

**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ТВЕРИ  
ДО 2028 ГОДА**

(АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2022 ГОД)

**КНИГА 11. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Санкт Петербург 2022

**СОСТАВ РАБОТ**

| **Наименование документа** | **Шифр** |
| --- | --- |
| Схема теплоснабжения города Твери до 2028 г. | ПСТ.ОМ.69-40.000.000 |
| Книга 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения | ПСТ.ОМ.69-40.001.000 |
| Приложение 1. Зоны деятельности ЕТО | ПСТ.ОМ.69-40.001.001  (Графическая часть) |
| Приложение 2. Источники тепловой энергии | ПСТ.ОМ.69-40.001.002 |
| Приложение 3. Параметры тепловых сетей. Результаты гидравлических расчетов | ПСТ.ОМ.69-40.001.003 |
| Приложение 4. Данные для анализа гидравлических и температурных режимов отпуска тепла | ПСТ.ОМ.69-40.001.004 |
| Приложение 5. Данные по температурам наружного воздуха. Данные для анализа фактического теплопотребления | ПСТ.ОМ.69-40.001.005 |
| Приложение 6. Потребители тепловой энергии | ПСТ.ОМ.69-40.001.006 |
| Книга 2. Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения | ПСТ.ОМ.69-40.002.000 |
| Приложение 1. Зоны перспективной застройки | ПСТ.ОМ.69-40.002.001 (Графическая часть) |
| Книга 3. Электронная модель системы теплоснабжения г. Твери | ПСТ.ОМ.69-40.003.000 |
| Приложение 1. Результаты гидравлических расчетов тепловых сетей по состоянию на базовый период актуализации схемы теплоснабжения | ПСТ.ОМ.69-40.003.001 |
| Приложение 2. Схемы тепловых сетей | ПСТ.ОМ.69-40.003.002  (Графическая часть) |
| Книга 4. Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей | ПСТ.ОМ.69-40.004.000 |
| Приложение 1. Результаты гидравлического расчета передачи теплоносителя до потребителей, присоединенных к тепловой сети от каждого источника тепловой энергии | ПСТ.ОМ.69-40.004.001 |
| Книга 5. Мастер-план развития систем теплоснабжения г. Твери до 2028 г. | ПСТ.ОМ.69-40.005.000 |
| Книга 6. Существующие и перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей, в том числе в аварийных режимах | ПСТ.ОМ.69-40.006.000 |
| Книга 7. Предложения по строительству, реконструкции, техническому перевооружению и (или) модернизации источников тепловой энергии | ПСТ.ОМ.69-40.007.000 |
| Книга 8. Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей | ПСТ.ОМ.69-40.008.000 |
| Книга 9. Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения | ПСТ.ОМ.69-40.009.000 |
| Книга 10. Перспективные топливные балансы | ПСТ.ОМ.69-40.010.000 |
| Книга 11. Оценка надежности теплоснабжения | ПСТ.ОМ.69-40.011.000 |
| Книга 12. Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию, техническое перевооружение и (или) модернизацию | ПСТ.ОМ.69-40.012.000 |
| Книга 13. Индикаторы развития систем теплоснабжения г. Твери | ПСТ.ОМ.69-40.013.000 |
| Книга 14. Ценовые (тарифные) последствия | ПСТ.ОМ.69-40.014.000 |
| Книга 15. Реестр единых теплоснабжающих организаций | ПСТ.ОМ.69-40.015.000 |
| Книга 16. Реестр мероприятий схемы теплоснабжения | ПСТ.ОМ.69-40.016.000 |
| Книга 17. Замечания и предложения к проекту схемы теплоснабжения | ПСТ.ОМ.69-40.017.000 |
| Книга 18. Сводный том изменений, выполненных в доработанной и (или) актуализированной схеме теплоснабжения | ПСТ.ОМ.69-40.018.000 |

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc108907047)

[1 Метод и результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения 6](#_Toc108907048)

[2 Предложения по обеспечению надежности систем теплоснабжения 14](#_Toc108907049)

[3 Результаты оценки надежности теплоснабжения потребителей в аварийном режиме функционирования 17](#_Toc108907050)

# ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с основными положениями постановления Правительства РФ от 16.03.2019 № 276, приказа Минэнерго № 212 от 05.03.19 глава 11 «Оценка надежности теплоснабжения» (п. 73) содержит обоснование:

а) метода и результатов обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения;

б) метода и результатов обработки данных по восстановлениям отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения;

в) результатов оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам;

г) результатов оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки;

д) результатов оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии.

Материалы главы 11 предназначены для актуализации «Предложений по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей» утверждаемой части схемы теплоснабжения.

В настоящей главе представлены результаты обработки данных по отказам и восстановлениям участков тепловых сетей, результаты расчетов вероятностей отказов и безотказной работы, коэффициентов готовности систем теплоснабжения и недоотпуска теплоты потребителям тепловой энергии в зонах теплоснабжения источников тепловой энергии.

# Метод и результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения

* 1. **Метод обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения**

Обработка данных по отказам участков тепловых сетей выполнена по следующей методике. Последовательно определяются:

а) интенсивность отказов теплопровода с учетом времени его эксплуатации:

, 1/км/год (1/км/ч)

где,  - интенсивность отказов теплопровода, соответствующая начальному периоду эксплуатации, 1/км/год;

 - продолжительность эксплуатации участка, лет;

 - коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации i-того участка теплопровода:



б) интенсивность отказов ЗРА (одной единицы):

, 1/ч.

в) параметр потока отказов участков ТС:

, 1/год,

где L - длина участка ТС, км.

г) параметр потока отказов ЗРА:

, 1/ч.

* 1. **Метод обработки обработки данных по восстановлениям отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения**

Обработка данных по восстановлениям отказавших участков тепловых сетей выполнена по следующей методике. Последовательно определяются:

а) среднее время до восстановления участков ТС:

, ч

где:  - расстояние между секционирующими задвижками, км;

 - диаметр i-того участка тепловой сети, м.

Значения коэффициентов a, b и c, приведенные в таблице 1, получены на основе численных значений времени восстановления теплопроводов в зависимости от их диаметров, рекомендуемых СП 124.13330.2012.

Таблица . – Значения коэффициентов a, b и c

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Коэффициент | а | b | с |
| Значение | 2.91 | 20.89 | -1.88 |

б) интенсивность восстановления элементов ТС:



в) вероятность состояния сети, соответствующая отказу j-го элемента рассчитывается по зависимости:



г) температура воздуха в здании j-го потребителя в конце периода восстановления f-го элемента рассчитывается по зависимости:

, °С

где,

 - расчетная температура внутри отапливаемого здания, °С;

 - расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, °С;

 - текущая фактическая температура наружного воздуха, °С;

 - время восстановления f-го участка тепловой сети, ч;

 - коэффициент тепловой аккумуляции здания j-го отапливаемого здания, ч;

 - относительный часовой расход теплоты для отопления j-го потребителя при отказе f-го участка тепловой сети при температуре наружного воздуха 

д) температура наружного воздуха, при которой время восстановления f-го элемента равно временному резерву j-го потребителя рассчитывается по зависимости:

‑ при  (j-тый потребитель при аварии на f-том участке тепловой сети не получает тепловую энергию)

.

- при  (j-тый потребитель при аварии на f-том участке тепловой сети получает тепловую энергию) 

,

Здесь - - минимально допустимая (по СП 124.13330.2012, п. 4.2) температура воздуха в здании j-го потребителя, 0С.

Порядок расчета продолжительности периода стояния температур наружного воздуха  ниже 

- если  оказывается равной или выше +8°С (начало отопительного периода), это означает, что отказ f-того участка тепловой сети нарушает пониженный уровень теплоснабжения j-того потребителя при любой температуре наружного воздуха и величина  должна приниматься равной продолжительности отопительного периода;

- если  оказывается равной , отказ f-того участка тепловой сети влияет на теплоснабжение j-того потребителя только при температурах ниже расчетных и  должна приниматься равной  - повторяемости температуры наружного воздуха ниже ;

- если  (минимальная температура наружного воздуха), отказ f-того участка тепловой сети не влияет на теплоснабжение j-того потребителя и  должна приниматься равной нулю;

- если , то  должна определяться по формуле

;

если , то , значение  должно определяться по повторяемости температур наружного воздуха, используемого в графике продолжительности тепловой нагрузки, или по формуле:



где,

 - повторяемость температуры наружного воздуха ниже расчетной температуры наружного воздуха, ч;

 - продолжительность отопительного периода, ч;

 - средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С;

Вероятность безотказного теплоснабжения j-го потребителя или вероятность обеспечения в течение отопительного периода температуры внутри отапливаемого помещения j-го потребителя не ниже минимально допустимого значения должна определяться по формуле:

,

где,  - повторяемость температуры наружного воздуха  ниже , ч;

 - температура наружного воздуха при которой время восстановления f-го участка  равно временному резерву j-го потребителя, т.е. время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения j-го потребителя до минимально допустимого значения .

С помощью установления значений величин  и  выделяется доля отопительного периода, в течении которого выход в аварию f-го участка тепловой сети влияет на величину  (вероятности безотказного теплоснабжения j-го потребителя).

Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения j-го потребителя должен определяться по формуле:

,

где,  - множество участков тепловой сети, выход которых в аварию не нарушает расчетный уровень теплоснабжения j-го потребителя;

Средний суммарный недоотпуск тепловой энергии j-тому потребителю в течение отопительного периода должен определяться по формуле:

, Гкал

где:  - расчетный при  часовой расход теплоносителя у j-того потребителя, т/ч;

 - часовой расход теплоносителя у j-того потребителя при отказе f-того участка тепловой сети, т/ч;

 и - расчетная температура теплоносителя при температуре наружного воздуха равной  в подающем и обратном теплопроводе тепловой сети, °С.

* 1. **Резултаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварйным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения**

Результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей, средней частоты отказов (поток отказов) участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения существующее положение и с учетом поэтапной в период с 2022 по 2028 год реконструкции участков тепловых сетей, представлены в столбце 8 табл. 1.1, 1.3 Приложения Главы 11 (в электронном виде).

* 1. **Резултаты обработки данных по востановлениям отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени востановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения**

Результаты обработки данных по восстановлениям отказавших участков тепловых сетей, среднего времени и интенсивности восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения существующее положение и с учетом поэтапной в период с 2022 по 2028 год реконструкции участков тепловых сетей, представлены соответственно в столбцах 6, 7 табл. 1.1, 1.3 Приложения Главы 11 (в электронном виде).

* 1. **Результаты оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам**

Результаты оценки вероятностей отказов теплопроводов существующее положение и с учетом поэтапной в период с 2022 по 2028 год реконструкции участков тепловых сетей приведены в столбце 9 табл. 1.1, 1.3 Приложения Главы 11 (в электронном виде).

Результаты оценки вероятностей безотказной работы систем теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам существующее положение и с учетом поэтапной в период с 2022 по 2028 год реконструкции участков тепловых сетей приведены в столбце 5 табл. 1.2, 1.4 Приложения Главы 11 (в электронном виде).

* 1. **Результаты оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки**

Результаты оценки коэффициентов готовности теплопроводов к обеспечению тепловой нагрузки существующее положение и с учетом поэтапной в период с 2022 по 2028 год реконструкции участков тепловых сетей приведены в столбце 6 табл. 1.2, 1.4 Приложения Главы 11 (в электронном виде).

* 1. **Результаты оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии**

Результаты оценки недоотпуска тепловой энергии потребителям по причине отказов и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии существующее положение и с учетом поэтапной в период с 2022 по 2028 год реконструкции участков тепловых сетей приведены в столбце 7 табл. 1.2, 1.4 Приложения Главы 11 (в электронном виде).

# Предложения по обеспечению надежности систем теплоснабжения

**2.1 Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих нормативную готовность энергетического оборудования**

Применение рациональных тепловых схем, с дублированными связями, обеспечивающих готовность энергетического оборудования источников теплоты, выполняется на этапе их проектирования. При этом топливо-, электро- и водоснабжение источников теплоты, обеспечивающих теплоснабжение потребителей первой категории, предусматривается по двум независимым вводам от разных источников, а также использование запасов резервного топлива.

Источники теплоты, обеспечивающие теплоснабжение потребителей второй и третей категории, обеспечиваются электро- и водоснабжением по двум независимым вводам от разных источников и запасами резервного топлива. Кроме того, для теплоснабжения потребителей первой категории устанавливаются местные резервные (аварийные) источники теплоты (стационарные или передвижные). При этом допускается резервирование, обеспечивающее в аварийных ситуациях 100%-ную подачу теплоты от других тепловых сетей. При резервировании теплоснабжения промышленных предприятий, как правило, используются местные резервные (аварийные) источники теплоты.

**2.2 Установка резервного оборудования**

Установка резервного оборудования значительно увеличивает надежность системы теплоснабжения. В актуализированной схеме теплоснабжения г. Твери предусмотрен комплекс мероприятий по замене физически и морально устаревшего оборудования источников теплоснабжения. Подробное описание данных мероприятий приведено в Главе 7. Установка резервного оборудования не требуется.

**2.3 Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть**

Организация совместной работы нескольких источников теплоты на единую тепловую сеть позволяет, в случае аварии на одном из источников, частично обеспечивать единые тепловые нагрузки за счет других источников теплоты. Прокладка резервных трубопроводных связей обеспечивает непрерывное теплоснабжение потребителей со значительным снижением недоотпуска теплоты во время аварий. Количество и диаметры перемычек определяются, исходя из нормальных и аварийных режимов работы сети, с учетом снижения расхода теплоносителя. Места размещения резервных трубопроводных соединений между смежными теплопроводами и их количество определяется расчетным путем с использованием в качестве критерия такого показателя надежности как вероятность безотказной работы. При обеспечении безотказности тепловых сетей определяются:

‑ предельно допустимые длины нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;

‑ места размещения резервных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;

‑ достаточность диаметров, выбираемых при проектировании новых или реконструируемых существующих теплопроводов, для обеспечения резервной подачи теплоты потребителям при отказах.

Наличие автоматизированных тепловых пунктов, подключенных к тепловой сети по независимой схеме или с помощью смесительных насосов, позволяет почти в течение всего отопительного сезона компенсировать снижение расхода в тепловой сети повышением температуры сетевой воды, обеспечивая необходимую подачу тепла. В системах теплоснабжения от источников теплоты устраиваются узлы распределения с двухсторонним присоединением к тепловой сети, обеспечивающим в случае аварии подачу тепла через перемычки между магистралями, а в идеальном случае - путем подключения к двум магистралям. Наличие в тепловой сети узлов распределения позволяет получить управляемую систему теплоснабжения, т.е. обеспечить возможность точного распределения циркулирующей воды в нормальном и аварийном режимах, а при совместной работе теплоисточников - возможность изменения режима работы сети в широких пределах. Подключение центральных тепловых пунктов к распределительным тепловым сетям может выполняться аналогичным образом, то есть с двухсторонним подключением ЦТП и устройством соответствующих перемычек.

**2.4 Резервирование тепловых сетей смежных районов**

Резервирование тепловых сетей смежных районов города как мероприятие, обеспечивающее надежное теплоснабжение потребителей при возникновении аварийных отключений как источников тепловой энергии, так и тепловых сетей в настоящей актуализации Схемы теплоснабжения не используется;

**2.5 Устройство резервных насосных станций**

Установка резервных насосных станций не требуется.

**2.6 Установка баков-аккумуляторов**

Повышению надежности функционирования систем теплоснабжения в определенной мере способствует применение теплогидроаккумулирующих установок, наличие которых позволяет оптимизировать тепловые и гидравлические режимы тепловых сетей, а также использовать аккумулирующие свойства отапливаемых зданий. Теплоинерционные свойства зданий учитываются МДС 41-6.2000 «Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах РФ» при определении расчетных расходов на горячее водоснабжение при проектировании систем теплоснабжения из условий темпов остывания зданий при авариях.

Размещение баков-аккумуляторов горячей воды возможно как на источнике теплоты, так и в районах теплопотребления. При этом на источнике теплоты предусматриваются баки-аккумуляторы вместимостью не менее 25 % общей расчетной вместимости системы. Внутренняя поверхность баков защищается от коррозии, а вода в них – от аэрации, при этом предусматривается непрерывное обновление воды в баках.

Для открытых систем теплоснабжения, а также при отдельных тепловых сетях на горячее водоснабжение предусматриваются баки-аккумуляторы химически обработанной и деаэрированной подпиточной воды расчетной вместимостью, равной десятикратной величине среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение.

В закрытых системах теплоснабжения на источниках теплоты мощностью 100 МВт и более

предусматривается установка баков запаса химически обработанной и деаэрированной подпиточной воды вместимостью 3 % объема воды в системе теплоснабжения, при этом обеспечивается обновление воды в баках.

Число баков независимо от системы теплоснабжения принимается не менее двух по 50 % рабочего объема.

В системах центрального теплоснабжения (СЦТ) с теплопроводами любой протяженности от источника теплоты до районов теплопотребления допускается использование теплопроводов в качестве аккумулирующих емкостей.

Таким образом, структура систем теплоснабжения должна соответствовать их масштабности и сложности. Если надежность небольших систем обеспечивается при радиальных схемах тепловых сетей, не имеющих резервирования и узлов управления, то тепловые сети крупных систем теплоснабжения должны быть резервированными, а в местах сопряжения резервируемой и нерезервируемой частей тепловых сетей должны иметь автоматизированные узлы управления. Это позволяет преодолеть противоречие между «ненадежной» структурой тепловых сетей и требованиями к их надежности и обеспечить управляемость системы в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах, а также подачу потребителям необходимых количеств тепловой энергии во время аварийных ситуаций.

# Результаты оценки надежности теплоснабжения потребителей в аварийном режиме функционирования

**Результаты оценки надежности теплоснабжения потребителей ТЭЦ-3 в аварийном режиме функционирования.**

На рисунке 1 приведена трассировка отключенного теплопровода от источника тепловой энергии ТЭЦ-3 до рассматриваемого конечного потребителя.

Зона теплоснабжения изолированная, на базе источников ТЭЦ-1, ТЭЦ-4, ВК-1, ВК-2, котельная «Южная» (расположенных на правом берегу р. Волга) и ТЭЦ-3 и котельной «Котельной цех» (расположенных на левом берегу р. Волга).

Рассматриваются два состояния тепловой сети: текущее и перспективное.

Изображение выглядит как карта

Автоматически созданное описание

Рисунок - Схема аварийного отключения тепловой сети ТЭЦ – 3

Результаты расчетов.

Результатом расчета принят диапазон значений следующих показателей надежности элементов системы теплоснабжения:

̶ вероятность безотказной работы (ВБР) объединенной сети по отношению к потребителям, отн. ед.;

̶ коэффициент готовности (КГ) объединенной сети к теплоснабжению потребителя, отн. ед.;

̶ вероятность отказа (ВО) участка объединенной сети, отн. ед.

Резульаты расчета текущего сосаниия приведены в табл. 3.1 – 3.2 Приложения Главы 11 (в электронном виде), резултаты перспетивного состояни приведены в табл. 3.3 – 3.4 Приложения Главы 11 (в электронном виде).

Анализ результатов расчета производится методом сравнения (оцениванием) нижних/верхних границ диапазонов численных значений соответствующих показателей надежности при изменении структуры тепловой сети. Аналир резутатов показателей неадежности приведен ниже.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Диапазон значений, отн. ед. | | | |
| Текущее положение | | Перспективное положение | |
| нижняя граница | верхняя граница | нижняя граница | верхняя граница |
| ВБР | 0,90 | 0,999 | 0,90 | 0,999 |
| КГ | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 |
| ВО | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы о том что наблюдаемые расчетные диапазоны значений ВБР во всех моделируемых состояниях схем тепловой сети, находятся выше значения, определенного СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» для надежных систем теплоснабжения (0.86). Поэтому любое резервирование магистральных выводов в аварийном режиме функционирования магистрали является явно избыточным мероприятием.

Остальные источники теплоснабжения г. Твери имеют тупиковую сеть (не имеет кольцевой части), очевидно, что при выходе из строя одного из элементов полностью прекращается теплоснабжение потребителей, расположенных за этим элементом. Теплоснабжение остальных потребителей не нарушается. Таким образом, если в тупиковой сети все показатели ВБР элементов больше нормативного значения, то резервирования сети не требуется.

Анализ получениях результатов надежности по оставшимся источникам теплоснабжения показал, что:

- на большей части источников теплоснабжения, в текущем положении (без реконструкции сетей), значения ВБР и КО превышают нормативные значения. Таким образом мероприятий по надежности не требуются;

- по остальным источникам теплоснабжения имеется недостижение нормативных значений ВБР и КО в текущем положении (без реконструкции сетей), но данные показатели превышают нормативные значения в перспективном положении (после реконструкции сетей со сроком службы более 25 лет).

Участки тепловой сети, выработавшие эксплуатационный ресурс (работающие 25 лет и более) определены в группу как потенциально ненадежные и приведены в таблице 3.5 Приложения Главы 11 (в электронном виде). После дополнительного анализа их состояния должны выбираться участки тепловых сетей, рекомендуемые к замене и учтены в мероприятиях последующей актуализации схемы теплоснабжения г. Твери.