



Муниципальное образование город Нижнекамск

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ –
Г. НИЖНЕКАМСК НА ПЕРИОД ДО 2040 ГОДА**

Актуализация

Том 2. Обосновывающие материалы

**Глава 11. Оценка надежности теплоснабжения муниципального
образования город Нижнекамск
ШИФР 009.16.СТ-ОМ.011.000**

Казань, 2025 г.

СОСТАВ ДОКУМЕНТОВ

Наименование документа	ШИФР
Схема теплоснабжения муниципального образования город Нижнекамск на период до 2040 года (Актуализация на 2025г) Том 1. Утверждаемая часть	009.16.СТ-УЧ.001.000
Схема теплоснабжения муниципального образования город Нижнекамск на период до 2040года (Актуализация на 2025г) Том 2. Обосновывающие материалы	
Глава 1 Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения	009.16.СТ-ОМ.001.000
Глава 2 Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения	009.16.СТ-ОМ.002.000
Глава 3 Электронная модель системы теплоснабжения муниципального образования город Нижнекамск	009.16.СТ-ОМ.003.000
Глава 4 Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей	009.16.СТ-ОМ.004.000
Глава 5 Мастер-план развития систем теплоснабжения муниципального образования город Нижнекамск	009.16.СТ-ОМ.005.000
Глава 6 Существующие и перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей, в том числе в аварийных режимах	009.16.СТ-ОМ.006.000
Глава 7 Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии	009.16.СТ-ОМ.007.000

Наименование документа	ШИФР
Глава 8 Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей	009.16.СТ-ОМ.008.000
Глава 9 Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения	009.16.СТ-ОМ.008.000
Глава 10 Перспективные топливные балансы	009.16.СТ-ОМ.010.000
Глава 11 Оценка надежности теплоснабжения	009.16.СТ-ОМ.011.000
Глава 12 Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение	009.16.СТ-ОМ.012.000
Глава 13 Индикаторы развития систем теплоснабжения города Нижнекамска	009.16.СТ-ОМ.013.000
Глава 14 Ценовые (тарифные) последствия	009.16.СТ-ОМ.014.000
Глава 15 Реестр единых теплоснабжающих организаций	009.16.СТ-ОМ.015.000
Глава 16 Реестр проектов схемы теплоснабжения	009.16.СТ-ОМ.016.000
Глава 17 Замечания и предложения к проекту схемы теплоснабжения	009.16.СТ-ОМ.017.000
Глава 18 Сводный том изменений, выполненных в актуализированной схеме теплоснабжения	009.16.СТ-ОМ.018.000
Глава 19 Перспективное положение по воздействию систем теплоснабжения на экологию	009.16.СТ-ОМ.019.000

Оглавление

1. Методика расчета показателей надежности тепловых сетей.....	5
2. Методика расчета надежности теплоснабжения.....	10
3. Результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийных ситуаций), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в системе теплоснабжения г. Нижнекамск за последние 5 лет	16
4. Расчет показателей надежности в системе теплоснабжения г. Нижнекамск	19
4.1. Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей филиала АО «ТГК- 16» «Нижнекамская ТЭЦ»	19
4.2. Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей ООО «Нижнекамская ТЭЦ»	26

1. Методика расчета показателей надежности тепловых сетей

Общие положения

Оценка надежности теплоснабжения разрабатывается в соответствии с пунктом 73 Требований к схемам теплоснабжения. Нормативные требования к надёжности теплоснабжения установлены в СНиП 41.02.2003 «Тепловые сети» в части пунктов 6.27-6.31 раздела «Надежность».

Цель расчета – количественная оценка надежности теплоснабжения потребителей и обоснование необходимых мероприятий по достижению нормативной надежности теплоснабжения для каждого потребителя.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

1. Первая категория – потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные». Например, больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.

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

- жилых и общественных зданий до $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- промышленных зданий до $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Третья категория – остальные потребители.

В СНиП 41.02.2003 надежность теплоснабжения определяется по способности проектируемых и действующих источников тепловой энергии, тепловых сетей и в целом систем централизованного теплоснабжения обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) обеспечивать нормативные показатели вероятности безотказной работы $[P_j]$, коэффициент готовности $[K_j]$, живучести $[Ж]$.

Вероятность безотказной работы $[P_j]$ – способность системы не допускать отказов, приводящих к снижению температуры воздуха в зданиях ниже граничного значения. Минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для:

- источника тепловой энергии РИТ = 0,97;
- тепловых сетей РТС = 0,9;
- потребителя теплоты РПТ = 0,99;

- СЦТ в целом $РСЦТ = 0,9 \times 0,97 \times 0,99 = 0,86$.

Нормативные показатели безотказности тепловых сетей обеспечиваются следующими мероприятиями:

- установлением предельно допустимой длины нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;
- местом размещения резервных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;
- достаточностью диаметров, выбираемых при проектировании новых или реконструируемых существующих теплопроводов для обеспечения резервной подачи теплоты потребителям при отказах;
- необходимость замены на конкретных участках конструкций тепловых сетей и теплопроводов на более надежные, а также обоснованность перехода на надземную или тоннельную прокладку;
- очередность ремонтов и замен теплопроводов, частично или полностью утративших свой ресурс.

Коэффициент готовности $[K_j]$ (далее – КГ) представляет собой вероятность того, что в произвольный момент времени в течение отопительного периода потребителям будет обеспечена подача расчетного количества тепла.

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

Минимально допустимый показатель готовности системы теплоснабжения к исправной работе K_j принимается 0,97.

Нормативные показатели готовности систем теплоснабжения обеспечиваются следующими мероприятиями:

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

Термины и определения

Термины и определения, используемые в данном разделе, соответствуют определениям ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике», ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции».

Надежность – свойство участка тепловой сети или элемента тепловой сети сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность обеспечивать передачу теплоносителя в заданных режимах и условиях применения и технического обслуживания. Надежность тепловой сети и системы теплоснабжения является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность – свойство тепловой сети непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки;

Долговечность – свойство тепловой сети или объекта тепловой сети сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта;

Ремонтпригодность – свойство элемента тепловой сети, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта;

Исправное состояние – состояние элемента тепловой сети и тепловой сети в целом, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

Неисправное состояние – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети в целом, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

Работоспособное состояние – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети в целом, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

Неработоспособное состояние – состояние элемента тепловой сети, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Для сложных объектов возможно деление их неработоспособных состояний. При этом из

множества неработоспособных состояний выделяют частично неработоспособные состояния, при которых тепловая сеть способна частично выполнять требуемые функции;

Предельное состояние – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети в целом, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно;

Критерий предельного состояния – признак или совокупность признаков предельного состояния элемента тепловой сети, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией. В зависимости от условий эксплуатации для одного и того же элемента тепловой сети могут быть установлены два и более критериев предельного состояния;

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям;

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния;

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния элемента тепловой сети или тепловой сети в целом;

Критерий отказа – признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния тепловой сети, установленные в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Для целей перспективной схемы теплоснабжения термин «отказ» будет использован в следующих интерпретациях:

- отказ участка тепловой сети – событие, приводящие к нарушению его работоспособного состояния (т.е. прекращению транспорта теплоносителя по этому участку в связи с нарушением герметичности этого участка);
- отказ теплоснабжения потребителя – событие, приводящее к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже +12 °С, (в промышленных зданиях ниже +8 °С).

При актуализации схемы теплоснабжения для описания надежности термины «повреждение» и «инцидент» будут употребляться только в отношении событий, к которым может быть применена процедура отложенного ремонта, потому что в соответствии с ГОСТ 27.002-2015 эти события не приводят к нарушению работоспособности участка тепловой сети и, следовательно, не требуют выполнения незамедлительных ремонтных работ с целью восстановления его работоспособности. К таким событиям относятся

зарегистрированные «свищи» на прямом или обратном теплопроводах тепловых сетей. Тем не менее, ремонтные работы по ликвидации свищей требуют прерывания теплоснабжения (если нет вариантов подключения резервных теплопроводов), и в этом смысле они аналогичны «отложенным» отказам.

В документе не употребляется термин «авария», так как это характеристика «тяжести» отказа и возможных последствий его устранения. Все упомянутые в этом абзаце термины устанавливают лишь градацию (шкалу) отказов.

2. Методика расчета надежности теплоснабжения

Расчет показателей надежности тепловых сетей муниципального образования город Нижнекамск проводился с помощью программного комплекса «[ZuluThermo](#)» в соответствии с П18.2 «Определение показателей надежности потребителя, присоединенного к тепловой сети системы теплоснабжения» [Приказа Министерства энергетики РФ от 5 марта 2019 г. № 212 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения»](#).

Основные расчетные зависимости

- Интенсивность отказов теплопровода λ с учетом времени его эксплуатации рассчитывается по формуле:

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

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:

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

Расчет интенсивности отказов участков тепловой сети, имеющих продолжительность эксплуатации до 25 лет, производится по формуле. Участки сети с продолжительностью эксплуатации 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 этих участков принимается равной интенсивности отказов новых участков, а не перекладываемых участков – максимальной (т.е. равной интенсивности отказов участков, имеющих продолжительность эксплуатации 25 лет).

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

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

- Параметр потока отказов участков тепловой сети:

$$\omega = \lambda \cdot L, 1/\text{ч};$$

где L – длина участка тепловой сети, км;

- Среднее время до восстановления участков тепловой сети:

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

где $L_{сз}$ – расстояние между секционирующими задвижками, км;

a, b, c – коэффициенты, учитывающие способ прокладки теплопровода;

d – диаметр участка тепловой сети, м.

Значения коэффициентов a, b, c , учитывающих способ прокладки теплопровода, приведены в Табл. 2.1.

В зависимости от диаметра теплопровода, значения расстояний между секционирующими задвижками $L_{сз}$ должно соответствовать требованиям СНиП 41–02–2003 «Тепловые сети», приведены в Табл. 2.2.

Табл. 2.1. Значения коэффициентов a, b, c

Способ прокладки теплопровода	Значения коэффициентов		
	a	b	c
в канале (без канала)	6	0,5	0,0015

Табл. 2.2 . Расстояния между секционирующими задвижками в метрах и место их расположения

Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
	без ответвлений	ответвления	без ответвлений	ответвления
до 0,4	1000	непосредственно за ответвлением, 1000	непосредственно за местом изменения диаметра, 1000	непосредственно за ответвлением, 1000
от 0,4 до 0,6	1500	непосредственно за ответвлением, 1500	непосредственно за местом изменения диаметра, 1000	непосредственно за ответвлением, 1000
от 0,6 до 0,9	3000	непосредственно за ответвлением, 3000	непосредственно за местом изменения диаметра, 1000, 1500	непосредственно за ответвлением, 1000, 1500
более 0,9	5000	непосредственно за ответвлением, 5000	непосредственно за местом изменения диаметра, 1000, 1500, 3000	непосредственно за ответвлением, 1000, 1500, 3000

- Среднее время до восстановления запорно-регулирующей арматуры:

Время восстановления запорно-регулирующей арматуры принимается равным времени восстановления теплопровода, так как отказ запорно-регулирующей арматуры и отказ теплопровода одного и того же диаметра требуют сопоставимых временных затрат на их восстановление;

- Интенсивность восстановления элементов тепловой сети:

$$\mu = \frac{1}{z^b}, 1/\text{ч};$$

- Стационарная вероятность рабочего состояния сети:

$$p_0 = \left(1 + \sum_{i=1}^N \frac{\omega_i}{\mu_i} \right)^{-1};$$

где N – число элементов тепловой сети, шт;

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

$$p_f = \frac{\omega_f}{\mu_f} \cdot p_0;$$

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

$$t_{j,f}^B = t^{HP} + \frac{t_j^{BP} - t^{HP} - \bar{q}_{j,f} (t_j^{BP} - t^{HP})}{e^{\left(\frac{z_j^B}{\beta_j}\right)}} + \bar{q}_{j,f} \cdot (t_j^{BP} - t^{HP}), \text{ } ^\circ\text{C};$$

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

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

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

f -го элемента при t^{HP} ;

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

q_j^P – расчетная часовая нагрузка j -го потребителя при отказе f -го элемента при t^{HP} , Гкал/ч;

z_j^B – время восстановления f -го элемента тепловой сети, ч;

β_j – коэффициент тепловой аккумуляции здания j -го потребителя, ч.

Численные значения коэффициента тепловой аккумуляции здания (β_j) для различных типов зданий принимаются в соответствии с рекомендациями МДС 41-6.2000 «Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах Российской Федерации».

Численные значения расчетной температуры воздуха в зданиях потребителей (t^{HP}) принимаются в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».

- Коэффициент готовности системы к теплоснабжению j -го потребителя:

$$K_j = p_0 + \sum_{f \neq j} p_f \cdot \frac{\tau_{от} - \tau_{j,f}^H}{\tau_{от}},$$

где $\tau_{от}$ – продолжительность отопительного периода, ч;

$\tau_{j,f}^H$ – продолжительность действия низких температур наружного воздуха $\tau_{j,f}^H$ (ниже расчетной температуры наружного воздуха τ^{HP}) в течение отопительного периода, при которой время восстановления отказавшего f -го элемента становится равным времени снижения температуры воздуха в здании j -го потребителя до минимальнодопустимого значения, ч;

если температура наружного воздуха ($\tau_{j,f}^H$) оказывается равной или выше $+8$ °C (начало отопительного сезона), отказы данного f -го элемента нарушают расчетный уровень теплоснабжения j -го потребителя в течение всего отопительного сезона ($\tau_{j,f}^H = \tau_{от}$), то при расчете K_j , коэффициент при p_f равен 0;

если $\tau_{j,f}^H$ оказывается ниже или равной τ^{HP} , отказы f -го элемента в течение всего отопительного сезона не влияют на теплоснабжение j -го потребителя ($\tau_{j,f}^H = 0$), то при расчете K_j , коэффициент при p_f равен 1;

если $\tau^{HP} < \tau_{j,f}^H < +8$ °C и $0 < \tau_{j,f}^H < \tau_{от}$, то при расчете K_j , коэффициент при p_f равен $\frac{\tau_{от} - \tau_{j,f}^H}{\tau_{от}}$.

Численное значение продолжительности действия температур наружного воздуха $\tau_{j,f}^H$ при условии $\tau^{HP} < \tau_{j,f}^H < +8$ °C определяется в соответствии с требованиями СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя в течение отопительного периода:

$$P_j = e^{-\left(\sum_f \omega_f \cdot (\tau_{от} - z_{i,f}) \cdot e^{\left(\frac{z_{j,f}}{z_{k,f}} \right)} \right)}$$

• Средний суммарный недоотпуск теплоты j -ому потребителю в течение отопительного периода:

$$\bar{Q}_j = \left(g_{0j} - \sum_{f=0} p_f g_{f,j} \right) \cdot (\tau_{1p} - \tau_{2p}) \cdot \frac{\tau_j^{BP} - \tau_{ср.от}^H}{\tau_j^{BP} - \tau^{HP}} \cdot \tau_{от} \cdot 10^{-3}, \text{ Гкал};$$

где g_{0j} – расчетный расход теплоносителя j -м потребителем, т/ч;

$\tau_{ср.от}^H$ – среднее значение температуры наружного воздуха в отопительном периоде, °C.

Допущения, принятые в расчете

Численные значения показателей надежности определяются для отопительной нагрузки потребителей, отнесенных к узлам расчетной схемы тепловой сети.

- Распределение потока отказов в тепловой сети простое пуассоновское.
 - Вероятность одновременного возникновения двух отказов не учитывается, так как в действующих тепловых сетях вероятность одновременного возникновения двух отказов на три - четыре порядка меньше вероятности возникновения одного отказа.
 - Исправное состояние тепловой сети и состояние отказа участка тепловой сети описываются графом состояний, в котором переход тепловой сети из исправного состояния в состояние отказа происходит при отказе одного любого элемента тепловой сети. При расчете показателей надежности обратный перевод тепловой сети из состояния отказа в исправное состояние не производится.
 - При восстановлении отказавшего элемента тепловой сети отказы других элементов тепловой сети не происходят.
 - При анализе последствий отказов в тепловой сети, считается возможным перевод в состояние отказа любого элемента тепловой сети, путем его отключения.
 - Надежность тепловой сети оценивается по характеристикам надежности ее элементов. С этой целью вычисляются вероятностные меры возможных состояний тепловой сети с определением количества тепловой энергии, подаваемой каждому потребителю в этих состояниях и учетом временного резерва на восстановление теплоснабжения потребителей.
 - Функциональным отказом тепловой сети считается снижение температуры воздуха в здании потребителя (t^B), ниже минимально допустимого значения, нормированного СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».
 - Для каждого обобщенного потребителя электронной модели схемы теплоснабжения, коэффициент тепловой аккумуляции устанавливается, с учетом теплоаккумулирующих характеристик и категоричности зданий.
- Определение вероятности состояний тепловой сети производится для временного сечения отопительного периода, соответствующего расчетной температуре наружного воздуха ($t_{нр}$).
- За расчетный период принимается продолжительность отопительного периода ($\tau_{от}$).
 - Среднее значение интенсивности отказов 1 км одного (подающего или обратного) теплопровода λ_t , принимается равным $5,7 \cdot 10^{-6}$, 1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год). Среднее значение интенсивности отказов одного элемента запорно-

регулирующей арматуры $\lambda_{\text{ЗРА}}$, принимается равным $2,28 \cdot 10^{-7}$, 1/ч или 0,002 1/год, а распределение потока отказов простым пуассоновским.

- Распределение потока отказов участка тепловой сети подчиняется закону Вейбулла. Расчет интенсивности отказов участков тепловой сети, имеющих продолжительность эксплуатации до 25 лет, производится по формуле. Участки сети с продолжительностью эксплуатации 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 этих участков принимается равной интенсивности отказов новых участков, а не перекладываемых участков – максимальной (т.е. равной интенсивности отказов участков, имеющих продолжительность эксплуатации 25 лет).

- Расстояние между секционирующими задвижками в электронной модели схемы теплоснабжения проверяется с помощью топологического анализа их расположения на участках тепловой сети. 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.

3. Результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийных ситуаций), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в системе теплоснабжения г.

Нижнекамск за последние 5 лет

Показатели повреждаемости систем теплоснабжения в зоне деятельности филиала АО «Татэнерго» «Нижнекамские тепловые сети» за последние 5 лет приведены в Табл. 3.1, Табл. 3.2.

Показатели восстановления в системе теплоснабжения в зоне деятельности филиала АО «Татэнерго» «Нижнекамские тепловые сети» за последние 5 лет приведены в Табл. 3.3.

Средний недоотпуск тепловой энергии на отопление потребителей в системах теплоснабжения в зоне деятельности филиала АО «Татэнерго» «Нижнекамские тепловые сети» за последние 5 лет приведена в Табл. 3.4, Табл. 3.5.

Табл. 3.1 . Показатели повреждаемости систем теплоснабжения в зоне деятельности филиала АО «Татэнерго» «Нижнекамские тепловые сети» (по каждой системе теплоснабжения от каждого источника теплоснабжения)

Наименование показателя	2020	2021	2022	2023	2024
Повреждения в магистральных тепловых сетях, 1/км/год в том числе:	0,477	0,888	0,885	1,083	0,627
в отопительный период, 1/км/оп	0,035	0,041	0,034	0,068	0,073
в период испытаний на плотность и прочность, 1/км/год	0,262	0,703	0,579	0,752	0,403
в межотопительный период, 1/км/год	0,18	0,143	0,272	0,264	0,151

Табл. 3.2 . Показатели повреждаемости систем теплоснабжения в зоне деятельности филиала АО «Татэнерго» «Нижнекамские тепловые сети» (в целом по организации)

Наименование показателя	2019	2020	2021	2022	2023
Повреждения в магистральных тепловых сетях, 1/км/год в том числе:	0,477	0,888	0,885	1,083	0,627
в отопительный период, 1/км/оп	0,035	0,041	0,034	0,068	0,073
в период испытаний на плотность	0,262	0,703	0,579	0,752	0,403

и прочность, 1/км/год					
в межотопительный период, 1/км/год	0,18	0,143	0,272	0,264	0,151

Табл. 3.3 . Показатели восстановления в системе теплоснабжения в зоне деятельности филиала АО «Татэнерго» «Нижекамские тепловые сети»

Наименование показателя	2020	2021	2022	2023	2024
Среднее время восстановления теплоснабжения после повреждения в магистральных тепловых сетях в отопительный период, час	5,3	3,9	3,23	4,3	6,09

Табл. 3.4 Средний недоотпуск тепловой энергии на отопление потребителей в системе теплоснабжения АО «Татэнерго» «Нижекамские тепловые сети» (по каждой системе теплоснабжения источника теплоснабжения)

Наименование показателя	2020	2021	2022	2023	2024
Средний недоотпуск тепловой энергии на отопление в системе теплоснабжения	-	-	-	-	-

Табл. 3.5 Средний недоотпуск тепловой энергии на отопление потребителей в системе теплоснабжения АО «Татэнерго» «Нижекамские тепловые сети» (в целом по организации)

Наименование показателя	2020	2021	2022	2023	2024
Средний недоотпуск тепловой энергии на отопление в системе теплоснабжения ЕТО	-	-	-	-	-

В ходе анализа значений, приведенных наблюдается повышение числа повреждений тепловых сетей после 2020 года в зоне теплоснабжения обоих ЕТО.

При этом необходимо отметить, что имеются факты повреждаемости сетей в отопительный период с 2020 – 2024 г.г., что может свидетельствовать о недостаточности надёжности сетей и эффективности проведения регламентных работ по испытаниям тепловых сетей в межотопительный период.

4. Расчет показателей надежности в системе теплоснабжения г. Нижнекамск

4.1. Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ»

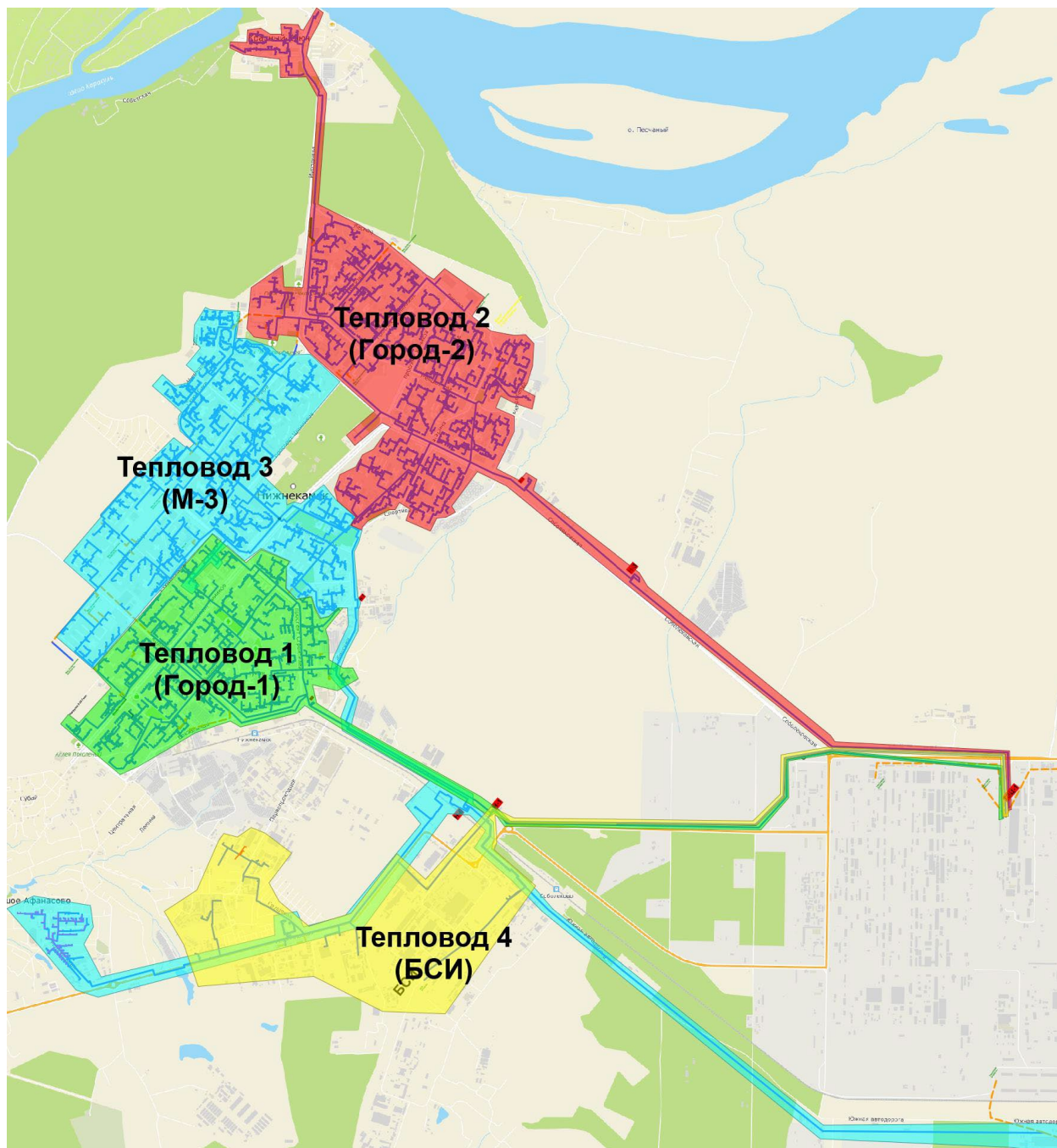


Рис. 4.1. Зоны действия тепловодов сетей теплоснабжения г. Нижнекамск

Результаты расчета по состоянию 2024 года существующей схемы теплоснабжения по тепловоду Город-1:

Продолжительность отопительного периода в часах – 5328.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – $-3,08^{\circ}\text{C}$.

1. Вероятность безотказной работы (далее – ВБР) СЦТ в целом (Стационарная вероятность рабочего состояния сети) составила 0.002002 (нормативное значение – 0,86, согласно п. 6.26 СП 124.13330.2012).

2. Показатель готовности системы теплоснабжения к исправной работе – 0.002009-0.004442 (нормативное значение – 0,97, согласно п. 6.29 СП 124.13330.2012).

3. Вероятность безотказной работы потребителей теплоты – 0 (нормативное значение – 0,99, согласно п. 6.26 СП 124.13330.2012).

Результаты расчета по состоянию 2024 года существующей схемы теплоснабжения по тепловоду Город-2:

Продолжительность отопительного периода в часах – 5328.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – $-3,08^{\circ}\text{C}$.

1. Вероятность безотказной работы СЦТ в целом (Стационарная вероятность рабочего состояния сети) составила 0.245201.

2. Показатель готовности системы теплоснабжения к исправной работе – 0.248069-0.248784.

3. Вероятность безотказной работы потребителей теплоты – 0.

Результаты расчета по состоянию 2024 года существующей схемы теплоснабжения по тепловоду БСИ:

Продолжительность отопительного периода в часах – 5328.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – $-3,08^{\circ}\text{C}$.

1. Вероятность безотказной работы СЦТ в целом (Стационарная вероятность рабочего состояния сети) составила 0,223649.

2. Показатель готовности системы теплоснабжения к исправной работе – 0.22427- 0.323899.

3. Вероятность безотказной работы потребителей теплоты – 0.

Ввиду ненормативных показателей надежности системы теплоснабжения, на некоторых участках филиала АО «ТГК-16» - «Нижекамская ТЭЦ (ПТК-1)» (тепловоды Город-1, Город-2, БСИ) необходимо произвести реконструкцию трубопроводов.

Полные результаты расчета показателей надежности потребителей с учетом планируемой и рекомендуемой перекладки приведены в Приложении 1 к Главе 11 Обосновывающих материалов к схеме теплоснабжения. Результаты расчета надежности работы теплопроводов тепловой сети (с указанием года предполагаемой замены участков) представлены в Приложении 2 к Главе 11

Обосновывающих материалов к схеме теплоснабжения.

Ниже рассмотрим оценку надежности теплоснабжения потребителей в перспективном слое электронной модели до 2040 года по тепловодам Город-1, Город-2 и БСИ.

На Рис. 4.2-4.4 представлен сравнительный анализ нормативных и фактических показателей надежности системы теплоснабжения с учетом планируемой и рекомендуемой реконструкции участков тепловой сети до 2040 года.

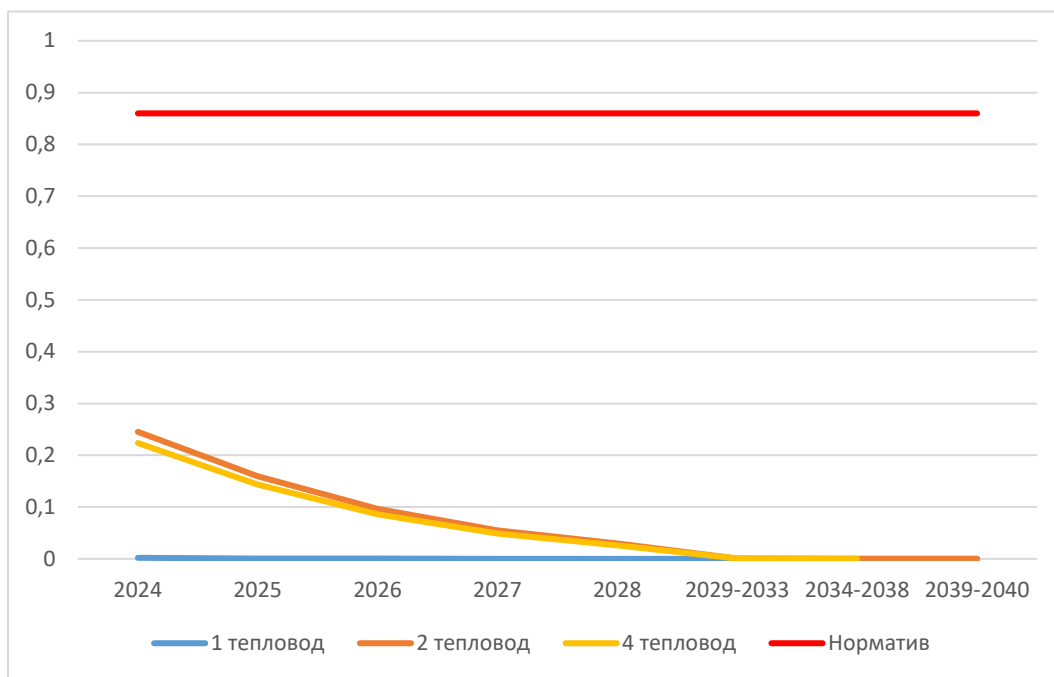


Рис. 4.2. Сравнительный анализ нормативного и фактического показателя минимальной ВБР потребителей тепловодов филиала АО «ТГК-16» - «Нижнекамская ТЭЦ (ПТК-1)» до 2040 года

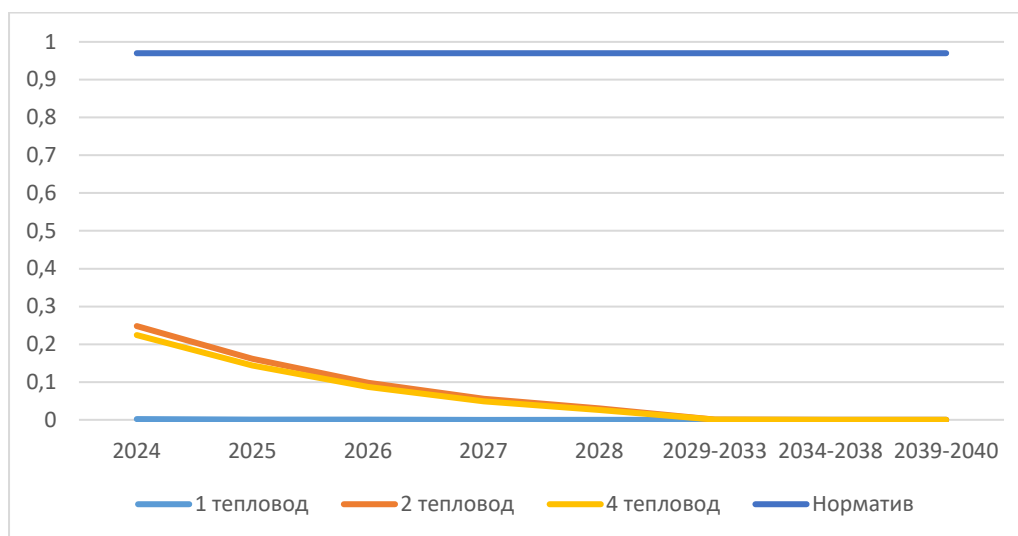


Рис. 4.3. Сравнительный анализ нормативного и фактического показателя готовности системы теплоснабжения к исправной работе тепловодов филиала АО «ТГК-16» - «Нижнекамская ТЭЦ (ПТК-1)» до 2040 года

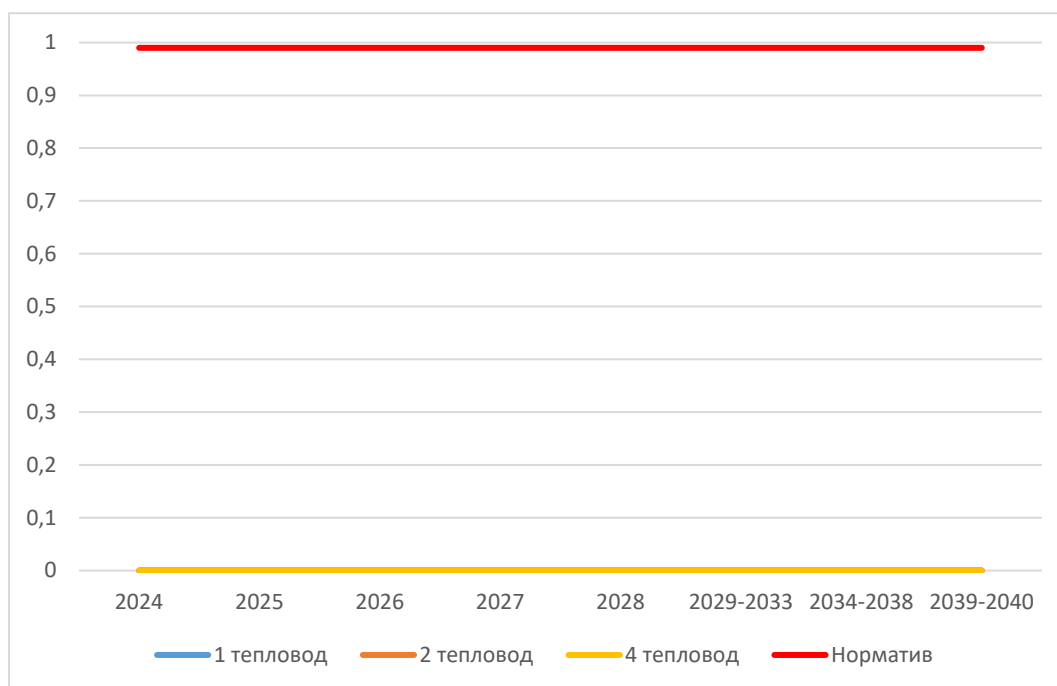


Рис. 4.4. Сравнительный анализ нормативного и фактического показателя ВБР системы в целом по тепловодам филиала АО «ТГК-16» - «Нижнекамская ТЭЦ (ПТК-1)» до 2040 года

Таким образом, согласно рис. 4.2, минимальная величина вероятности безотказной работы потребителей теплоты остается ниже нормативного значения ($VBR=0,99$),

Согласно рис. 4.3, минимальная величина показателя коэффициента готовности системы теплоснабжения к исправной работе с учетом поэтапной перекладки трубопроводов остается ниже нормативного значения ($KG=0,97$)/

Согласно рис. 4.4, величина вероятности безотказной работы СЦТ в целом ниже нормативного значения ($VBR_{\text{сцт}}=0,86$).

На рис. 4.5-4.7 представлены зоны ненормативной надежности в зоне действия тепловодов Город-1, Город-2 и БСИ в перспективном слое по показателю ВБР потребителей теплоты.

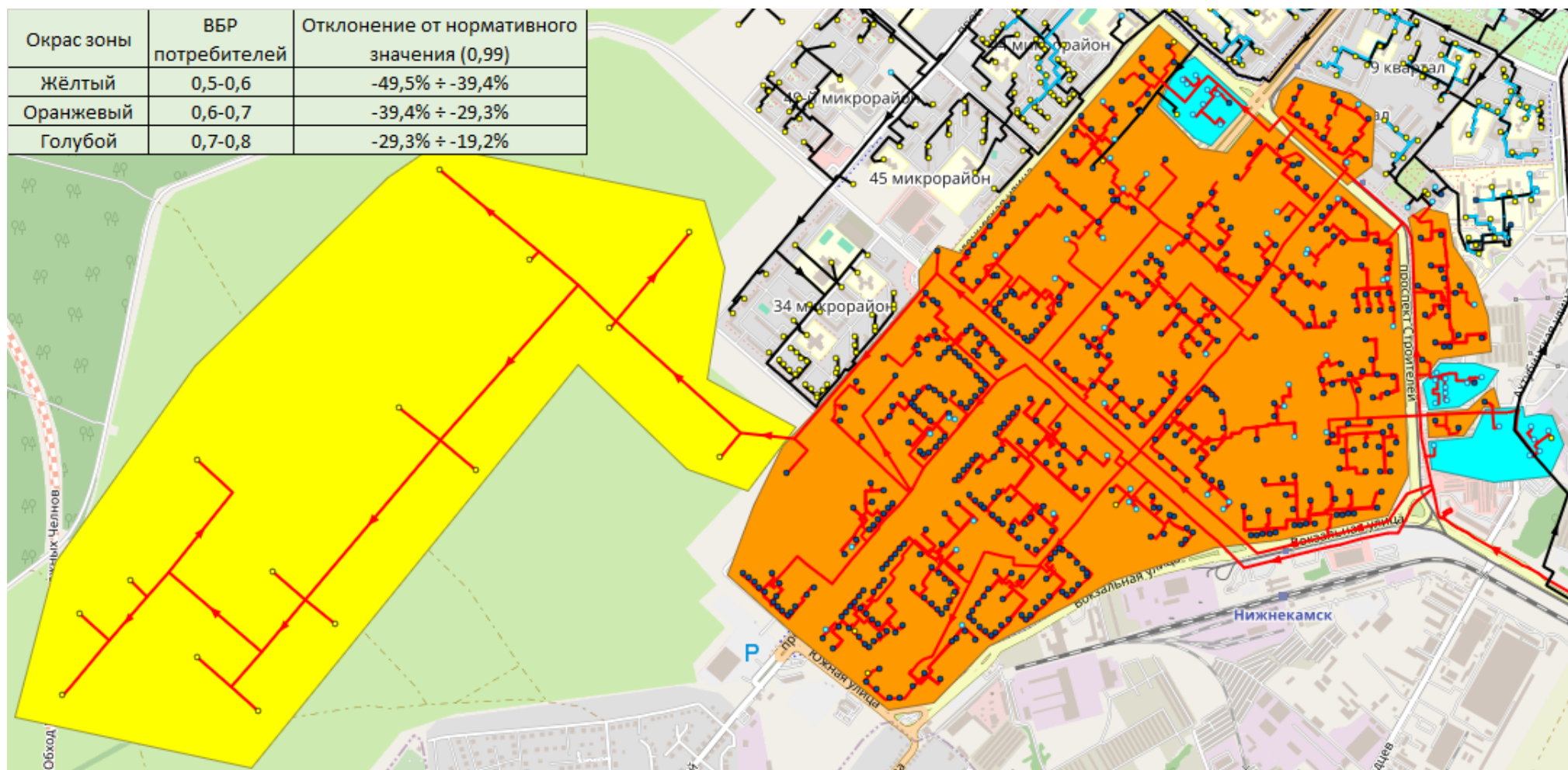


Рис. 4.5. Зоны ненормативной надежности в зоне действия тепловода Город-1 (сеть выделена красным) по показателю ВБР потребителей теплоты

Окрас зоны	ВБР потребителей	Отклонение от нормативного значения (0,99)
Жёлтый	0,56-0,6	-66,7% ÷ -39,4%
Оранжевый	0,6-0,7	-39,4% ÷ -29,3%
Голубой	0,7-0,8	-29,3% ÷ -19,2%
Зелёный	0,8-0,83	-19,2% ÷ -16%

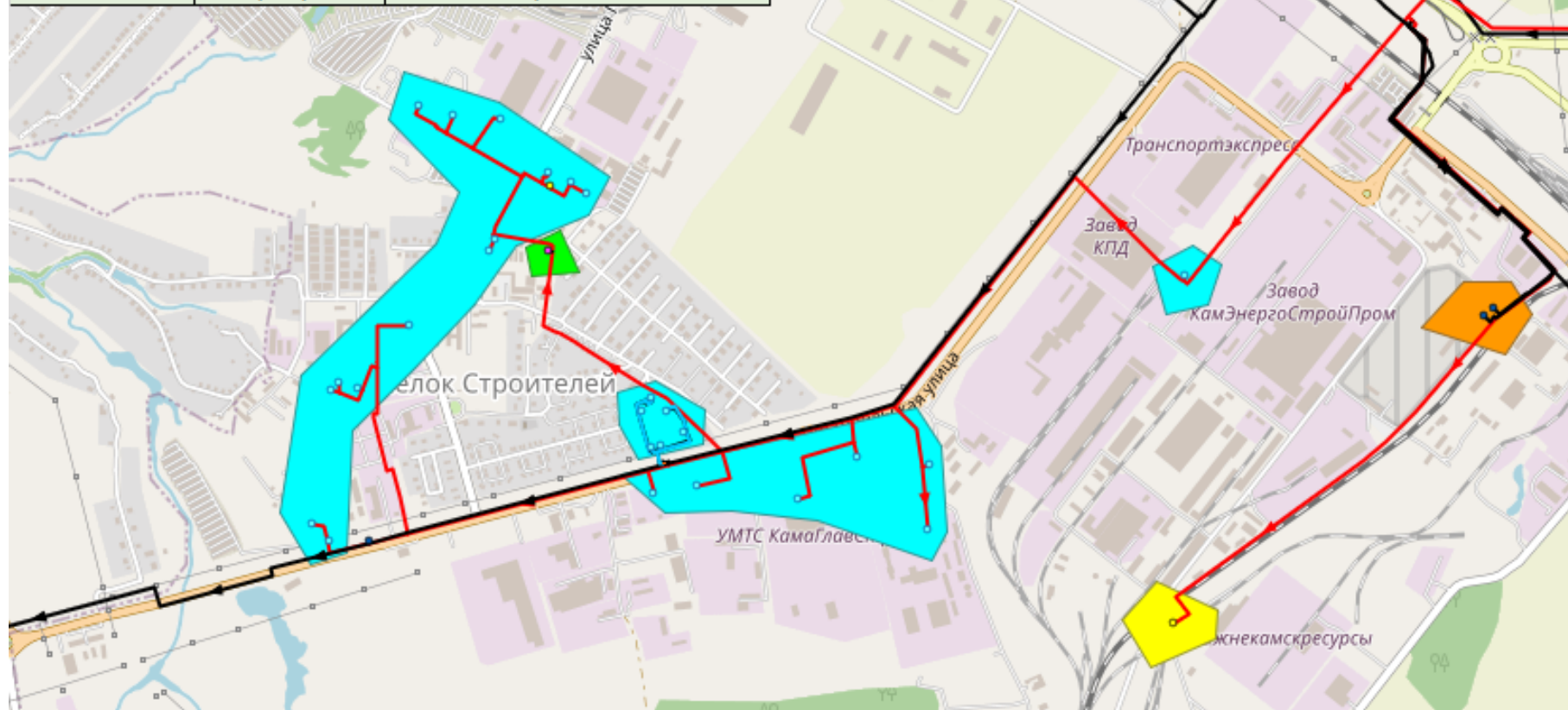


Рис. 4.7. Зоны ненормативной надежности в зоне действия тепловода БСИ (сеть выделена красным) по показателю ВБР потребителей теплоты

4.2. Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей ООО «Нижекамская ТЭЦ»

Результаты расчета по состоянию 2024 года существующей схемы теплоснабжения по тепловоду М-3:

Продолжительность отопительного периода в часах – 5328.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – -3,08 °С.

1. Вероятность безотказной работы СЦТ в целом (Стационарная вероятность рабочего состояния сети) составила 0.89562.

2. Показатель готовности системы теплоснабжения к исправной работе – 0.930113-0.980451.

3. Вероятность безотказной работы потребителей теплоты – 0.007355-0.711357.

Ввиду ненормативных показателей надежности системы теплоснабжения, на некоторых участках ООО «Нижекамская ТЭЦ» (тепловод М-3) необходимо произвести реконструкцию трубопроводов.

Полные результаты расчета показателей надежности потребителей с учетом планируемой и рекомендуемой перекладки приведены в Приложении 1 к Главе 11 Обосновывающих материалов к схеме теплоснабжения. Результаты расчета надежности работы теплопроводов тепловой сети (с указанием года предполагаемой замены участков) представлены в Приложении 2 к Главе 11 Обосновывающих материалов к схеме теплоснабжения.

Ниже рассмотрим оценку надежности теплоснабжения потребителей в перспективном слое электронной модели до 2040 года по тепловоду М-3.

На Рис. 4.8-4.10 представлен сравнительный анализ нормативных и фактических показателей надежности системы теплоснабжения с учетом планируемой и рекомендуемой реконструкции участков тепловой сети до 2040 года.

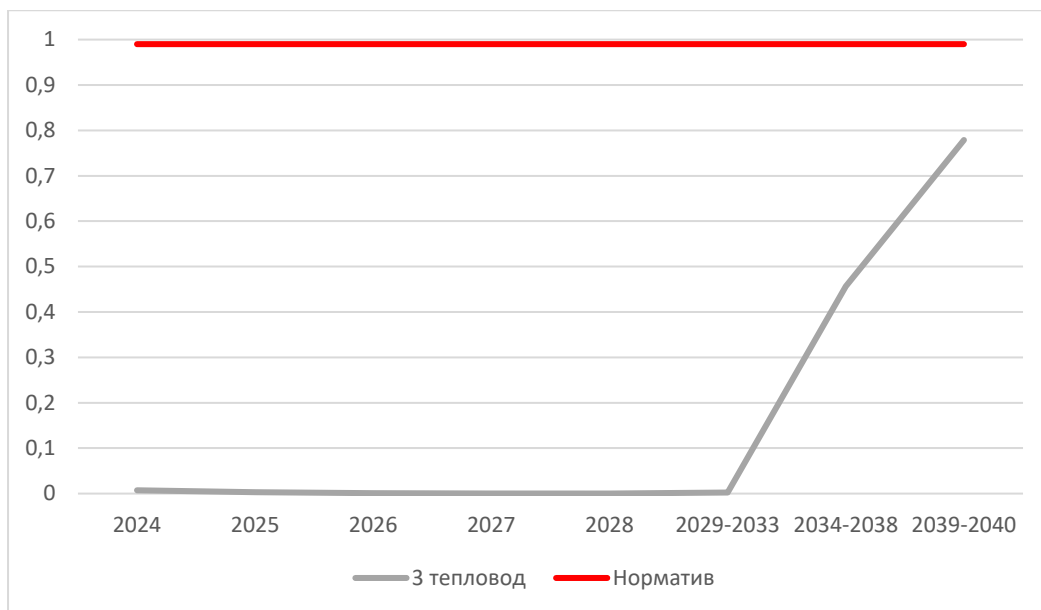


Рис. 4.8. Сравнительный анализ нормативного и фактического показателя минимальной ВБР потребителей тепловода М-3 ООО «Нижекамская ТЭЦ» до 2040 года

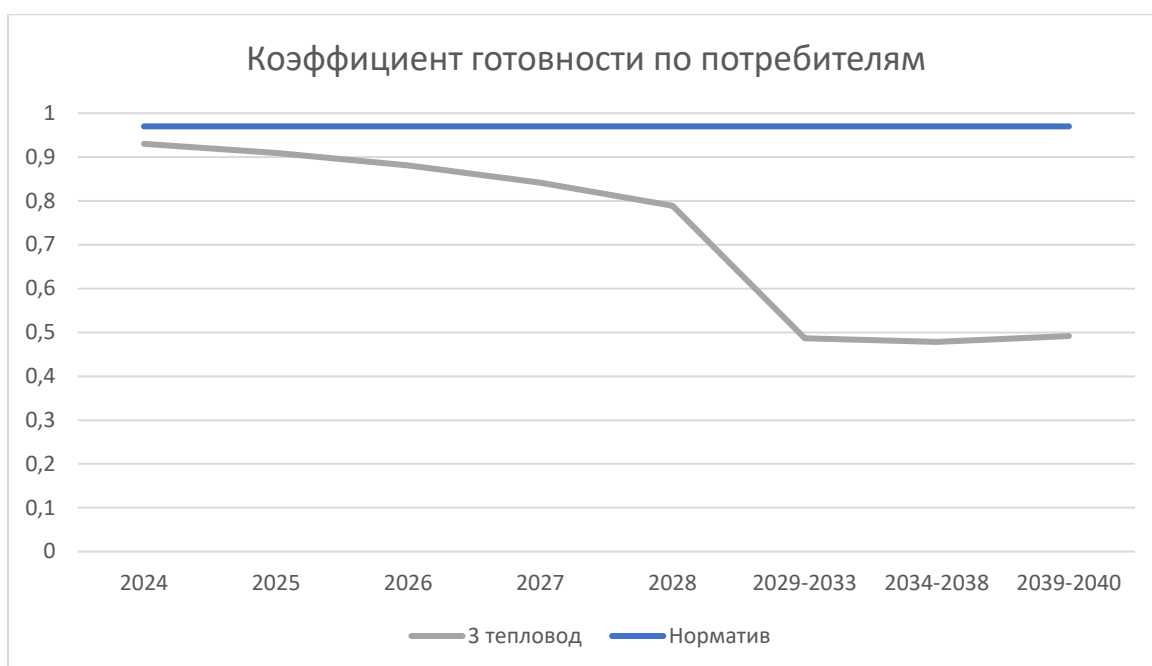


Рис. 4.9. Сравнительный анализ нормативного и фактического показателя готовности системы теплоснабжения к исправной работе тепловода М-3 ООО «Нижекамская ТЭЦ» до 2040 года

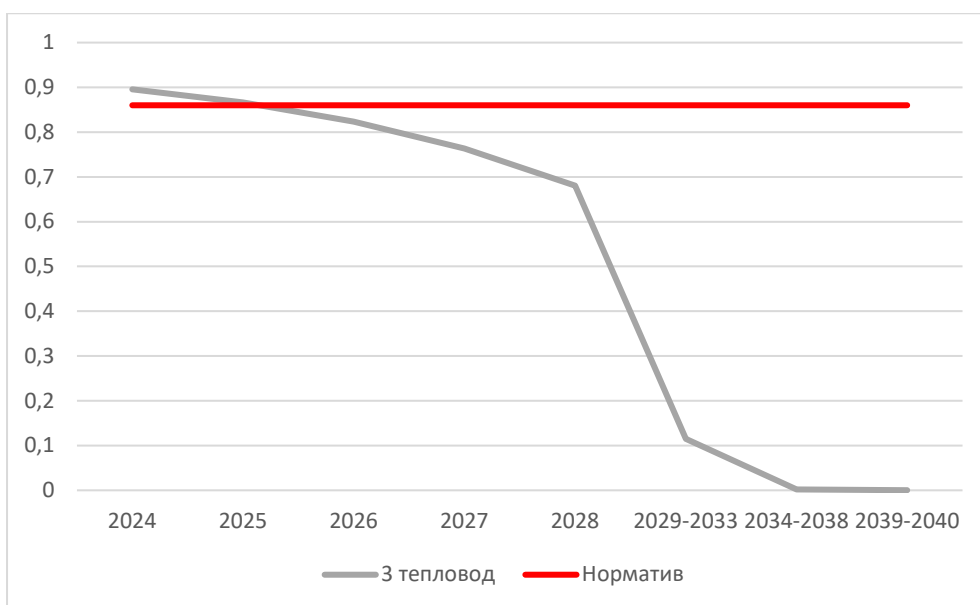


Рис. 4.10. Сравнительный анализ нормативного и фактического показателя ВБР системы в целом по тепловоду М-3 ООО «Нижекамская ТЭЦ» до 2040 года

Таким образом, согласно рис. 4.8, минимальная величина вероятности безотказной работы потребителей теплоты остается ниже нормативного значения ($ВБР=0,99$).

Согласно рис. 4.9, минимальная величина показателя коэффициента готовности системы теплоснабжения к исправной работе с учетом поэтапной перекладки трубопроводов остается ниже нормативного значения ($КГ=0,97$).

Согласно рис. 4.10, величина вероятности безотказной работы СЦТ в целом по тепловоду М-3 ООО «Нижекамская ТЭЦ» с учетом поэтапной перекладки трубопроводов остается ниже нормативного значения ($ВБР_{сцт}=0,86$).

На рис. 4.11 представлены зоны ненормативной надежности в зоне действия тепловода М-3 в перспективном слое по показателю ВБР потребителей теплоты.

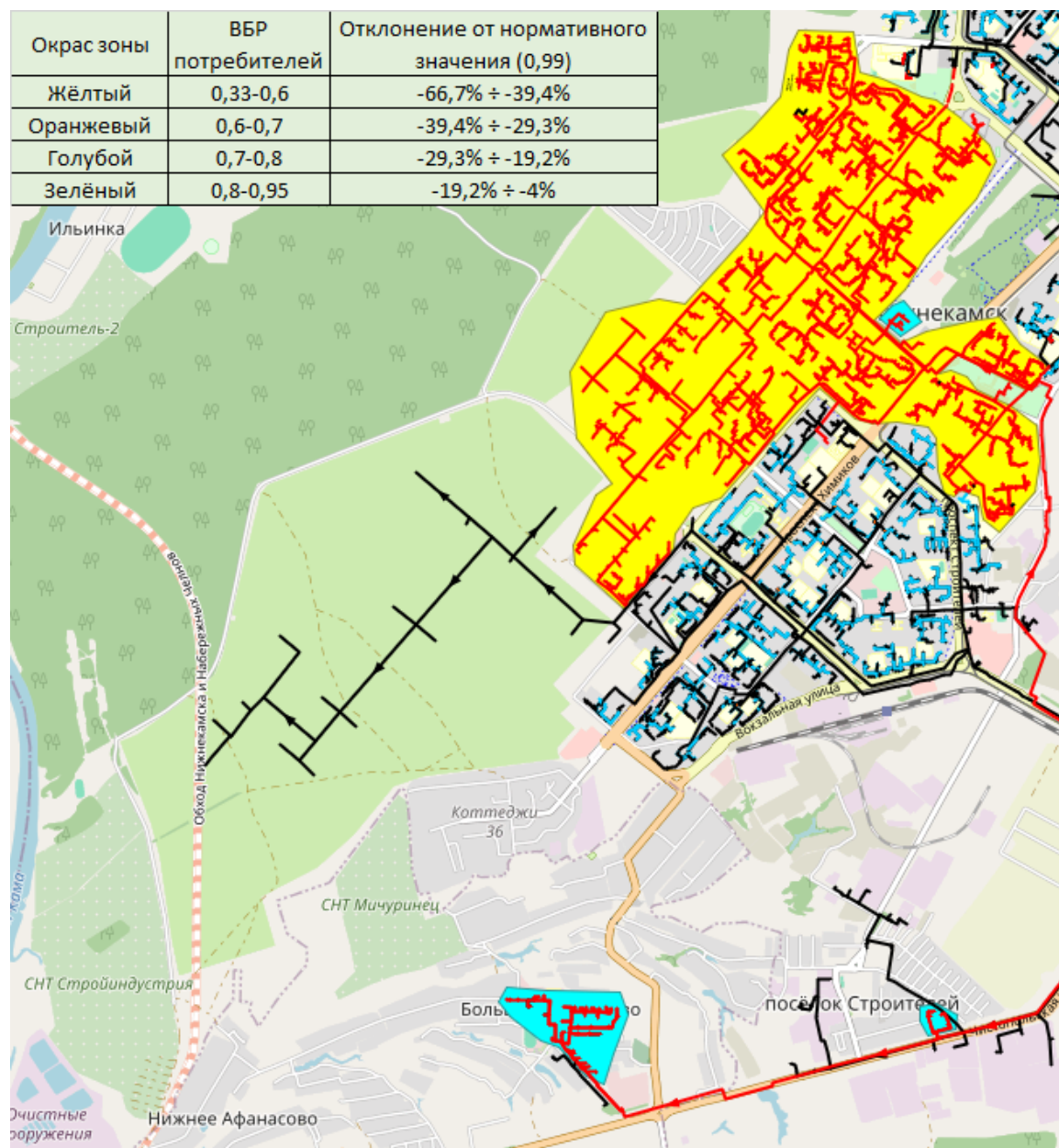


Рис. 4.11. Зоны ненормативной надежности в зоне действия тепловода М-3 (сеть выделена красным) по показателю ВБР потребителей теплоты