



Схема теплоснабжения г.Нижнекамск  
на период до 2028 г.  
Обосновывающие материалы

**Том 15.**

**Глава 9. Оценка надежности теплоснабжения**

**00.111-ОМ.09.001**

## СОСТАВ ПРОЕКТА\*

| № тома | Обозначение      | Наименование                                                                                                                      | Примечание |
|--------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1      | 00.111-УЧ.001    | <b>Утверждаемая часть.</b> Схема теплоснабжения г.Нижнекамск на период до 2028 г.                                                 |            |
| 2      | 00.111-ОМ.01.001 | <b>Глава 1.</b> Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения     |            |
| 3      | 00.111-ОМ.01.002 | Приложение 1.1. Энергоисточники города                                                                                            |            |
| 4      | 00.111-ОМ.01.003 | Приложение 1.2. Тепловые сети и сооружения на них                                                                                 |            |
| 5      | 00.111-ОМ.01.004 | Приложение 1.3. Тепловые нагрузки потребителей                                                                                    |            |
| 6      | 00.111-ОМ.02.001 | <b>Глава 2.</b> Перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения                                                 |            |
| 7      | 00.111-ОМ.03.001 | <b>Глава 3.</b> Электронная модель системы теплоснабжения                                                                         |            |
| 8      | 00.111-ОМ.03.002 | Приложение 3.1. Результаты гидравлического расчета по состоянию базового периода                                                  |            |
| 9      | 00.111-ОМ.03.003 | Приложение 3.2. Результаты гидравлического расчета с учетом перспективного развития системы теплоснабжения                        |            |
| 10     | 00.111-ОМ.04.001 | <b>Глава 4.</b> Перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки                           |            |
| 11     | 00.111-ОМ.05.001 | <b>Глава 5.</b> Перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя |            |
| 12     | 00.111-ОМ.06.001 | <b>Глава 6.</b> Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии             |            |
| 13     | 00.111-ОМ.07.001 | <b>Глава 7.</b> Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей и сооружений на них                                   |            |
| 14     | 00.111-ОМ.08.001 | <b>Глава 8.</b> Перспективные топливные балансы                                                                                   |            |
| 15     | 00.111-ОМ.09.001 | <b>Глава 9.</b> Оценка надежности теплоснабжения                                                                                  |            |
| 16     | 00.111-ОМ.10.001 | <b>Глава 10.</b> Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение                               |            |
| 17     | 00.111-ОМ.11.001 | <b>Глава 11.</b> Обоснование предложения по определению единой теплоснабжающей организации                                        |            |

\* – состав проекта определен в соответствии с требованиями Постановления Правительства Российской Федерации №154 от 22 февраля 2012 г. «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» (1) и Техническим заданием (1)

## РЕФЕРАТ

Отчет — 18 с., 3 рис., 9 табл.

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ЕДИНАЯ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ, ИСТОЧНИКИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, КОТЕЛЬНЫЕ, ТЭЦ, ОБОСНОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ

**Объект исследования:** системы теплоснабжения г. Нижнекамск в границах, определенных генеральным планом развития на период до 2028 г., потребители тепловой энергии, источники тепловой энергии.

**Цель исследования:** оценка существующего состояния системы теплоснабжения, удовлетворение перспективного спроса на тепловую энергию (мощность), теплоноситель, обеспечение надежного теплоснабжения наиболее экономичным способом (с соблюдением принципа минимизации расходов) при минимальном воздействии на окружающую среду, экономического стимулирования развития систем теплоснабжения и внедрении энергосберегающих технологий.

**Метод исследования:** обобщение и анализ представленных исходных данных и документов по развитию города, разработка на их основе глав и разделов обосновывающих материалов к схеме теплоснабжения, в том числе, формирование электронной модели существующей и перспективной систем теплоснабжения города.

В соответствии с требованиями Постановления Правительства №154 от 22.02.2012 г. «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» работа состоит из:

- **Глава 1.** «Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения» включает в себя описание функциональной структуры теплоснабжения; источников тепловой энергии; тепловых сетей; зон действия источников тепловой энергии; тепловых нагрузок потребителей; расчет балансов тепловой мощности и нагрузок в зонах действия источников тепловой энергии; балансов теплоносителя; топливных балансов; оценку надежности существующей системы теплоснабжения; описание технико-экономических показателей теплоснабжающих и теплосетевых организаций; структуры формирования тарифов; существующих технических и технологических проблем.
- **Глава 2.** «Перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения» включает в себя расчет удельных расходов тепловой энергии; прогнозы объемов потребления тепловой энергии потребителями в зонах действия централизованного и индивидуального источников теплоснабжения; прогнозы приростов объемов потребления тепловой энергии и теплоносителя объектами, расположенными в производственных зонах.
- **Глава 3.** «Электронная модель системы теплоснабжения» включает в себя электронную модель системы теплоснабжения в полном объеме с привязкой к топогеографической основе, описание процедуры работы с ней, расчет гидравлических режимов теплосети.
- **Глава 4.** «Перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки» включает в себя расчет тепловых балансов в

зонах действия источников тепловой энергии, балансы по каждому из магистральных выводов.

- **Глава 5.** «Перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя» включает в себя расчет перспективных балансов водоподготовительных установок источников тепловой энергии, перечень мероприятий по переводу потребителей с открытой на закрытую систему теплоснабжения.
- **Глава 6.** «Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии» включает в себя обоснование вариантов реконструкции существующих источников тепловой энергии с учетом существующего технического состояния, перспективного теплоснабжения и радиусов эффективного теплоснабжения.
- **Глава 7.** «Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей и сооружений на них» включает в себя предложения по повышению эффективности функционирования и повышению системы тепловых сетей.
- **Глава 8.** «Перспективные топливные балансы» включает в себя расчет топливных балансов по источникам тепловой энергии для различных периодов.
- **Глава 9.** «Оценка надежности теплоснабжения» включает в себя оценку перспективных показателей надежности системы теплоснабжения в целом и предложения по ее повышению.
- **Глава 10.** «Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение» включает в себя описание финансового окружения проекта, оценку капитальных затрат в осуществление мероприятий по реконструкции источников тепловой энергии, тепловых сетей, расчет экономической эффективности и описание тарифных последствий.
- **Глава 11.** «Обоснование предложения по определению единой теплоснабжающей организации» включает в себя основные положения по обоснованию ЕТО, процедуру присвоения статуса ЕТО, обоснование кандидатур на присвоение статуса ЕТО, варианты предложений по созданию ЕТО.
- **Утверждаемая часть** включает в себя обобщенные показатели по перспективному развитию системы теплоснабжения города.

**Новизна работы:** схема теплоснабжения города на перспективу до 2028 года в соответствии с актуализированными требованиями законодательства и электронная модель разрабатываются впервые.

**Результат работы:** обосновывающие материалы и утверждаемая часть, определяющая стратегию развития системы теплоснабжения города на 15-летний период.

**Практическое применение:** схема теплоснабжения является основополагающим документом для всех включенных в нее субъектов, при осуществлении регулируемой деятельности в сфере теплоснабжения. Реализация мероприятий, указанных в составе схемы теплоснабжения, позволит повысить качество снабжения потребителей тепловой энергией, обосновать процесс принятия решений, за счет использования электронной модели, прогнозировать объем и необходимость мероприятий по реконструкции, техническому перевооружению и новому строительству источников тепловой энергии и тепловых сетей.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Состав проекта*                                                                                                         | 2  |
| Оглавление                                                                                                              | 5  |
| Перечень таблиц                                                                                                         | 6  |
| Перечень рисунков                                                                                                       | 6  |
| 1. Фактические показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии                           | 7  |
| 1.1. Общие положения                                                                                                    | 7  |
| 2. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии | 14 |
| 3. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии | 16 |
| 4. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии | 17 |
| 5. Перспективные показатели надежности, определяемые средневзвешенной величиной отклонений температуры теплоносителя    | 17 |
| 6. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения                                                         | 17 |

## ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Таблица 1-1. Предпосылки снижения надежности тепловых сетей ..... | 7  |
| Таблица 1-2. Динамика повреждений на тепловых сетях .....         | 9  |
| Таблица 1-3. Зона 1 для расчета показателей надежности .....      | 9  |
| Таблица 1-4 Зона 3 для расчета показателей надежности .....       | 12 |
| Таблица 1-5. Расчет математического ожидания .....                | 13 |
| Таблица 2-1. Зона 1 для расчета показателей надежности .....      | 14 |
| Таблица 2-2. Зона 2 для расчета показателей надежности .....      | 14 |
| Таблица 2-3. Зона 3 для расчета показателей надежности .....      | 15 |
| Таблица 2-4. Расчет математического ожидания .....                | 16 |

## ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Рисунок 1-1. Треугольник отказов .....                                                   | 8  |
| Рисунок 2-1. Эквивалентированная схема кольцевых тепловых сетей города Нижнекамска ..... | 10 |
| Рисунок 2-2. Зона 2 для расчета показателей надежности .....                             | 11 |

# 1. ФАКТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ЧИСЛОМ НАРУШЕНИЙ В ПОДАЧЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

## 1.1. Общие положения

Эффективность работы тепловой сети зависит от ее конструкции, протяженности, срока и условий эксплуатации. На надежность сети влияют и факторы окружающей среды: почва, грунтовые воды и т.д.

Таблица 1-1 – отражены основные предпосылки, снижающие надежность тепловых сетей. Десять выделенных предпосылок можно объединить в более крупные и емкие причины повреждений, которые и были исследованы: наружная коррозия, внутренняя коррозия, длительная эксплуатация и случайные причины. (1)

Таблица 1-1. Предпосылки снижения надежности тепловых сетей.

| 1                                             | 2                         | 3                                 | 4             | 5                                              | 6                         | 7                               | 8                            | 9                                  | 10                     |
|-----------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| Способ прокладки и конструкция тепловых сетей | Материал применяемых труб | Гидроизоляция и защитные покрытия | Теплоизоляция | Коррозионная активность грунта и грунтовых вод | Температура теплоносителя | Воздействие механических усилий | Воздействие блуждающих токов | Уровень эксплуатации трубопроводов | Уровень резервирования |

Трубопроводы тепловой сети соприкасаются с грунтом и грунтовыми водами, что приводит к электрохимической наружной коррозии металла. Интенсивность этого процесса зависит от первых пяти предпосылок:

1. способа прокладки и конструкции тепловых сетей;
2. материала труб и арматуры;
3. наличия гидроизоляции и защитных покрытий;
4. конструкции и материала теплоизоляции;
5. коррозионной активности грунта и грунтовых вод.

Существующие конструкции гидроизоляционного покрытия, подвижных и неподвижных опор, проходы в камеры и прочее позволяют соприкасаться металлу труб с почвенными водами, что приводит к возникновению, при определенных обстоятельствах, электрохимической коррозии и усилению коррозии от блуждающих токов.

**Влияние температуры.** Регулирование отпуска тепла, как правило, осуществляется качественным путем, то есть за счет изменения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе. Влияние температуры сказывается на процессе коррозии металла в зависимости от того, происходит

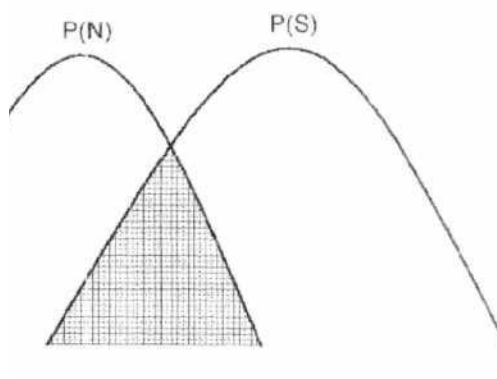
ли процесс коррозии с кислородной или с водородной поляризацией. В почвенных условиях вследствие слабой концентрации растворов кислорода следует ожидать процессов коррозии, происходящих с кислородной поляризацией. При этом скорость наружной коррозии растет с увеличением температуры примерно до 80°C. Начиная с этой температуры и выше скорость коррозии снижается вследствие резкого уменьшения концентрации растворенного кислорода в воде.

**Влияние внутренних и внешних растягивающих усилий и вибрации.** Коррозия металла усиливается, если он подвергается воздействию внутренних и внешних растягивающих усилий или вибрации. В зависимости от температуры и величины показателя pH коррозию от растягивающих напряжений можно ожидать в сварных швах и стыках.

**Влияние положения уровня грунтовых вод и удельного сопротивления почвы.** Положение уровня грунтовых вод относительно глубины прокладки труб тепловой сети также оказывает существенное влияние на скорость их коррозии. Наиболее неблагоприятным оказывается вариант, когда трубопроводы тепловых сетей проложены на уровне грунтовых вод и периодически (в зависимости от времени года и погодных условий) подвергаются увлажнению.

Причинами снижения надежности системы теплоснабжения являются внезапные отказы, заключающиеся в нарушении работы оборудования и отражающиеся на теплоснабжении потребителей.

Отказы, как правило, возникают, если перегрузки (или стандартные нагрузки) испытывает слабое звено всей системы. Этот процесс является случайным; поэтому к нему применяют закон Пуассона. Если представить графически изменение нагрузки  $N(S)$  и изменение прочности системы  $P(S)$  (или ее элемента), то их совпадение, в теории надежности называемое «треугольником отказов», приводит к отказу работы системы.



**Рисунок 1-1. Треугольник отказов**

Динамика роста повреждаемости элементов теплосети в зависимости от проработанного времени показывает, что за последние пять лет явных изменений не произошло.

Согласно данным, предоставленным ОАО «НЧТК» база данных по повреждениям на магистральных тепловых сетях см Таблица 1-2 Информации по базе данных повреждений на внутриквартальных тепловых сетях не имеется.



**Таблица 1-2. Динамика повреждений на тепловых сетях**

| №п/п | год  | К-во повреждений | Время восстановления     |
|------|------|------------------|--------------------------|
| 1    | 2008 | 1                | 5ч 10мин                 |
| 2    | 2009 | 0                | -                        |
| 3    | 2010 | 0                | -                        |
| 4    | 2011 | 2                | 13 ч 20 мин и 6 ч 30 мин |
| 5    | 2012 | 1                | 6 ч 10 мин               |

В настоящее время наиболее эффективным методом повышения надежности системы теплоснабжения следует считать отбраковку в летний период ослабленных коррозией участков теплосети, которая производится путем гидравлического испытания отдельных участков трубопроводов при повышенном давлении.

Таким образом, система магистралей в соответствии с выбранной методикой делится на следующие эквивалентированные зоны (см. Рисунок 1-2):

1. Первая зона определена задвижками на выводах из ТЭЦ;
2. Вторая зона включает участок кольцевой сети и задвижку на выводе к потребителям (в г.Нижнекамск подключение потребителей к магистральному тепловоду осуществляется, в основном, ординарным способом);
3. Третья зона – секционирующие задвижки;

На основании расчетных данных получены следующие таблицы:

**Таблица 1-3. Зона 1 для расчета показателей надежности**

| Задвижки на выводах (зона 1) |              |                                                                 |                            |
|------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|
| параметр потока отказов      | ко-л-во штук | параметр потока отказов по задвижкам на выводах от ТЭЦ $\omega$ | $\sum \Delta Q_j \omega_j$ |
| 0,0020                       | 6,0000       | 0,0120                                                          | 0,460488                   |

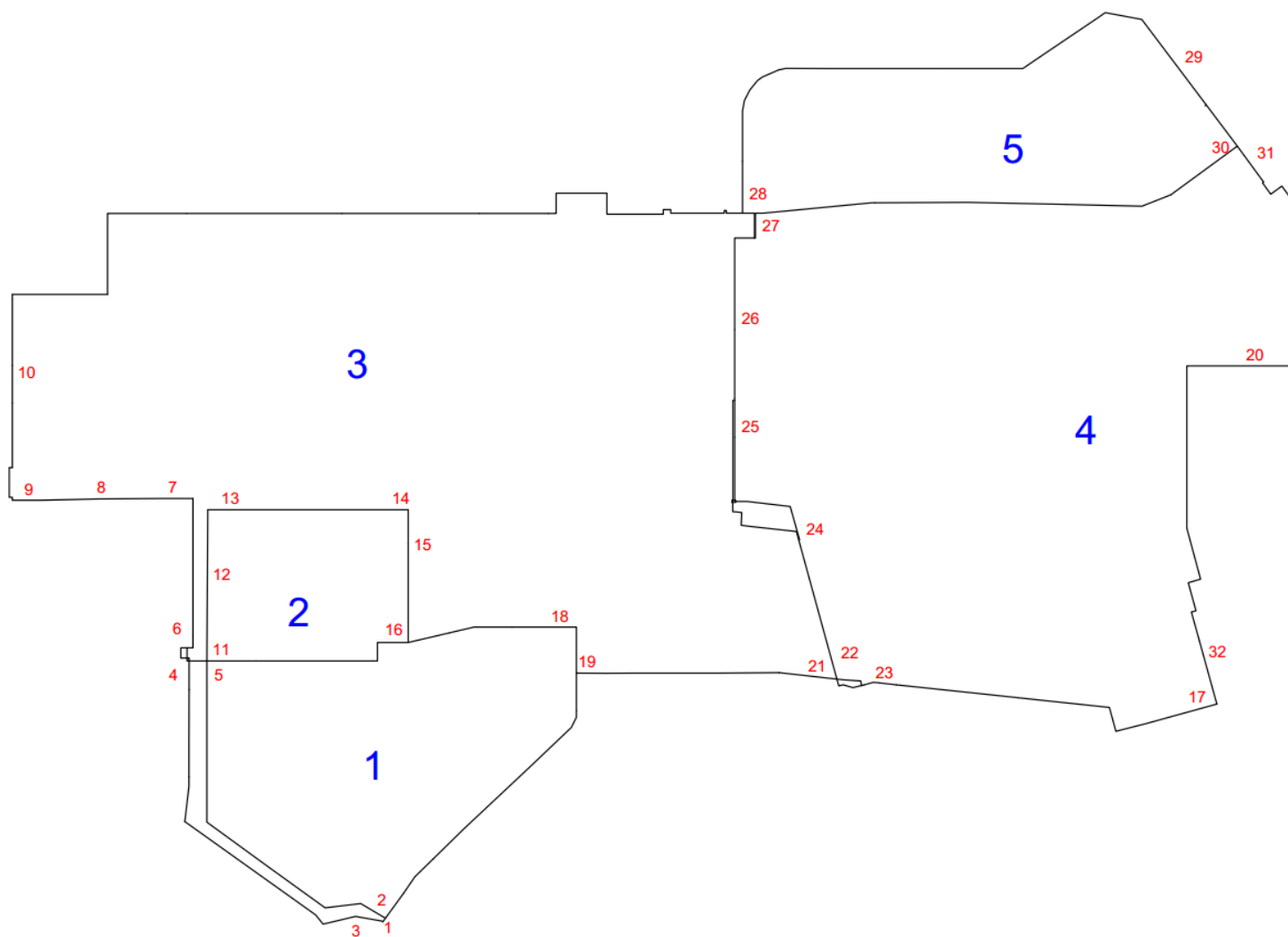


Рисунок 1-2. Эквивалентированная схема кольцевых тепловых сетей города Нижнекамска.

Рисунок 1-3. Зона 2 для расчета показателей надежности.

| Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2) |          |        |       |          |                                                |                             |                           |                            |
|--------------------------------------------|----------|--------|-------|----------|------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| №                                          | № кольца | Начало | Конец | Длина, м | Параметр потока отказов по участкам $\omega_j$ | Расход на потребителя, м³/ч | Отключаемая мощность, МВт | $\sum \Delta Q_j \omega_j$ |
| 1                                          | 1        | 3      | 4     | 1558     | 0,0391454                                      | 11,641                      | 13,538483                 | 1,06                       |
| 2                                          | 1        | 2      | 5     | 1228     | 0,0317012                                      | 8,586                       | 9,985518                  | 0,63                       |
| 3                                          | 3        | 4      | 6     | 53       | 0,0051956                                      | 19,187                      | 22,314481                 | 0,23                       |
| 4                                          | 3        | 6      | 7     | 642      | 0,0184822                                      | 49,288                      | 57,321944                 | 2,12                       |
| 5                                          | 3        | 7      | 8     | 323      | 0,0112862                                      | 9,798                       | 11,395074                 | 0,26                       |
| 6                                          | 3        | 8      | 9     | 349      | 0,0118727                                      | 0                           | 0                         | 0,00                       |
| 7                                          | 3        | 9      | 10    | 557      | 0,0165648                                      | 11,253                      | 13,087239                 | 0,43                       |
| 8                                          | 3        | 10     | 27    | 2138     | 0,052229                                       | 9,54                        | 11,09502                  | 1,16                       |
| 9                                          | 3,4      | 27     | 26    | 366      | 0,0122562                                      | 0                           | 0                         | 0,00                       |
| 10                                         | 3,4      | 26     | 25    | 1007     | 0,0267159                                      | 54,073                      | 62,886899                 | 3,36                       |
| 11                                         | 3,4      | 25     | 24    | 338,4    | 0,0116336                                      | 38,417                      | 44,678971                 | 1,04                       |
| 12                                         | 3,4      | 24     | 22    | 90       | 0,0060302                                      | 5                           | 5,815                     | 0,07                       |
| 13                                         | 2,3      | 11     | 12    | 300      | 0,0107674                                      | 10,143                      | 11,796309                 | 0,25                       |
| 14                                         | 2,3      | 12     | 13    | 247,5    | 0,0095831                                      | 12,493                      | 14,529359                 | 0,28                       |
| 15                                         | 2,3      | 13     | 14    | 697      | 0,0197229                                      | 2,441                       | 2,838883                  | 0,11                       |
| 16                                         | 2,3      | 14     | 15    | 115      | 0,0065942                                      | 15,626                      | 18,173038                 | 0,24                       |
| 17                                         | 2,3      | 15     | 16    | 334      | 0,0115344                                      | 3,822                       | 4,444986                  | 0,10                       |
| 18                                         | 1,2      | 11     | 16    | 661      | 0,0189108                                      | 10,386                      | 12,078918                 | 0,46                       |
| 19                                         | 1,3      | 16     | 18    | 519      | 0,0157076                                      | 9,696                       | 11,276448                 | 0,35                       |
| 20                                         | 1,3      | 18     | 19    | 196      | 0,0084214                                      | 15,496                      | 18,021848                 | 0,30                       |
| 21                                         | 1        | 19     | 2     | 1114     | 0,0291296                                      | 36,806                      | 42,805378                 | 2,49                       |
| 22                                         | 3        | 19     | 21    | 738      | 0,0206478                                      | 34,361                      | 39,961843                 | 1,65                       |
| 23                                         | 4        | 23     | 17    | 1645     | 0,0411079                                      | 39,94                       | 46,45022                  | 3,82                       |
| 24                                         | 4        | 17     | 32    | 1451     | 0,0367317                                      | 121,902                     | 141,77203                 | 10,42                      |
| 25                                         | 4        | 32     | 20    | 1972     | 0,0484844                                      | 17,443                      | 20,286209                 | 1,97                       |
| 26                                         | 4        | 20     | 31    | 519      | 0,0157076                                      | 79,907                      | 92,931841                 | 2,92                       |
| 27                                         | 4        | 31     | 29    | 384      | 0,0126623                                      | 62,097                      | 72,218811                 | 1,83                       |
| 28                                         | 4        | 28     | 29    | 2680     | 0,0644554                                      | 55,051                      | 64,024313                 | 8,25                       |
| 29                                         | 4,5      | 28     | 30    | 1842     | 0,0455518                                      | 87,793                      | 102,10326                 | 9,30                       |
| ИТОГО:                                     |          |        |       |          | 24063,9                                        | 0,6588335                   | 832,186                   | 967,83232                  |

Таблица 1-4. Зона 3 для расчета показателей надежности.

| Секционирующие задвижки (зона 3)          |              |        |                                         |                                   |                            |
|-------------------------------------------|--------------|--------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Номер<br>отключае-<br>мой<br>зави-<br>жки | Начало       | Конец  | Секционир-<br>ование,<br>расход,<br>м/ч | Отключаема-<br>я мощность,<br>МВт | $\sum \Delta Q_j \omega_j$ |
| 1                                         | 2,3,20       | 19     | 36,806                                  | 42,80538                          | 0,342443                   |
| 2                                         | 1,3          | 20,19  | 36,806                                  | 42,80538                          | 0,342443                   |
| 3                                         | 1,2          | 4      | 11,641                                  | 13,53848                          | 0,1083079                  |
| 4                                         | 3            | 5,6    | 30,828                                  | 35,85296                          | 0,2868237                  |
| 5                                         | 4,6          | 2,11,6 | 27,773                                  | 32,3                              | 0,2584                     |
| 6                                         | 4            | 7      | 68,475                                  | 79,63643                          | 0,6370914                  |
| 7                                         | 6            | 8      | 67,086                                  | 78,02102                          | 0,6241681                  |
| 8                                         | 7            | 9      | 9,798                                   | 11,39507                          | 0,0911606                  |
| 9                                         | 8            | 10     | 11,253                                  | 13,08724                          | 0,1046979                  |
| 10                                        | 9            | 28     | 20,793                                  | 24,18226                          | 0,1934581                  |
| 28                                        | 10           | 27,29  | 152,384                                 | 177,2226                          | 1,4177807                  |
| 27                                        | 10,28        | 30     | 97,333                                  | 113,1983                          | 0,9055862                  |
| 26                                        | 27           | 25     | 54,073                                  | 62,8869                           | 0,5030952                  |
| 25                                        | 26           | 24     | 92,49                                   | 107,5659                          | 0,860527                   |
| 24                                        | 25           | 22     | 43,417                                  | 50,49397                          | 0,4039518                  |
| 22                                        | 24           | 21,23  | 5                                       | 5,815                             | 0,04652                    |
| 21                                        | 22,23        | 19     | 74,301                                  | 86,41206                          | 0,6912965                  |
| 23                                        | 21,22        | 17     | 39,94                                   | 46,45022                          | 0,3716018                  |
| 17                                        | 23           | 32     | 161,842                                 | 188,2222                          | 1,505778                   |
| 19                                        | 18           | 21     | 49,857                                  | 57,98369                          | 0,4638695                  |
| 18                                        | 19           | 16,15  | 13,518                                  | 15,72143                          | 0,1257715                  |
| 15                                        | 16           | 14     | 19,448                                  | 22,61802                          | 0,1809442                  |
| 16                                        | 18,15        | 5,11   | 23,904                                  | 27,80035                          | 0,2224028                  |
| 14                                        | 15           | 13     | 18,067                                  | 21,01192                          | 0,1680954                  |
| 13                                        | 12           | 14     | 14,934                                  | 17,36824                          | 0,1389459                  |
| 12                                        | 11           | 13     | 22,636                                  | 26,32567                          | 0,2106053                  |
| 11                                        | 5,6          | 12,16  | 20,529                                  | 23,87523                          | 0,1910018                  |
| 29                                        | 28           | 30,31  | 118,148                                 | 137,4061                          | 1,099249                   |
| 30                                        | 27,28        | 29,31  | 149,89                                  | 174,3221                          | 1,3945766                  |
| 31                                        | 30,29        | 20     | 142,004                                 | 165,1507                          | 1,3212052                  |
| 20                                        | 31           | 32     | 97,35                                   | 113,2181                          | 0,9057444                  |
| 32                                        | 17           | 20     | 121,902                                 | 141,772                           | 1,1341762                  |
|                                           | <b>ИТОГО</b> |        |                                         |                                   | <b>17,251719</b>           |

Параметр потока отказов по секц. задвижкам  $\omega=0,208$

Таблица 1-5. Расчет математического ожидания.

| t= (период работы системы отопления) | Сред значение вероятности отказа системы за время t, F(t)= | Суммарный поток отказов | Математическое ожидание |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 0,597032                             | 0,37931347                                                 | 0,7988                  | 26,3885                 |

Показатель надежности системы теплоснабжения города Нижнекамск составил 0,973.

## 2. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПРИВЕДЕННОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕКРАЩЕНИЙ ПОДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Данный показатель может быть рассчитан в том случае, если по каждому участку можно определить место повреждения с указанием времени отключения потребителя от сети.

Таблица 2-1. Зона 1 для расчета показателей надежности

| Задвижки на выводах (зона 1) |                 |                                                                 | $\sum \Delta Q_j \omega_j$ |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Параметр потока отказов      | Количество штук | Параметр потока отказов по задвижкам на выводах от ТЭЦ $\omega$ |                            |
| 0,0020                       | 6,0000          | 0,0120                                                          | 0,460488                   |

Таблица 2-2. Зона 2 для расчета показателей надежности

| Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2) |          |        |       |          |                                                |                             |                           |                            |
|--------------------------------------------|----------|--------|-------|----------|------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| №                                          | № кольца | Начало | Конец | Длина, м | Параметр потока отказов по участкам $\omega_j$ | Расход на потребителя, м³/ч | Отключаемая мощность, МВт | $\sum \Delta Q_j \omega_j$ |
| 1                                          | 1        | 3      | 4     | 1558     | 0,0391454                                      | 11,641                      | 13,538483                 | 1,06                       |
| 2                                          | 1        | 2      | 5     | 1228     | 0,0317012                                      | 8,586                       | 9,985518                  | 0,63                       |
| 3                                          | 3        | 4      | 6     | 53       | 0,0051956                                      | 19,187                      | 22,314481                 | 0,23                       |
| 4                                          | 3        | 6      | 7     | 642      | 0,0184822                                      | 49,288                      | 57,321944                 | 2,12                       |
| 5                                          | 3        | 7      | 8     | 323      | 0,0112862                                      | 9,798                       | 11,395074                 | 0,26                       |
| 6                                          | 3        | 8      | 9     | 349      | 0,0118727                                      | 0                           | 0                         | 0,00                       |
| 7                                          | 3        | 9      | 10    | 557      | 0,0165648                                      | 58,585                      | 68,134355                 | 2,26                       |
| 8                                          | 3        | 10     | 27    | 2138     | 0,052229                                       | 164,936                     | 191,82057                 | 20,04                      |
| 9                                          | 3,4      | 27     | 26    | 366      | 0,0122562                                      | 0                           | 0                         | 0,00                       |
| 10                                         | 3,4      | 26     | 25    | 1007     | 0,0267159                                      | 54,073                      | 62,886899                 | 3,36                       |
| 11                                         | 3,4      | 25     | 24    | 338,4    | 0,0116336                                      | 38,417                      | 44,678971                 | 1,04                       |
| 12                                         | 3,4      | 24     | 22    | 90       | 0,0060302                                      | 5                           | 5,815                     | 0,07                       |
| 13                                         | 2,3      | 11     | 12    | 300      | 0,0107674                                      | 10,143                      | 11,796309                 | 0,25                       |
| 14                                         | 2,3      | 12     | 13    | 247,5    | 0,0095831                                      | 12,493                      | 14,529359                 | 0,28                       |
| 15                                         | 2,3      | 13     | 14    | 697      | 0,0197229                                      | 2,441                       | 2,838883                  | 0,11                       |
| 16                                         | 2,3      | 14     | 15    | 115      | 0,0065942                                      | 15,626                      | 18,173038                 | 0,24                       |
| 17                                         | 2,3      | 15     | 16    | 334      | 0,0115344                                      | 3,822                       | 4,444986                  | 0,10                       |
| 18                                         | 1,2      | 11     | 16    | 661      | 0,0189108                                      | 10,386                      | 12,078918                 | 0,46                       |

| Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2) |               |        |       |          |                                                |                             |                           |                            |
|--------------------------------------------|---------------|--------|-------|----------|------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| №                                          | № кольца      | Начало | Конец | Длина, м | Параметр потока отказов по участкам $\omega_j$ | Расход на потребителя, м³/ч | Отключаемая мощность, МВт | $\sum \Delta Q_j \omega_j$ |
| 19                                         | 1,3           | 16     | 18    | 519      | 0,0157076                                      | 9,696                       | 11,276448                 | 0,35                       |
| 20                                         | 1,3           | 18     | 19    | 196      | 0,0084214                                      | 15,496                      | 18,021848                 | 0,30                       |
| 21                                         | 1             | 19     | 2     | 1114     | 0,0291296                                      | 36,806                      | 42,805378                 | 2,49                       |
| 22                                         | 3             | 19     | 21    | 738      | 0,0206478                                      | 34,361                      | 39,961843                 | 1,65                       |
| 23                                         | 4             | 23     | 17    | 1645     | 0,0411079                                      | 39,94                       | 46,45022                  | 3,82                       |
| 24                                         | 4             | 17     | 32    | 1451     | 0,0367317                                      | 121,902                     | 141,77203                 | 10,42                      |
| 25                                         | 4             | 32     | 20    | 1972     | 0,0484844                                      | 31,679                      | 36,842677                 | 3,57                       |
| 26                                         | 4             | 20     | 31    | 519      | 0,0157076                                      | 91,959                      | 106,94832                 | 3,36                       |
| 27                                         | 4             | 31     | 29    | 384      | 0,0126623                                      | 71,7                        | 83,3871                   | 2,11                       |
| 28                                         | 4             | 28     | 29    | 2680     | 0,0644554                                      | 57,417                      | 66,775971                 | 8,61                       |
| 29                                         | 4,5           | 28     | 30    | 1842     | 0,0455518                                      | 87,793                      | 102,10326                 | 9,30                       |
|                                            | <b>ИТОГО:</b> |        |       |          | <b>24063,9</b>                                 | <b>0,6588335</b>            | <b>1073,171</b>           | <b>1248,0979</b>           |

Таблица 2-3. Зона 3 для расчета показателей надежности.

| Секционирующие задвижки (зона 3) |        |        |                               |                           |                            |
|----------------------------------|--------|--------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Номер отключаемой задвижки       | Начало | Конец  | Секционирование, расход, м³/ч | Отключаемая мощность, МВт | $\sum \Delta Q_j \omega_j$ |
| 1                                | 2,3,20 | 19     | 36,806                        | 42,80538                  | 0,342443                   |
| 2                                | 1,3    | 20,19  | 36,806                        | 42,80538                  | 0,342443                   |
| 3                                | 1,2    | 4      | 11,641                        | 13,53848                  | 0,1083079                  |
| 4                                | 3      | 5,6    | 30,828                        | 35,85296                  | 0,2868237                  |
| 5                                | 4,6    | 2,11,6 | 27,773                        | 32,3                      | 0,2584                     |
| 6                                | 4      | 7      | 68,475                        | 79,63643                  | 0,6370914                  |
| 7                                | 6      | 8      | 67,086                        | 78,02102                  | 0,6241681                  |
| 8                                | 7      | 9      | 9,798                         | 11,39507                  | 0,0911606                  |
| 9                                | 8      | 10     | 11,253                        | 13,08724                  | 0,1046979                  |
| 10                               | 9      | 28     | 20,793                        | 24,18226                  | 0,1934581                  |
| 28                               | 10     | 27,29  | 152,384                       | 177,2226                  | 1,4177807                  |
| 27                               | 10,28  | 30     | 97,333                        | 113,1983                  | 0,9055862                  |
| 26                               | 27     | 25     | 54,073                        | 62,8869                   | 0,5030952                  |
| 25                               | 26     | 24     | 92,49                         | 107,5659                  | 0,860527                   |
| 24                               | 25     | 22     | 43,417                        | 50,49397                  | 0,4039518                  |
| 22                               | 24     | 21,23  | 5                             | 5,815                     | 0,04652                    |
| 21                               | 22,23  | 19     | 74,301                        | 86,41206                  | 0,6912965                  |
| 23                               | 21,22  | 17     | 39,94                         | 46,45022                  | 0,3716018                  |

| Секционирующие задвижки (зона 3) |              |       |                                            |                           |                            |
|----------------------------------|--------------|-------|--------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Номер отключаемой задвижки       | Начало       | Конец | Секционирование, расход, м <sup>3</sup> /ч | Отключаемая мощность, МВт | $\sum \Delta Q_j \omega_j$ |
| 17                               | 23           | 32    | 161,842                                    | 188,2222                  | 1,505778                   |
| 19                               | 18           | 21    | 49,857                                     | 57,98369                  | 0,4638695                  |
| 18                               | 19           | 16,15 | 13,518                                     | 15,72143                  | 0,1257715                  |
| 15                               | 16           | 14    | 19,448                                     | 22,61802                  | 0,1809442                  |
| 16                               | 18,15        | 5,11  | 23,904                                     | 27,80035                  | 0,2224028                  |
|                                  | <b>ИТОГО</b> |       |                                            |                           | <b>17,251719</b>           |

Таблица 2-4. Расчет математического ожидания.

| t= (период работы системы отопления) | Сред значение вероятности отказа системы за время t, F(t)= | Суммарный поток отказов | Математическое ожидание |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 0,597032                             | 0,37931347                                                 | 0,7988                  | 37,4926                 |

Показатель надежности системы теплоснабжения составил 0,969.

Как видно надежность осталась практически на то же уровне, что говорит о том, что на численный показатель надежности системы главным образом влияют повреждения, которые связаны со старением трубопроводов тепловых сетей.

### 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПРИВЕДЕННОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕКРАЩЕНИЙ ПОДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Практически все участки тепловых сетей закольцованы и имеют низкую интенсивность отказов, что способствует сохранению бесперебойной подачи теплоносителя потребителю согласно заданной нагрузке.



#### **4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПРИВЕДЕННОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕКРАЩЕНИЙ ПОДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**

Практически все участки тепловых сетей закольцованы и имеют низкую интенсивность отказов, что способствует сохранению бесперебойной подачи теплоносителя потребителю согласно заданному объему.

#### **5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОЙ ВЕЛИЧИНОЙ ОТКЛОНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

Практически все участки тепловых сетей закольцованы и имеют низкую интенсивность отказов, что способствует сохранению бесперебойной подачи теплоносителя потребителю согласно заданной температуре.

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

С целью сохранения и повышения надежности системы теплоснабжения на тепловых сетях г. Нижнекамска рекомендованы следующие мероприятия:

1. Произвести полную инвентаризацию всего оборудования и тепловых сетей, находящихся в ведении ОАО «НЧТК» и ОАО «ВК и ЭХ». Базы данных системы должны содержать полную информацию о каждом участке тепловых сетей — год строительства и последнего капитального ремонта, рабочие режимы (температура, давление), способ прокладки, сведения о материале труб и тепловой изоляции, даты и характер повреждений, способы их устранения, а также результаты диагностики с информацией об остаточном ресурсе каждого участка.

Оснастить аварийные бригады передвижными диагностическими лабораториями, оснащенные аппаратурой для точного определения места повреждения.

Скорректировать подход к планированию и проведению планово-предупредительных ремонтов на тепловых сетях. При составлении планов капитальных ремонтов и модернизации одновременно должны учитываться несколько факторов для конкретного участка тепловых сетей:

- срок службы теплосети;
- диапазоны рабочих давлений и температур;
- статистика аварийных повреждений;
- результаты тепловой аэрофотосъемки;
- результаты диагностики.

2. Проанализировать существующие методы по защите от коррозии трубопроводов в наиболее проблемных зонах, расположенных вблизи путей электротранспорта, силовых кабелей, в зонах действия станций катодной защиты других подземных металлоконструкций и трубопроводов. Кроме того, критерием опасной коррозии для тепловых сетей является высокая коррозионная агрессивность грунта и наличие воды в канале (или заливания канала) при канальной прокладке. Принять меры по проведению противокоррозионной защиты, к примеру, установке на трубопровод анодов-протекторов и изолирующих фланцев в случае отсутствия или ненадлежащей установки таковых.
3. Пристальное внимание уделять предварительной подготовке трубопроводов и материалов. Детали и элементы трубопроводов, которые используются при проведении аварийного ремонта, должны иметь согласно требованиям СНиП 3.05.03-85 и СНиП 3.04.03-85 защитное противокоррозионное покрытие, нанесенное в заводских условиях в соответствии с требованиями технических условий и проектной документации.
4. После проведения диагностики необходимо по ее результатам заменить наиболее изношенные трубопроводы, изолированные минеральной ватой, трубопроводами, выполненными по современной технологии, изолированные пенополиуретаном (ППУ) и имеющие специальную полиэтиленовую оболочку, особую конструкцию стыковых соединений и систему сигнализации.