



Схема теплоснабжения г.Набережные Челны
на период до 2028 г.
Обосновывающие материалы

Том 20.

Глава 9. Оценка надежности теплоснабжения

00.106-ОМ.09.001

СОСТАВ ПРОЕКТА*

№ тома	Обозначение	Наименование	Примечание
1	00.106-УЧ.001	Утверждаемая часть. Схема теплоснабжения г.Набережные Челны на период до 2028 г.	
2	00.106-ОМ.01.001	Глава 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения	
3	00.106-ОМ.01.002	Приложение 1.1. Энергоисточники города	
4	00.106-ОМ.01.003	Приложение 1.2. Тепловые сети и сооружения на них	
5	00.106-ОМ.01.004	Приложение 1.3. Тепловые нагрузки потребителей	
6	00.106-ОМ.01.005	Приложение 1.4. Статистика повреждений трубопроводов	
7	00.106-ОМ.01.006	Приложение 1.5. Графики изменения температур насыпного грунта	
8	00.106-ОМ.02.001	Глава 2. Перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения	
9	00.106-ОМ.02.002	Приложение 2.1. Характеристика существующей застройки	
10	00.106-ОМ.02.003	Приложение 2.2. Характеристика перспективной застройки	
11	00.106-ОМ.03.001	Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения	
12	00.106-ОМ.03.002	Приложение 3.1. Результаты гидравлического расчета по состоянию базового периода	
13	00.106-ОМ.03.003	Приложение 3.2. Результаты гидравлического расчета с учетом перспективного развития системы теплоснабжения	
14	00.106-ОМ.03.004	Приложение 3.3. Тепловые камеры и насосные станции	
15	00.106-ОМ.04.001	Глава 4. Перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки	
16	00.106-ОМ.05.001	Глава 5. Перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя	
17	00.106-ОМ.06.001	Глава 6. Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии	
18	00.106-ОМ.07.001	Глава 7. Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей и сооружений на них	
19	00.106-ОМ.08.001	Глава 8. Перспективные топливные балансы	
20	00.106-ОМ.09.001	Глава 9. Оценка надежности теплоснабжения	
21	00.106-ОМ.10.001	Глава 10. Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение	

22	00.106-ОМ.11.001	Глава 11. Обоснование предложения по определению единой теплоснабжающей организации	
23	00.106-ОМ.12.001	Глава 12. Реестр проектов схемы теплоснабжения	

* – 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 (2)

РЕФЕРАТ

Отчет – 43 с., 12 рис., 26 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. набережные челны 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 теплопотребления 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	6
Перечень таблиц	7
Перечень рисунков	8
1. Перспективные показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии	9
1.1. Общие положения	9
1.2. Северо-восточная часть города	13
1.3. Юго-западная часть города (п.ГЭС)	19
1.4. Юго-Западная часть города (п.ЗЯБ)	23
1.5. Северо-восточная часть города с учетом перспективы нарастания нагрузок	26
1.6. Юго-западная часть города с учетом перспективы нарастания нагрузок (п.ГЭС)	30
1.7. Юго-западная часть города (п.ЗЯБ)	33
1.8. Итоги расчета перспективных показателей надежности	35
2. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии	36
3. Перспективные показатели надежности, определяемые приведенным объемом недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии	38
4. Перспективные показатели надежности, определяемые средневзвешенной величиной отклонений температуры теплоносителя	40
5. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения	41
Библиография	43

ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

Таблица 1-1. Предпосылки снижения надежности тепловых сетей.....	9
Таблица 1-2. Зона 1 для расчета показателей надежности.....	13
Таблица 1-3. Зона 2 для расчета показателей надежности.....	15
Таблица 1-4. Зона 3 для расчета показателей надежности.....	17
Таблица 1-5. Расчет математического ожидания.....	18
Таблица 1-6. 1 для расчета показателей надежности.....	20
Таблица 1-7. Зона 2 для расчета показателей надежности.....	20
Таблица 1-8. Зона 3 для расчета показателей надежности.....	21
Таблица 1-9. Расчет математического ожидания.....	22
Таблица 1-10. Зона 1 для расчета показателей надежности.....	23
Таблица 1-11. Зона 2 для расчета показателей надежности.....	23
Таблица 1-12. Зона 3 для расчета показателей надежности.....	25
Таблица 1-13. Расчет математического ожидания.....	25
Таблица 1-14. Зона 1 для расчета показателей надежности.....	26
Таблица 1-15. Зона 2 для расчета показателей надежности.....	26
Таблица 1-16. Зона 3 для расчета показателей надежности.....	27
Таблица 1-17. Расчет математического ожидания.....	29
Таблица 1-18. Зона 1 для расчета показателей надежности.....	30
Таблица 1-19. Зона 2 для расчета показателей надежности.....	30
Таблица 1-20. Зона 3 для расчета показателей надежности.....	31
Таблица 1-21. Расчет математического ожидания.....	32
Таблица 1-22. Зона 1 для расчета показателей надежности.....	33
Таблица 1-23. Зона 2 для расчета показателей надежности.....	33
Таблица 1-24. Зона 3 для расчета показателей надежности.....	33
Таблица 1-25. Перспективные показатели надежности для схем теплоснабжения г.Набережные Челны.....	35
Таблица 2-1. Отказы, подтвержденные актами.....	36

ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

Рисунок 1-1. Треугольник отказов.....	10
Рисунок 1-2. Время восстановления поврежденной секции тепловода.....	11
Рисунок 1-3. Изменение количества повреждений на тепловых сетях за пятилетний период.....	12
Рисунок 1-4. Эквивалентированная схема кольцевых тепловых сетей северо-восточной части города.....	14
Рисунок 1-5. Эквивалентированная схема тепловых сетей п.ГЭС юго-западной части г.Набережные Челны.....	19
Рисунок 1-6. Эквивалентированная схема тепловых сетей п.ЗЯБ юго-западной части г.Набережные Челны.....	24
Рисунок 1-7. График изменения показателей надежности.....	35
Рисунок 2-1. Перспективный показатель уровня надежности, определяемый суммарной приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии в отопительный сезон.....	37
Рисунок 3-1. Расчет недоотпуска тепла потребителям, подключенным к ОАО «НЧТЭЦ», в результате нарушений подачи тепловой энергии.....	38
Рисунок 3-2. Расчет недоотпуска тепла потребителям, подключенным к тепловой станции БСИ, в результате нарушений подачи тепловой энергии.....	39
Рисунок 3-3. Расчет недоотпуска тепла потребителям, подключенным к котельной ООО «КамгэсЗЯБ», в результате нарушений подачи тепловой энергии.....	39
Рисунок 3-4. Расчет недоотпуска тепла потребителям, подключенным к котельной ООО «КаМАЗ-Энерго», в результате нарушений подачи тепловой энергии.....	40

1. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ 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)

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

Таблица 1-1. Предпосылки снижения надежности тепловых сетей

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 рН 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.

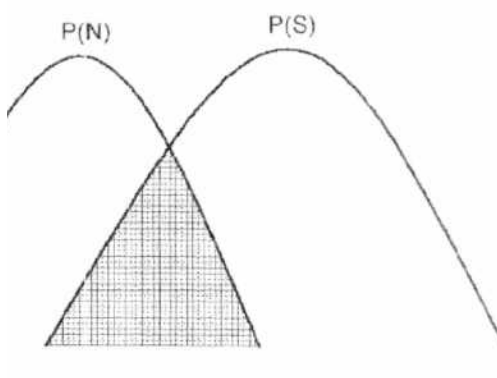


Рисунок 1-1. Треугольник отказов

Т.к. база данных по отказам не содержит точной информации, позволяющей определить время, необходимое на устранение повреждения.

Время снижения внутренней температуры отапливаемых помещений от расчетной величины $t'_в$ до допустимого минимального предела $t_в$ (12–14°C) при полном выключении отопления определяется по формуле:

$$z_a = \beta \ln \frac{t'_в - t_H}{t_в - t_H}$$

Результаты расчета см. Рисунок 1-2.

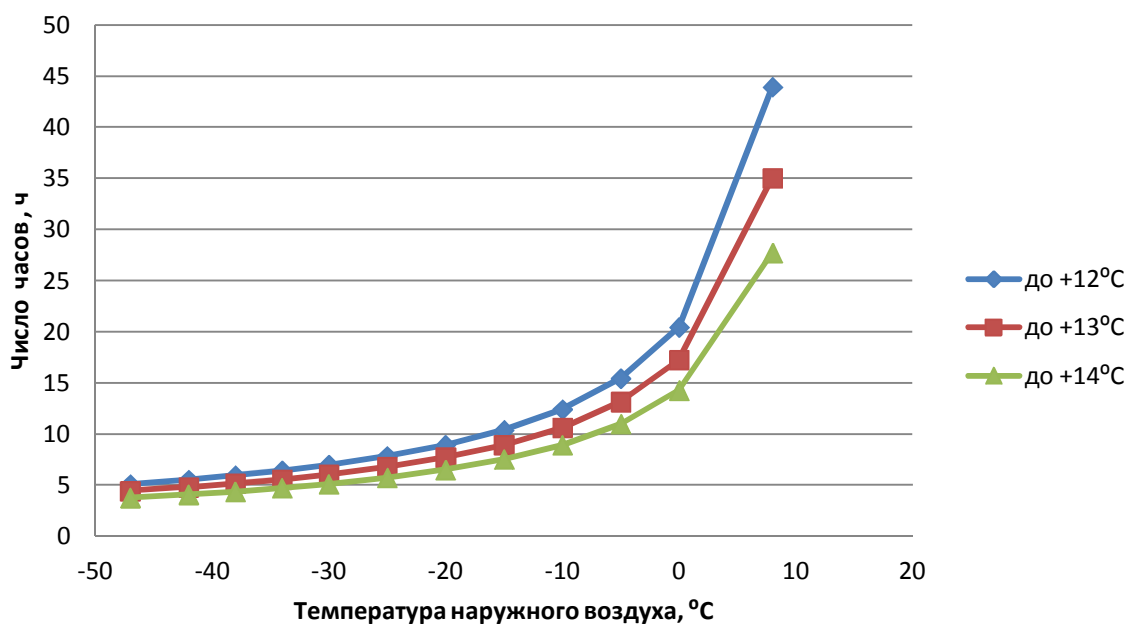


Рисунок 1-2. Время восстановления поврежденной секции тепловода

Исследование надежности мы проводили на основе статистических данных работы тепловой сети г. Набережные Челны за трехлетний период.

Динамика роста повреждаемости элементов теплосети в зависимости от проработанного времени показывает, что за последние три года явных изменений не произошло (см. Рисунок 1-3). Основной процент повреждений теплосети выявляется в процессе гидравлических испытаний в подготовительный период.

Достаточное высокое число повреждений связано со «старением» элементов тепловых сетей, а также недостаточной интенсивностью замены отработанных элементов тепловой сети на новые. Этими факторами, по-видимому, объясняется нарастание количества повреждений в тепловых сетях во время эксплуатации в отопительный период.

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. В системе теплоснабжения г.Набережные Челны, с целью повышения надежности, применяется подключение жилых районов по дублирующей схеме.

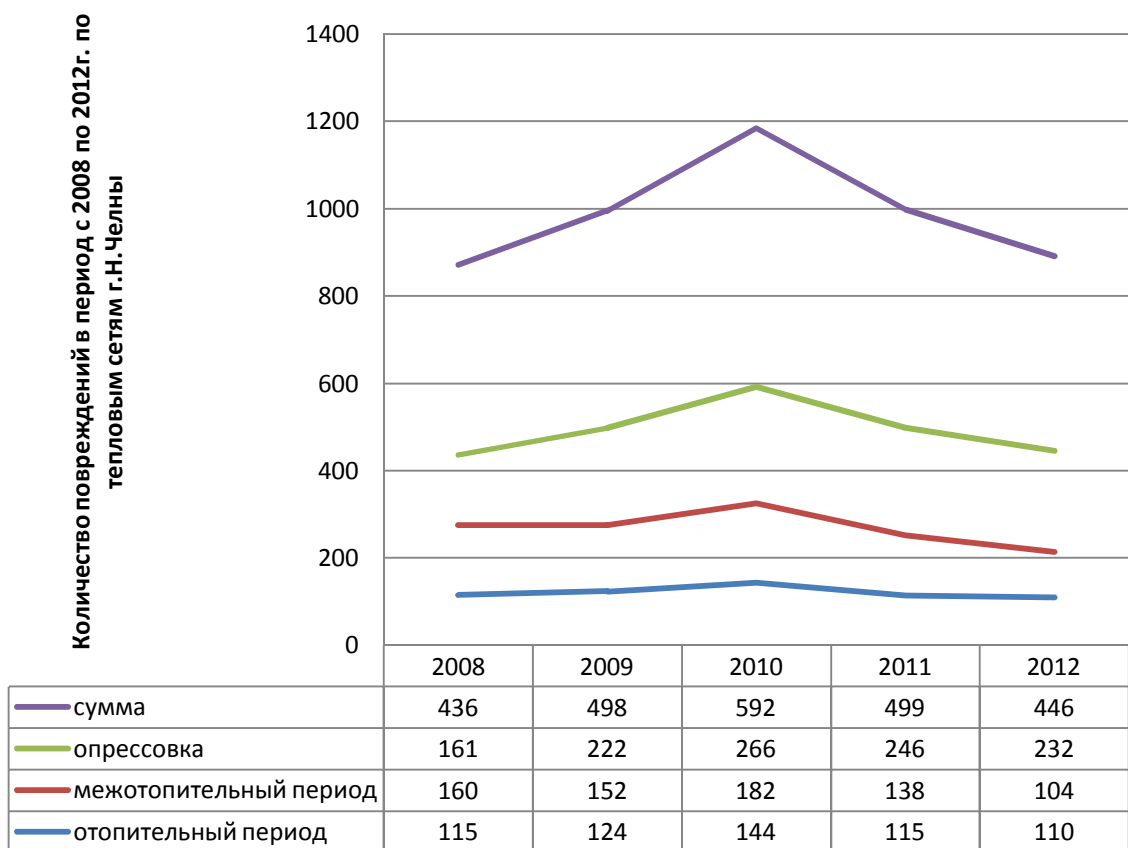


Рисунок 1-3. Изменение количества повреждений на тепловых сетях за пятилетний период

На сегодняшний день надежность системы теплоснабжения г. Набережные Челны рассчитана по методике, приведенной в части 9 «Надежность теплоснабжения» для кольцевых и тупиковых разветвленных тепловых сетей северо-восточной и юго-западной части.

1.2. Северо-восточная часть города

Рисунок 1-4 – приведена эквивалентированная схема магистральных тепловодов северо-восточной части города Набережные Челны с указанием задвижек, номеров участков и колец и направлениями потоков.

При делении на зоны схемы теплоснабжения северо-восточной части города в качестве допущения задвижки на перемычках принимаются как секционирующие, так как входят в состав колец.

Таким образом, система магистралей в соответствии с выбранной методикой делится на следующие зоны:

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

На основании расчетных данных получены следующие таблицы:

Таблица 1-2. Зона 1 для расчета показателей надежности

Задвижки на выводах (зона 1)			
параметр потока отказов	кол-во штук	параметр потока отказов по задвижкам на выводах от ТЭЦ ω	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
0,0020	4,0000	0,0080	0,5232

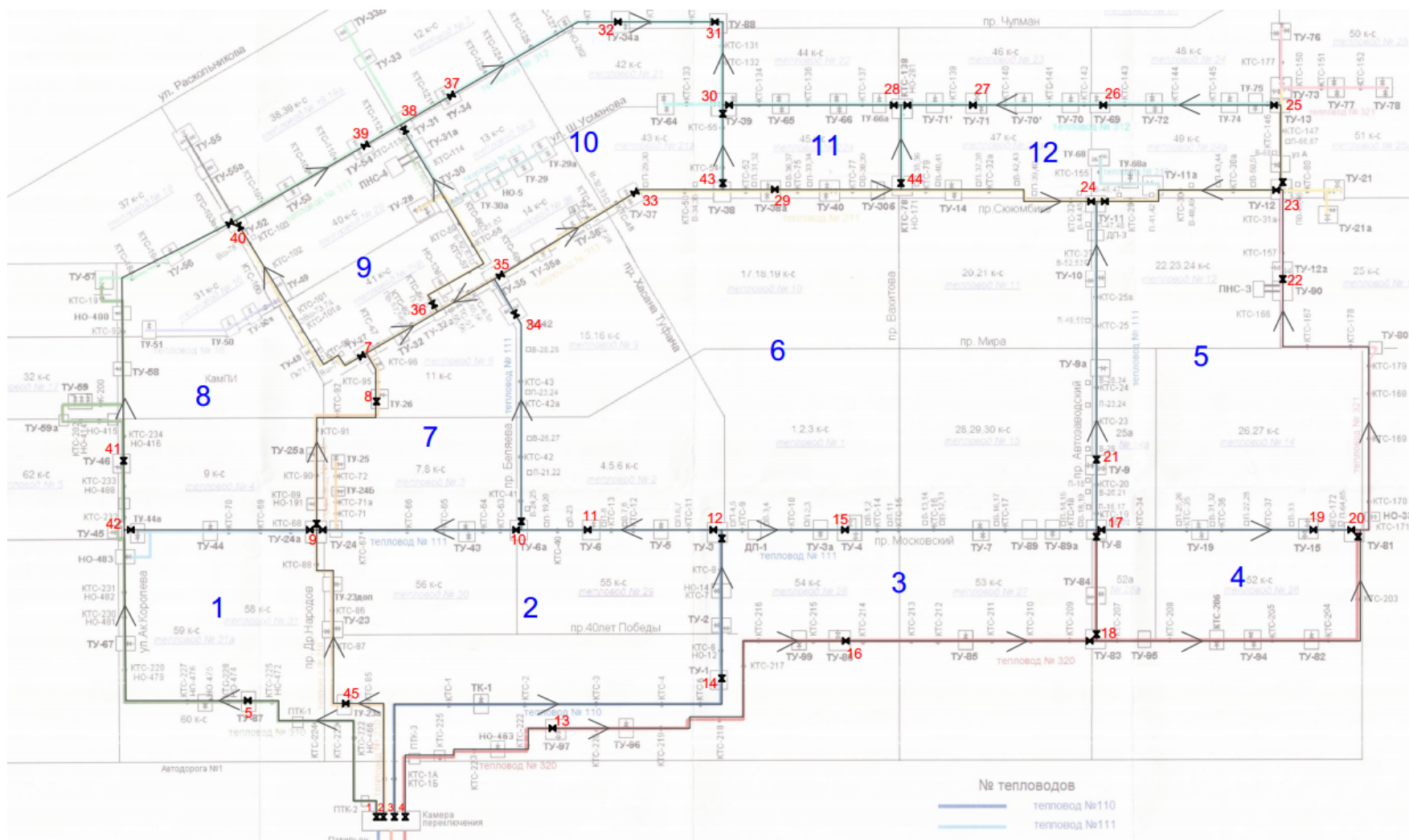


Рисунок 1-4. Эквивалентированная схема кольцевых тепловых сетей северо-восточной части города

Таблица 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 ω_j	Расход на потребителя, м/ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j$
1	1	1	5	1038	0,1078	0	0	0,00
2	1,2	2	45	651	0,0691	0	0	0,00
3	2,3	3	14	1858	0,1898	32,7	2,247144	0,85
4	2,3	4	13	1050	0,109	0	0	0,00
5	2,3	13	16	1668	0,1708	434,6	29,865712	10,20
6	3	16	18	1301	0,1341	211,6	14,541152	3,90
7	3,4	18	17	431	0,0471	52,9	3,635288	0,34
8	4	18	20	2211	0,2251	345,6	23,749632	10,69
9	4,5	19	20	263	0,0303	0	0	0,00
10	4,5	17	19	977	0,1017	1291,9	88,779368	18,06
11	3,6	15	17	1284	0,1324	2074,2	142,53902	37,74
12	3,6	12	15	589	0,0629	7,4	0,508528	0,06
13	2,3	14	12	730	0,077	31,3	2,150936	0,33
14	2,6	12	11	593	0,0633	647,7	44,509944	5,63
15	2,6	10	11	306	0,0346	0	0	0,00
16	6,7	10	34	610	0,065	0	0	0,00
17	2,7	10	9	1098	0,1138	722	49,61584	11,29
18	1,2	45	9	887	0,0927	868,1	59,655832	11,06
19	1,8	9	42	1091	0,1131	206,5	14,19068	3,21
20	1,8	42	41	920	0,096	365	25,0828	4,82
21	8	41	40	1588	0,1628	1141,1	78,416392	25,53
22	8,9	7	40	1176	0,1216	681,9	46,860168	11,40
23	7,8	9	8	1010	0,105	38,8	2,666336	0,56
24	7,9	7	36	408	0,0448	169,2	11,627424	1,04
25	7:10	36	35	316	0,0356	11,4	0,783408	0,06
26	9	40	39	627	0,0667	511,9	35,177768	4,69
27	9	39	38	212	0,0252	0	0	0,00
28	9:10	36	38	1087	0,1127	601,7	41,348824	9,32
29	10	37	32	946	0,0986	34,9	2,398328	0,47
30	10	32	31	498	0,0538	220,7	15,166504	1,63
31	10	31	30	309	0,0349	227,3	15,620056	1,09
32	6,7	34	35	196	0,0236	427,8	29,398416	1,39
33	6:10	35	33	840	0,088	418,8	28,779936	5,07
34	6:10	33	43	358	0,0398	0	0	0,00
35	6,11	29	44	681	0,0721	595	40,8884	5,90
36	5,12	24	23	983	0,1023	392,5	26,9726	5,52
37	5,6	24	21	1071	0,1111	566,4	38,923008	8,65
38	5,6	21	17	496	0,0536	334,2	22,966224	2,46
39	5	20	22	1932	0,1972	102,9	7,071288	2,79

Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина, м	Параметр потока отказов по участкам ω_j	Расход на потребителя, м/ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j$
40	5	22	23	779	0,0819	710,7	48,839304	8,00
41	12	23	25	391	0,0431	999,7	68,699384	5,92
42	12	25	26	924	0,0964	684,6	47,045712	9,07
43	12	26	27	583	0,0623	422,9	29,061688	3,62
44	12	27	28	352	0,0392	52	3,57344	0,28
45	11,12	28	44	424	0,0464	0	0	0,00
46	11	28	30	926	0,0966	334,6	22,993712	4,44
47	10	38	37	271	0,0311	226,4	15,558208	0,97
48	10:11	30	43	399	0,0439	0	0	0,00
49	6,11	43	29	285	0,0325	601,4	41,328208	2,69
50	6,12	44	24	1056	0,1096	317	21,78424	4,78
51	1	5	42	1340	0,138	627,2	43,101184	11,90
52	6,8	7	8	235	0,0275	60,4	4,150688	0,23
	ИТОГО:				4,4335	18117,3	1245,0209	257,65

Таблица 1-4. Зона 3 для расчета показателей надежности

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
5	1	42	627,2	43,10118	0,3448095
42	5	41	992,2	68,18398	0,5454719
41	42	40	1506,1	103,4992	0,8279935
40	41	39	1653	113,5942	0,9087533
39	40	38	738,3	50,73598	0,4058878
40/0	40	39/7	1193,8	82,03794	0,6563035
38	39	37/36	828,1	56,90703	0,4552563
37	39/38	32	261,3	17,95654	0,1436523
32	31	37	255,6	17,56483	0,1405187
31	32	30/30.0	448	30,78656	0,2462925
30	31/30.0	43	227,3	15,62006	0,1249604
30.0	31/30	28	561,9	38,61377	0,3089101
28	30	28.0/44	334,6	22,99371	0,1839497
28.0	28	27	52	3,57344	0,0285875
27	28.0	26	474,9	32,63513	0,261081
26	27	25	1107,5	76,1074	0,6088592
25	26	23.0	1684,3	115,7451	0,9259608
23.0	22	23	1710,4	117,5387	0,9403095
23	23.0	22	710,7	48,8393	0,3907144
22	23	20	813,6	55,91059	0,4472847
20	20.0/19	22	102,9	7,071288	0,0565703
20.0	20	22/18	448,5	30,82092	0,2465674
19	20	17	1291,9	88,77937	0,7102349
17	15/17.0	19/21	3700,3	254,2846	2,0342769
17.0	17/18	15/19	3753,2	257,9199	2,0633592
21	17/17.0/15	24/24.0	2974,8	204,4283	1,635426
24	21/24.0	23	958,9	65,89561	0,5271649
24.0	24/21	29/44	1478,4	101,5956	0,8127652
44	28	29/24.0	912	62,67264	0,5013811
29	33/43	44/24.0	1196,4	82,21661	0,6577329
43	29	33	601,4	41,32821	0,3306257
33	43/29	35	1020,2	70,10814	0,5608652
35	34/33	36/7/8	1087,6	74,73987	0,597919
36	38/7/8	34/35	1270,5	87,30876	0,6984701
7	40.0/8	36/35/34	1350,7	92,8201	0,7425608
8	7/36/35/34	/9.1	707,6	48,62627	0,3890102
9.1_	9/9_2	8_45	906,9	62,32217	0,4985773
45	2	9	868,1	59,65583	0,4772467
9	9.1/9.2	42/45	1074,6	73,84651	0,5907721
9.2_	9/9_1	45/10	1590,1	109,2717	0,8741734
10	9.2/10.1	11	722	49,61584	0,3969267

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, т/ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
10.1_	10/_11	34	0	0	0
11	10/10.1_	12/12.1_	647,7	44,50994	0,3560796
34	35/36/7/8	10_1	668,8	45,95994	0,3676795
12	12.1/11_	15	655,1	45,01847	0,3601478
12.1_	12.14	15	38,7	2,659464	0,0212757
14	12.1_	3	64	4,39808	0,0351846
13	4	16	434,6	29,86571	0,2389257
16	13	18.1_	646,2	44,40686	0,3552549
18.1_	16/18	20.0_	557,2	38,29078	0,3063263
18	18.1/20.0	17.0_	398,5	27,38492	0,2190794
15	12/12.0_	17/17.0/21	2415,8	166,0138	1,3281102
	ИТОГО				27,886246

Параметр потока отказов по секц. задвижкам =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
0,597031963	0,93770662	4,6495	57,6924

Показатель надежности системы теплоснабжения северо-восточной части города составил 0,953.

1.3. Юго-западная часть города (п.ГЭС)

Рисунок 1-5 – приведена эквивалентированная схема тепловых сетей юго-западной для расчета надежности схемы теплоснабжения по указанной части города.

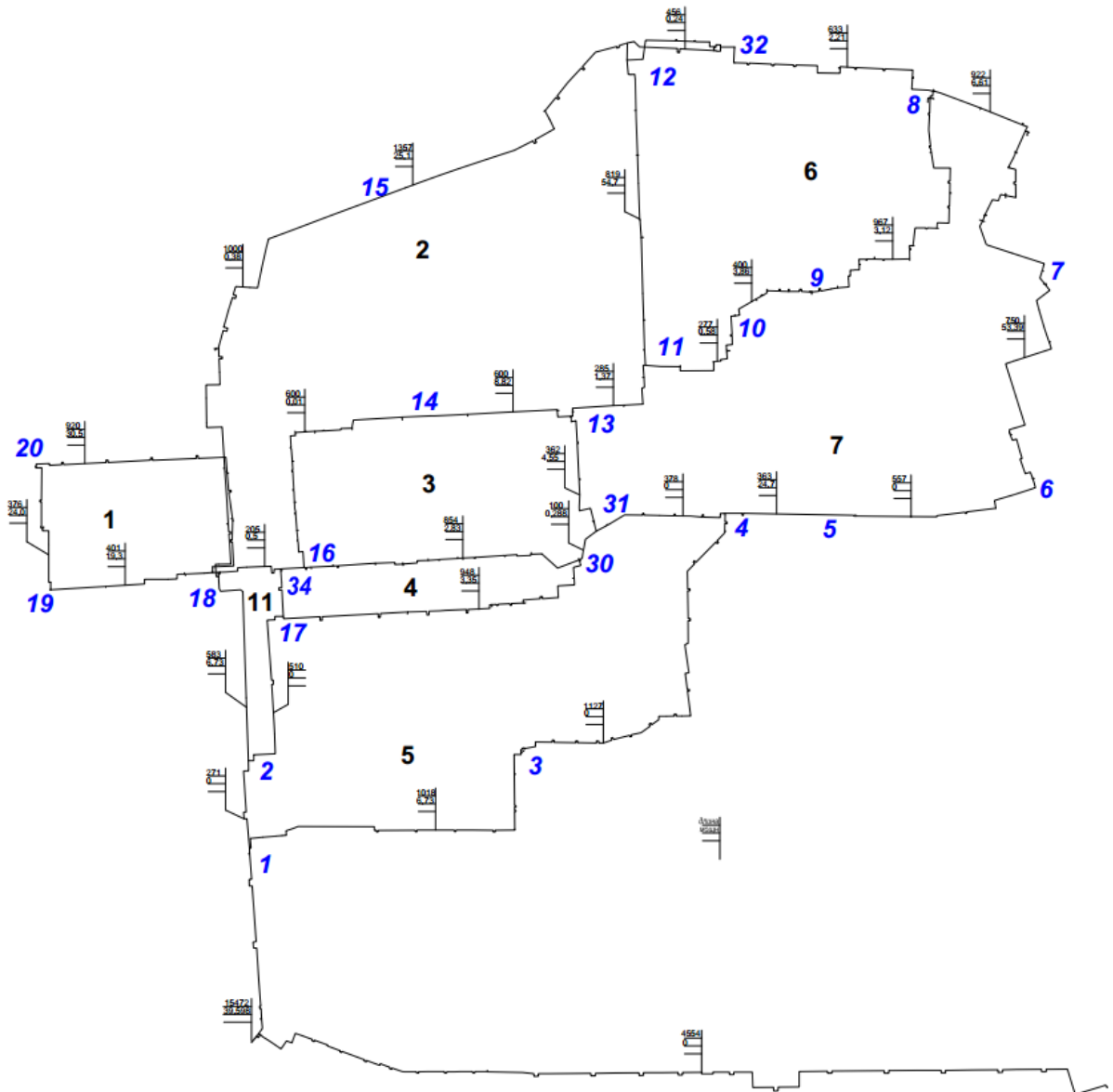


Рисунок 1-5. Эквивалентированная схема тепловых сетей п.ГЭС юго-западной части г.Набережные Челны

Таблица 1-6. 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 ω	
0,0020	2,0000	0,0040	0,023032

Таблица 1-7. Зона 2 для расчета показателей надежности

участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина	параметр потока отказов по участкам ω	Расход на потребителя, Гкал/ч	отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
1	5	1	2	271	0,3166121	0	0	0,00
2	5,11	2	17	510	0,5923107	0	0	0,00
3	4,5	17	30	948	1,0975657	2,879	3,348277	7,35
4	3,5	30	31	100	0,119355	0,248	0,288424	0,07
5	5,7	31	4	378	0,440042	0	0	0,00
6	7	4	5	363	0,4227388	21,212	24,669556	20,86
7	7	5	6	557	0,6465275	0	0	0,00
8	7	6	7	750	0,8691627	45,905	53,387515	92,80
9	7	7	8	922	1,0675734	5,683	6,609329	14,11
10	6,7	8	9	967	1,1194831	2,685	3,122655	6,99
11	6,7	9	10	400	0,4654201	3,3183	3,8591829	3,59
12	6,7	10	11	277	0,3235334	0,5	0,5815	0,38
13	2,7	11	13	285	0,3327618	1,179	1,371177	0,91
14	3,7	13	31	362	0,4215852	3,916	4,554308	3,84
15	3,4	16	30	854	0,989132	2,437	2,834231	5,61
16	2,3	16	14	600	0,6961302	0,000005	5,815E-06	0,00
17	2,3	14	13	600	0,6961302	7,581	8,816703	12,28
18	2	15	12	1357	1,5693678	21,559	25,073117	78,70
19	2	18	15	1000	1,1575503	0,323	0,375649	0,87
20	1	19	18	401	0,4665737	16,576	19,277888	17,99
21	1	19	20	376	0,4377349	20,663	24,031069	21,04
22	1	20	18	920	1,0652663	26,228	30,503164	64,99
23	6	12	32	456	0,5300189	0,204	0,237252	0,25
24	6	32	8	633	0,7341973	1,898	2,207374	3,24
25	2,6	11	12	819	0,9487577	47,047	54,715661	103,82
26	2,11	18	34	205	0,2404778	0,5	0,5815	0,28
27	5,11	2	18	583	0,6765198	5,784	6,726792	9,10
28	5	1	3	1018	1,1783142	0	0	0,00
29	5	3	4	1127	1,3040512	0	0	0,00

участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина	параметр потока отказов по участкам ω	Расход на потребителя, Гкал/ч	отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
	ИТОГО				20,92489		277,17233	469,07

Таблица 1-8. Зона 3 для расчета показателей надежности

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, т/ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
1	2	8	0	0	0
2	1	17	0	0	0
17	2	30	2,879	3,348277	0,0267862
30	17	31	3,127	3,636701	0,0290936
31	30	4	0,248	0,288424	0,0023074
4	31	5	21,212	24,66956	0,1973564
5	4	6	21,212	24,66956	0,1973564
6	5	7	45,905	53,38752	0,4271001
7	6	8	51,588	59,99684	0,4799748
8	7	32	7,581	8,816703	0,0705336
9	8	10	6,0033	6,981838	0,0558547
10	11	9	3,8183	4,440683	0,0355255
11	10	12,13	48,726	56,66834	0,4533467
13	14	11,31	12,676	14,74219	0,1179375
14	16	13	7,581005	8,816709	0,0705337
16	17,18	30,14	2,937005	3,415737	0,0273259
34	16,18	17	0,5	0,5815	0,004652
18	19	2,34	26,728	31,08466	0,2486773
20	18	19	46,891	54,53423	0,4362739
19	20	18	37,239	43,30896	0,3464717
15	18	12	21,882	25,44877	0,2035901
12	11,15	8	74,39	86,51557	0,6921246
32	12	8	2,102	2,444626	0,019557
	ИТОГО				4,14238

Параметр потока отказов по секц. задвижкам $\omega=0,092$.

Таблица 1-9. Расчет математического ожидания

t= (период работы системы отопл)	Сред значение вероятности отказа системы за время t, F(t)=	Суммарный поток отказов	Математическое ожидание
0,597032	0,999996456	21,0209	22,5125

Показатель надежности системы теплоснабжения п.ГЭС юго-западной части города составил 0,918778029.

1.4. Юго-Западная часть города (п.ЗЯБ)

Рисунок 1-6 – приведена эквивалентированная схема тепловых сетей для расчета надежности схемы теплоснабжения по указанной части города.

Таблица 1-10. 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 ω	
0,0020	2,0000	0,0040	0,023032

Таблица 1-11. Зона 2 для расчета показателей надежности

участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина	параметр потока отказов по участкам ω	Расход на потребителя, Гкал/ч	отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
1	10	35	29	1169	1,3525003	3,804	4,424052	11,97
2	10	29	28	707	0,8195601	8,632	10,039016	16,46
3	10	28	27	646	0,7491935	1,5	6,8515	10,27
4	10	27	26	674	0,7814929	0,761	4,290043	6,71
5	10	25	26	671	0,7780323	14,6	16,9798	26,42
6	9,10	24	25	310	0,3616006	30,45	35,41335	25,61
7	9,10	33	24	505	0,5865429	21,841	25,401083	29,80
8	8,9	23	33	727	0,8426311	5	5,815	9,80
9	8	22	23	640	0,7422722	15,62	18,16606	26,97
10	8	21	22	447	0,519637	20,446	23,778698	24,71
11	10	20	21	278	0,324687	7,4863	8,7065669	5,65
12	10	35	20	913	1,0571914	23,329	27,131627	57,37
13	12	21	33	345	0,4019749	0	0	0,00
14	12	23	25	802	0,9291473	51,922	60,385286	112,21
ИТОГО					10,246463		247,38208	363,94

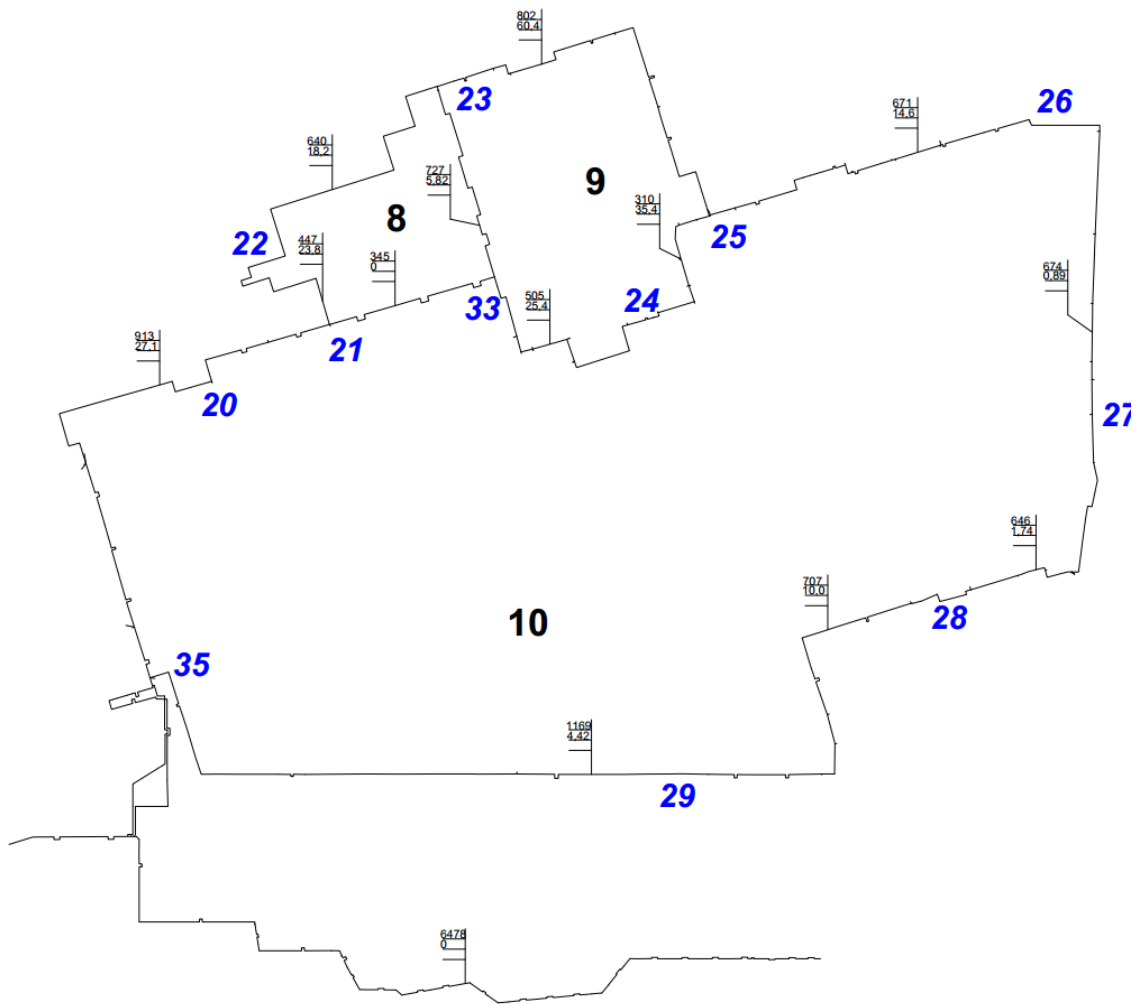


Рисунок 1-6. Эквивалентированная схема тепловых сетей п.ЗЯБ юго-западной части г.Набережные Челны

Таблица 1-12. Зона 3 для расчета показателей надежности

№п/п	Секционирующие задвижки (зона 3)					$\sum \Delta Q_j \omega_j$
	Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	
1	35	20	29	27,133	31,55568	0,2524454
2	20	35	21	30,8153	35,83819	0,2867056
3	21	20	22,23,33	32,9323	38,30026	0,3064021
4	22	21	23	36,066	41,94476	0,3355581
5	23	22	25	67,542	78,55135	0,6284108
6	33	24,21	23	26,841	31,21608	0,2497287
7	24	25	33	52,291	60,81443	0,4865155
8	25	23,24	26	104,213	121,1997	0,9695978
9	33	43/29	35	15,361	17,86484	0,1429187
10	26	25	27	15,361	17,86484	0,1429187
11	27	26	28	2,261	2,629543	0,0210363
12	28	27	29	10,132	11,78352	0,0942681
13	29	35	28	12,436	14,46307	0,1157045
		ИТОГО:				4,032210318

Параметр потока отказов по секц. задвижкам $\omega=0,144$.

Таблица 1-13. Расчет математического ожидания

t= (период работы системы отопл)	Сред значение вероятности отказа системы за время t, F(t)=	суммар поток отказов	мат ожидание
0,597032	0,999996456	10,3215	17,5060

Показатель надежности системы теплоснабжения п.ЗЯБ юго-западной части города составил 0,929234784.

В перспективе при увеличении нагрузок надежность систем теплоснабжения не меняется, главным образом потому, что в системе теплоснабжения города используются кольцевые сети. Данные по расчету показателей надежности с учетом перспективного наращивания нагрузок приведены в таблицах ниже.

1.5. Северо-восточная часть города с учетом перспективы нарастания нагрузок

Таблица 1-14. Зона 1 для расчета показателей надежности

Задвижки на выводах (зона 1)		параметр потока отказов по задвижкам на выводах от ТЭЦ ω	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
параметр потока отказов	ко-л-во штук		
0,0020	4,0000	0,0080	0,5232

Таблица 1-15. Зона 2 для расчета показателей надежности

Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина, м	Параметр потока отказов по участкам ω_j	Расход на потребителя, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
1	1	1	5	1038	0,1078	0	0	0,00
2	1,2	2	45	651	0,0691	0	0	0,00
3	2,3	3	14	1858	0,1898	32,7	2,247144	0,85
4	2,3	4	13	1050	0,109	0	0	0,00
5	2,3	13	16	1668	0,1708	434,6	29,865712	10,20
6	3	16	18	1301	0,1341	211,6	14,959152	4,01
7	3,4	18	17	431	0,0471	52,9	3,635288	0,34
8	4	18	20	2211	0,2251	345,6	28,282632	12,73
9	4,5	19	20	263	0,0303	0	0	0,00
10	4,5	17	19	977	0,1017	1291,9	88,779368	18,06
11	3,6	15	17	1284	0,1324	2074,2	142,53902	37,74
12	3,6	12	15	589	0,0629	7,4	0,508528	0,06
13	2,3	14	12	730	0,077	31,3	2,150936	0,33
14	2,6	12	11	593	0,0633	647,7	44,509944	5,63
15	2,6	10	11	306	0,0346	0	0	0,00
16	6,7	10	34	610	0,065	0	0	0,00
17	2,7	10	9	1098	0,1138	722	49,61584	11,29
18	1,2	45	9	887	0,0927	868,1	64,629832	11,98
19	1,8	9	42	1091	0,1131	206,5	14,19068	3,21
20	1,8	42	41	920	0,096	365	25,0828	4,82
21	8	41	40	1588	0,1628	1141,1	114,63439	37,32
22	8,9	7	40	1176	0,1216	681,9	2,518	0,61
23	7,8	9	8	1010	0,105	38,8	2,666336	0,56
24	7,9	7	36	408	0,0448	169,2	11,627424	1,04

Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина, м	Параметр потока отказов по участкам ω_j	Расход на потребителя, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
25	7:10	36	35	316	0,0356	11,4	0,783408	0,06
26	9	40	39	627	0,0667	511,9	35,922768	4,79
27	9	39	38	212	0,0252	0	0	0,00
28	9:10	36	38	1087	0,1127	601,7	43,933824	9,90
29	10	37	32	946	0,0986	34,9	30,037328	5,92
30	10	32	31	498	0,0538	220,7	16,732504	1,80
31	10	31	30	309	0,0349	227,3	22,070056	1,54
32	6,7	34	35	196	0,0236	427,8	29,398416	1,39
33	6:10	35	33	840	0,088	418,8	38,310936	6,74
34	6:10	33	43	358	0,0398	0	0	0,00
35	6,11	29	44	681	0,0721	595	40,8884	5,90
36	5,12	24	23	983	0,1023	392,5	26,9726	5,52
37	5,6	24	21	1071	0,1111	566,4	45,882008	10,19
38	5,6	21	17	496	0,0536	334,2	22,966224	2,46
39	5	20	22	1932	0,1972	102,9	252,56929	99,61
40	5	22	23	779	0,0819	710,7	50,907304	8,34
41	12	23	25	391	0,0431	999,7	70,861384	6,11
42	12	25	26	924	0,0964	684,6	53,396712	10,29
43	12	26	27	583	0,0623	422,9	29,061688	3,62
44	12	27	28	352	0,0392	52	3,57344	0,28
45	11,12	28	44	424	0,0464	0	0	0,00
46	11	28	30	926	0,0966	334,6	23,559712	4,55
47	10	38	37	271	0,0311	226,4	15,558208	0,97
48	10:11	30	43	399	0,0439	0	0	0,00
49	6,11	43	29	285	0,0325	601,4	46,547208	3,03
50	6,12	44	24	1056	0,1096	317	21,78424	4,78
51	1	5	42	1340	0,138	627,2	45,595184	12,58
52	6,8	7	8	235	0,0275	60,4	4,150688	0,23
ИТОГО:					4,4335	18117,3	1613,9066	371,42

Таблица 1-16. Зона 3 для расчета показателей надежности

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
5	1	42	627,2	45,59518	0,3647615
42	5	41	992,2	70,67798	0,5654239
41	42	40	1506,1	103,4992	0,8279935

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
40	41	39	1653	152,3252	1,2186013
39	40	38	738,3	87,75898	0,7020718
40/0	40	39/7	1193,8	82,03794	0,6563035
38	39	37/36	828,1	59,49203	0,4759363
37	39/38	32	261,3	45,59554	0,3647643
32	31	37	255,6	46,76983	0,3741587
31	32	30/30.0	44,8	38,80256	0,3104205
30	31/30.0	43	227,3	22,63606	0,1810884
30.0	31/30	28	561,9	38,61377	0,3089101
28	30	28.0/44	334,6	23,55971	0,1884777
28.0	28	27	52	3,57344	0,0285875
27	28.0	26	474,9	32,63513	0,261081
26	27	25	1107,5	7,605909	0,0608473
25	26	23.0	1684,3	124,2581	0,9940648
23.0	22	23	1710,4	117,5387	0,9403095
23	23.0	22	710,7	53,0693	0,4245544
22	23	20	813,6	303,4766	2,4278127
20	20.0/19	22	102,9	257,1023	2,0568183
20.0	20	22/18	448,5	30,82092	0,2465674
19	20	17	1291,9	88,77937	0,7102349
17	15/17.0	19/21	3700,3	254,2846	2,0342769
17.0	17/18	15/19	3753,2	257,9199	2,0633592
21	17/17.0/15	24/24.0	2974,8	211,3873	1,691098
24	21/24.0	23	958,9	72,85461	0,5828369
24.0	24/21	29/44	1478,4	101,5956	0,8127652
44	28	29/24.0	912	62,67264	0,5013811
29	33/43	44/24.0	1196,4	87,43561	0,6994849
43	29	33	601,4	46,54721	0,3723777
33	43/29	35	1020,2	79,63914	0,6371132
35	34/33	36/7/8	1087,6	84,27087	0,674167
36	38/7/8	34/35	1270,5	89,89376	0,7191501
7	40.0/8	36/35/3 4	1350,7	94,5281	0,7562248
8	7/36/35/3 4	/9.1	707,6	48,62627	0,3890102
9.1_	9/9_2	8_45	906,9	62,32217	0,4985773
45	2	9	868,1	64,62983	0,5170387
9	9.1/9.2	42/45	1074,6	78,82051	0,6305641
9.2_	9/9_1	45/10	1590,1	109,2717	0,8741734
10	9.2/10.1	11	722	49,61584	0,3969267
10.1_	10/_11	34	0	0	0

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
11	10/10.1_	12/12.1_	647,7	44,50994	0,3560796
34	35/36/7/8	10_1	668,8	45,95994	0,3676795
12	12.1/11_	15	655,1	45,01847	0,3601478
12.1_	дек.14	15	38,7	2,659464	0,0212757
14	12.1_	3	64	4,39808	0,0351846
13	4	16	434,6	29,86571	0,2389257
16	13	18.1_	646,2	44,82486	0,3585989
18.1_	16/18	20.0_	557,2	38,29078	0,3063263
18	18.1/20.0	17.0_	398,5	32,33592	0,2586874
15	12/12.0_	17/17.0/ 21	2415,8	166,0138	1,3281102
	ИТОГО				33,17133

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

Таблица 1-17. Расчет математического ожидания

t= (период работы системы отопления)	Сред значение вероятности отказа системы за время t, F(t)=	Суммарный поток отказов	Математическое ожидание
0,597031963	0,93770662	4,6495	57,6924

Показатель надежности системы теплоснабжения северо-восточной части города составил 0,949375519.

1.6. Юго-западная часть города с учетом перспективы нарастания нагрузок (п.ГЭС)

Таблица 1-18. 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 ω	
0,0020	2,0000	0,0040	0,023032

Таблица 1-19. Зона 2 для расчета показателей надежности

Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина, м	Параметр потока отказов по участкам ω_j	Расход на потребителя, т/ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
1	5	1	2	271	0,3166121	0	0	0,00
2	5,11	2	17	510	0,5923107	0	0	0,00
3	4,5	17	30	948	1,0975657	2,879	3,348277	7,35
4	3,5	30	31	100	0,119355	0,248	0,288424	0,07
5	5,7	31	4	378	0,440042	0	0	0,00
6	7	4	5	363	0,4227388	21,212	24,669556	20,86
7	7	5	6	557	0,6465275	0	0	0,00
8	7	6	7	750	0,8691627	45,905	53,387515	92,80
9	7	7	8	922	1,0675734	5,683	8,941329	19,09
10	6,7	8	9	967	1,1194831	2,685	3,122655	6,99
11	6,7	9	10	400	0,4654201	3,3183	3,8591829	3,59
12	6,7	10	11	277	0,3235334	0,5	0,5815	0,38
13	2,7	11	13	285	0,3327618	1,179	1,371177	0,91
14	3,7	13	31	362	0,4215852	3,916	4,554308	3,84
15	3,4	16	30	854	0,989132	2,437	2,834231	5,61
16	2,3	16	14	600	0,6961302	0,000005	5,815E-06	0,00
17	2,3	14	13	600	0,6961302	7,581	8,816703	12,28
18	2	15	12	1357	1,5693678	21,559	25,073117	78,70
19	2	18	15	1000	1,1575503	0,323	0,375649	0,87
20	1	19	18	401	0,4665737	16,576	19,277888	17,99
21	1	19	20	376	0,4377349	20,663	24,031069	21,04
22	1	20	18	920	1,0652663	26,228	30,503164	64,99
23	6	12	32	456	0,5300189	0,204	0,237252	0,25
24	6	32	8	633	0,7341973	1,898	2,207374	3,24

Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина, м	Параметр потока отказов по участкам ω_j	Расход на потребителя, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
25	2,6	11	12	819	0,9487577	47,047	54,715661	103,82
26	2,11	18	34	205	0,2404778	0,5	0,5815	0,28
27	5,11	2	18	583	0,6765198	5,784	6,726792	9,10
28	5	1	3	1018	1,1783142	0	21,044	49,59
29	5	3	4	1127	1,3040512	0	59,649	155,57
	ИТОГО:				20,92489		360,19733	679,21

Таблица 1-20. Зона 3 для расчета показателей надежности

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
1	2	8	0	0	0
2	1	17	0	0	0
17	2	30	2,879	3,348277	0,0267862
30	17	31	3,127	3,636701	0,0290936
31	30	4	0,248	0,288424	0,0023074
4	31	5	21,212	24,66956	0,1973564
5	4	6	21,212	24,66956	0,1973564
6	5	7	45,905	53,38752	0,4271001
7	6	8	51,588	59,99684	0,4799748
8	7	32	7,581	8,816703	0,0705336
9	8	10	6,0033	6,981838	0,0558547
10	11	9	3,8183	4,440683	0,0355255
11	10	12,13	48,726	56,66834	0,4533467
13	14	11,31	12,676	14,74219	0,1179375
14	16	13	7,581005	8,816709	0,0705337
16	17,18	30,14	2,937005	3,415737	0,0273259
34	16,18	17	0,5	0,5815	0,004652
18	19	2,34	26,728	31,08466	0,2486773
20	18	19	46,891	54,53423	0,4362739
19	20	18	37,239	43,30896	0,3464717
15	18	12	21,882	25,44877	0,2035901
12	11,15	8	74,39	86,51557	0,6921246
32	12	8	2,102	2,444626	0,019557
	ИТОГО				4,142379075

Таблица 1-21. 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	0,999996456	21,0209	32,5093

Перспективный показатель надежности системы теплоснабжения п.ГЭС юго-западной части города составил 0,909745864.

1.7. Юго-западная часть города (п.ЗЯБ)

Таблица 1-22. Зона 1 для расчета показателей надежности

Задвижки на выводах (зона 1)			
Параметр потока отказов	Количество штук	Параметр потока отказов по задвижкам на выводах от ТЭЦ ω	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
0,0020	2,0000	0,0040	0,023032

Таблица 1-23. Зона 2 для расчета показателей надежности

Участок кольцевой сети и задвижка (зона 2)								
№	№ кольца	Начало	Конец	Длина, м	Параметр потока отказов по участкам ω_j	Расход на потребителя, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
1	10	35	29	1169	1,3525003	3,804	4,424052	11,97
2	10	29	28	707	0,8195601	8,632	10,039016	16,46
3	10	28	27	646	0,7491935	1,5	6,8515	10,27
4	10	27	26	674	0,7814929	0,761	4,290043	6,71
5	10	25	26	671	0,7780323	14,6	16,9798	26,42
6	9,10	24	25	310	0,3616006	30,45	35,41335	25,61
7	9,10	33	24	505	0,5865429	21,841	25,401083	29,80
8	8,9	23	33	727	0,8426311	5	5,815	9,80
9	8	22	23	640	0,7422722	15,62	18,16606	26,97
10	8	21	22	447	0,519637	20,446	23,778698	24,71
11	10	20	21	278	0,324687	7,4863	8,7065669	5,65
12	10	35	20	913	1,0571914	23,329	27,131627	57,37
13	12	21	33	345	0,4019749	0	0	0,00
14	12	23	25	802	0,9291473	51,922	60,385286	112,21
	ИТОГО:				10,25		247	363,94

Таблица 1-24. Зона 3 для расчета показателей надежности

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
35	20	29	27,133	31,55568	0,2524454
20	35	21	30,8153	35,83819	0,2867056
21	20	22,23,33	32,9323	38,30026	0,3064021
22	21	23	36,066	41,94476	0,3355581
23	22	25	67,542	78,55135	0,6284108

Секционирующие задвижки (зона 3)					
Номер отключаемой задвижки	Начало	Конец	Секционирование, расход, м ³ /ч	Отключаемая мощность, МВт	$\sum \Delta Q_j \omega_j$
33	24,21	23	26,841	31,21608	0,2497287
24	25	33	52,291	60,81443	0,4865155
25	23,24	26	104,213	121,1997	0,9695978
33	43/29	35	15,361	17,86484	0,1429187
26	25	27	15,361	17,86484	0,1429187
27	26	28	2,261	2,629543	0,0210363
28	27	29	10,132	11,78352	0,0942681
29	35	28	12,436	14,46307	0,1157045

Перспективный показатель надежности системы теплоснабжения п.ГЭС юго-западной части города составил 0,929296955.

1.8. Итоги расчета перспективных показателей надежности

Результаты расчета сведены в итоговую таблицу.

Таблица 1-25. Перспективные показатели надежности для схем теплоснабжения г.Набережные Челны

	ЮЗЧ-п.ГЭС	ЮЗЧ-п.ЗЯБ	СВЧ
Настоящее время	0,918778	0,929297	0,953662
Перспектива с учетом роста нагрузки	0,909746	0,929235	0,949376

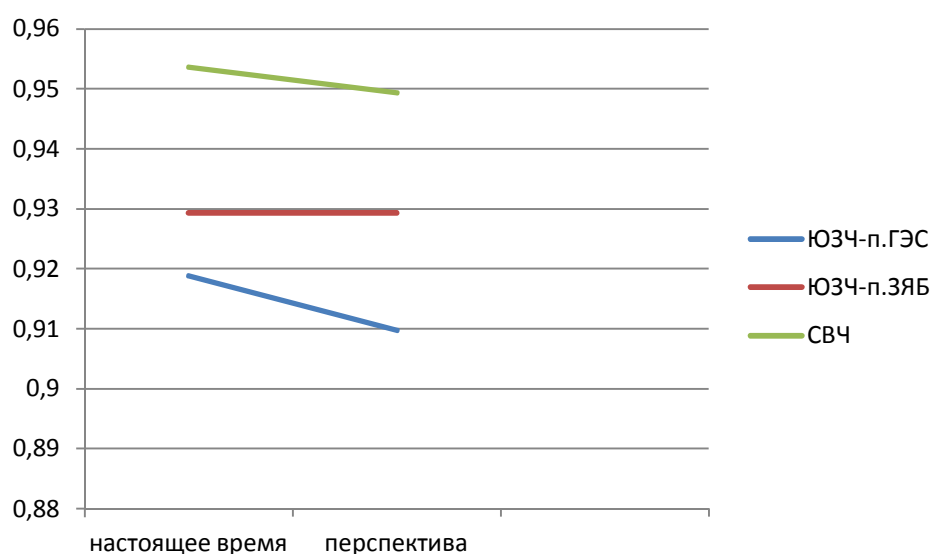


Рисунок 1-7. График изменения показателей надежности

Как видно из графика, надежность остается практически на том же уровне, что говорит о том, что на численный показатель надежности системы главным образом влияет интенсивность отказов, которая связана с явным старением трубопроводов тепловых сетей за длительный срок эксплуатации.

Согласно 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» в зависимости от полученных показателей надежности отдельные системы и системы коммунального теплоснабжения города (населенного пункта) с точки зрения надежности могут быть оценены как:

- × высоконадежные – более 0,9;
- × надежные – 0,75 – 0,89;
- × малонадежные – 0,5 – 0,74;
- × ненадежные – менее 0,5.

Таким образом, система теплоснабжения г.Набережные Челны, состоящая из северо-восточной и юго-западной части, является высоконадежной.

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

Учет данных первичной информации, используемой при определении фактических значений показателей надежности и качества, производится путем ведения статистических исследований на протяжении как минимум пятилетнего периода. Т.к. на настоящий момент нет утвержденного определения понятию продолжительности прекращения подачи тепловой энергии, расчет показателя уровня надежности, определяемой суммарной приведенной продолжительностью прекращения подачи тепловой энергии в отопительный сезон, проводится для отказов, приводящих к прекращению подачи тепловой энергии на срок более 8 часов в силу организационных или технологических причин. Данные отказы подтверждены актами, оформленными в порядке, предусмотренном договором теплоснабжения (Таблица 2-1).

Таблица 2-1. Отказы, подтвержденные актами.

№п/п	Дата, время	Краткое описание	Дата и время ликвидации	Продолжительность прекращения подачи тепловой энергии	Номер акта комиссии, дата
1	16.01.08 1ч 56 мин.	Тепловод №1 между ТУ-4 и ТК □, Ду 500	16.01.08 2ч. 56мин.	1ч.	-
2	08.03.09 15ч. 20мин.	Тепловод №310 между ТУ-58 и КТС-92 Ду 600	08.03.09 21ч. 12 мин.	5ч 52мин.	-
3	05.05.10 00ч. 06мин.	Тепловод №210 между КТС-87 и АИС-23 Ду 1000	07.05.10 00ч. 40мин.	(межотопительный сезон)	-
4	06.09.10	Тепловод №312 ТУ-74	09.09.10	(межотопительный сезон)	-
5	17.10.10 17ч. 00мин.	Т/сеть БСИ ТУ-5 Ду 530	18.10.10 15ч. 30мин.	22ч. 30мин.	-
6	10.12.10 13ч. 32мин.	СНС ПНС-4	10.12.10 14ч. 00мин.	0ч. 37мин.	-
7	22.10.12 16ч. 43мин.	Тепловод №312 в р-не КТС-144	22.10.12 23ч. 51мин.	7ч. 08мин.	№1 от 26.10.12г.
8	28.10.12 04ч. 10мин.	ПНС-5, ПНС-6	29.10.12 21ч. 00 мин.	16ч. 50мин.	№2 от 02.11.12г.
9	18.03.13г 09ч. 15мин.	Тепловод Город-1 от ТК-6А до ТК-11	18.03.13г. 17ч. 55мин.	8ч. 40мин.	№1 от 19.03.13г.

Согласно исходным данным частота отказов, приводящих к нарушению в теплоснабжении потребителя, 1,17 раз в год. Во всех остальных случаях отказы на тепловых сетях не повлияли на бесперебойную работу системы отопления потребителей.

Средняя за последние пять лет продолжительность прекращения подачи тепловой энергии за отопительный период составила 14ч. 20мин.

На перспективу продолжительность отключения тепловой энергии рассчитывается с учетом данного показателя.

Показатель надежности, определяемые продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии:

$$P_n = \sum_{j=1}^{M_{по}} T_{jпр} / L ,$$

где

P_n - показатель уровня надежности, определяемый суммарной приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии в отопительный сезон,

$T_{jпр}$ - продолжительность j-ого прекращения подачи тепловой энергии за отопительный сезон в течение расчетного периода регулирования (в часах) ;

$M_{по}$ - общее число прекращений подачи тепловой энергии за отопительный сезон согласно данным, подготовленным регулируемой организацией;

L - произведение суммарной тепловой нагрузки по всем договорам с потребителями товаров и услуг данной организации (в Гкал/ч) и суммарной протяженности линий тепловой сети (км).

Результаты расчета приведены на Рисунок 2-1.

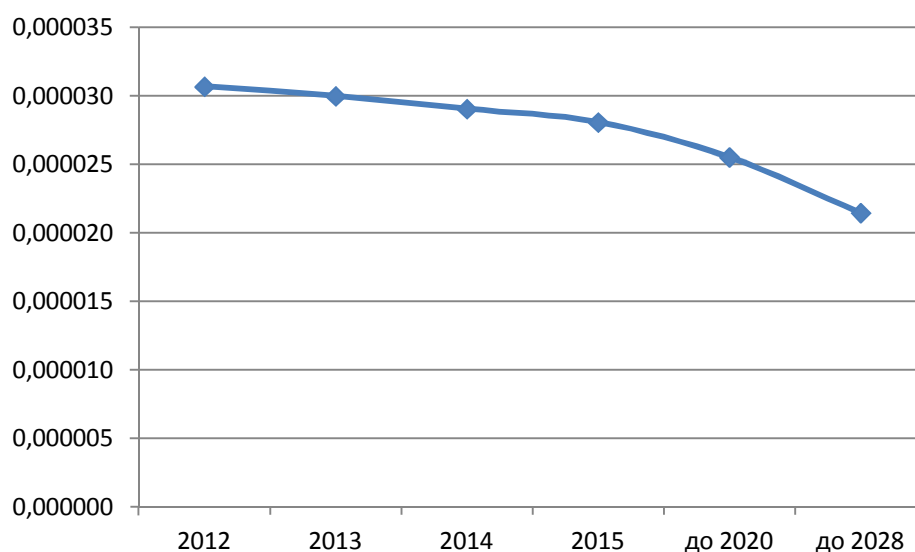


Рисунок 2-1. Перспективный показатель уровня надежности, определяемый суммарной приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии в отопительный сезон

При последующей актуализации схемы теплоснабжения и утверждения дифференциации видов нарушения, а также форм учета статистической информации в соответствии с проектом приказа Министерства регионального развития РФ «Об утверждении методических указаний по расчету уровня надёжности и качества поставляемых товаров, оказываемых услуг для организаций, осуществляющих деятельность по производству и (или) передаче тепловой энергии» (Приложение 3,4,5) данный показатель обретет достоверность и возможность применения в качестве

прогнозирования при модернизации и обновления тепловых сетей в соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2030г., утвержденной распоряжением правительства РФ от 13.11.2009г №1715-р.

Для тепловых сетей ООО «КамзэсЗЯБ», ООО «КАМАЗ-Энерго» данный показатель может быть рассчитан в том случае, если можно определить место повреждения с указанием времени отключения потребителя от сети. Однако такой статистики по фактическим отказам на тепловых сетях в данных организациях не имеется.

3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПРИВЕДЕННЫМ ОБЪЕМОМ НЕДООТПУСКА ТЕПЛА В РЕЗУЛЬТАТЕ НАРУШЕНИЙ В ПОДАЧЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Оценка недоотпуска тепла потребителям вычисляется по формуле:

$$\Delta Q_{\text{п}} = \bar{Q}_{\text{пт}} \times T_{\text{от}} \times q_{\text{min}}, \text{ где}$$

$\bar{Q}_{\text{пт}}$ - среднегодовая тепловая мощность, Гкал/ч;

$T_{\text{от}}$ - продолжительность отопительного периода (5232 ч/год);

q_{min} - вероятность отказа тепловода.

Результаты расчета недоотпуска тепла потребителям, подключенным к ОАО «НЧТЭЦ», в результате нарушений подачи тепловой энергии см. Рисунок 3-1.

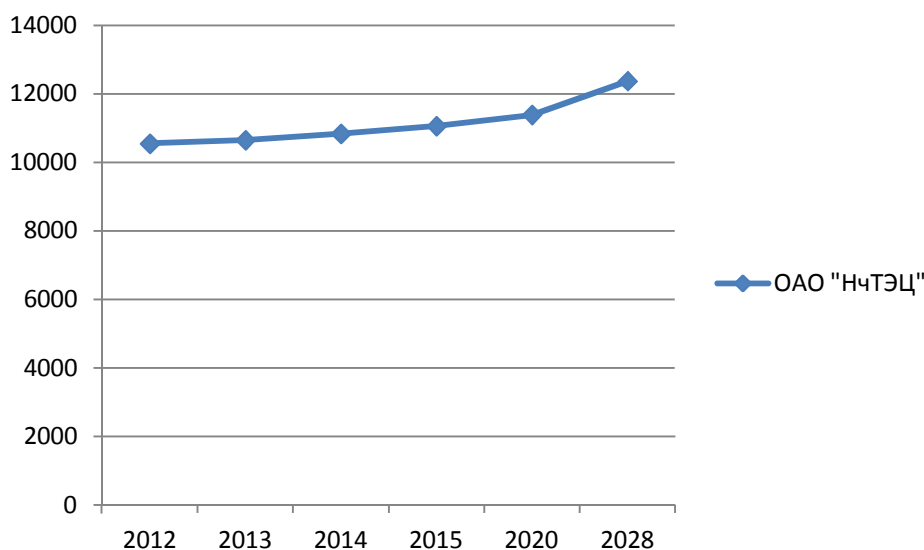


Рисунок 3-1. Расчет недоотпуска тепла потребителям, подключенным к ОАО «НЧТЭЦ», в результате нарушений подачи тепловой энергии

Результаты расчета недоотпуска тепла потребителям, подключенным к тепловой станции БСИ, в результате нарушений подачи тепловой энергии см. Рисунок 3-1.

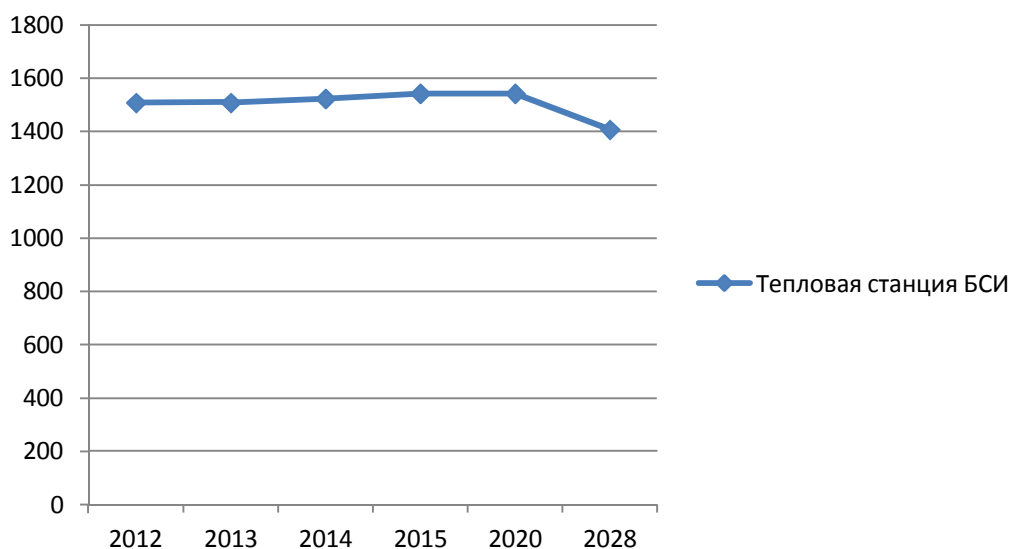


Рисунок 3-2. Расчет недоотпуска тепла потребителям, подключенным к тепловой станции БСИ, в результате нарушений подачи тепловой энергии

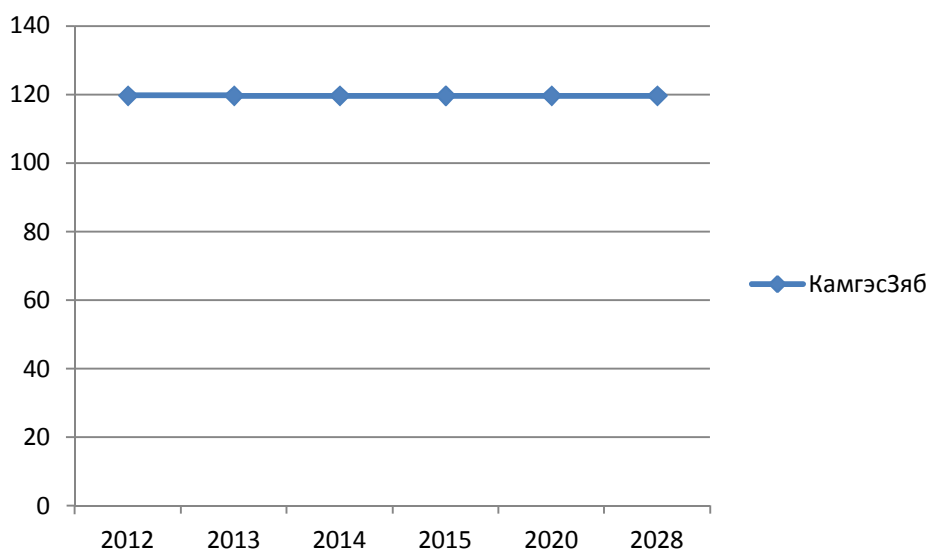


Рисунок 3-3. Расчет недоотпуска тепла потребителям, подключенным к котельной ООО «КамгэсЗЯБ», в результате нарушений подачи тепловой энергии

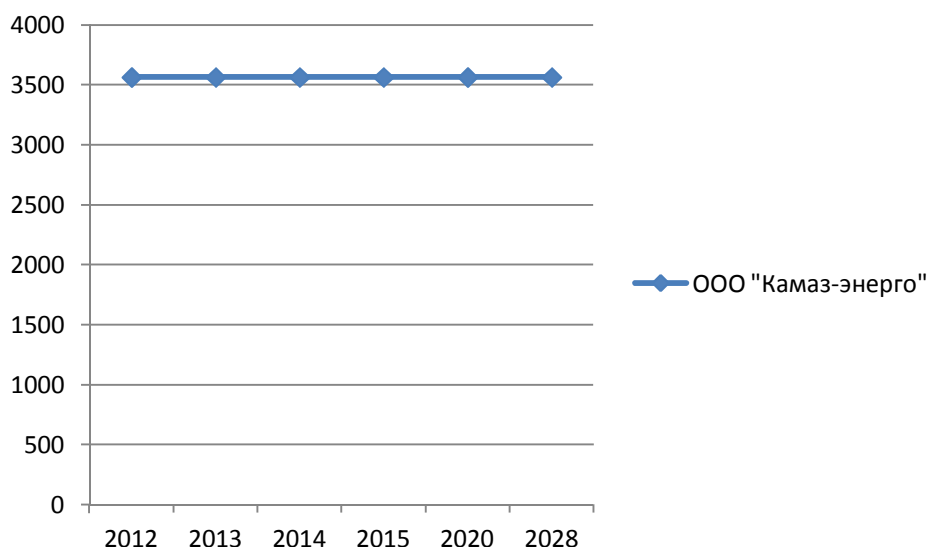


Рисунок 3-4. Расчет недоотпуска тепла потребителям, подключенным к котельной ООО «КаМАЗ-Энерго», в результате нарушений подачи тепловой энергии

4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОЙ ВЕЛИЧИНОЙ ОТКЛОНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Данный показатель может быть рассчитан в том случае, если по каждому участку можно определить место повреждения с указанием времени отключения потребителя от сети. Однако база данных по повреждениям, сформированная по фактическим отказам на тепловых сетях ОАО «НЧТК», ООО «КамгэсЗЯБ», ООО «КАМАЗ-Энерго» не содержит исчерпывающей информации для проведения математических расчетов. Кроме того, практически все участки тепловых сетей закольцованы, что способствует сохранению бесперебойной подачи теплоносителя потребителю согласно заданной температуре.

5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

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

[Щербаков С. Н. Обеспечение надежности трубопроводов в условиях крупных городов на примере предприятия ГУП «Мосгортепло» // Энергосбережение №2/2004]

1. Произвести полную инвентаризацию всего оборудования и тепловых сетей, находящихся в ведении ОАО «НЧТК», ООО «КамгэсЗЯБ», ООО «КАМАЗ-Энерго». 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.

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

2. *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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Исследование надежности тепловых сетей*. Самарских, Г. И., Титов, Н. А. и Новопашина, Н. А. 2, д.м. : Региональная архитектура и строительство, 2011 г.
2. Постановление Правительства РФ №154 от 22.02.2012 г. *О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения*.
3. Техническое задание на разработку схемы теплоснабжения города Набережные Челны на период до 2028 года. 2012 г.
4. Федеральный закон РФ от 27 июля 2010 г. №190-ФЗ. *О теплоснабжении*.