



Муниципальное образование город Нижнекамск

---

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

**(Актуализация на 2023 год)**

**Том 2. Обосновывающие материалы**

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

Казань, 2022 г.

## СОСТАВ ДОКУМЕНТОВ

| Наименование документа  | ШИФР                 |
|---|----------------------|
| Схема теплоснабжения муниципального образования город Нижнекамск на период до 2040 года (Актуализация на 2023 г.) Том 1. Утверждаемая часть   | 009.16.СТ-УЧ.001.000 |
| Схема теплоснабжения муниципального образования город Нижнекамск на период до 2040года (Актуализация на 2023г.) 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 |
| 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 |

| <b>Наименование документа</b>  | <b>ШИФР</b>          |
|--|----------------------|
| 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 .....   | 7  |
| 1.1 Общие положения .....   | 7  |
| 1.2 Термины и определения .....   | 9  |
| 2. Методика расчета надежности теплоснабжения .....   | 11 |
| 2.1 Основные расчетные зависимости .....  | 11 |
| 2.2 Допущения, принятые в расчете .....   | 15 |
| 3. Результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей<br>(аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей<br>(аварийных ситуаций) в системе теплоснабжения г. Нижнекамск за последние 5<br>лет..... | 18 |
| 4. Расчет показателей надежности в зонах действия источников тепловой энергии<br>системы теплоснабжения г. Нижнекамск на период до 2040 года.....   | 22 |
| 4.1 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия источника<br>филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ» (ПТК-1).....   | 23 |
| 4.1.1 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия<br>Тепловода № 1 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ».....   | 24 |
| 4.1.2 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия<br>Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ».....   | 26 |
| 4.1.3 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия<br>Тепловода № 3 источника ООО «Нижнекамская ТЭЦ» .....  | 28 |
| 5 Расчет показателей надежности источников теплоснабжения .....   | 30 |

## Перечень таблиц

|   |    |
|---|----|
| Табл. 1- Значения коэффициентов $a$ , $b$ , $c$ .....   | 12 |
| Табл. 2 - Расстояния между секционирующими задвижками в метрах и место их расположения.....   | 13 |
| Табл. 3. Динамика изменения повреждаемости системы теплоснабжения филиала АО «Татэнерго» «Нижекамские тепловые сети» .....                              | 18 |
| Табл. 4. Показатели повреждаемости системы теплоснабжения филиала АО «Татэнерго» «Нижекамские тепловые сети».....                                       | 18 |
| Табл. 5. Показатели восстановления в системе теплоснабжения филиала АО «Татэнерго» «Нижекамские тепловые сети» в зоне деятельности ЕТО .....            | 19 |
| Табл. 6. Динамика изменения повреждаемости системы теплоснабжения АО «ВК и ЭХ» .....  | 19 |
| Табл. 7. Показатели повреждаемости системы теплоснабжения АО «ВК и ЭХ» в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации.....                      | 19 |
| Табл. 8. Статистика недоотпуска тепловой энергии вследствие отказов тепловых сетей за последние 5 лет .....   | 20 |
| Табл. 9. Статистика времени восстановления теплоснабжения вследствие отказов тепловых сетей за последние 5 лет.....                                     | 20 |
| Табл. 10. Статистика интенсивности отказов тепловых сетей за последние 5 лет .....  | 21 |
| Табл. 11. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 1 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» ..... | 24 |
| Табл. 12. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» ..... | 26 |
| Табл. 13. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 3 источника ООО «Нижекамская ТЭЦ» .....                 | 29 |
| Табл. 14- Расчет показателей надежности источников теплоснабжения .....   | 30 |

## Перечень рисунков

|  |    |
|--|----|
| Рис. 1. Зоны действия источников теплоносителя с учетом подключения перспективных потребителей по состоянию 2040 года .....                  | 22 |
| Рис. 2. Зона действия источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» (ПТК-1) .....  | 23 |
| Рис. 3. Зона действия Тепловода № 1 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» .....  | 24 |
| Рис. 4. Расчет параметров надежности действия Тепловода № 1 филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» в направлении пр. Мира до 2040 года .....  | 25 |
| Рис. 5. Зона действия Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» .....  | 26 |
| Рис. 6. Расчет параметров надежности действия Тепловода № 2 филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» в направлении ул. Мурадына до 2040 года .. | 27 |
| Рис. 5. Зона действия Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» .....  | 28 |
| Рис. 8. Расчет параметров надежности действия Тепловода № 3 ООО «Нижекамская ТЭЦ» в направлении ул. Гайнуллина до 2040 года .....            | 29 |

# 1. Методика расчета показателей надежности тепловых сетей

## 1.1 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  $R_{ПТ} = 0,99$ ;
- СЦТ в целом  $R_{СЦТ} = 0,9 \times 0,97 \times 0,99 = 0,86$ .

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  $[K_j]$  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.

## 1.2 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 разработке 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 Казань 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».

### 2.1 Основные расчетные зависимости

• Интенсивность отказов теплопровода  $\lambda$  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;

$\alpha$  — 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:

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

где  $L_{\text{сз}}$  – 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. 1.

В зависимости от диаметра теплопровода, значения расстояний между секционирующими задвижками  $L_{\text{сз}}$  должно соответствовать требованиям СНиП 41–02–2003 «Тепловые сети», приведены в Табл. 2.

Табл. 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 - 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:

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

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

$t^{\text{нр}}$  – 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  $t^{\text{нр}}$ ;

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

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

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

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

Численные значения коэффициента тепловой аккумуляции здания ( $\beta_j$ ) 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 ( $t^{\text{нр}}$ ) 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2.2 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 категорийности 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  $\lambda_t$ , 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  $\lambda_{зрА}$ , 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 (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в системе теплоснабжения г. Нижнекамск за последние 5 лет

Статистика данных представлена в Табл. 3., Табл. 4. и Табл. 5.

Табл. 3. Динамика изменения повреждаемости системы теплоснабжения филиала АО «Татэнерго» «Нижнекамские тепловые сети»

| Наименование показателя                                       | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|------|------|------|------|------|
| Повреждения в магистральных тепловых сетях, ед., в том числе: | 71   | 120  | 95   | 69   | 130  |
| в отопительный период, ед                                     | 6    | 4    | 4    | 5    | 6    |
| в период испытаний на плотность и прочность, ед               | 65   | 84   | 69   | 38   | 103  |
| в межотопительный период, ед                                  | н/д  | 32   | 22   | 26   | 21   |

Табл. 4. Показатели повреждаемости системы теплоснабжения филиала АО «Татэнерго» «Нижнекамские тепловые сети»

| Наименование показателя   | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Повреждения в магистральных тепловых сетях, 1/км/год в том числе: | 0,496 | 0,836 | 0,657 | 0,477 | 0,888 |
| в отопительный период, 1/км/оп                                    | 0,042 | 0,028 | 0,028 | 0,035 | 0,041 |
| в период испытаний на плотность и прочность, 1/км/год             | 0,454 | 0,586 | 0,477 | 0,262 | 0,703 |
| в межотопительный период, 1/км/год                                | н/д   | 0,223 | 0,152 | 0,180 | 0,143 |

Табл. 5. Показатели восстановления в системе теплоснабжения филиала АО «Татэнерго» «Нижекамские тепловые сети» в зоне деятельности ЕТО

| Наименование показателя   | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|------|------|------|------|------|
| Среднее время восстановления теплоснабжения после повреждения в магистральных тепловых сетях в отопительный период, час | 7,3  | 3,2  | 4,2  | 5,3  | 3,9  |

Табл. 6. Динамика изменения повреждаемости системы теплоснабжения АО «ВК и ЭХ»

| Наименование показателя  | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|--|------|------|------|------|------|
| Повреждения в магистральных и распределительных тепловых сетях, ед.  | 196  | 159  | 131  | 123  | 182  |
| Повреждения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия), ед | 430  | 313  | 303  | 340  | 293  |
| Всего повреждения в тепловых сетях, ед                               | 626  | 472  | 434  | 463  | 475  |

Табл. 7. Показатели повреждаемости системы теплоснабжения АО «ВК и ЭХ» в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации

| Наименование показателя  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Повреждения в магистральных тепловых сетях, 1/км/год в том числе:          | 0,596 | 0,482 | 0,379 | 0,354 | 0,515 |
| Повреждения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия), 1/км/год | 1,859 | 1,353 | 1,272 | 1,420 | 1,217 |
| Всего повреждения в тепловых сетях, 1/км/год                               | 1,118 | 0,841 | 0,743 | 0,789 | 0,799 |

Табл. 8. Статистика недоотпуска тепловой энергии вследствие отказов тепловых сетей за последние 5 лет

| № п/п | Источник теплоснабжения  | Средний недоотпуск тепловой энергии на отопление в системе теплоснабжения |      |      |      |      |
|-------|--------------------------|---|------|------|------|------|
|       |                          | 2017  | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| 1     | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2     | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Табл. 9. Статистика времени восстановления теплоснабжения вследствие отказов тепловых сетей за последние 5 лет

| №п/п     | Наименование источника   | Наименование показателя, час   |  |  |   |
|----------|--------------------------|--|--|--|---|
|          |                          | Среднее время восстановления теплоснабжения после повреждения в магистральных тепловых сетях в отопительный период | Среднее время восстановления отопления после повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления | Среднее время восстановления горячего водоснабжения после повреждения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия) | Всего среднее время восстановления отопления после повреждения в магистральных и распределительных тепловых сетях |
| 2017 год |                          |  |  |  |   |
| 1        | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 7,31   | 7,31   | 0,0-   | 7,31  |
| 2        | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 4,0  | 3,0  | 3,5   |
| 2018 год |                          |  |  |  |   |
| 4        | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 3,22   | 7,31   | 0,0  | 3,22  |
| 5        | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 4,0  | 3,0  | 3,5   |
| 2019 год |                          |  |  |  |   |
|          | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 4,24   | 7,31   | 0,0  | 4,24  |
|          | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 4,0  | 3,0  | 3,5   |
| 2020 год |                          |  |  |  |   |
|          | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 5,33   | 7,31   | 0,0  | 5,33  |
|          | Сети АО «ВКиЭХ»          | м  | 4,0  | 3,0  | 3,5   |
| 2021 год |                          |  |  |  |   |
|          | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 3,59   | 7,31   | 0,0  | 3,59  |
|          | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 4,0  | 3,0  | 3,5   |

Табл. 10. Статистика интенсивности отказов тепловых сетей за последние 5 лет

| № п/п    | Наименование источника   | Наименование и значение показателя, 1/км/год |                     |   |   |                     |   |   |                                    |
|----------|--------------------------|--|---------------------|---|---|---------------------|---|---|------------------------------------|
|          |                          | Повреждения в магистральных тепловых сетях   |                     |   | Повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления |                     |   | Повреждения в сетях ГВС (в случае их наличия) | Всего повреждения в тепловых сетях |
|          |                          | Всего, в т.ч.:                               | отопительный период | в период испытаний на плотность прочности | Всего, в т.ч.:  | отопительный период | в период испытаний на плотность прочности |   |                                    |
|          |                          |  |                     |   |   |                     |   |   |                                    |
| 2017 год |                          |  |                     |   |   |                     |   |   |                                    |
| 1        | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 0,510  | 0,056               | 0,454                                     | 0,510   | 0,056               | 0,454                                     | 0,0   | 0,510                              |
| 2        | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 0,0                 | 0,0                                       | 0,6   | 0,0                 | 0,0                                       | 1,86  | 2,46                               |
| 2018 год |                          |  |                     |   |   |                     |   |   |                                    |
| 1        | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 0,614  | 0,028               | 0,586                                     | 0,614   | 0,028               | 0,586                                     | 0,0   | 0,614                              |
| 2        | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 0,0                 | 0,0                                       | 0,48  | 0,0                 | 0,0                                       | 1,35  | 1,83                               |
| 2019 год |                          |  |                     |   |   |                     |   |   |                                    |
| 1        | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 0,594  | 0,041               | 0,553                                     | 0,594   | 0,041               | 0,553                                     | 0,0   | 0,594                              |
| 2        | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 0,0                 | 0,0                                       | 0,38  | 0,0                 | 0,0                                       | 1,27  | 1,65                               |
| 2020 год |                          |  |                     |   |   |                     |   |   |                                    |
| 1        | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 0,581  | 0,035               | 0,546                                     | 0,581   | 0,035               | 0,546                                     | 0,0   | 0,581                              |
| 2        | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 0,0                 | 0,0                                       | 0,35  | 0,0                 | 0,0                                       | 1,42  | 1,77                               |
| 2021 год |                          |  |                     |   |   |                     |   |   |                                    |
| 1        | Сети НКТС АО «Татэнерго» | 0,902  | 0,049               | 0,853                                     | 0,902   | 0,049               | 0,853                                     | 0,0   | 0,902                              |
| 2        | Сети АО «ВКиЭХ»          | 0,0  | 0,0                 | 0,0                                       | 0,51  | 0,0                 | 0,0                                       | 1,22  | 1,78                               |

#### 4. Расчет показателей надежности в зонах действия источников тепловой энергии системы теплоснабжения г. Нижнекамск на период до 2040 года

Оценка надежности системы теплоснабжения проводится с учетом подключения перспективных потребителей, предусмотренных до 2040 года, а также с учетом мероприятий, представленных в Главе 8. Схема зон действия источников теплоносителя с учетом подключения перспективных потребителей представлена на Рис. 1.

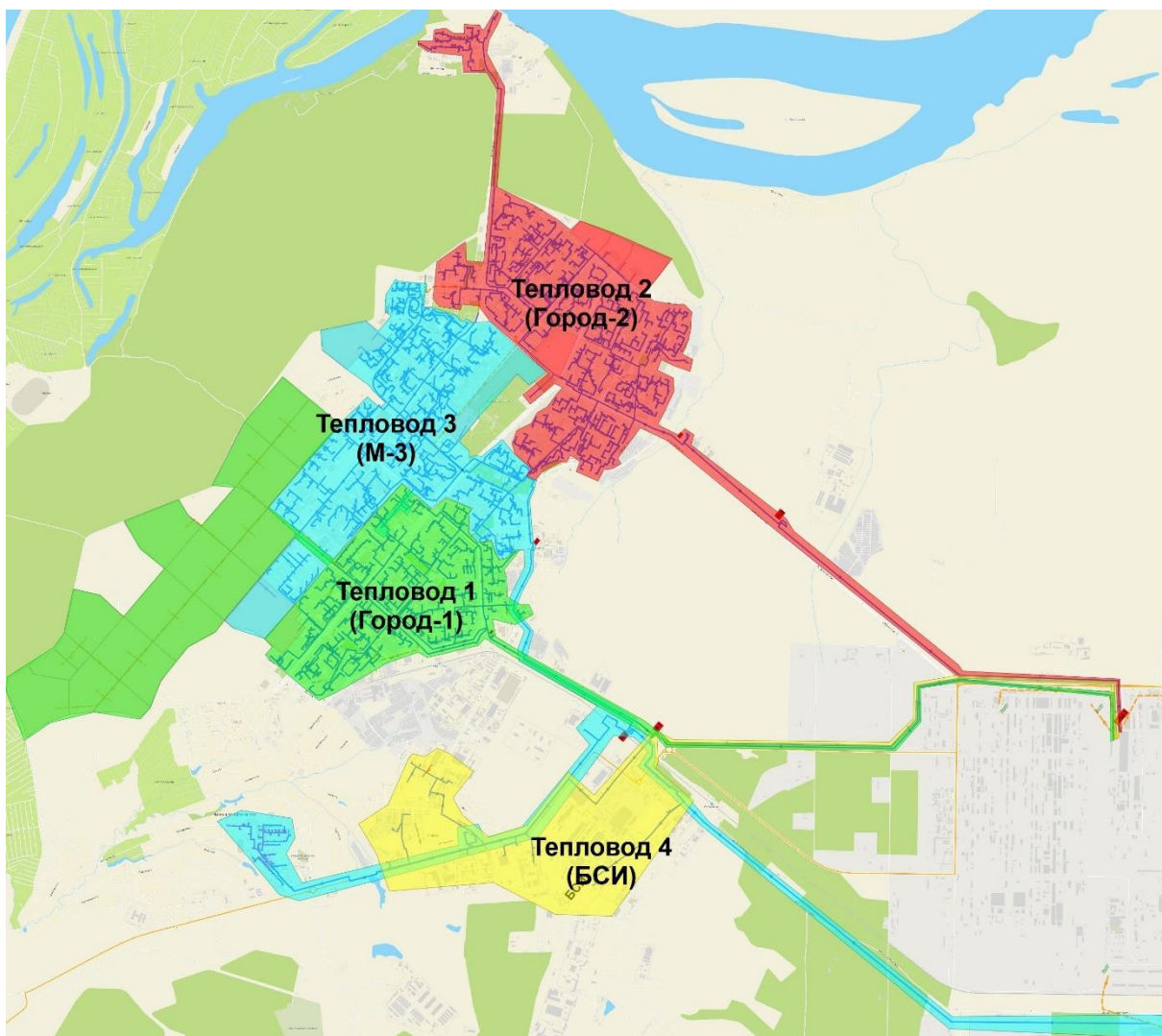


Рис. 1. Зоны действия источников теплоносителя с учетом подключения перспективных потребителей по состоянию 2040 года

#### 4.1 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» (ПТК-1)

На Рис. 2 представлена зона действия источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» (ПТК-1).

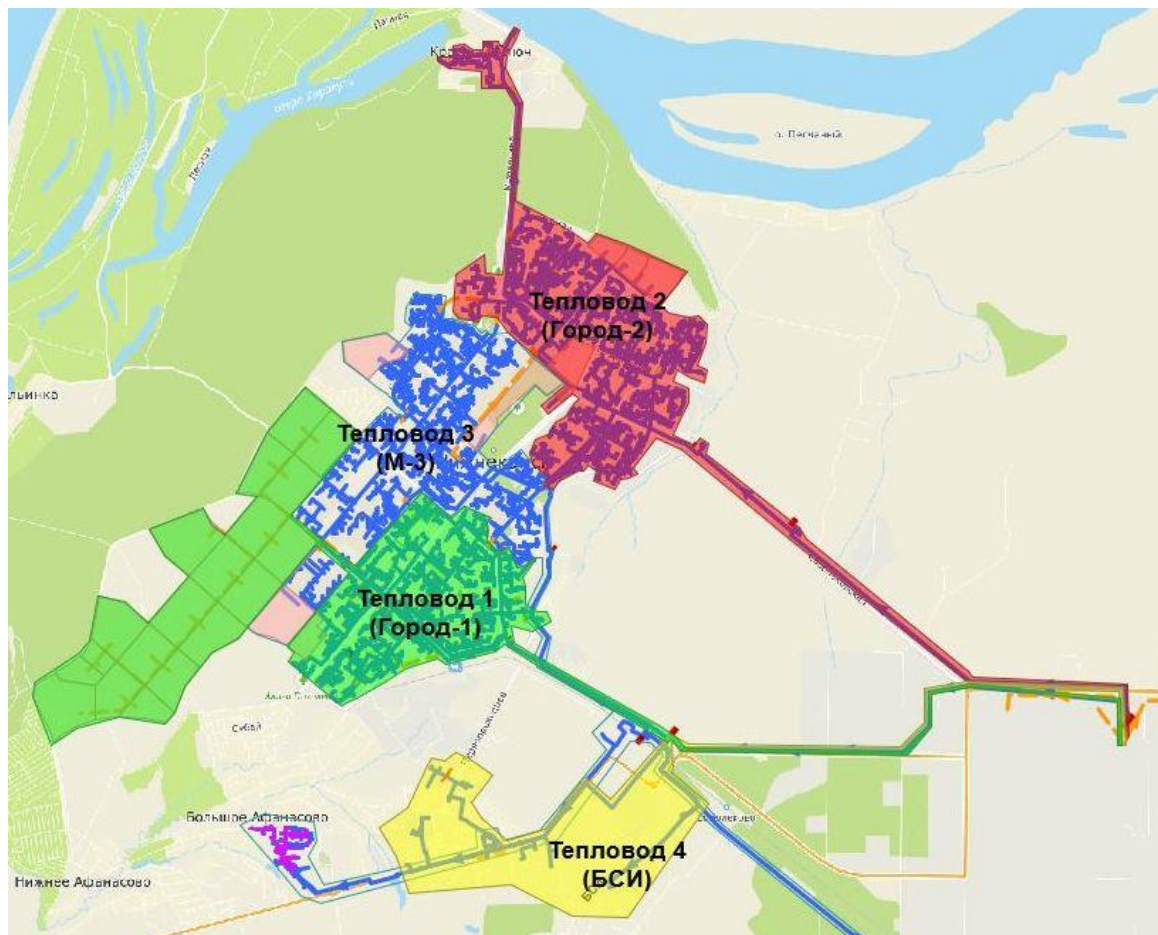


Рис. 2. Зона действия источника филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» (ПТК-1)

ТЭЦ филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» (ПТК-1) на период до 2040 года должна снабжать теплом потребителей по 3 тепловодам: Тепловод № 1 (Город-1), 2 (Город-2), 4 (БСИ). Ниже рассмотрим оценку надежности теплоснабжения потребителей отдельно по тепловодам 1 и 2, а также оценку надежности подключаемых перспективных зон.

#### 4.1.1 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия Тепловода № 1 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ»

Зона действия Тепловода № 1 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ» представлена на Рис. 3.

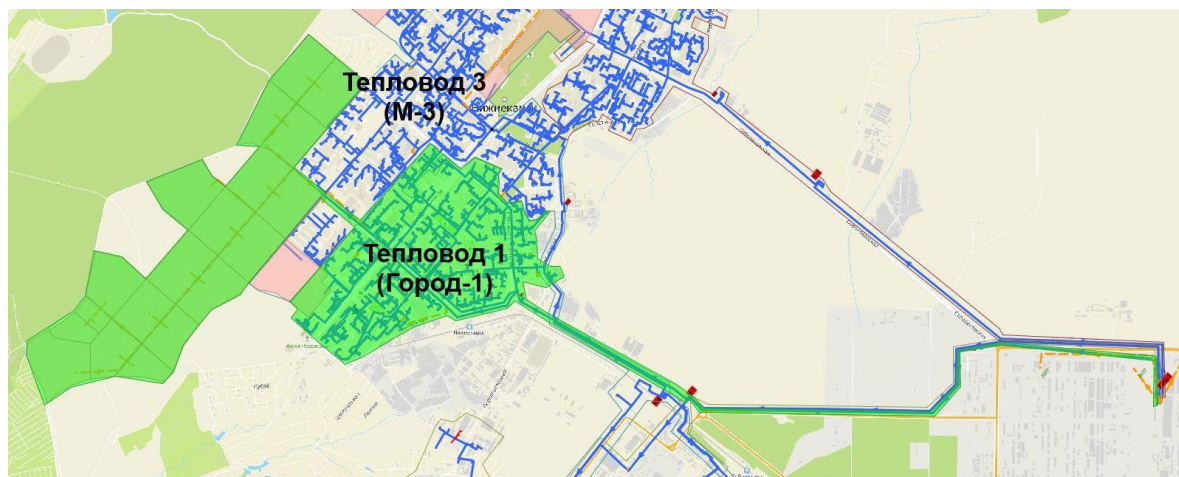


Рис. 3. Зона действия Тепловода № 1 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ»

Результаты расчетов показателей надежности теплоснабжения некоторых потребителей Тепловода № 1 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ» представлены в Табл. 11.

Табл. 11. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 1 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ»

| № п/п | Адрес узла ввода | Вероятность безотказной работы | Коэффициент готовности |
|-------|------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1     | Строителей, 5    | 0,92                           | 0,97                   |
| 2     | Строителей, 7    | 0,92                           | 0,97                   |
| 3     | Тукая, 6         | 0,93                           | 0,97                   |
| 4     | Тукая, 10        | 0,93                           | 0,97                   |
| 5     | Юности, 3а       | 0,92                           | 0,97                   |
| 6     | Юности, 5        | 0,92                           | 0,97                   |
| 7     | Корабельная, 27  | 0,98                           | 0,97                   |
| 8     | Корабельная, 29  | 0,98                           | 0,97                   |
| 9     | Химиков, 23      | 0,95                           | 0,97                   |
| 10    | Химиков, 25      | 0,95                           | 0,97                   |

На Рис. 4 представлено изменение параметра ВБР при движении по тепловоду 1 до потребителей по пр. Мира с учетом строительства реконструкции сетей согласно Главе 8.

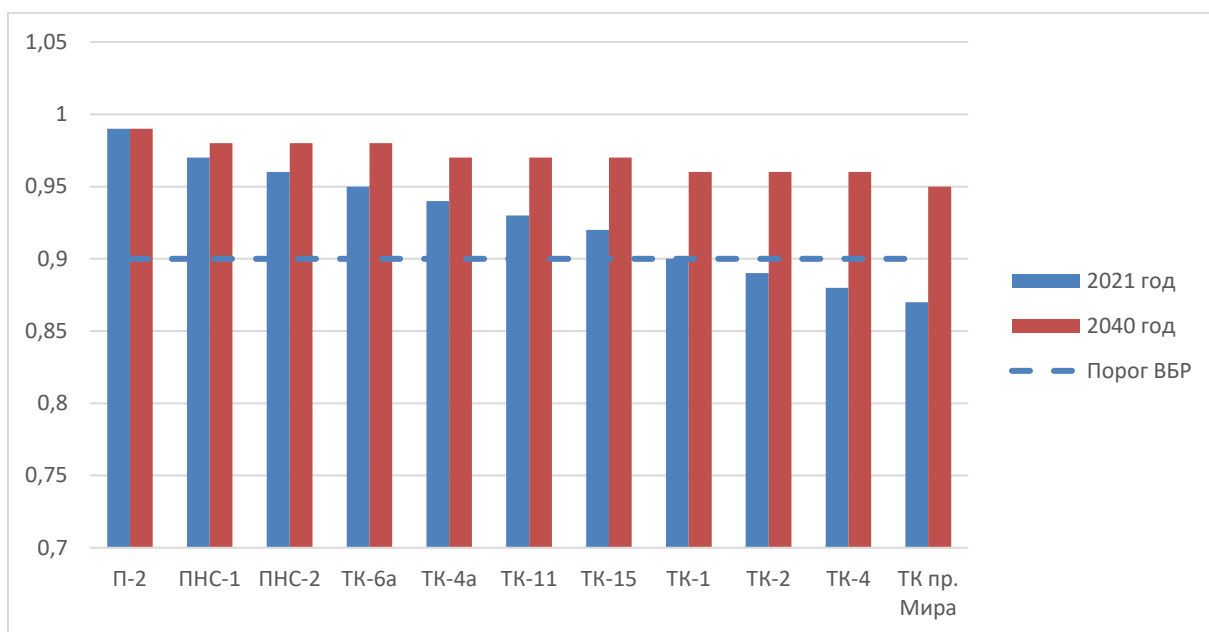


Рис. 4. Расчет параметров надежности действия Тепловода № 1 филиала АО «ТГК-16» «Нижекамская ТЭЦ» в направлении пр. Мира до 2040 года

В зоне действия тепловода №1 потребители перспективных зон показывают достаточные значения параметров надежности до 2040 года с учетом строительства и реконструкции сетей согласно Главе 8.

#### **4.1.2 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ»**

Зона действия Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ» представлена на Рис. 5.

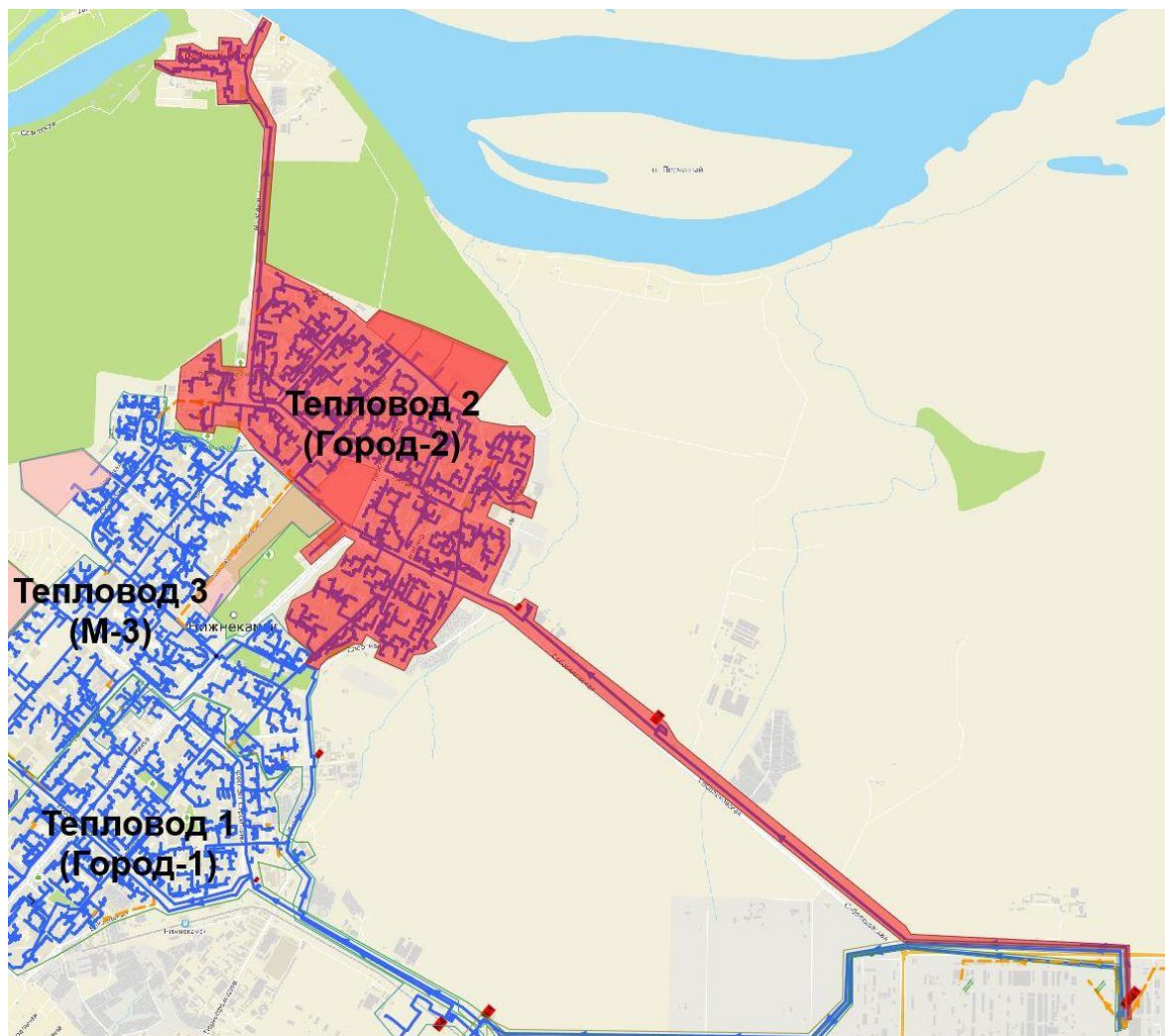


Рис. 5. Зона действия Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ»

Результаты расчетов показателей надежности теплоснабжения некоторых потребителей Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ» представлены в Табл. 12.

Табл. 12. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 2 источника филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ»

| №<br>п/п | Адрес узла ввода | Вероятность<br>безотказной<br>работы | Коэффициент<br>готовности |
|----------|------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 1        | Мурадяна, 8      | 0,91                                 | 0,97                      |
| 2        | Мурадяна, 10     | 0,91                                 | 0,97                      |
| 3        | Гагарина, 3      | 0,97                                 | 0,97                      |
| 4        | Спортивная, 13   | 0,95                                 | 0,97                      |
| 5        | Химиков, 94      | 0,94                                 | 0,97                      |
| 6        | Химиков, 96      | 0,94                                 | 0,97                      |
| 7        | Кайманова, 18    | 0,95                                 | 0,97                      |
| 8        | Менделеева, 2    | 0,92                                 | 0,97                      |
| 9        | Менделеева, 4    | 0,92                                 | 0,97                      |
| 10       | Вахитова, 4      | 0,93                                 | 0,97                      |

На Рис. 6 представлено изменение параметра ВБР при движении по тепловоду 2 до потребителей по ул. Мурадяна с учетом строительства реконструкции сетей согласно Главе 8.

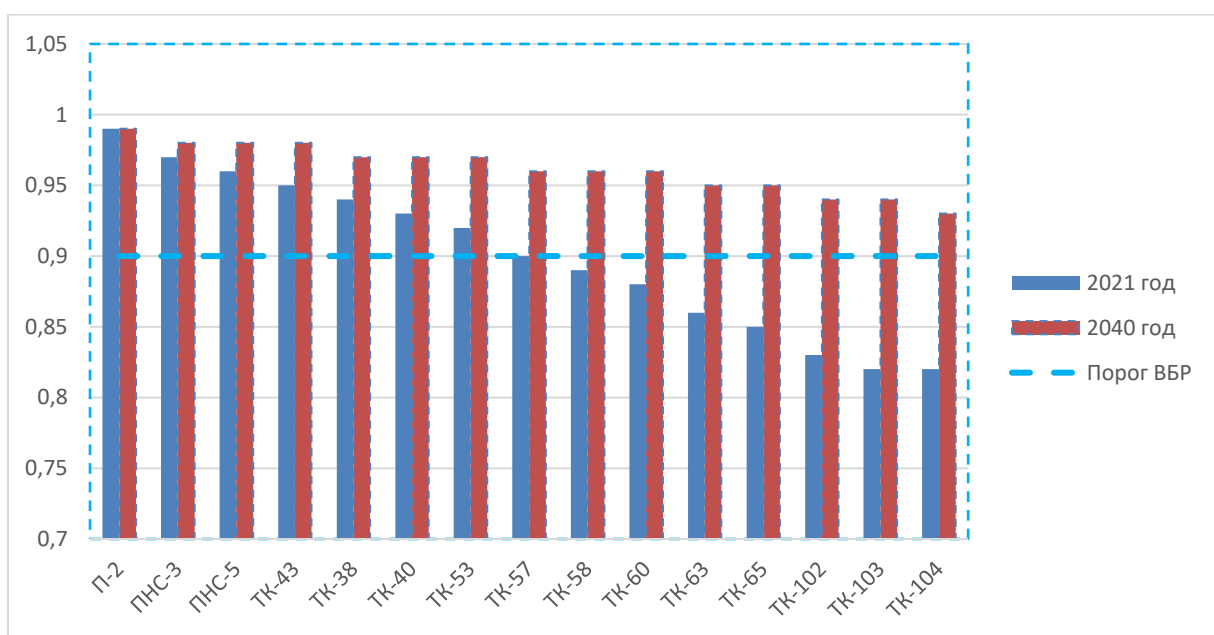


Рис. 6. Расчет параметров надежности действия Тепловода № 2 филиала АО «ТГК-16» «Нижнекамская ТЭЦ» в направлении ул. Мурадяна до 2040 года

В зоне действия тепловода №2 потребители перспективных зон показывают достаточные значения параметров надежности до 2040 года с учетом строительства и реконструкции сетей согласно Главе 8.

#### 4.1.3 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия Тепловода № 3 источника ООО «Нижекамская ТЭЦ»

Зона действия Тепловода № 3 ООО «Нижекамская ТЭЦ» представлены на Рис. 7.

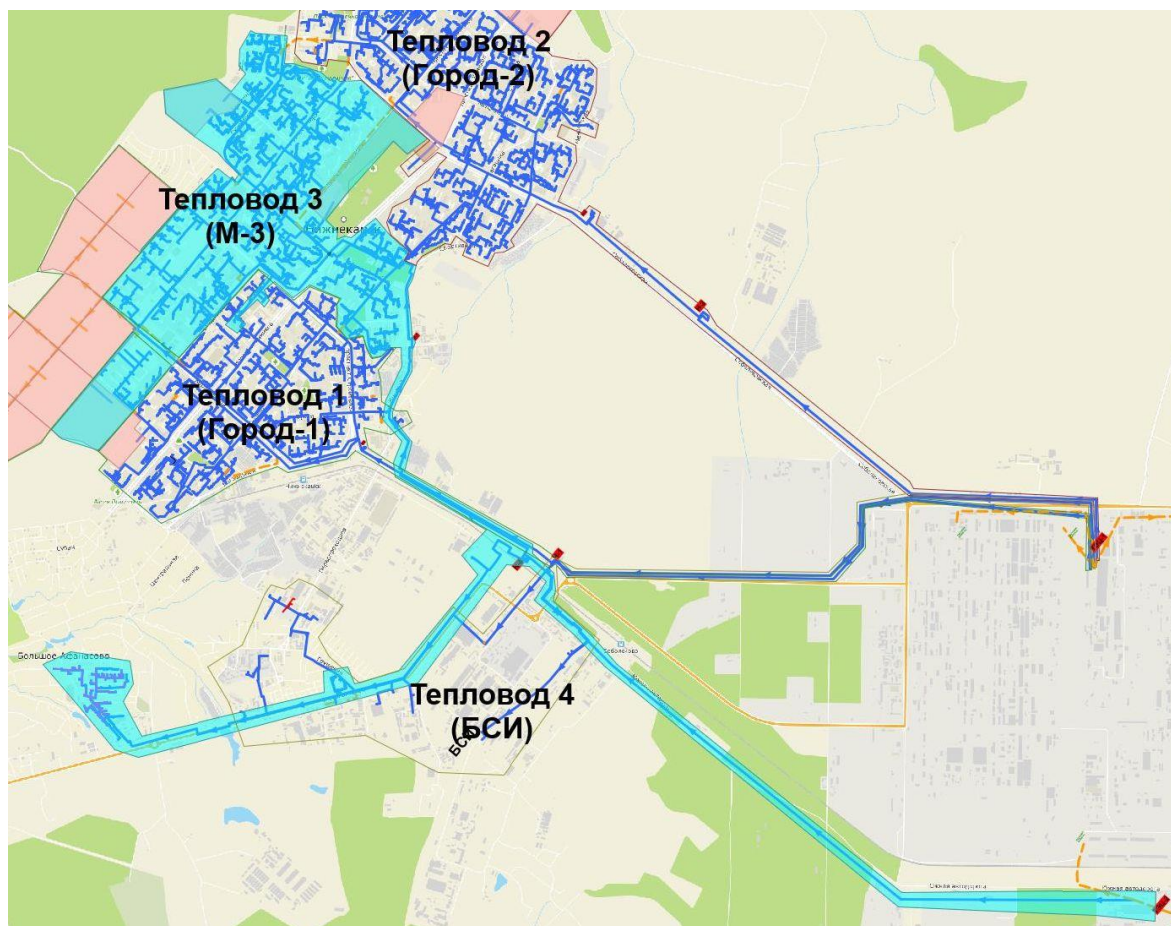


Рис. 7. Зона действия Тепловода № 2 источника ООО «Нижекамская ТЭЦ»

Результаты расчетов показателей надежности теплоснабжения некоторых потребителей Тепловода № 3 источника ООО «Нижекамская ТЭЦ» представлены в Табл. 13.

Табл. 13. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 3 источника ООО «Нижнекамская ТЭЦ»

| № п/п | Адрес узла ввода | Вероятность безотказной работы | Коэффициент готовности |
|-------|------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1     | Сююмбике, 69     | 0,91                           | 0,97                   |
| 2     | Сююмбике, 75     | 0,91                           | 0,97                   |
| 3     | Мира, 89         | 0,93                           | 0,97                   |
| 4     | Мира, 95         | 0,93                           | 0,97                   |
| 5     | Студенческая, 12 | 0,92                           | 0,97                   |
| 6     | Студенческая, 14 | 0,92                           | 0,97                   |
| 7     | Школьный, 6      | 0,96                           | 0,97                   |
| 8     | Школьный, 8      | 0,96                           | 0,97                   |
| 9     | Б.Урманче, 28    | 0,97                           | 0,97                   |
| 10    | Б.Урманче, 29    | 0,97                           | 0,97                   |

На Рис. 8 представлено изменение параметра ВБР при движении по тепловоду 3 до потребителей по ул. Гайнуллина с учетом строительства реконструкции сетей согласно Главе 8.

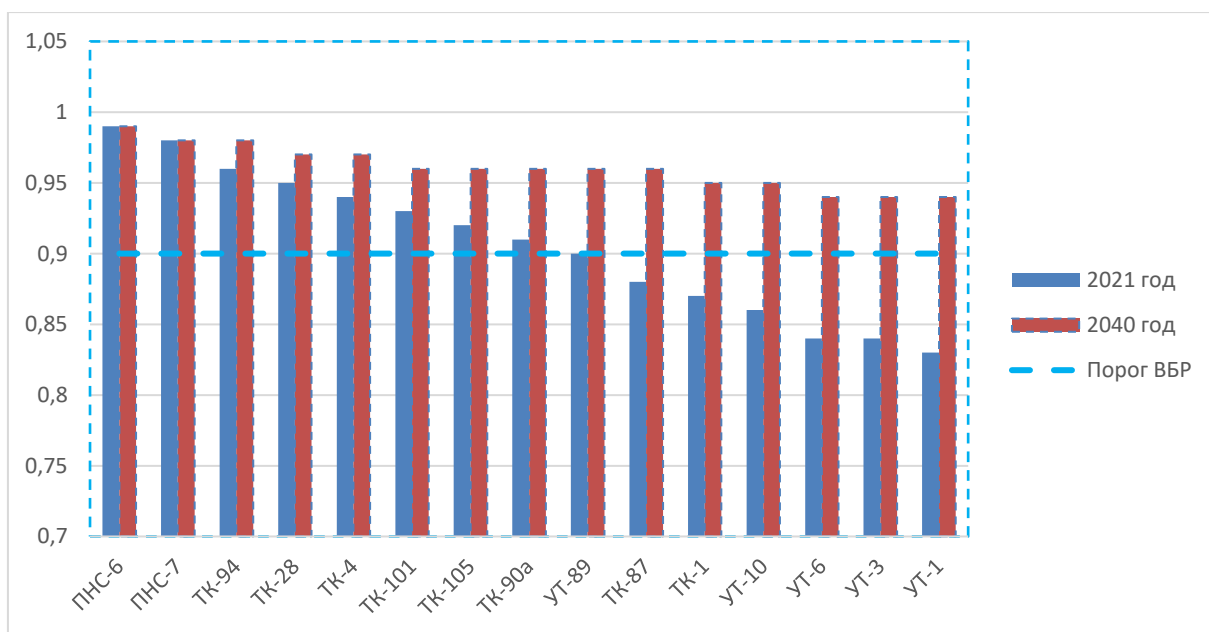


Рис. 8. Расчет параметров надежности действия Тепловода № 3 ООО «Нижнекамская ТЭЦ» в направлении ул. Гайнуллина до 2040 года

В зоне действия тепловода №3 потребители перспективных зон показывают достаточные значения параметров надежности до 2040 года с учетом строительства и реконструкции сетей согласно Главе 8.

## 5 Расчет показателей надежности источников теплоснабжения

Ниже представлены результаты расчета показателей надежности для источников теплоснабжения.

Табл. 14- Расчет показателей надежности источников теплоснабжения

| № п/п | Наименование источника                  | Степень надежности системы теплоснабжения | Средняя вероятность безотказной работы системы |
|-------|---|---|--|
| 1     | Филиал АО «ТГК-16»<br>«Нижекамская ТЭЦ» | высоконадежная                            | 0,974903                                       |
| 2     | ООО «Нижекамская ТЭЦ»                   | высоконадежная                            | 0,985920                                       |

Нижекамские ТЭЦ обладают достаточной надежностью выше 0,95.