



Муниципальное образование город Набережные Челны

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ –
Г. НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ
НА ПЕРИОД ДО 2033 ГОДА**

(Актуализация на 2019г.)

Том 2. Обосновывающие материалы

Книга 10. Оценка надежности теплоснабжения

**Разработчик: Общество с ограниченной ответственностью
Инжиниринговая компания «ВИД-Энерго»**

Генеральный директор

Д. В. Агеев

Москва, 2018 г.

Оглавление

1	Книга 10. Оценка надежности теплоснабжения	4
1.1	Книга 10. Глава 1. Определение перспективных показателей надежности, определяемых числом нарушений в подаче тепловой энергии ...	7
1.2	Книга 10. Глава 2. Определение перспективных показателей, определяемых приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии.....	13
1.3	Книга 10. Глава 3. Определение перспективных показателей, определяемых приведенным объемом недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии.....	15
1.4	Книга 10. Глава 4. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения	16
1.4.1	Книга 10. Глава 4. Раздел 1. Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих готовность энергетического оборудования	16
1.4.2	Книга 10. Глава 4. Раздел 2. Установка резервного оборудования	16
1.4.3	Книга 10. Глава 4. Раздел 3. Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии	16
1.4.4	Книга 10. Глава 4. Раздел 4. Взаимное резервирование тепловых сетей смежных районов поселения, городского округа	16
1.4.5	Книга 10. Глава 4. Раздел 5. Устройство резервных насосных станций	16
1.4.6	Книга 10. Глава 4. Раздел 6. Установка баков-аккумуляторов	16

Перечень таблиц

- Табл. 1.1. Плановые значения показателей надежности для ТСО..... 6
- Табл. 1.2. Число и продолжительность нарушений в подаче тепловой энергии за 2012 – 2017 годы АО «Татэнерго» 7
- Табл. 1.3. Показатели числа нарушений в подаче тепловой энергии за отопительные периоды 2012- 2017 годов АО «Татэнерго»**Ошибка! Закладка не определена.**
- Табл. 1.4. Значения перспективных (плановых) показателей надежности АО «Татэнерго»..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- Табл. 1.5. Показатели уровня надежности, определяемые суммарной приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии за 2012-2017 годы АО «Татэнерго» **Ошибка! Закладка не определена.**
- Табл. 1.6. Значения перспективных (плановых) показателей надежности, определяемых суммарной приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии АО «Татэнерго» .. **Ошибка! Закладка не определена.**

1 Книга 10. Оценка надежности теплоснабжения

1. Общие положения

Надежность теплоснабжения определяется структурой, параметрами, степенью резервирования и качеством элементов всех ее подсистем – источников тепловой энергии, ТС, узлов потребления, систем автоматического регулирования, а также уровнем эксплуатации и строительно-монтажных работ.

Наиболее ненадежным звеном теплоснабжения являются ТС, особенно при их подземной прокладке. Это, в первую очередь, обусловлено низким качеством применяемых ранее конструкций теплопроводов, тепловой изоляции, запорной арматуры, недостаточным уровнем автоматического регулирования процессов передачи, распределения и потребления тепловой энергии, а также все увеличивающимся моральным и физическим старением ТС из-за хронического недофинансирования работ по их модернизации и реконструкции. Кроме того, структура ТС в крупных системах не соответствует их масштабам.

«Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов» разработана ОАО «Газпром промгаз», которая используются в программном комплексе Zulu.

Объект исследования – ТС и подключенные к ним узлы потребления тепла.

Цели расчета – количественная оценка надежности теплоснабжения потребителей в ТС систем централизованного теплоснабжения и обоснование необходимых мероприятий по достижению требуемой надежности для каждого потребителя.

Важным свойством ТС является малая вероятность полного отказа системы. Для ТС с большим количеством элементов характерны частичные отказы, приводящие к отключению или снижению уровня теплоснабжения одного или части потребителей.

Для того, чтобы обеспечить выполнение основной функции ТС – надежную подачу тепловой энергии потребителям, рассредоточенным по узлам сети, в соответствии с их индивидуальными требованиями, надежность ТС необходимо оценивать узловыми показателями.

Другая важная особенность ТС – наличие временного резерва, который создается аккумулярующей способностью отапливаемых зданий, а также возможностью некоторого снижения температуры воздуха в зданиях против расчетного значения во время восстановления теплоснабжения после отказа (при

ограничении частоты отказов и их глубины в соответствии с физиологическими требованиями к температурному режиму в зданиях).

Временной резерв может быть увеличен резервированием ТС, позволяющим поддерживать в послеаварийных режимах некоторый (пониженный) уровень теплоснабжения потребителей.

Резервирование ТС, наряду с повышением качества и надежности конструкций, теплопроводов и оборудования, является основным средством обеспечения требуемого уровня надежности теплоснабжения.

Надежность расчетного уровня теплоснабжения потребителей оценивается коэффициентом готовности K_j , представляющим собой вероятность того, что в произвольный момент времени будет обеспечен расчетный уровень теплоснабжения j -го потребителя (среднее значение доли отопительного сезона, в течение которой теплоснабжение j -го потребителя не нарушается).

Надежность пониженного уровня теплоснабжения потребителей оценивается вероятностью безотказной работы P_j , представляющей собой вероятность того, что в течение отопительного периода температуре воздуха в зданиях j -го потребителя не опустится ниже граничного значения.

В ТС без резервирования величина K_j имеет наибольшее значение по сравнению с резервированной сетью, а P_j наименьшее. Введение в сеть минимальной структурной избыточности и дальнейшее увеличение объема резервирования ведут к повышению надежности обеспечения пониженного уровня теплоснабжения (значение P_j растет), что обусловлено увеличением временного резерва потребителей при отказах элементов резервированной части сети.

2. Классификация потребителей

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на категории:

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

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

- жилых и общественных зданий до 12 °С;

- промышленных зданий до 8 °С.

3. Надежность

Способность действующих и проектируемых ТС обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) следует определять по трем показателям (критериям): вероятности безотказной работы [Р], коэффициенту готовности [Кг]. Расчет показателей системы с учетом надежности должен производиться для каждого потребителя

Минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для:

- источника теплоты РИТ=0,97;
- тепловых сетей РТС= 0,9;
- потребителя теплоты РПТ = 0,99;
- СЦТ в целом РСЦТ = $0,9 \times 0,97 \times 0,99 = 0,86$.

Минимально допустимые показатели коэффициента готовности [Кг] принимается равным $Kг=0,97$.

При подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканальной прокладке величина подачи теплоты (%) для обеспечения внутренней температуры воздуха в отапливаемых помещениях не ниже 12°С в течение ремонтно-восстановительного периода после отказа должна приниматься по Табл. 1.1.

Табл. 1.1. Сроки восстановления теплоснабжения при отказах ТС

Диаметр труб тепловых сетей, мм	Время восстановления теплоснабжения, ч	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления t_o , °С				
		-10	-20	-30	-40	-50
		Допускаемое снижение подачи теплоты %, до				
300	15	32	50	60	59	64
400	18	41	56	65	63	68
500	22	49	63	70	69	73
600	26	52	68	75	73	77
700	29	59	70	76	75	78
800-1000	40	66	75	80	79	82
1200-1400	До 54	71	79	83	82	85

4. Принятые допущения

Вероятность одновременного возникновения двух отказов не учитывается, так как она пренебрежимо мала (на три-четыре порядка меньше вероятности возникновения одного отказа).

Принимается, что при восстановлении отказавшего элемента ТС отказы других элементов ТС не происходят.

Если статистические данные по отказам не используются, расчет интенсивности отказов теплопроводов λ с учетом времени их эксплуатации производится по зависимостям распределения Вейбулла при начальной интенсивности отказов 1 км однолинейного теплопровода $\lambda_{нач}$ равной $5,7 \cdot 10^{-6}$ 1/(км•ч) или 0,05 1/(км•год). Начальная интенсивность отказов соответствует периоду нормальной эксплуатации нового теплопровода после периода приработки. Средняя интенсивность отказов единицы ЗРА (например, задвижки) принимается равной $2,28 \cdot 10^{-7}$ 1/ч или 0,002 1/год.

Для схем теплоснабжения городов и городских округов с общим количеством жителей более 100 тыс. человек расчет ПН выполняется для узлов с обобщенными потребителями. Коэффициент тепловой аккумуляции зданий в этом случае принимается пользователем либо для представительных в данном узле категорий зданий, либо для здания с наихудшей теплоустойчивостью.

Расчеты надежности тепловых сетей проводились в программном комплексе Zulu в модуле «Надежность».

1.1 Книга 10. Глава 1. Текущие показатели надежности теплоснабжения

Сведения о количестве отказов, а также суммарной продолжительности прекращения подачи тепловой энергии приведены в Табл. 1.2. Время вынужденного отказа при одном нарушении принято равным 4 часам.

Табл. 1.2. Число нарушений в подаче тепловой энергии за 2013 – 2017 годы от НЧТЭЦ

Год	2013	2014	2015	2016	2017
Кол-во отказов в отопительный период, шт.	66	85	61	60	46
Количество отказов в неотопительный период, шт.	105	80	91	66	117



Рис. 1.1 Число нарушений в подаче тепловой энергии за 2013 – 2017 годы от НЧТЭЦ

1. Результаты расчета показателей надежности потребителей Северо-восточной части города (Новый город) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны

Схема тепловой сети Нового города, включает 8578 участков и 1689 потребителей. Общая протяженность тепловых сетей – 159,931 км, кольцевая часть сети образована 771 участками с диаметрами от 89 до 1000 мм, общей протяженностью 47,1 км.

Результаты расчета:

Расчетный год – 2016

Продолжительность отопительного периода в часах - 5016

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – 3,4°С

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.919480

2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.945645- 0.948655

3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.703623- 1.0000

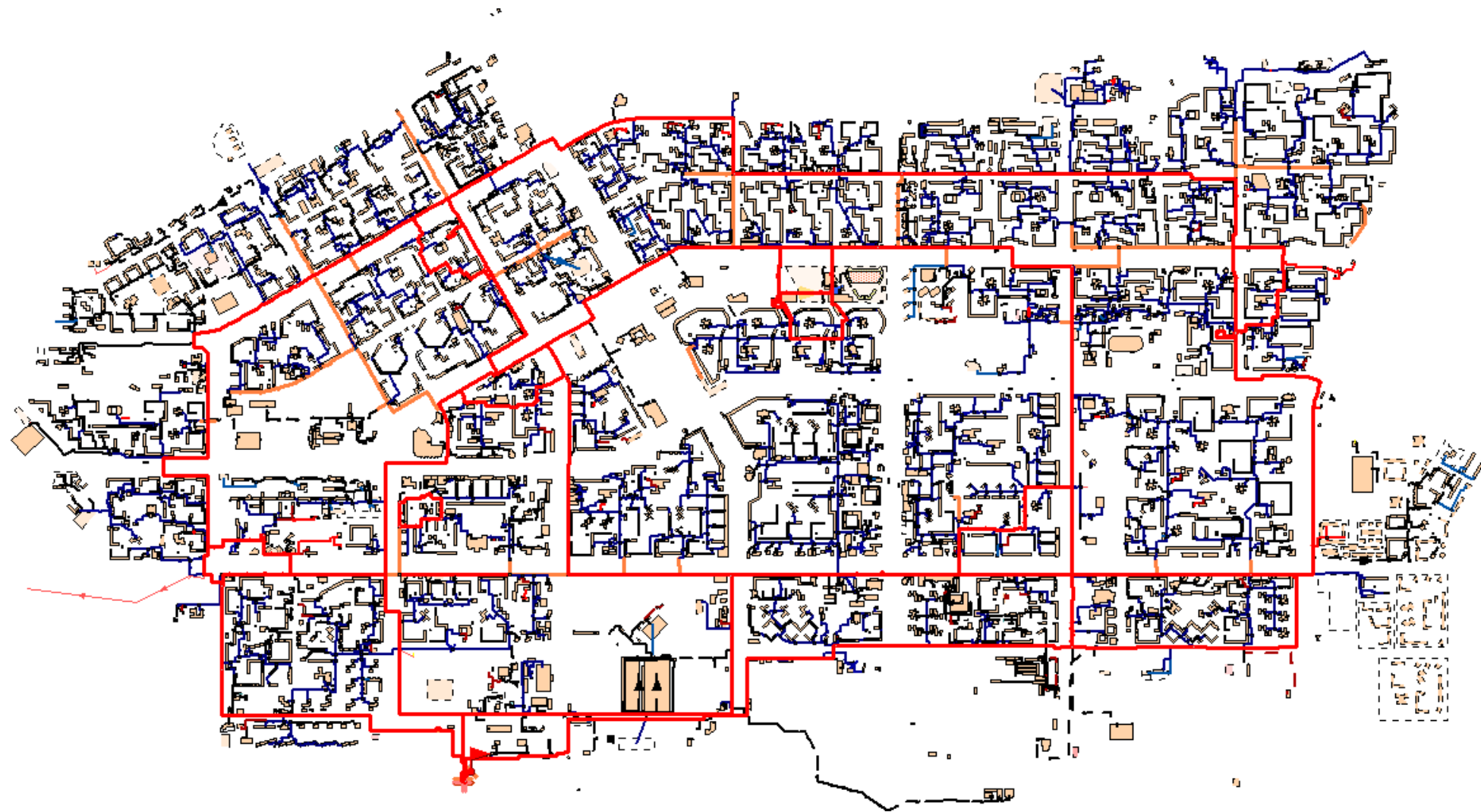


Рис. 1.2 Схема тепловой сети Северо-восточной части города (Новый город)

Величины коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей ниже нормативного значения $K_{Г}=0,97$.

Величины вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в комплексах 26, 50, 19, 32, 56, 62, 27, 31, 10, 24, 36, 38, 30, 28, 51, 48, 23, 12, 37 и пос. Орловка ниже нормативного значения.

2. Результаты расчета показателей надежности потребителей Юго-западной части города (п. ГЭС) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны

Схема тепловой сети п. ГЭС, включает 2544 участка и 580 потребителей. Общая протяженность тепловых сетей – 65,46 км, кольцевая часть сети образована 287 участками с диаметрами от 150 до 1000 мм, общей протяженностью 22,8 км.

Результаты расчета

Расчетный год – 2016

Продолжительность отопительного периода в часах - 5016

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – 3,4°С

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.970884

2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.982836-0.984241

3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.784205-0.968936

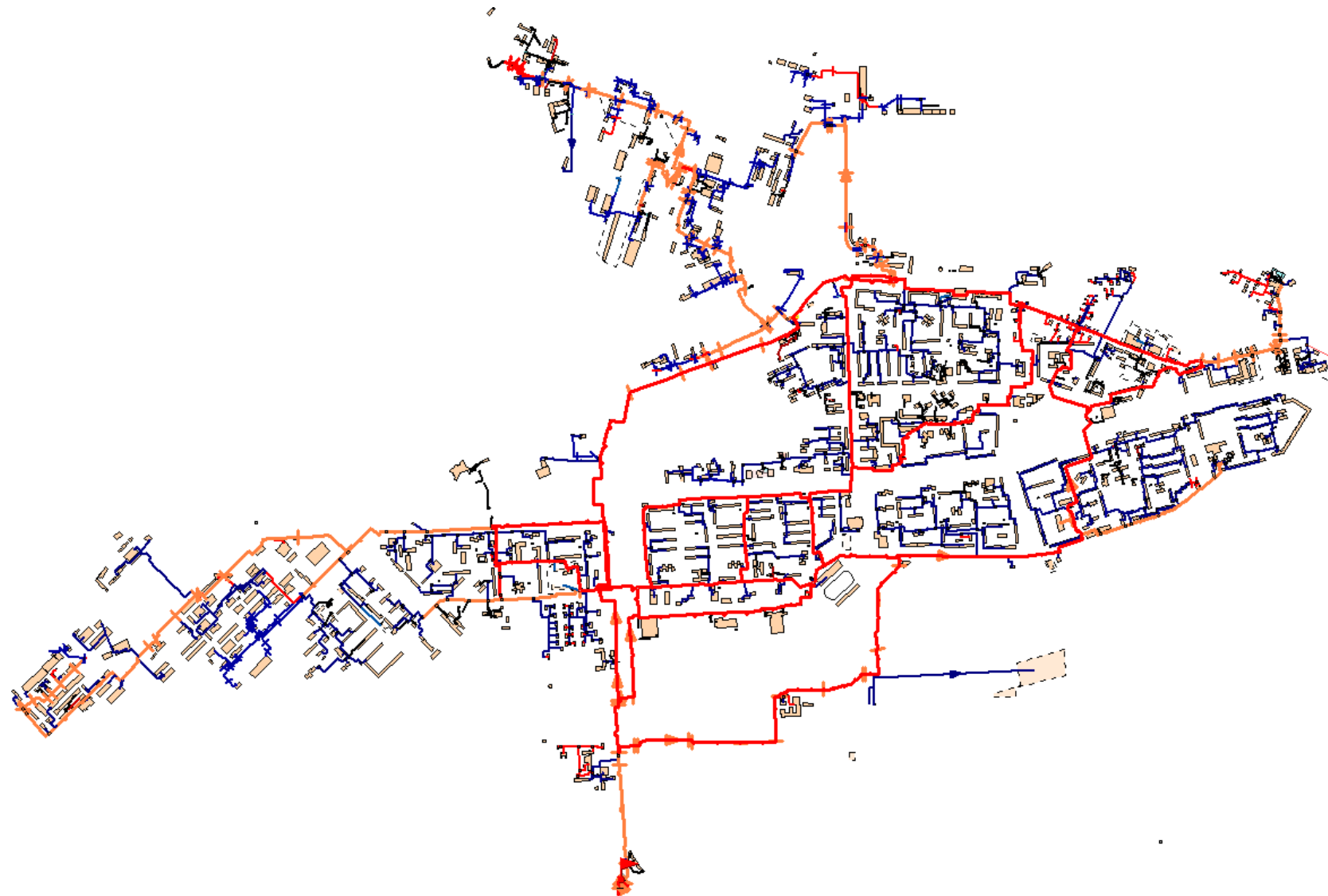


Рис. 1.3 Схема тепловой сети Юго-западной части города (п. ГЭС)

Величины коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей существенно выше нормативного значения $K_g=0,97$

Величины вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в пос. Сидоровка, комплексах 10, 2 и Промплощадке ниже нормативного значения.

3. Результаты расчета показателей надежности потребителей Юго-западной части города (п. ЗЯБ) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны

Схема тепловой сети п. ЗЯБ, включает 1434 участка и 346 потребителей. Общая протяженность тепловых сетей – 34,514 км, кольцевая часть сети образована 112 участками с диаметрами от 200 до 800 мм, общей протяженностью 9,7 км.

Результаты расчета

Расчетный год – 2016

Продолжительность отопительного периода в часах - 5016

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – 3,4°С

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.985513

2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.989084-0.990388

3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.685178-0.991974



Рис. 1.4 Схема тепловой сети Юго-западной части города (п.ЗЯБ)

Величины коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей существенно выше нормативного значения $K_r=0,97$

Величины вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в комплексах 17а, 17 и 18 ниже нормативного значения.

1.2 Книга 10. Глава 2. Перспективные показатели надежности теплоснабжения

Низкий показатель вероятности безотказного теплоснабжения потребителей является прямым следствием высокого износа внутриквартальных трубопроводов. В рамках реализации мероприятий схемы теплоснабжения предусматривается перекладка тепловых сетей в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса. Данные мероприятия позволят существенно снизить поток отказов и повысить показатели вероятности безотказной работы.

С учетом рекомендаций по перекладки ТС с увеличением диаметра с целью подключения перспективных нагрузок и замене сетей в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса, на конец рассматриваемого периода ожидается существенное улучшение показателей надежности теплоснабжения.

1. Результаты расчета перспективных показателей надежности потребителей Северо-восточной части города (Новый город)

Результаты расчета:

Расчетный год – 2033

Продолжительность отопительного периода в часах - 5016

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – 3,4°С

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.956341

2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.971211-0.97364

3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.91633-1.0000

2. Результаты расчета перспективных показателей надежности потребителей Юго- западной части города (п. ГЭС)

Результаты расчета

Расчетный год – 2033

Продолжительность отопительного периода в часах - 5016

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – 3,4°С

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.986712

2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.989691-0.995916

3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.92643-1.00000

3. Результаты расчета перспективных показателей надежности потребителей Юго- западной части города (п. ЗЯБ)

Результаты расчета

Расчетный год – 2033

Продолжительность отопительного периода в часах - 5016

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период – 3,4°C

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.991453

2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.990342-0.993124

3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.91178-1.00000

1.3 Книга 10. Глава 3. Определение перспективных показателей, определяемых приведенным объемом недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии

Данные по недоотпуску тепловой энергии представлены не были, возможность рассчитать существующие, а значит и перспективные, показатели надежности, определяемые приведенным объемом недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии отсутствует.

1.4 Книга 10. Глава 4. Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения

1.4.1 Книга 10. Глава 4. Раздел 1. Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих готовность энергетического оборудования

Основным источником теплоснабжения города является источник тепловой мощности с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии – НЧТЭЦ. Мероприятий по дублированию связей не рассматривается.

1.4.2 Книга 10. Глава 4. Раздел 2. Установка резервного оборудования

НЧТЭЦ имеет большой запас мощности, поэтому установка дополнительного резервного оборудования не рассматривается.

1.4.3 Книга 10. Глава 4. Раздел 3. Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии

В 2008 году АО «Татэнерго» выполнены работы по объединению двух существующих систем теплоснабжения города, Набережночелнинская ТЭЦ и Котельный цех БСИ, в единую систему.

1.4.4 Книга 10. Глава 4. Раздел 4. Взаимное резервирование тепловых сетей смежных районов поселения, городского округа

Взаимное резервирование тепловых сетей выполнено по значительной части города.

1.4.5 Книга 10. Глава 4. Раздел 5. Устройство резервных насосных станций

Предложения по устройству резервных насосных станций не предусматриваются.

1.4.6 Книга 10. Глава 4. Раздел 6. Установка баков-аккумуляторов

Предложения по установке баков-аккумуляторов не предусматриваются.