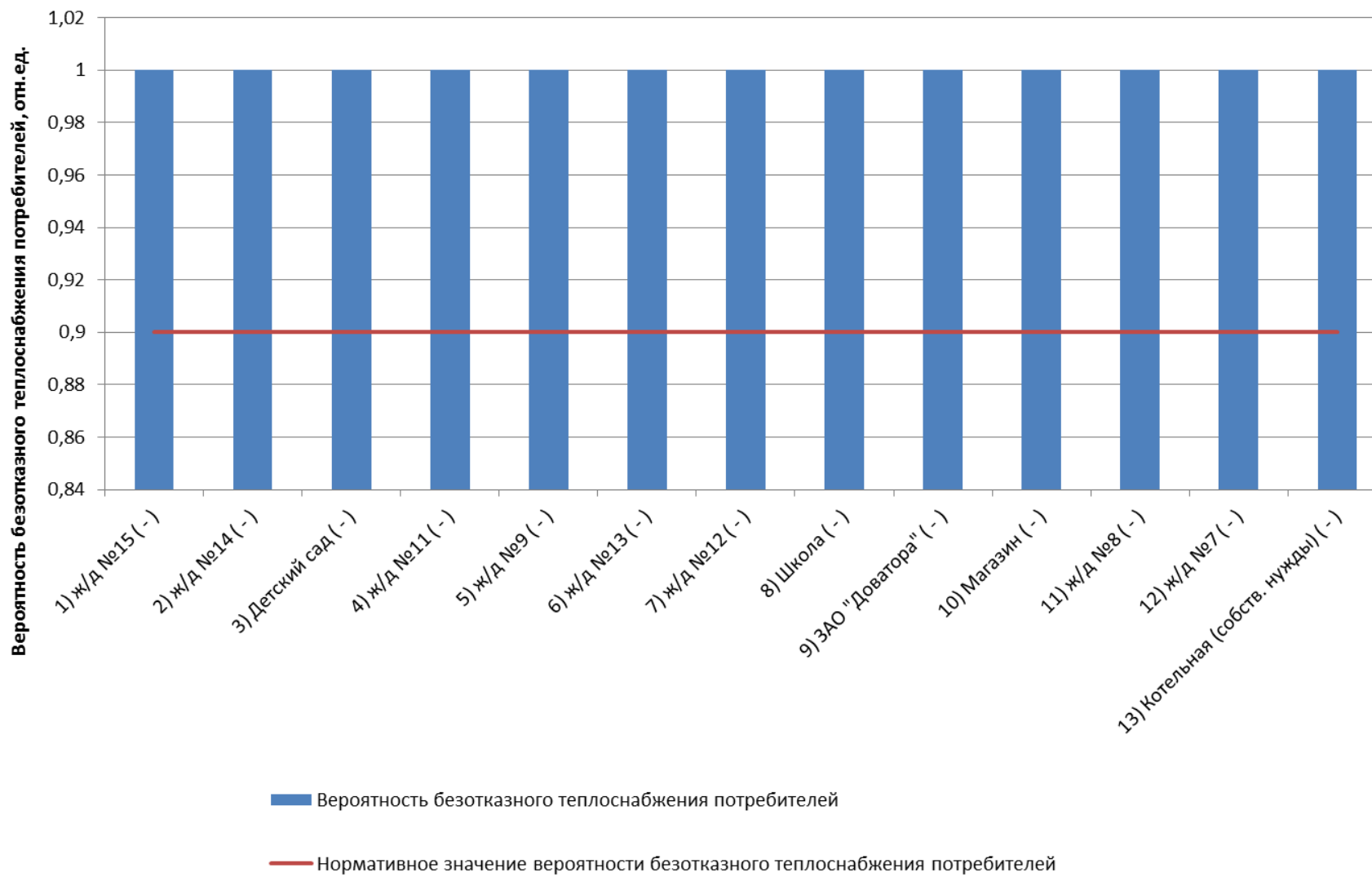


Рисунок 10.5 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной п. Беляная Гора

10.6.2 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Ленково

Таблица 10.6 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д. Ленково

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.п. Ленково - ж/д №2, стр.1	40	0,051	16	0,0000114	0,0000005	4,617408	0,216572	0,0000021

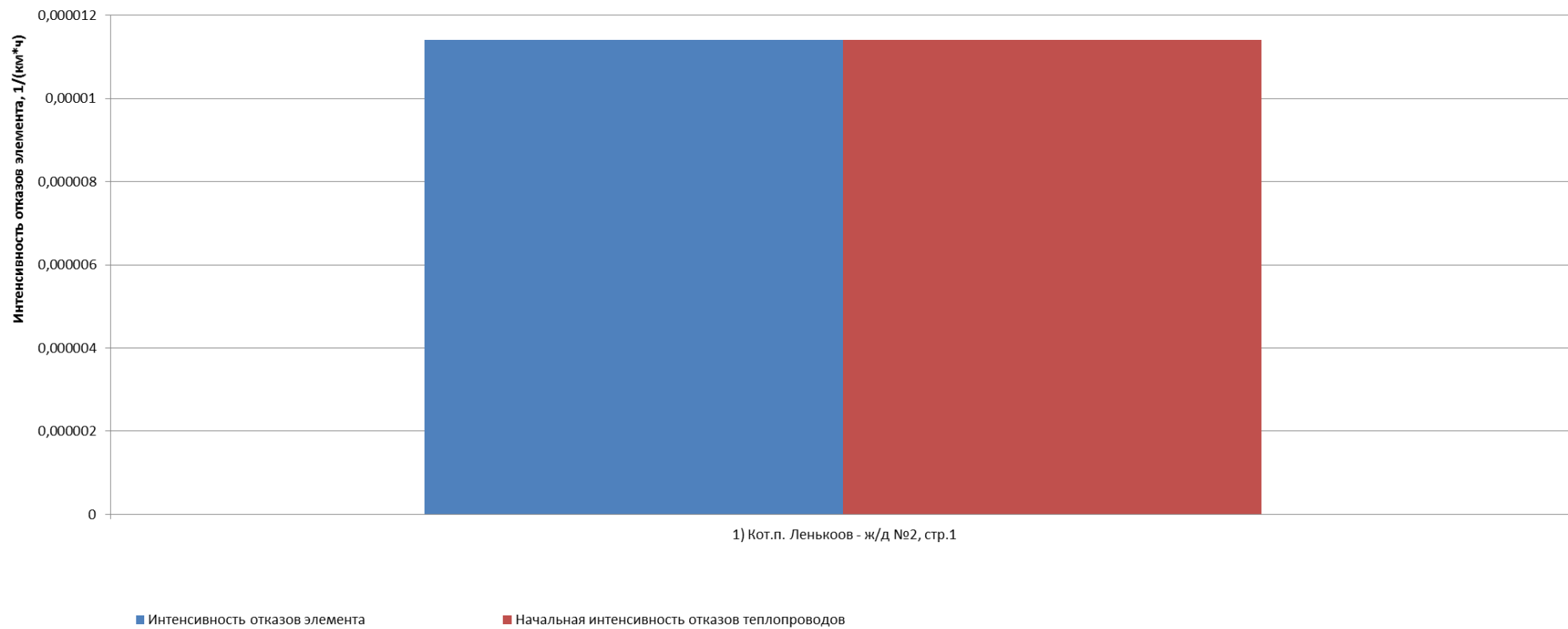


Рисунок 10.6 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной д. Ленково

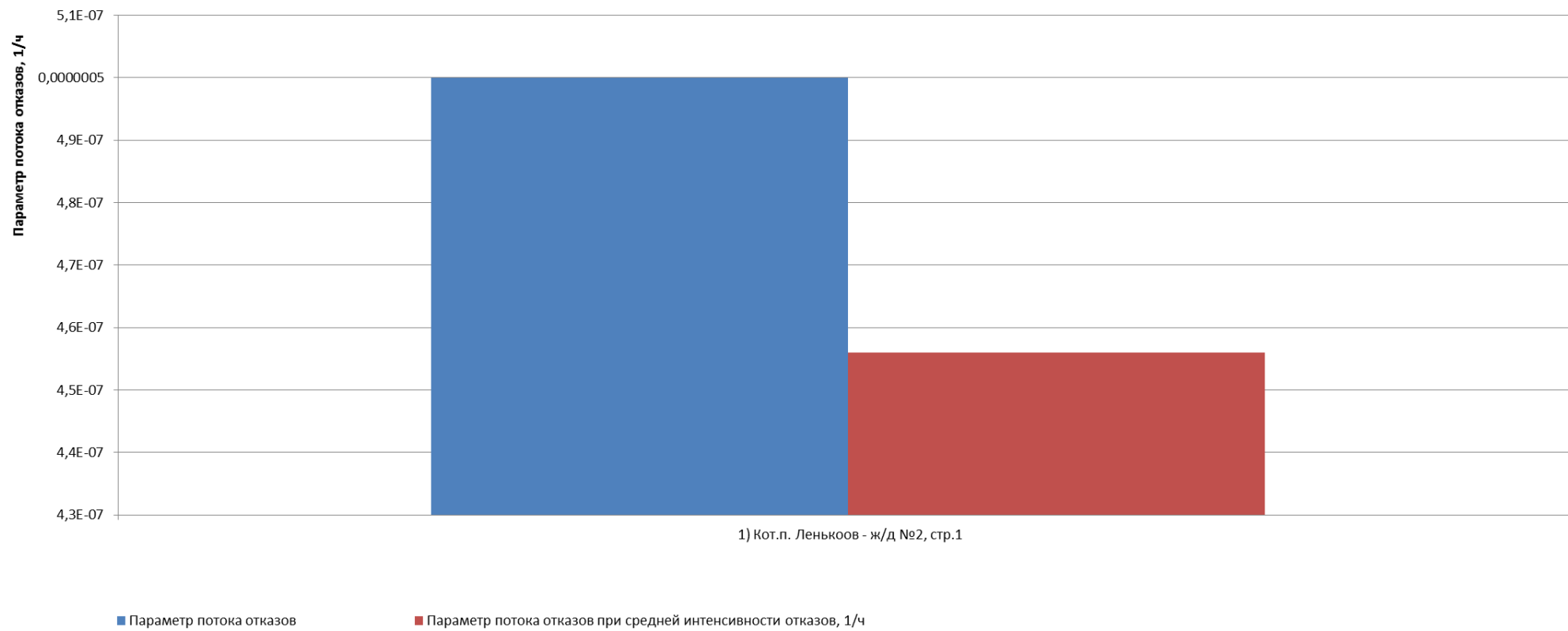


Рисунок 10.7 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной д. Ленъково

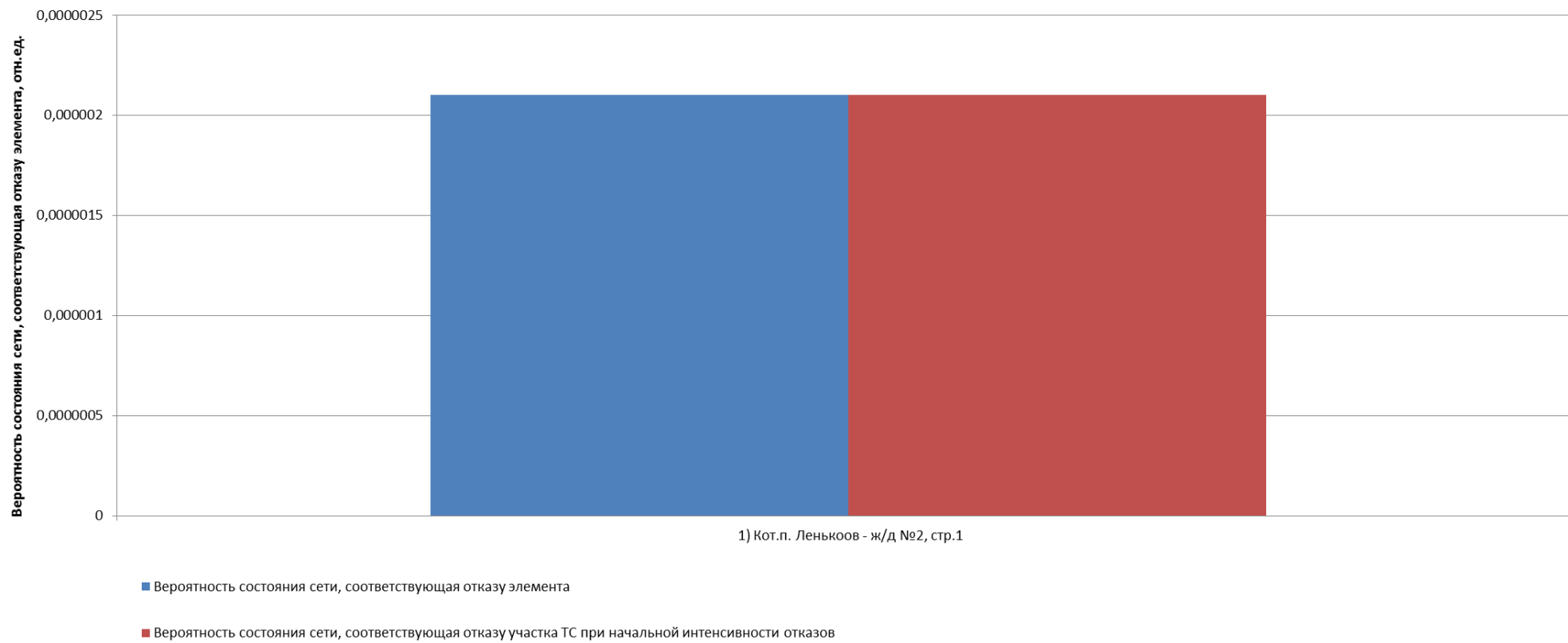


Рисунок 10.8 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной д. Ленково

Таблица 10.7 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Ленково

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 №2, стр.1 (-)	0,0532	0	60	12	1	1	0,0002

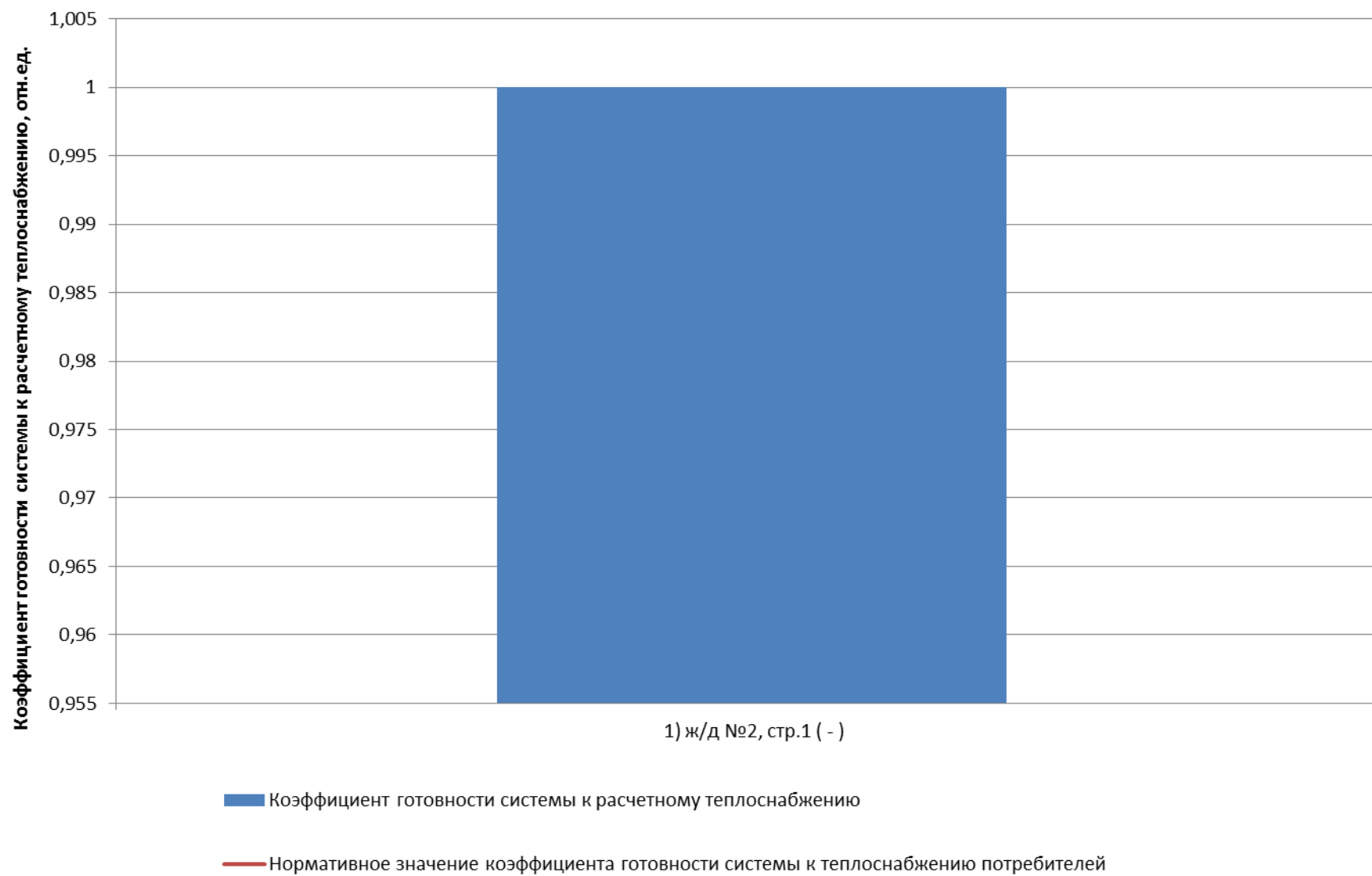


Рисунок 10.9 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной д. Ленково

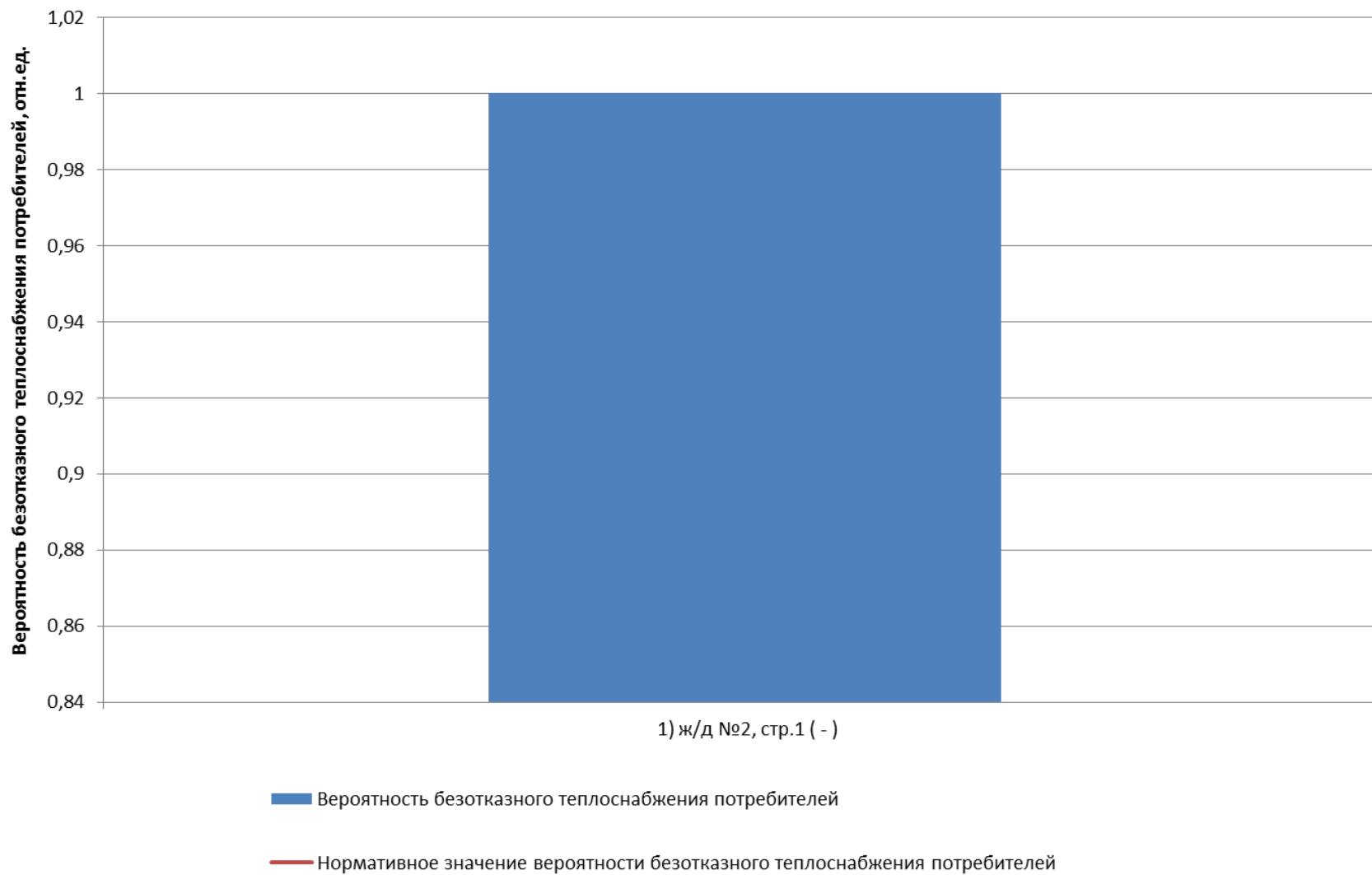


Рисунок 10.10 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Леньково

10.6.3 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Филатово

Таблица 10.8 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д. Филатово

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.д. Филатово - ТК	40	0,051	17	0,0000114	0,0000005	4,612328	0,21681	0,0000021
2) ТК - ж/д №2	11	0,051	17	0,0000114	0,0000001	4,612328	0,21681	0,0000006
3) ТК - ж/д №1	22	0,051	17	0,0000114	0,0000003	4,612328	0,21681	0,0000012

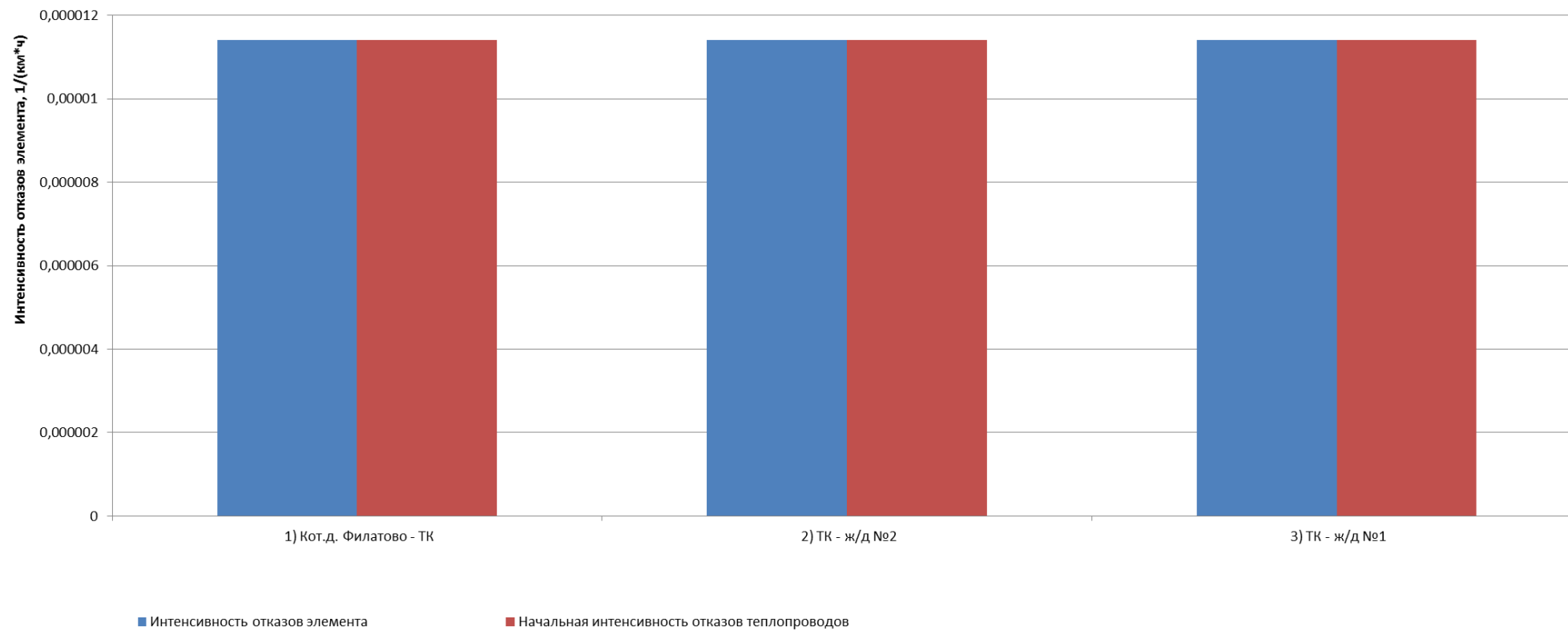


Рисунок 10.11 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной д. Филатово

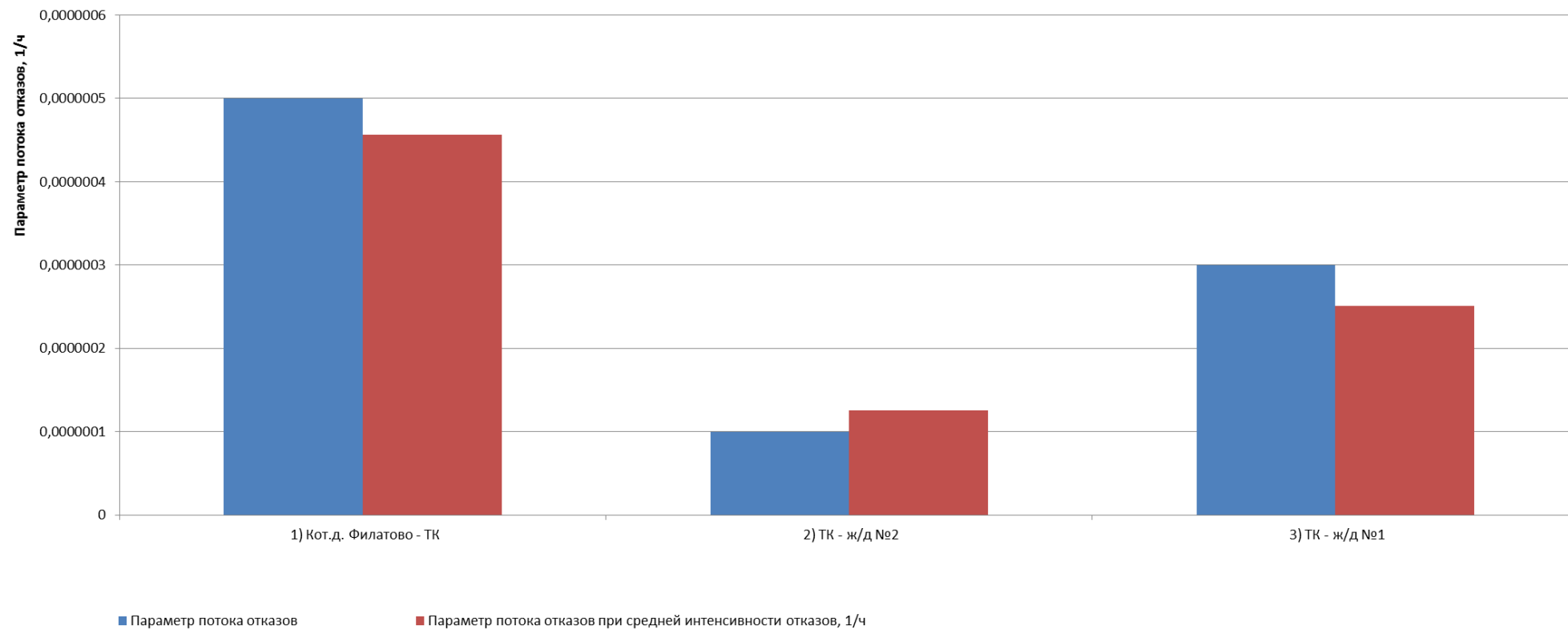


Рисунок 10.12 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной д. Филатово

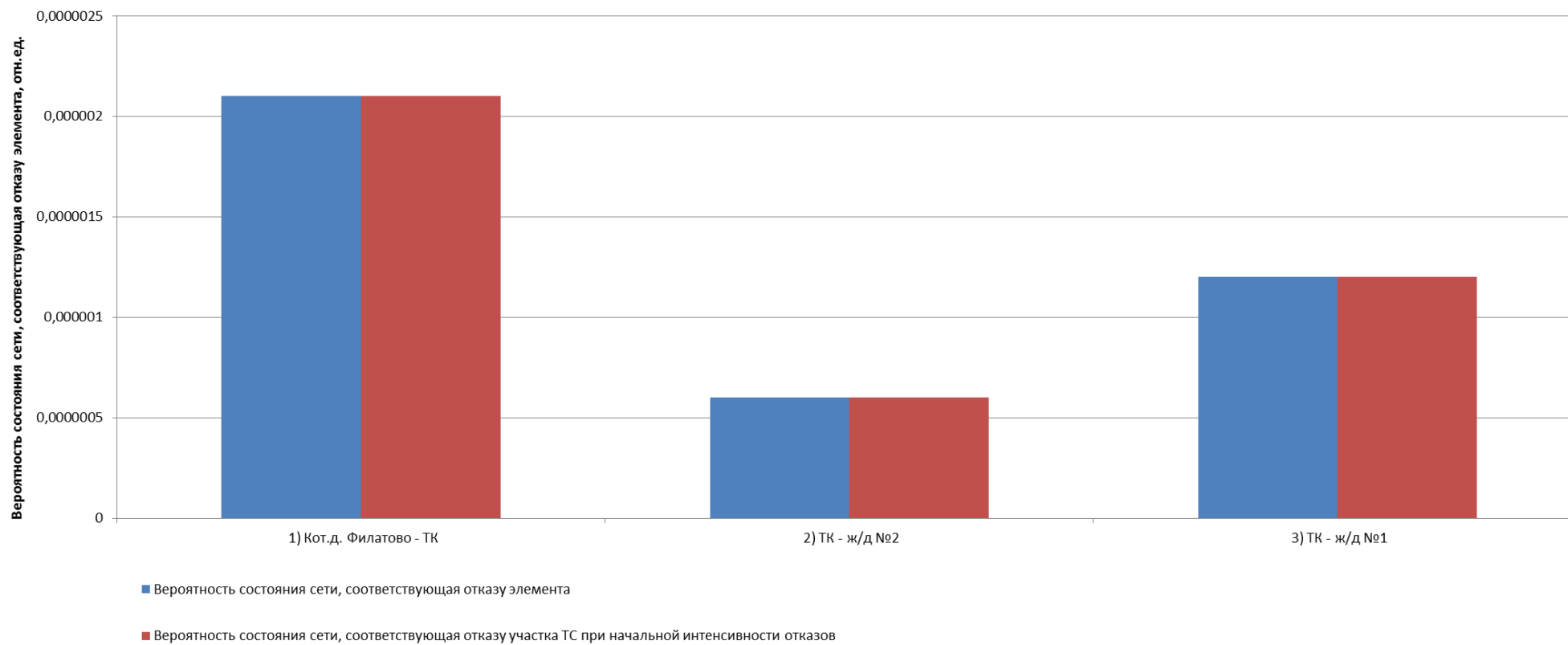
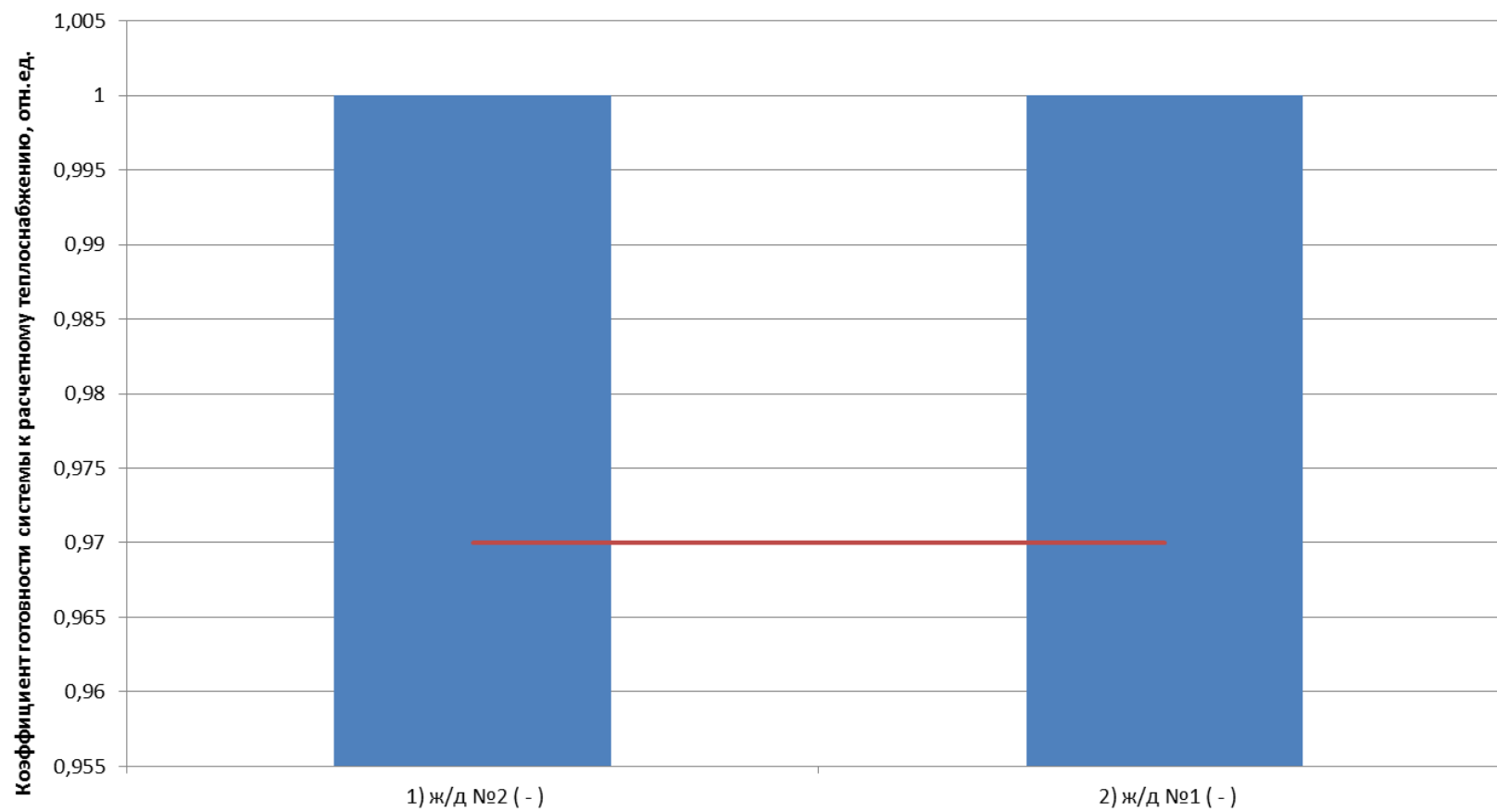


Рисунок 10.13 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной д. Филатово

Таблица 10.9 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Филатово

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 недо- отпуск теплоты, Гкал/от.пе- риод
1) ж/д №2 (-)	0,04500243	0	60	12	1	0,999999	0,0003
2) ж/д №1 (-)	0,03897774	0	60	12	1	0,999999	0,0003



■ Коэффициент готовности системы к расчетному теплоснабжению

— Нормативное значение коэффициента готовности системы к теплоснабжению потребителей

Рисунок 10.14 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной д. Филатово

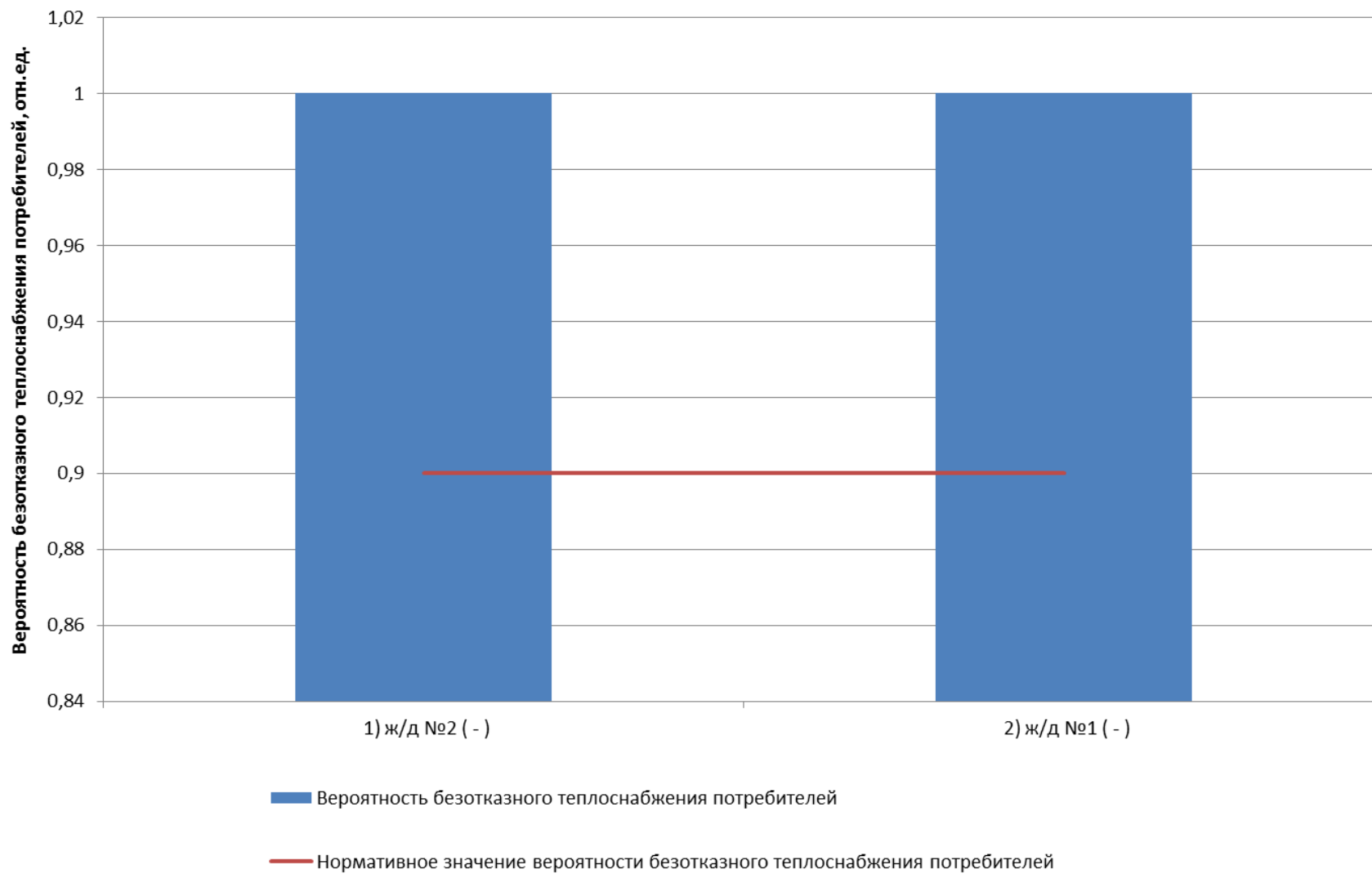


Рисунок 10.15 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Филатово

10.6.4 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Лужки

Таблица 10.10 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д. Лужки

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. д/о "Лужки" - ж/д №1а, стр.1	24	0,15	17	0,0000114	0,0000003	9,143273	0,10937	0,0000025

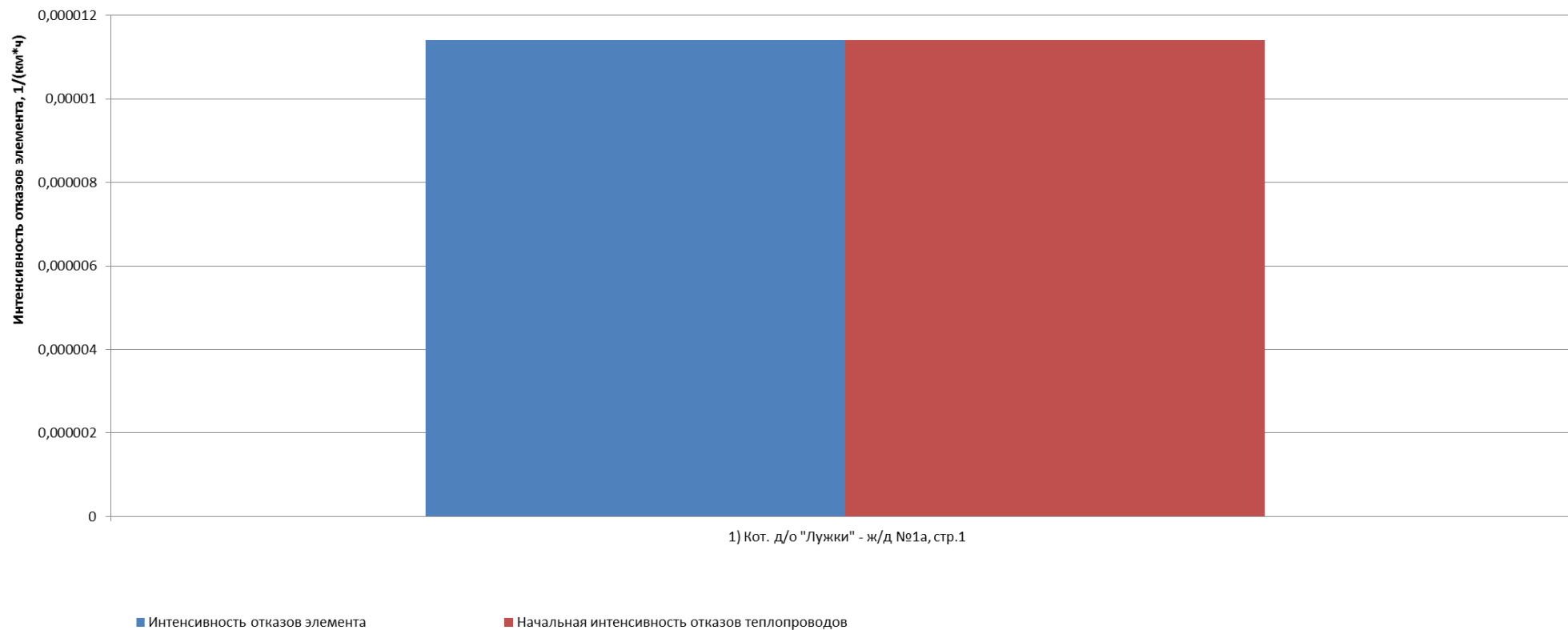


Рисунок 10.16 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной д. Лужки

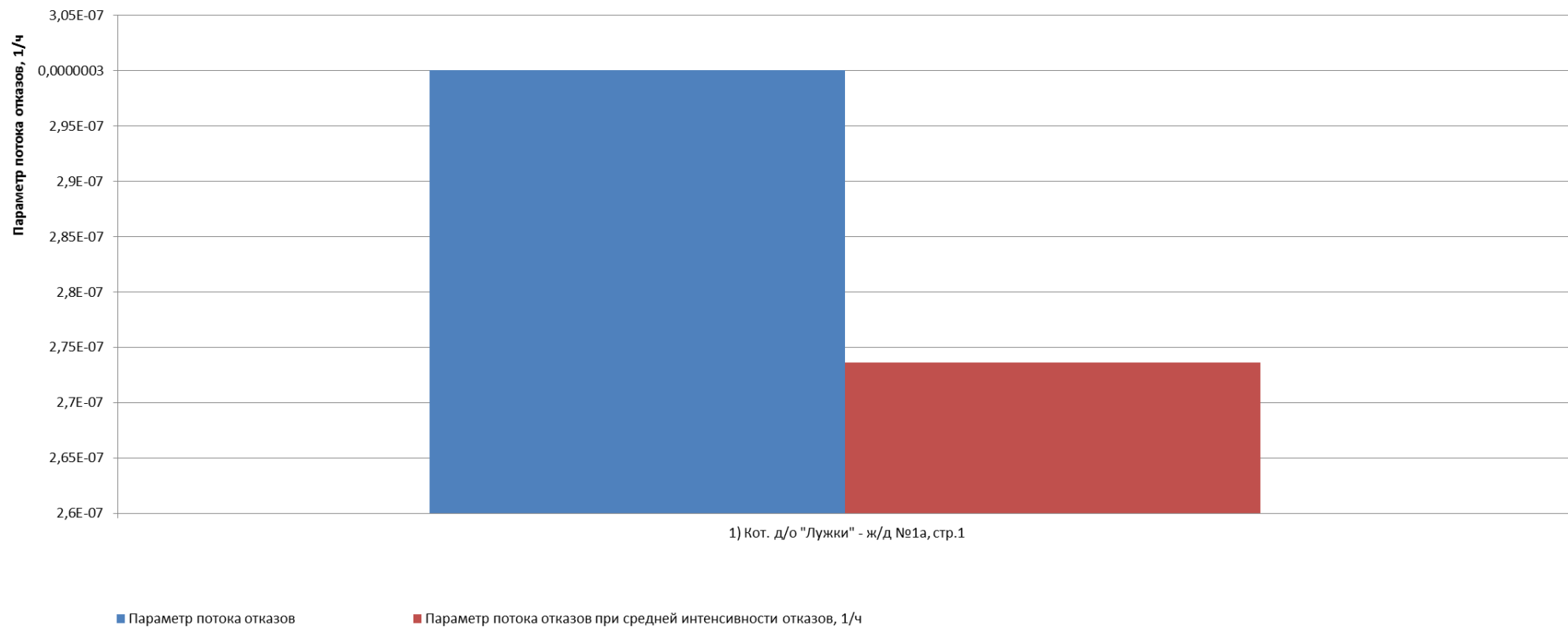
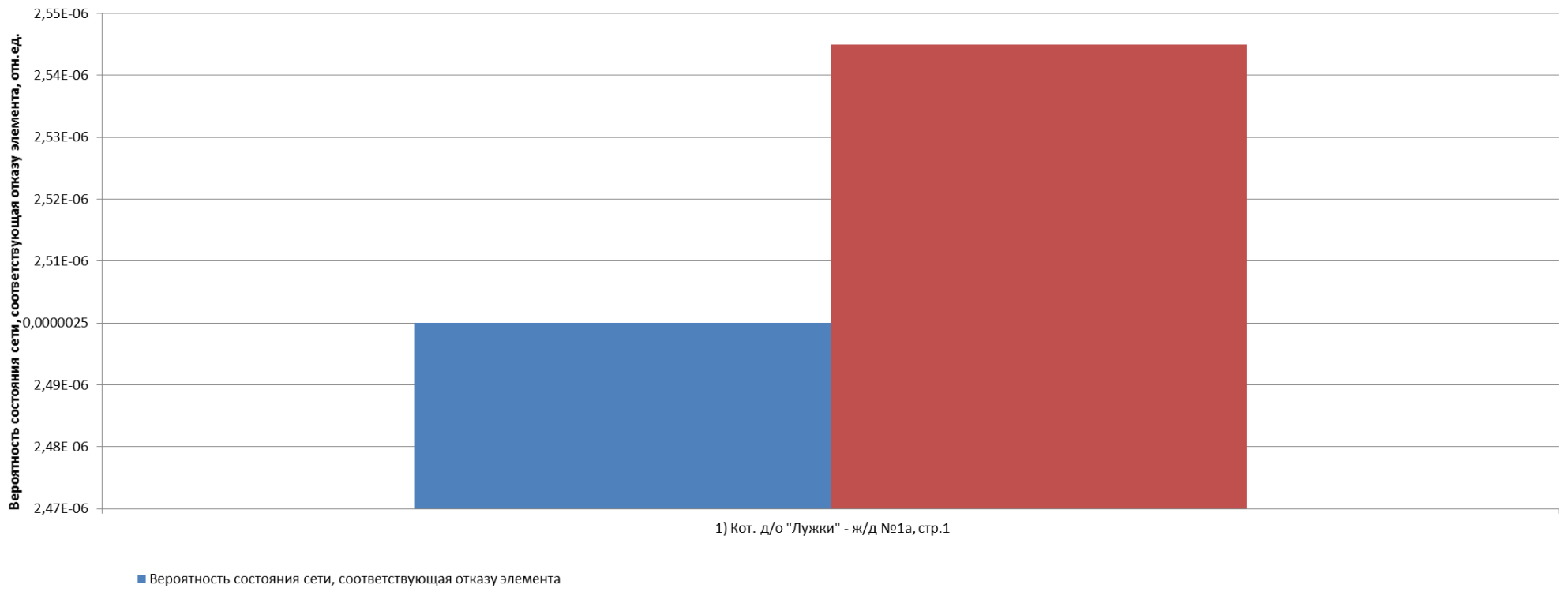


Рисунок 10.17 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной д. Лужки

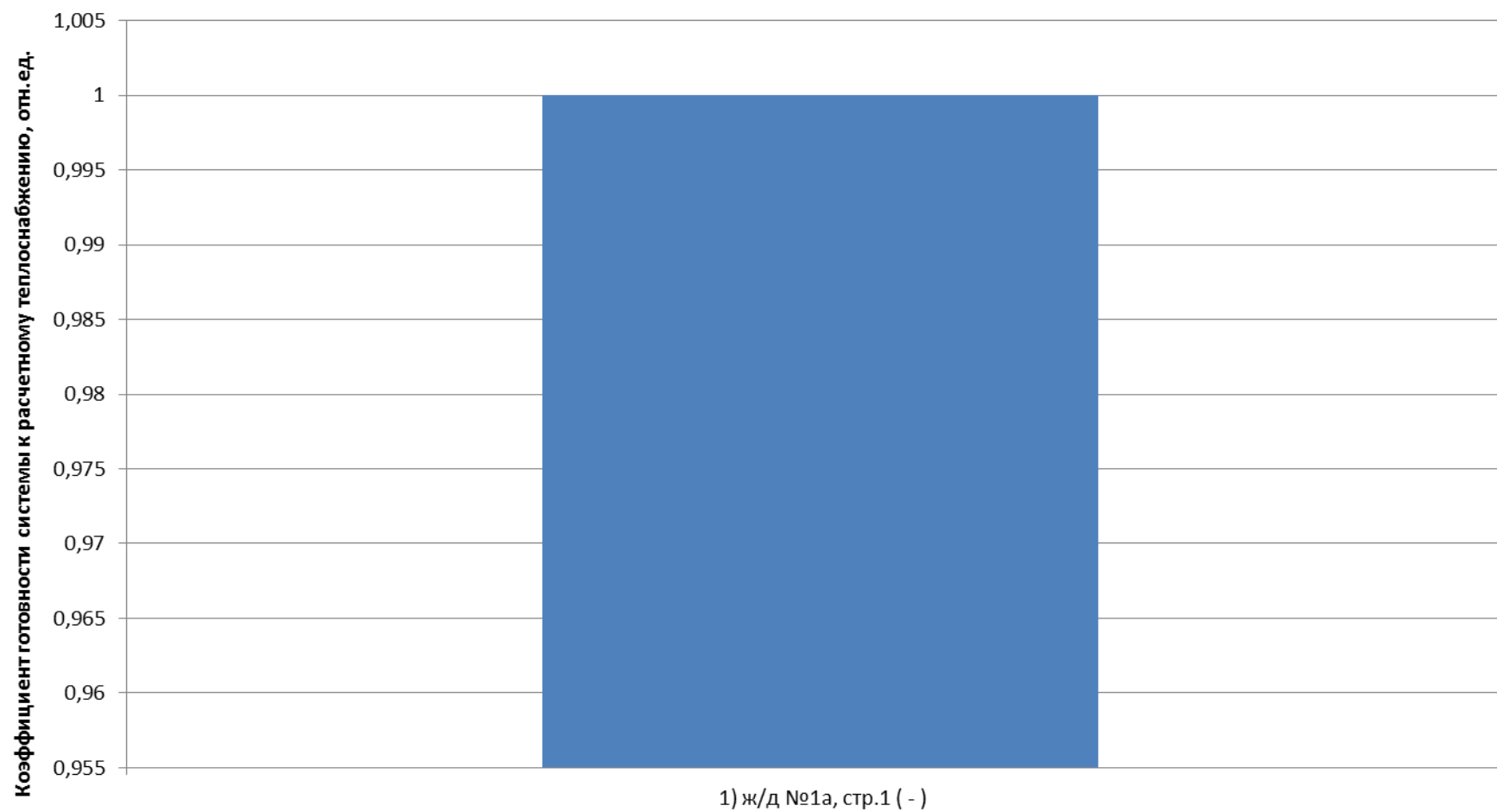


- Вероятность состояния сети, соответствующая отказу элемента
- Вероятность состояния сети, соответствующая отказу участка ТС при начальной интенсивности отказов

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

Таблица 10.11 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Лужки

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 №1а, стр.1 (-)	0,21546272	0	60	12	0,999993	0,999997	0,001



■ Кoeffициент готовности системы к расчетному теплоснабжению

— Нормативное значение коэффицента готовности системы к теплоснабжению потребителей

Рисунок 10.19 - Сопоставление коэффицентов готовности с нормативным значением котельной д. Лужки

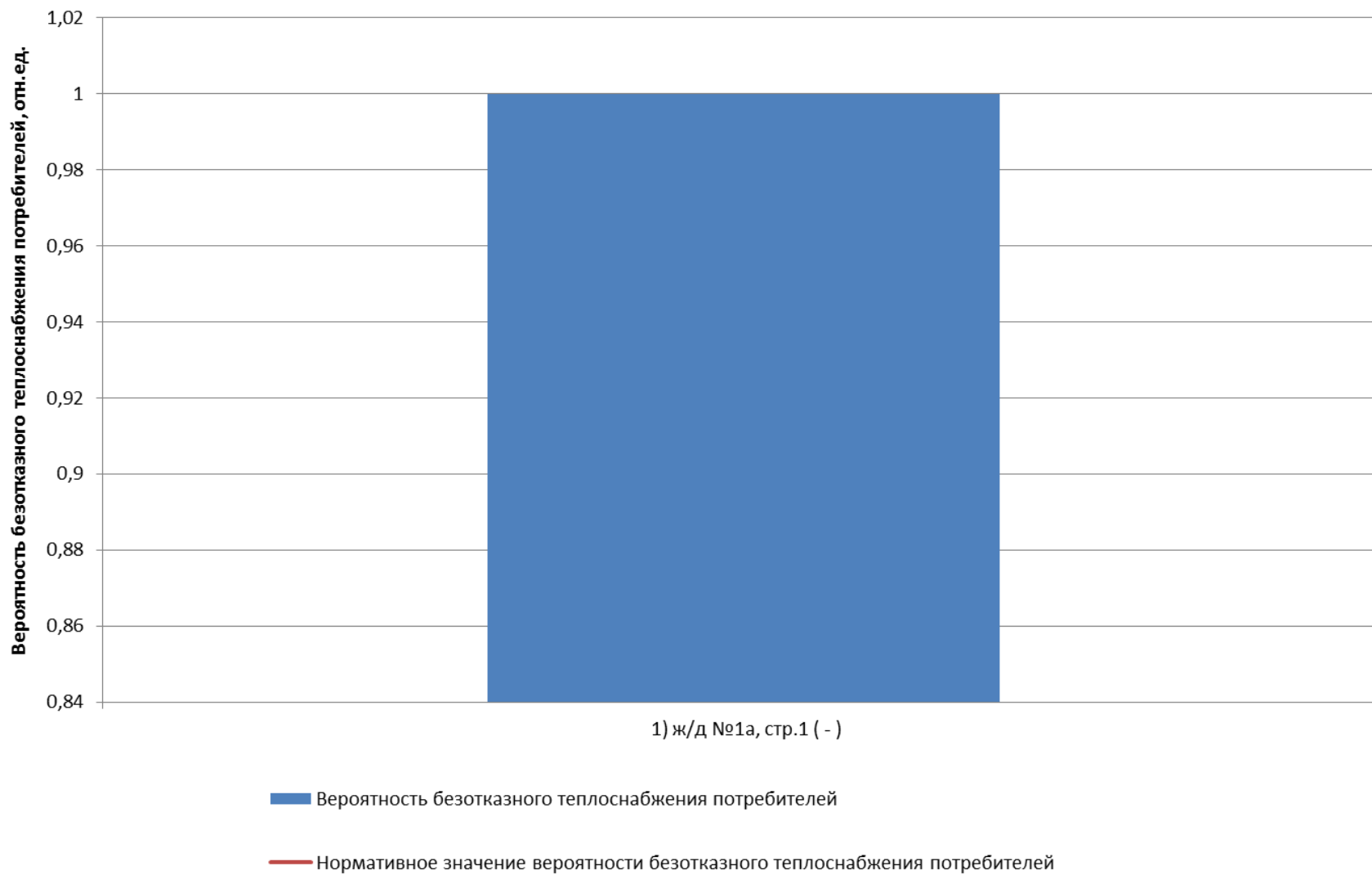


Рисунок 10.20 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Лужки

10.6.5 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Лидино

Таблица 10.12 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д. Лидино

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. д. Лидино - ТК-1	8,42	0,207	33	0,0000226	0,0000002	11,276034	0,088684	0,0000021
2) ТК-1 - ж/д №20	110	0,025	33	0,0000226	0,0000025	3,632632	0,275282	0,000009
3) ТК-1 - ТК-2	135	0,207	33	0,0000226	0,000003	11,276034	0,088684	0,0000343
4) ТК-2 - ж/д №5	11	0,051	33	0,0000226	0,0000002	4,621872	0,216363	0,0000011
5) ТК-2 - ТК-3	73	0,207	33	0,0000226	0,0000016	11,276034	0,088684	0,0000186
6) ТК-3 - ТК-28	120	0,207	33	0,0000226	0,0000027	11,276034	0,088684	0,0000305
7) ТК-28 - ЖД №18	10	0,025	33	0,0000226	0,0000002	3,639175	0,274788	0,0000008
8) ТК-28 - ТК-б/н(10)	45	0,207	33	0,0000226	0,000001	11,276034	0,088684	0,0000114
9) ТК - ТК-4	150	0,207	33	0,0000226	0,0000034	11,276034	0,088684	0,0000381
10) ТК-4 - ТК-б/н(2)	19,84	0,051	33	0,0000226	0,0000004	4,579187	0,218379	0,000002
11) ТК-б/н(2) - ж/д №6б	6	0,051	33	0,0000226	0,0000001	4,579187	0,218379	0,0000006
12) ТК-б/н(2) - ТК-б/н(5)	32	0,051	33	0,0000226	0,0000007	4,579187	0,218379	0,0000033
13) ТК-б/н(5) - ТК-б/н(3)	11,43	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,579187	0,218379	0,0000012
14) ТК-б/н(5) - ж/д №8	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639568	0,274758	0,0000003
15) ТК-б/н(3) - ж/д №8	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639568	0,274758	0,0000003
16) ТК-б/н(3) - ТК-б/н(1)	22,52	0,051	33	0,0000226	0,0000005	4,579187	0,218379	0,0000023
17) ТК-б/н(1) - ТК-б/н(4)	13,78	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,579187	0,218379	0,0000014
18) ТК-б/н(1) - ж/д №10б-2	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639568	0,274758	0,0000003
19) ТК-б/н(4) - ж/д №10б-1	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639568	0,274758	0,0000003
20) ТК-б/н(4) - ТК-б/н(6)	20,19	0,051	33	0,0000226	0,0000005	4,579187	0,218379	0,0000021
21) ТК-б/н(6) - ТК-б/н(7)	10,44	0,051	33	0,0000226	0,0000002	4,579187	0,218379	0,0000011
22) ТК-б/н(6) - ж/д №12	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639306	0,274778	0,0000003
23) ТК-б/н(7) - ж/д №12	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639568	0,274758	0,0000003

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
24) ТК-б/н(7) - ТК-б/н(8)	23,52	0,051	33	0,0000226	0,0000005	4,579187	0,218379	0,0000024
25) ТК-б/н(8) - ТК-б/н(15)	10,09	0,051	33	0,0000226	0,0000002	4,579187	0,218379	0,000001
26) ТК-б/н(8) - ж/д №14	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639568	0,274758	0,0000003
27) ТК-б/н(15) - ж/д №14	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639568	0,274758	0,0000003
28) ТК-4 - ТК-5	160	0,207	33	0,0000226	0,0000036	11,276034	0,088684	0,0000407
29) ТК-5 - ТК-б/н(12)	60	0,1	33	0,0000226	0,0000014	6,724171	0,148717	0,0000091
30) ТК-б/н(12) - ТК-6	18	0,1	33	0,0000226	0,0000004	6,724171	0,148717	0,0000027
31) ТК-6 - Администрация	20	0,051	33	0,0000226	0,0000005	4,620486	0,216427	0,0000021
32) ТК-6 - ТК-7	143,58	0,07	33	0,0000226	0,0000032	5,313873	0,188187	0,0000172
33) ТК-7 - ТК-25	38,14	0,07	33	0,0000226	0,0000009	5,313873	0,188187	0,0000046
34) ТК-25 - Коттедж №11	15	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,621256	0,216391	0,0000016
35) ТК-25 - УТ-10	52,21	0,07	33	0,0000226	0,0000012	5,313873	0,188187	0,0000063
36) УТ-10 - Коттедж №10	15	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,621256	0,216391	0,0000016
37) УТ-10 - ТК-26	38,29	0,07	33	0,0000226	0,0000009	5,313873	0,188187	0,0000046
38) ТК-26 - Коттедж №9	15	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,621256	0,216391	0,0000016
39) ТК-26 - ТК-27	65	0,07	1	0,0000181	0,0000012	5,313873	0,188187	0,0000062
40) ТК-27 - Коттедж №8	15	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,621256	0,216391	0,0000016
41) ТК-27 - УТ-к7	60	0,07	33	0,0000226	0,0000014	5,313873	0,188187	0,0000072
42) УТ-к7 - Коттедж №7	15	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,621256	0,216391	0,0000016
43) УТ-к7 - Коттедж №6	50	0,07	33	0,0000226	0,0000011	5,313873	0,188187	0,000006
44) ТК-5 - ТК-20	230	0,207	33	0,0000226	0,0000052	11,276034	0,088684	0,0000585
45) ТК-20 - ТК-8	90	0,207	33	0,0000226	0,000002	11,276034	0,088684	0,0000229
46) ТК-8 - ТК-9	150	0,207	33	0,0000226	0,0000034	11,276034	0,088684	0,0000381
47) ТК-20 - ж/д №26	62	0,051	33	0,0000226	0,0000014	4,614021	0,216731	0,0000065
48) ТК-8 - Дом культуры	55,47	0,1	33	0,0000226	0,0000013	6,731952	0,148545	0,0000084

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
49) ТК-9 - ТК-19	20,54	0,1	33	0,0000226	0,0000005	6,681395	0,149669	0,0000031
50) ТК-19 - Гостиница (столовая), д.8	6	0,051	33	0,0000226	0,0000001	4,622642	0,216327	0,0000006
51) ТК-19 - ТК-10	41,28	0,1	33	0,0000226	0,0000009	6,681395	0,149669	0,0000062
52) ТК-10 - ж/д №9	40	0,082	33	0,0000226	0,0000009	5,926801	0,168725	0,0000053
53) ТК-10 - ТК-б/н(13)	20	0,1	6	0,0000114	0,0000002	6,681395	0,149669	0,0000015
54) ТК-б/н(13) - ТК-б/н(14)	20	0,1	6	0,0000114	0,0000002	6,681395	0,149669	0,0000015
55) ТК-б/н(14) - ж/д №10	20	0,1	6	0,0000114	0,0000002	6,681395	0,149669	0,0000015
56) ТК-б/н(13) - ТК-б/н(11)	30,94	0,1	33	0,0000226	0,0000007	6,681395	0,149669	0,0000047
57) ТК-б/н(11) - ТК-14	49,1	0,1	33	0,0000226	0,0000011	6,681395	0,149669	0,0000074
58) ТК-14 - ТК-21	30	0,051	33	0,0000226	0,0000007	4,616638	0,216608	0,0000031
59) ТК-21 - ж/д №3	15	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,616638	0,216608	0,0000016
60) ТК-9 - ТК-11	49,98	0,15	33	0,0000226	0,0000011	9,085004	0,110072	0,0000102
61) ТК-11 - Школа	62	0,1	33	0,0000226	0,0000014	6,729696	0,148595	0,0000094
62) ТК-11 - ТК-23	33,3	0,15	33	0,0000226	0,0000008	9,085004	0,110072	0,0000068
63) ТК-23 - ж/д №7	12	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,621718	0,21637	0,0000013
64) ТК-23 - ТК 12/1	26,6	0,15	33	0,0000226	0,0000006	9,085004	0,110072	0,0000054
65) ТК 12/1 - ТК-12	17,84	0,15	33	0,0000226	0,0000004	9,085004	0,110072	0,0000037
66) ТК-12 - ж/д №2	25	0,1	33	0,0000226	0,0000006	6,693268	0,149404	0,0000038
67) ТК-12 - ТК-32	78,37	0,1	33	0,0000226	0,0000018	6,693268	0,149404	0,0000118
68) ТК-32 - ж/д №1	4	0,051	33	0,0000226	0,0000001	4,622949	0,216312	0,0000004
69) ТК-12 - ТК-18	64,11	0,1	33	0,0000226	0,0000014	6,693268	0,149404	0,0000097
70) ТК-18 - ж/д №3	6	0,051	33	0,0000226	0,0000001	4,603399	0,217231	0,0000006
71) ТК-18 - ж/д №9в	125	0,051	33	0,0000226	0,0000028	4,603399	0,217231	0,000013
72) ТК-11 - ТК-22	60	0,125	33	0,0000226	0,0000014	7,902648	0,12654	0,0000107
73) ТК-22 - ж/д №6	4	0,051	5	0,0000114	0	4,622949	0,216312	0,0000002

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
74) ТК-22 - ТК-13	20	0,1	33	0,0000226	0,0000005	6,740748	0,148351	0,000003
75) ТК-13 - д/с №21	140	0,051	33	0,0000226	0,0000032	4,602014	0,217296	0,0000145
76) ТК-13 - ТК-16	10	0,1	33	0,0000226	0,0000002	6,740748	0,148351	0,0000015
77) ТК-16 - ж/д №5	10	0,051	33	0,0000226	0,0000002	4,61202	0,216825	0,000001
78) ТК-16 - ТК-17	50	0,051	33	0,0000226	0,0000011	4,61202	0,216825	0,0000052
79) ТК-17 - ж/д №4	15	0,051	33	0,0000226	0,0000003	4,61202	0,216825	0,0000016
80) Кот. д. Лидино - Лидино	5	0,207	33	0,0000226	0,0000001	11,276034	0,088684	0,0000013
81) ТК-б/н(6) - ж/д №16	4	0,025	33	0,0000226	0,0000001	3,639306	0,274778	0,0000003
82) ТК-б/н(9) - ж/д №24	24	0,04	6	0,0000114	0,0000003	4,187774	0,23879	0,0000011
83) ТК-28 - ТК-б/н(9)	50	0,1	6	0,0000114	0,0000006	6,733841	0,148504	0,0000038
84) ТК-б/н(15) - ж/д №19	118,47	0,051	33	0,0000226	0,0000027	4,579187	0,218379	0,0000122
85) ТК-б/н(9) - ж/д №24	3	0,04	6	0,0000114	0	4,187774	0,23879	0,0000001
86) ТК-б/н(9) - Баня	24	0,051	6	0,0000114	0,0000003	4,619871	0,216456	0,0000013
87) ТК-б/н(10) - ТК	40	0,207	33	0,0000226	0,0000009	11,276034	0,088684	0,0000102
88) ТК-б/н(10) - ЖД №16	10	0,025	33	0,0000226	0,0000002	3,639175	0,274788	0,0000008

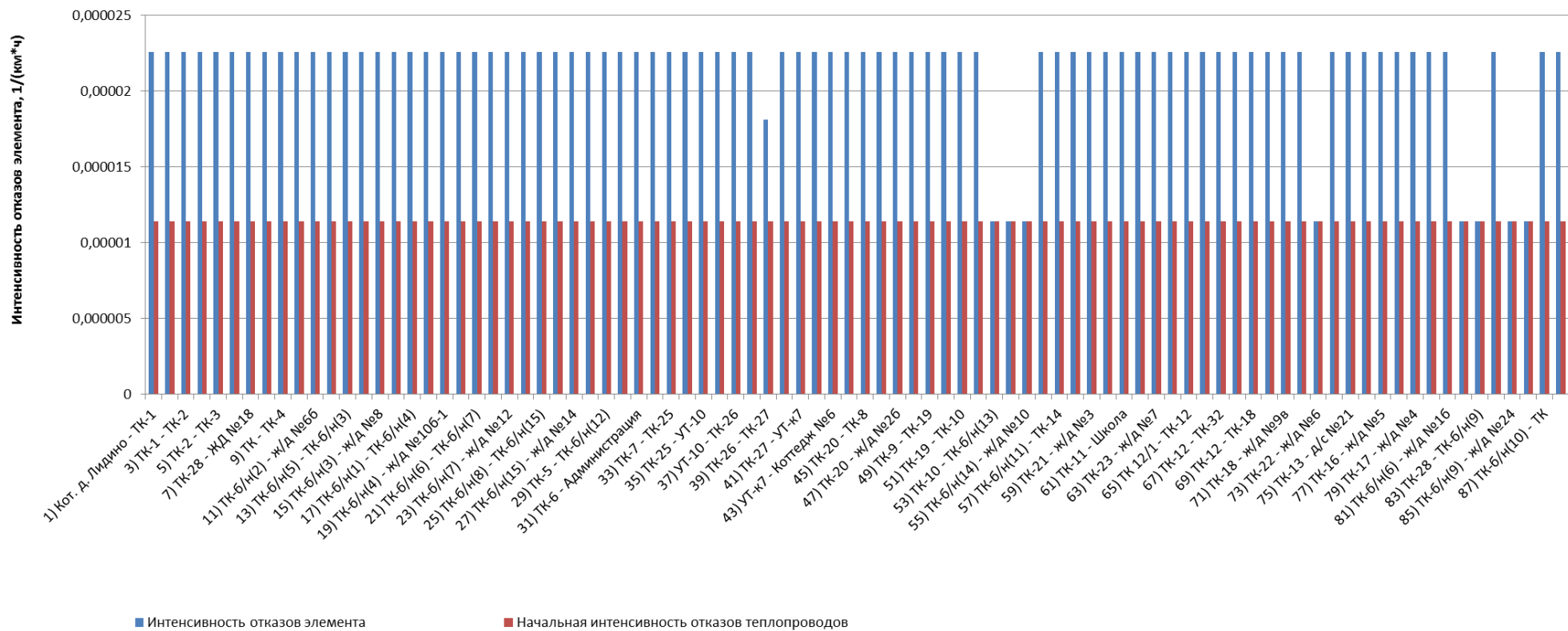


Рисунок 10.21 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной д. Лидино

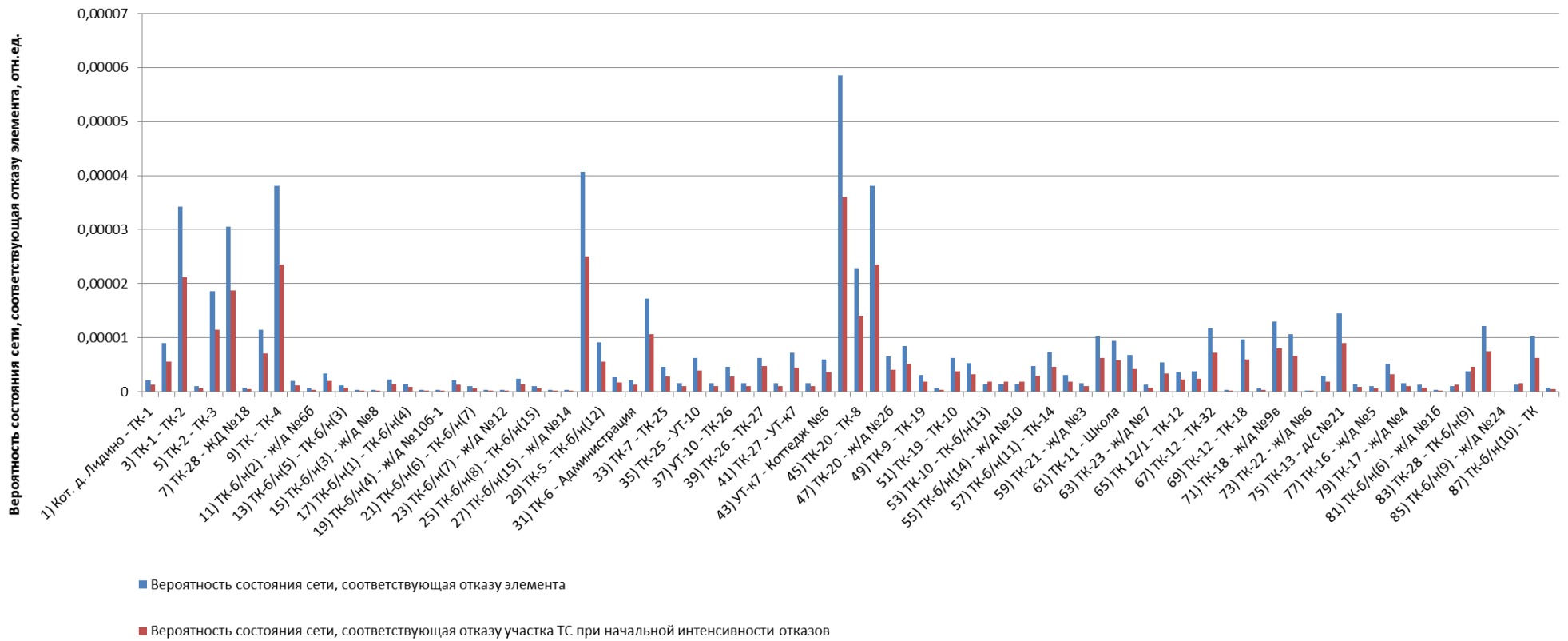


Рисунок 10.23 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной д. Лидино

Таблица 10.13 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Лидино

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 №20 (-)	0,003076152	0	60	12	0,999984	0,999412	0,0034
2) ж/д №5 (-)	0,0679104	0	60	12	0,999725	0,999404	0,0752
3) ЖД №18 (-)	0,009821542	0	60	12	0,999356	0,999404	0,0109
4) ж/д №6б (-)	0,005792191	0	60	12	0,998906	0,999406	0,0064
5) ж/д №8 (-)	0,010475887	0	60	12	0,998906	0,999409	0,0116
6) ж/д №8 (-)	0,010475887	0	60	12	0,998906	0,99941	0,0116
7) ж/д №10б-2 (-)	0,004910771	0	60	12	0,998906	0,999412	0,0054
8) ж/д №10б-1 (-)	0,004910771	0	60	12	0,998906	0,999414	0,0054
9) ж/д №12 (-)	0,004910771	0	60	12	0,998906	0,999416	0,0054
10) ж/д №12 (-)	0,004910771	0	60	12	0,998906	0,999417	0,0054
11) ж/д №14 (-)	0,001164734	0	60	12	0,998906	0,999419	0,0013
12) ж/д №14 (-)	0,001164734	0	60	12	0,998906	0,99942	0,0013
13) Администрация (-)	0,047830049	0	60	12	0,9986	0,999417	0,0529
14) Коттедж №11 (-)	0,011202386	0	60	12	0,9986	0,999438	0,0124
15) Коттедж №10 (-)	0,036227369	0	60	12	0,9986	0,999445	0,0401
16) Коттедж №9 (-)	0,036338666	0	60	12	0,9986	0,999449	0,0402
17) Коттедж №8 (-)	0,036449964	0	60	12	0,9986	0,999455	0,0404
18) Коттедж №7 (-)	0,036922979	0	60	12	0,9986	0,999463	0,0409
19) Коттедж №6 (-)	0,020764548	0	60	12	0,9986	0,999467	0,023
20) ж/д №2б (-)	0,001884514	0	60	12	0,99816	0,99941	0,0021
21) Дом культуры (-)	0,32429338	0	60	12	0,997988	0,999412	0,3589
22) Гостиница (столовая),д.8 (-)	0,000654345	0	60	12	0,997701	0,999407	0,0007
23) ж/д №9 (-)	0,10639438	0	60	12	0,997701	0,999418	0,1178
24) ж/д №10 (-)	0,14801402	0	60	12	0,997701	0,999417	0,1638
25) ж/д №3 (-)	0,028247897	0	60	12	0,997701	0,999431	0,0313

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
26) Школа (-)	0,12985695	0	60	12	0,997671	0,999413	0,1437
27) ж/д №7 (-)	0,11573206	0	60	12	0,997651	0,999404	0,1281
28) ж/д №2 (-)	0,06008184	0	60	12	0,997624	0,999407	0,0665
29) ж/д №1 (-)	0,046869966	0	60	12	0,997624	0,999415	0,0519
30) ж/д №3 (-)	0,06828768	0	60	12	0,997624	0,999413	0,0756
31) ж/д №9в (-)	0,003470976	0	60	12	0,997624	0,999426	0,0038
32) ж/д №6 (-)	0,095230754	0	60	12	0,997671	0,999414	0,1054
33) д/с №21 (-)	0,055226246	0	60	12	0,997671	0,999431	0,0611
34) ж/д №5 (-)	0,055079107	0	60	12	0,997671	0,999419	0,061
35) ж/д №4 (-)	0,064387548	0	60	12	0,997671	0,999425	0,0713
36) ж/д №1б (-)	0,001329629	0	60	12	0,998906	0,999416	0,0015
37) ж/д №24 (-)	0,034011037	0	60	12	0,999356	0,999408	0,0376
38) ж/д №24 (-)	0,016038644	0	60	12	0,999356	0,999407	0,0178
39) ж/д №19 (-)	0,002605166	0	60	12	0,998906	0,999432	0,0029
40) Баня (-)	0,002687177	0	60	12	0,999356	0,999408	0,003
41) ЖД №16 (-)	0,009821542	0	60	12	0,99927	0,999404	0,0109

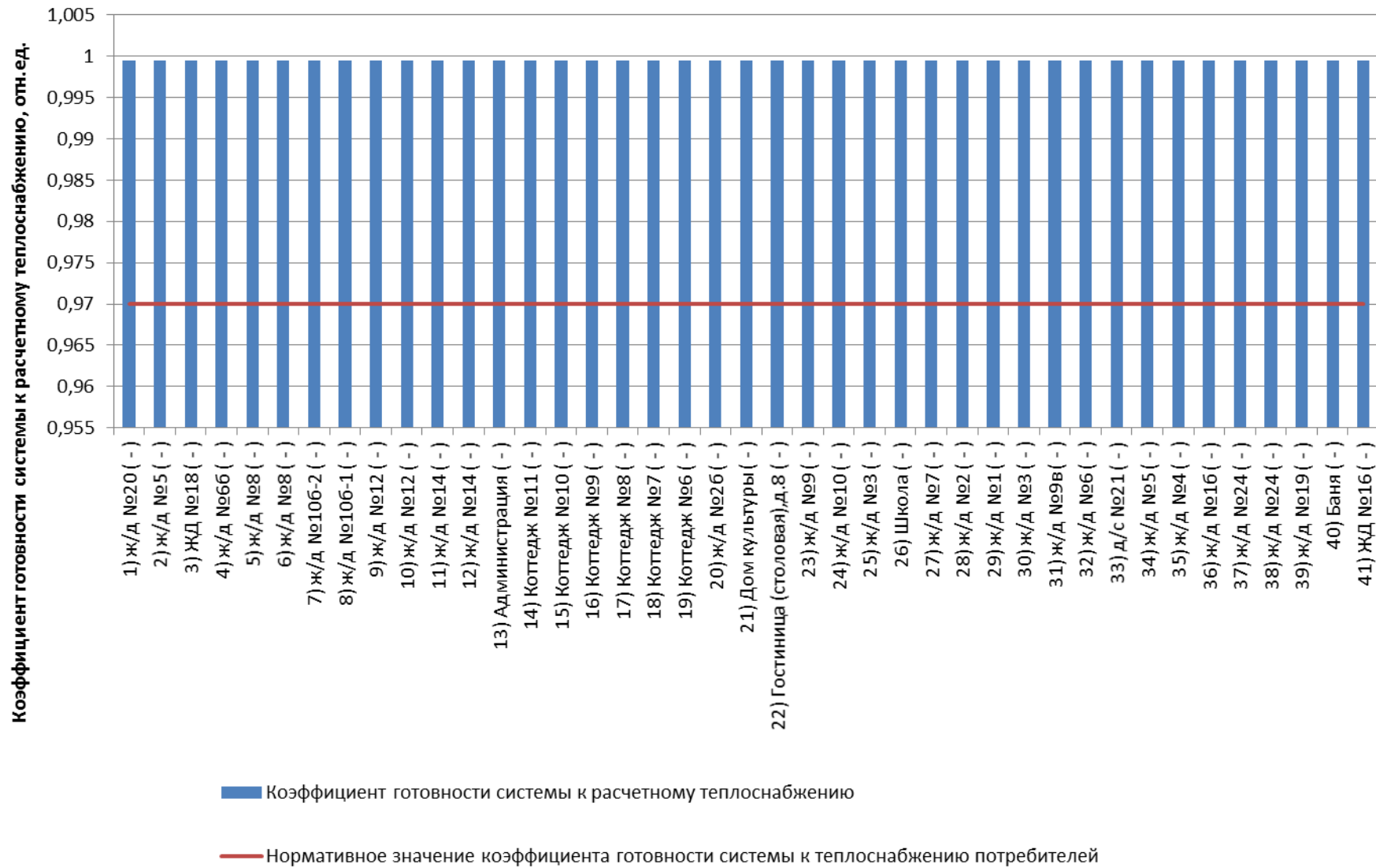


Рисунок 10.24 - Сопоставление коэффициентов готовности с нормативным значением котельной д. Лидино

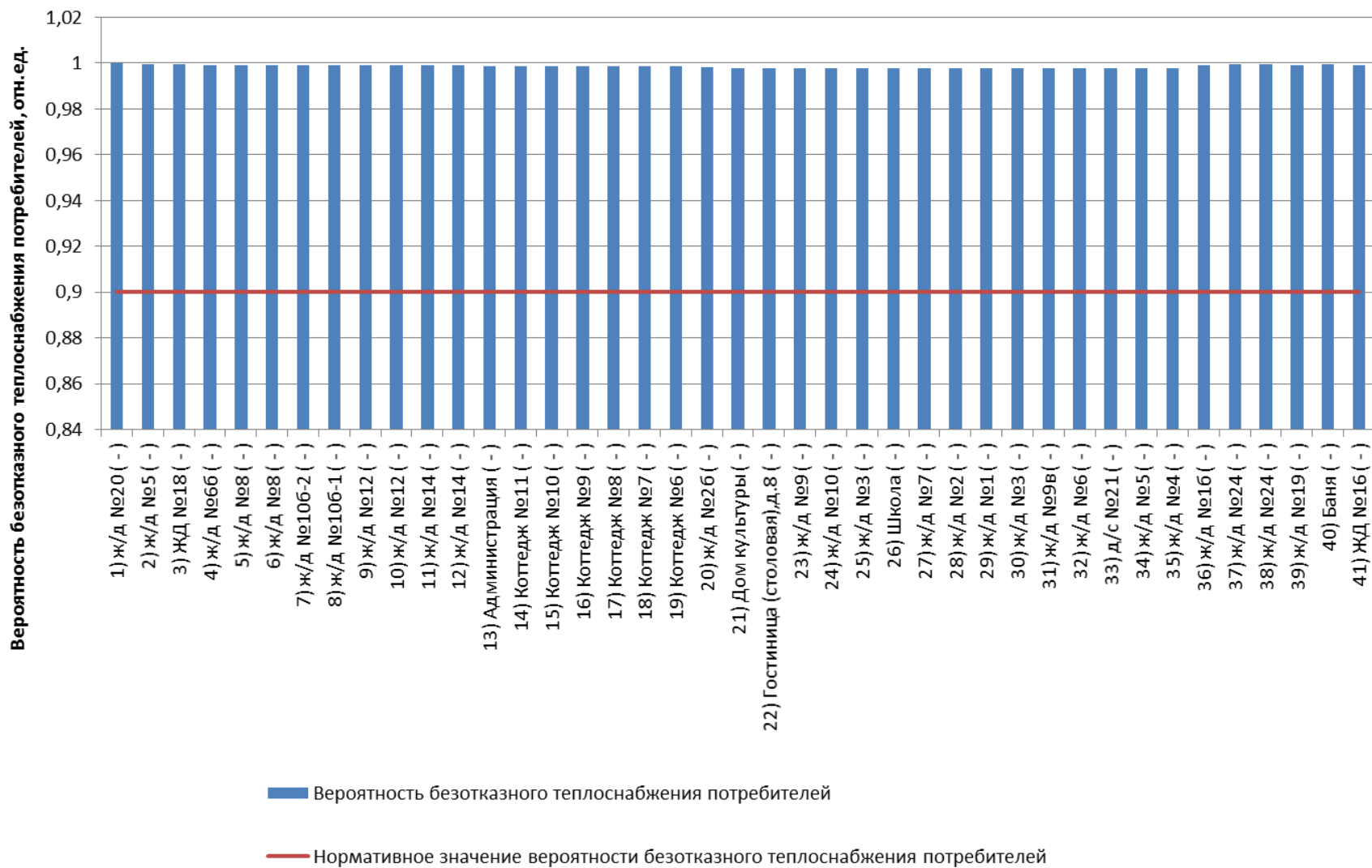


Рисунок 10.25 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Лидино

10.6.6 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Лихачево

Таблица 10.14 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д. Лихачево

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. д. Лихачево - У1	32	0,1	34	0,0000226	0,0000007	6,740057	0,148367	0,0000049
2) У1 - ж/д №17	17	0,076	34	0,0000226	0,0000004	5,545102	0,180339	0,0000021
3) У1 - У2	20	0,076	34	0,0000226	0,0000005	5,545102	0,180339	0,0000025
4) У2 - Мед. пункт	14	0,076	34	0,0000226	0,0000003	5,545102	0,180339	0,0000018
5) У2 - У3	27	0,076	34	0,0000226	0,0000006	5,545102	0,180339	0,0000034
6) У3 - ж/д №16	70	0,076	34	0,0000226	0,0000016	5,545102	0,180339	0,0000088
7) У3 - ТК-1	60	0,076	34	0,0000226	0,0000014	5,545102	0,180339	0,0000075
8) ТК-1 - ж/д №18	31	0,076	34	0,0000226	0,0000007	5,545102	0,180339	0,0000039
9) ТК-1 - ТК-2	75	0,076	34	0,0000226	0,0000017	5,545102	0,180339	0,0000094
10) ТК-2 - ж/д №12	15	0,076	34	0,0000226	0,0000003	5,545102	0,180339	0,0000019
11) ТК-2 - У4	30	0,076	34	0,0000226	0,0000007	5,545102	0,180339	0,0000038
12) У4 - ж/д №15	120	0,076	34	0,0000226	0,0000027	5,545102	0,180339	0,000015
13) У4 - ж/д №14	10	0,076	34	0,0000226	0,0000002	5,545102	0,180339	0,0000013
14) ТК-2 - ж/д №7	30	0,076	34	0,0000226	0,0000007	5,545102	0,180339	0,0000038

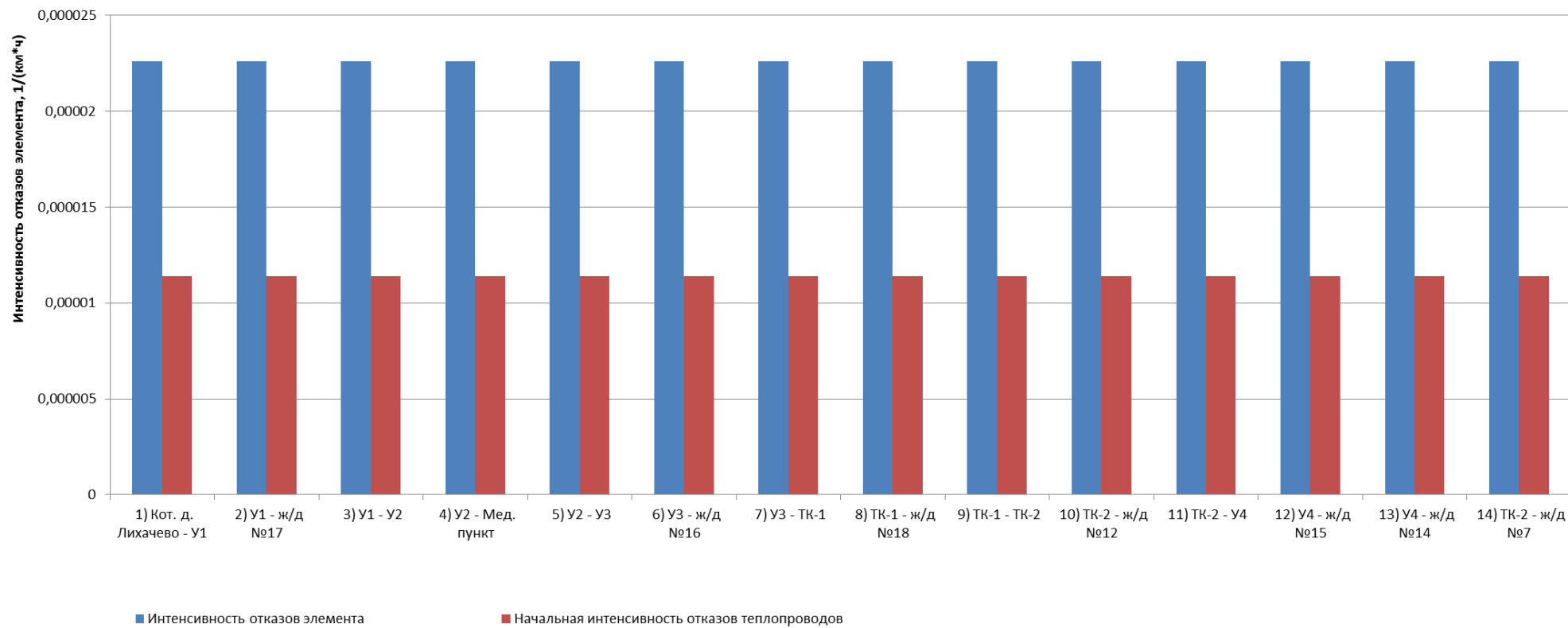


Рисунок 10.26 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной д. Лихачево

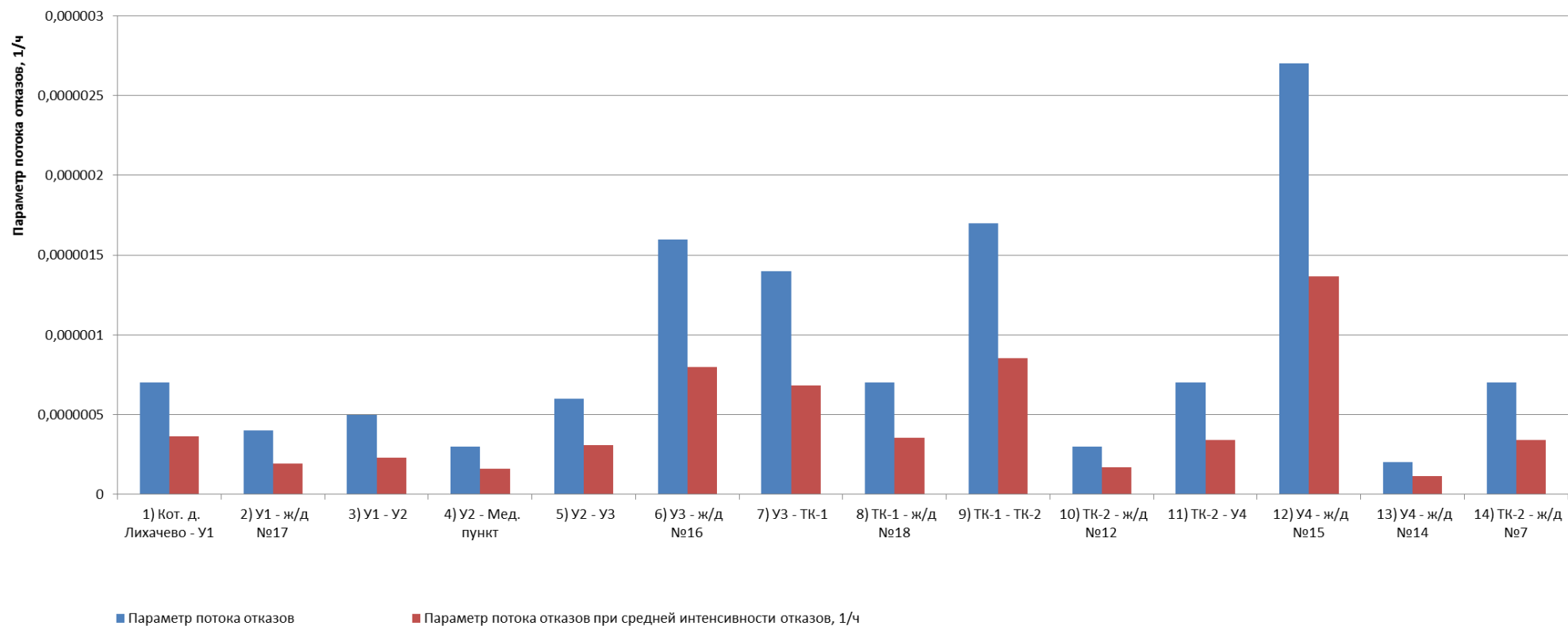


Рисунок 10.27 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной д. Лихачево

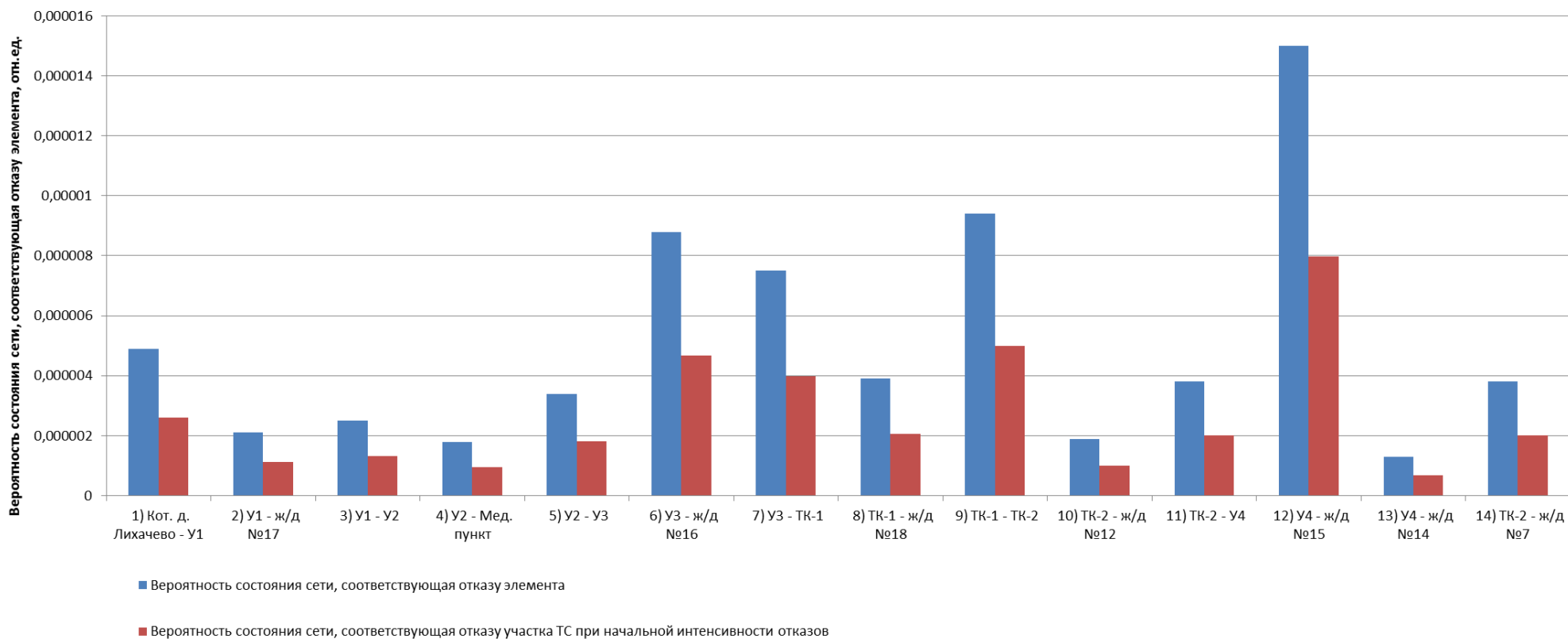


Рисунок 10.28 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной д. Лихачево

Таблица 10.15 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Лихачево

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 №17 (-)	0,013	0	60	12	1	0,999937	0,0017
2) Мед. пункт (-)	0,013	0	60	12	1	0,999939	0,0017
3) ж/д №16 (-)	0,013	0	60	12	1	0,99995	0,0017
4) ж/д №18 (-)	0,027	0	60	12	1	0,999952	0,0035
5) ж/д №12 (-)	0,044	0	60	12	1	0,99996	0,0057
6) ж/д №15 (-)	0,053	0	60	12	1	0,999977	0,0069
7) ж/д №14 (-)	0,044	0	60	12	1	0,999963	0,0057
8) ж/д №7 (-)	0,032	0	60	12	1	0,999962	0,0041

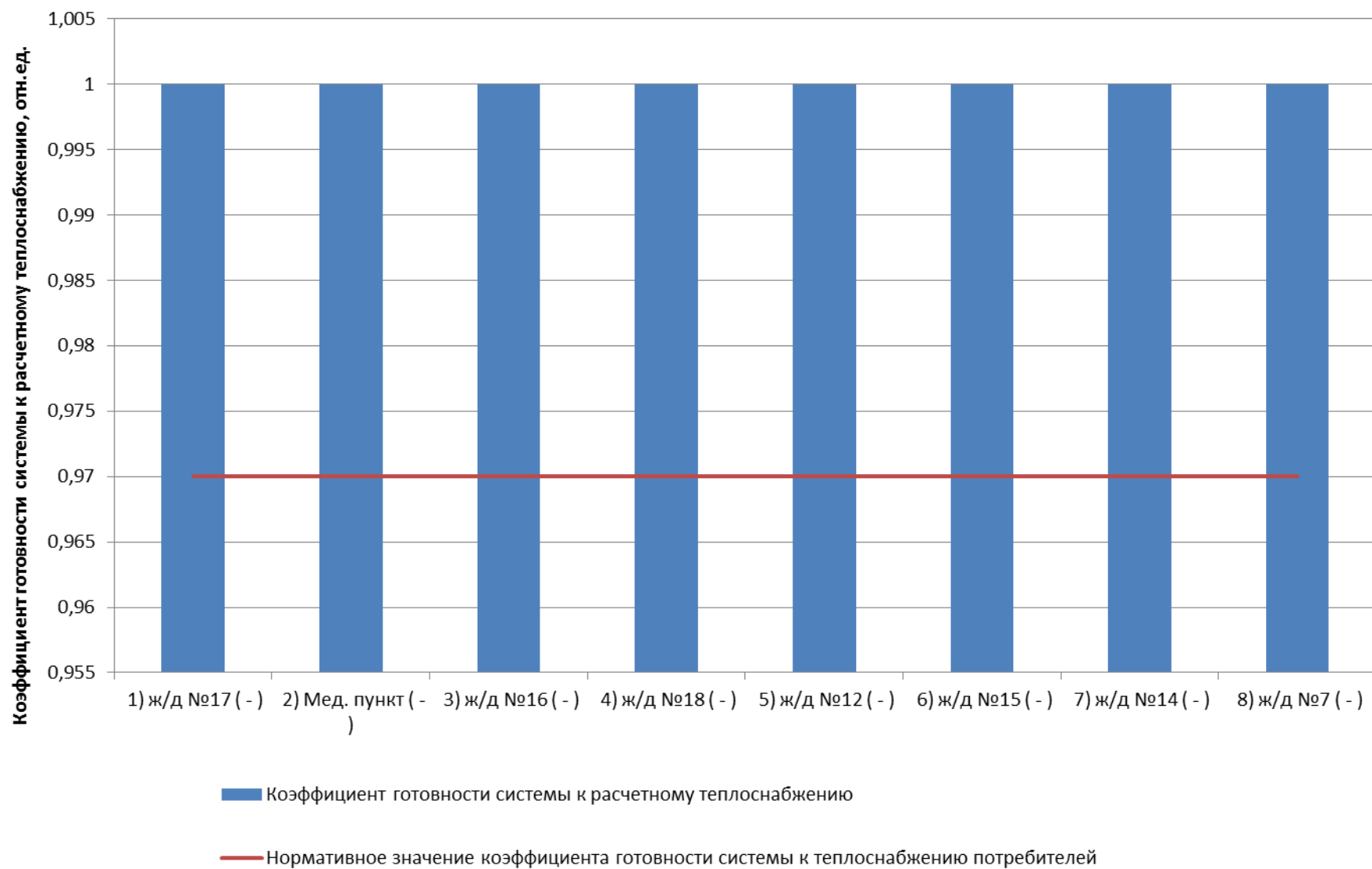


Рисунок 10.29 - Сопоставление коoeffициентов готовности с нормативным значением котельной д. Лихачево

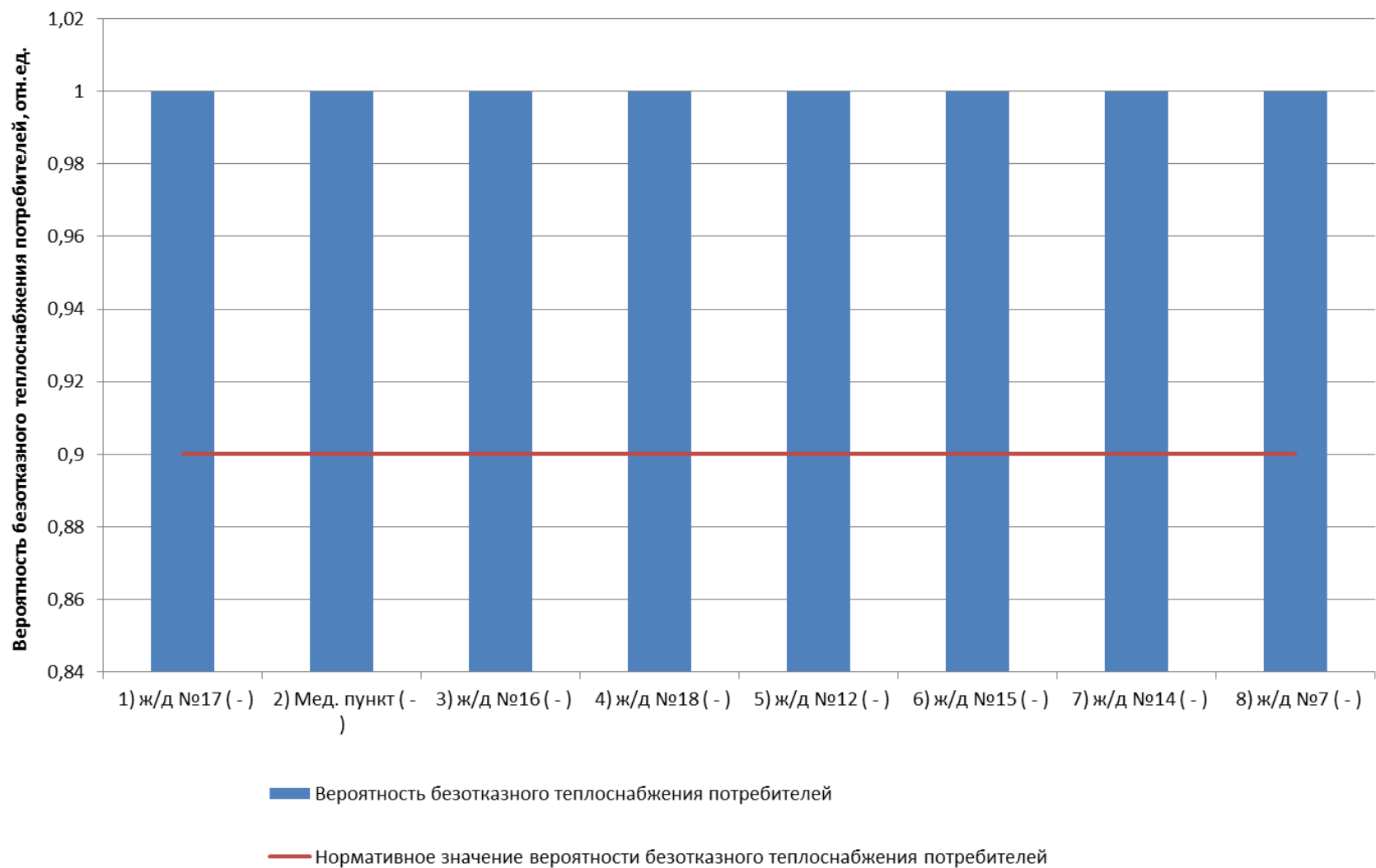


Рисунок 10.30 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Лихачево

10.6.7 Оценка надежности теплоснабжения от котельной д. Сумароково

Таблица 10.16 - Технические характеристики и показатели надежности элементов тепловой сети котельной д. Сумароково

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-б/н(3) - ж/д №13	120	0,1	32	0,0000226	0,0000027	6,645775	0,150472	0,000018

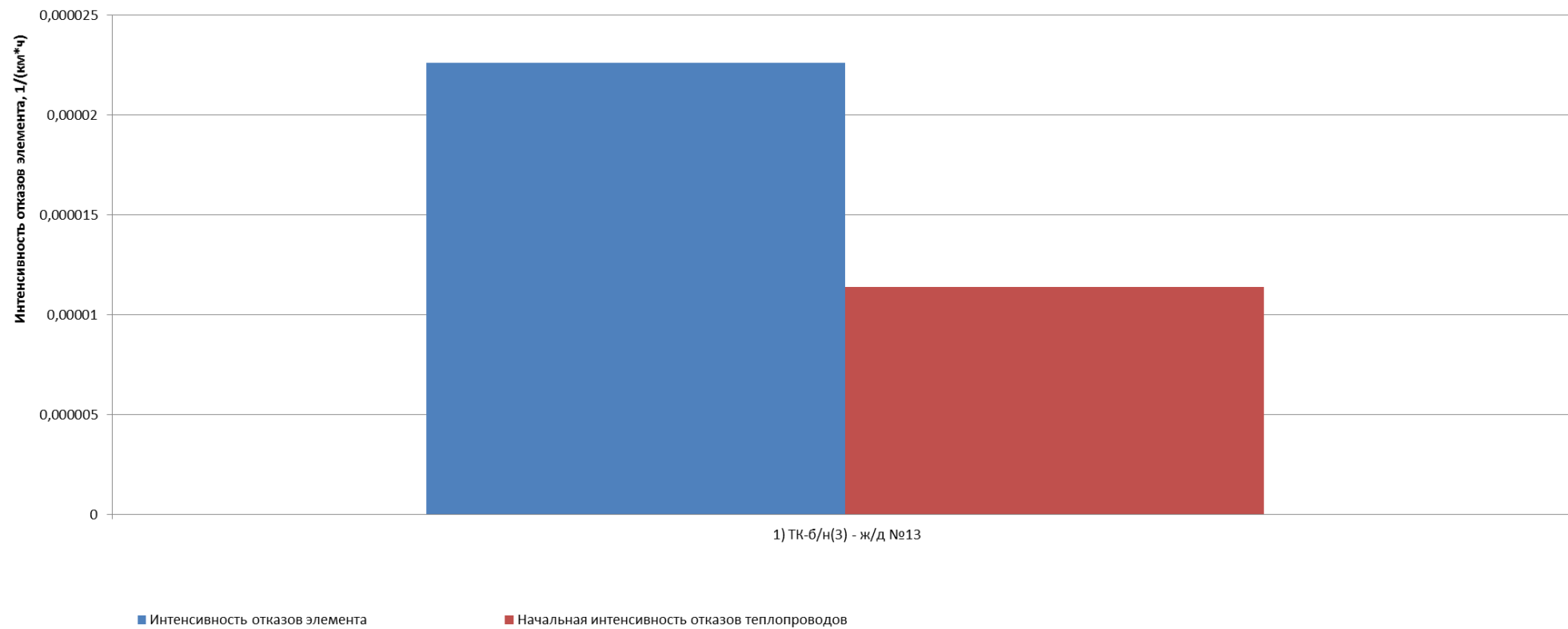


Рисунок 10.31 - Интенсивность отказов элементов тепловой сети котельной д. Сумароково

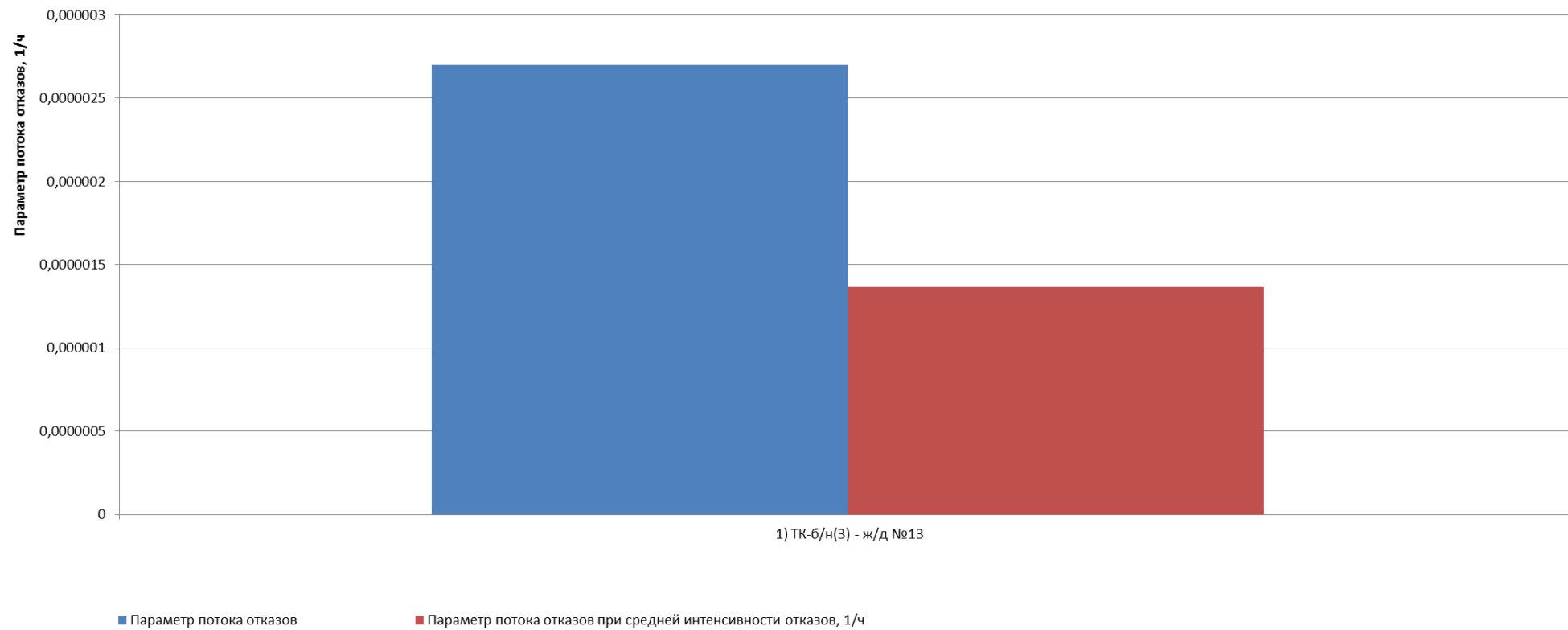


Рисунок 10.32 - Параметр потока отказов элементов тепловой сети котельной д. Сумароково

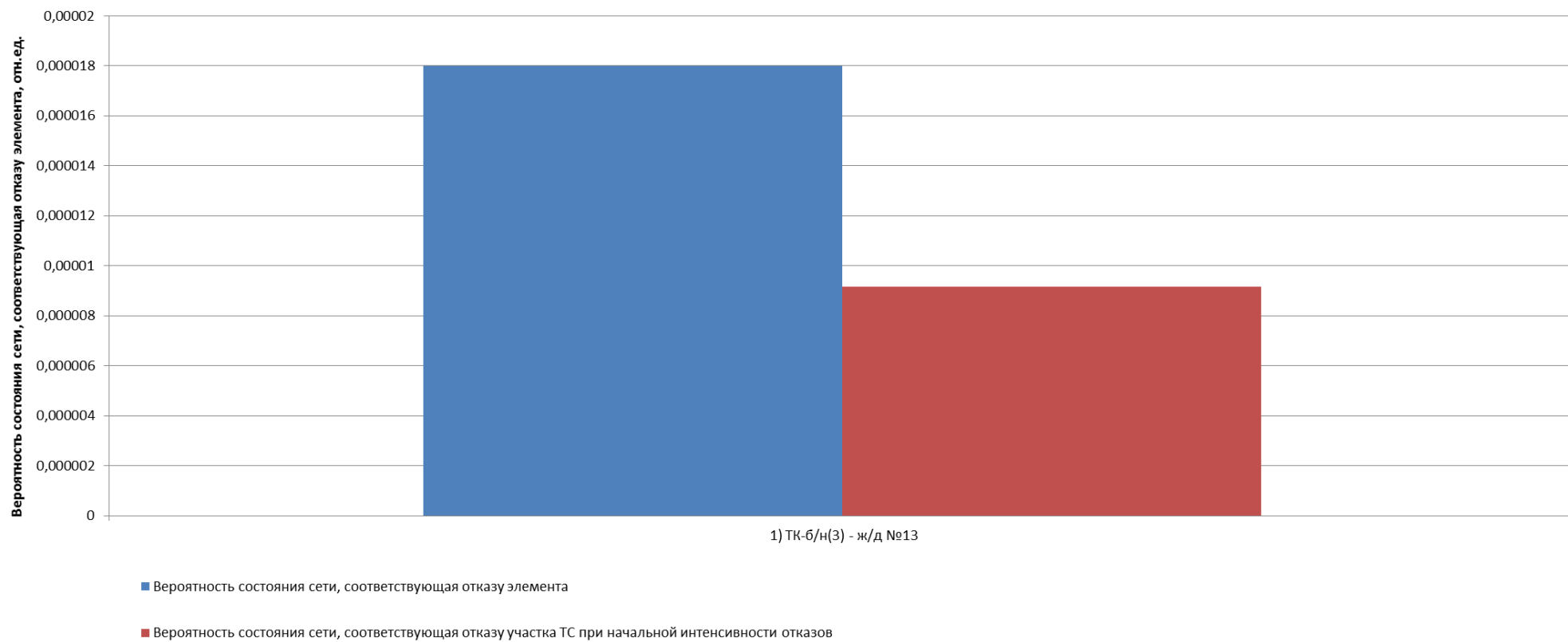


Рисунок 10.33 - Вероятности состояния тепловой сети, соответствующие отказам ее элементов котельной д. Сумароково

Таблица 10.17 - Показатели надежности теплоснабжения потребителей котельной д. Сумароково

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 №16 (-)	0,022509468	0	60	12	1	0,999965	0,0022
2) ж/д №17 (-)	0,027220752	0	60	12	1	0,999973	0,0026
3) ж/д №18 (-)	0,022858452	0	60	12	1	0,999979	0,0022
4) ж/д №13 (-)	0,024777864	0	60	12	1	0,999994	0,0024

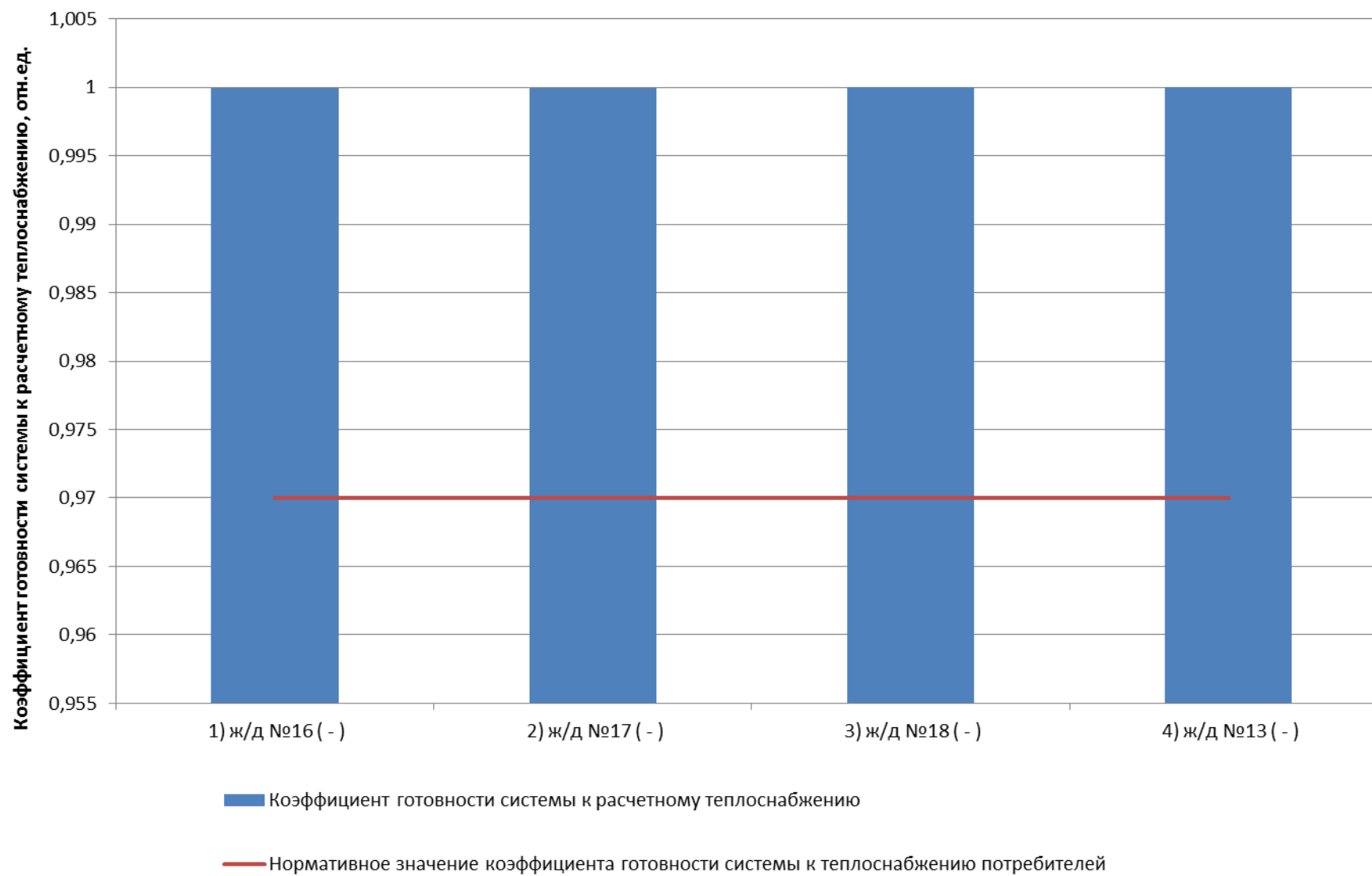


Рисунок 10.34 - Сопоставление коэффицентов готовности с нормативным значением котельной д. Сумароково

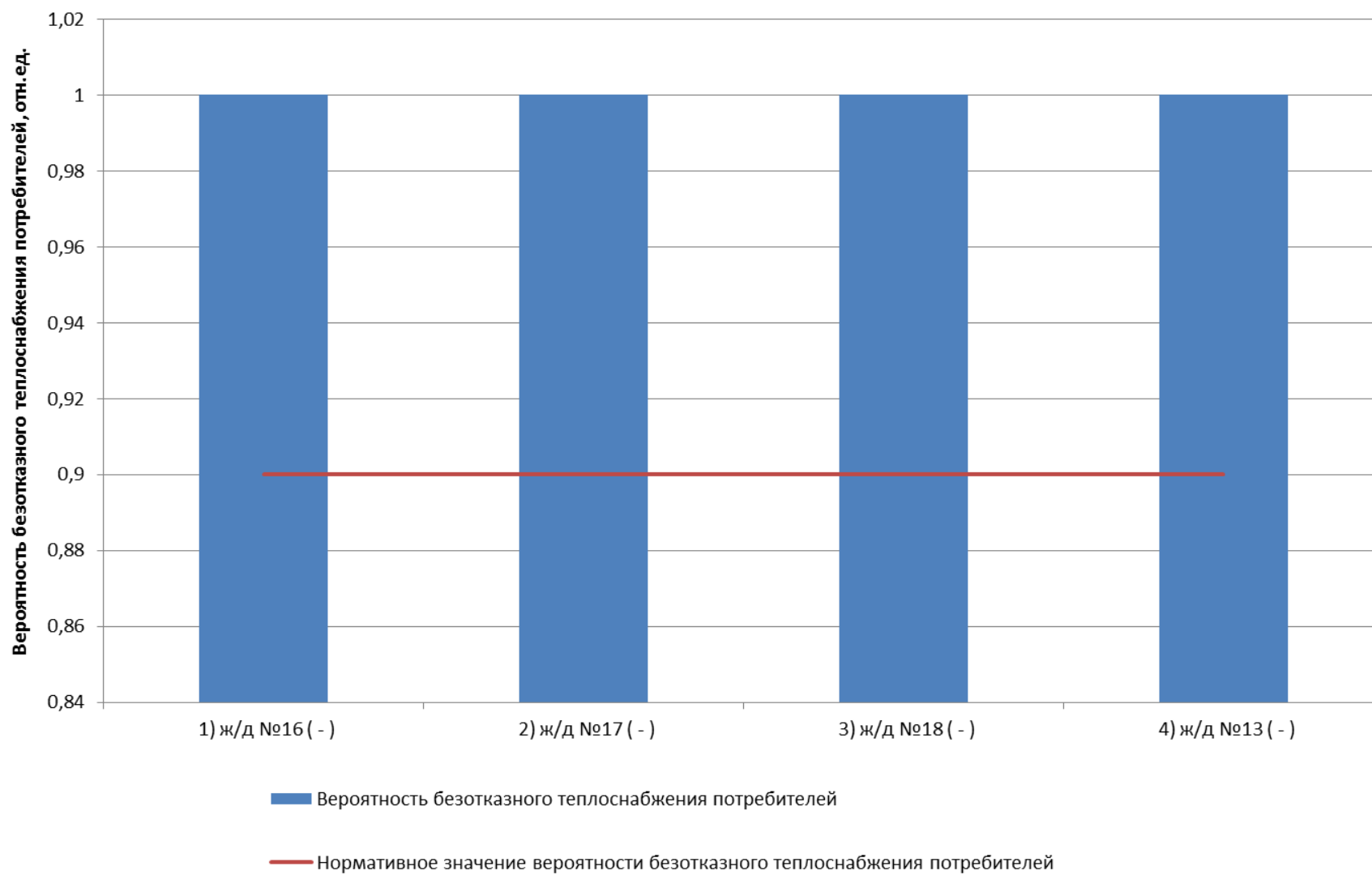


Рисунок 10.35 - Сопоставление вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню с нормативным значением котельной д. Сумароково

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 Ивановское до 2030 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 10.18.

Таблица 10.18 - Котельные с тепловыми сетями, имеющими длительный срок эксплуатации

№ п/п	Наименование котельной
1	Котельная п. Белаяя Гора
2	Котельная д. Лидино
3	Котельная д. Лихачево
4	Котельная д. Сумароково

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 Ивановское приведены в главе 7 Обосновывающих материалов схемы теплоснабжения.