



Актуализация схемы теплоснабжения  
г. Набережные Челны на 2020 год на период до 2034 года

Обосновывающие материалы

**Глава 11.** Оценка надежности теплоснабжения

**1802Р-ОМ.11.001-А2020**

**Том 16.**

Разработчик:

ООО «Инженерный центр Энерготехаудит»

Генеральный директор:

Поленов А.Л.

г. Набережные Челны  
2019

## Состав проекта

№ тома	Обозначение	Наименование	Примечание
1	1802-УЧ.001-А2020	<b>Утверждаемая часть.</b> Актуализация схемы теплоснабжения г. Набережные Челны на 2019 год на период до 2034 года .	
2	1802Р-ОМ.01.001-А2020	<b>Глава 1.</b> Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения	
3	1802Р-ОМ.01.002-А2020	<b>Глава 1</b> Приложение 1.Характеристика тепловых сетей	
4	1802Р-ОМ.02.001-А2020	<b>Глава 2.</b> Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения.	
5	1802Р-ОМ.03.001-А2020	<b>Глава 3.</b> Электронная модель системы теплоснабжения поселения, городского округа, города федерального значения	
6	1802Р-ОМ.03.002-А2020	<b>Глава 3</b> Приложение 3.1. Инструкция пользователя	
7	1802Р-ОМ.03.003-А2020	<b>Глава 3</b> Приложение 3.2. Руководство оператора	
8	1802Р-ОМ.03.004-А2020	<b>Глава 3</b> Приложение 3.3. Альбом тепловых камер и павильонов	
9	1802Р-ОМ.04.001-А2020	<b>Глава 4.</b> Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей	
10	1802Р-ОМ.05.001-А2020	<b>Глава 5.</b> Мастер-план развития систем теплоснабжения	
11	1802Р-ОМ.06.001-А2020	<b>Глава 6.</b> Существующие и перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей, в том числе в аварийных режимах	
12	1802Р-ОМ.07.001-А2020	<b>Глава 7.</b> Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии	
13	1802Р-ОМ.08.001-А2020	<b>Глава 8.</b> Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей	
14	1802Р-ОМ.09.001-А2020	<b>Глава 9.</b> Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения	
15	1802Р-ОМ.10.001-А2020	<b>Глава 10.</b> Перспективные топливные балансы	
16	1802Р-ОМ.11.001-А2020	<b>Глава 11.</b> Оценка надежности теплоснабжения	
17	1802Р-ОМ.12.001-А2020	<b>Глава 12.</b> Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение	
18	1802Р-ОМ.13.001-А2020	<b>Глава 13.</b> Индикаторы развития систем теплоснабжения поселения, городского округа, города федерального значения	
19	1802Р-ОМ.14.001-А2020	<b>Глава 14.</b> Ценовые (тарифные) последствия	

№ тома	Обозначение	Наименование	Примечание
20	1802Р-ОМ.15.001-А2020	<b>Глава 15.</b> Реестр единых теплоснабжающих организаций	
21	1802Р-ОМ.16.001-А2020	<b>Глава 16.</b> Реестр проектов схемы теплоснабжения	
22	1802Р-ОМ.17.001-А2020	<b>Глава 17.</b> Замечания и предложения к проекту схемы теплоснабжения	
23	1802Р-ОМ.18.001-А2020	<b>Глава 18.</b> Сводный том изменений, выполненных в доработанной и (или) актуализированной схеме теплоснабжения	

## Оглавление

Перечень таблиц.....	5
Перечень рисунков.....	6
1 Общие положения.....	7
1.1 Классификация потребителей.....	8
1.2 Надежность.....	8
1.3 Принятые допущения.....	9
2 Текущие показатели надежности теплоснабжения.....	10
3 Анализ результатов расчета показателей надежности теплоснабжения в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны.....	11
3.1 Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей Северо-восточной части города (Новый город) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны.....	11
3.2 Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей Юго-западной части города (п. ГЭС) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны.....	15
3.3 Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей Юго-западной части города (п. ЗЯБ) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны.....	19
4 Обеспечение надежного теплоснабжения потребителей увеличением объема резервирования.....	23
4.1 Обеспечение надежного теплоснабжения потребителей Северо-восточной части города (Новый город) увеличением объема резервирования.....	23
4.2 Обеспечение надежного теплоснабжения потребителей Юго-западной части города (п. ГЭС) увеличением объема резервирования.....	26
4.3 Обеспечение надежного теплоснабжения потребителей Юго-западной части города (п.ЗЯБ) увеличением объема резервирования.....	30
5 Анализ результатов расчета показателей надежности теплоснабжения в перспективном состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны.....	36

## Перечень таблиц

Табл. 1.1. Сроки восстановления теплоснабжения при отказах ТС.....	9
Табл. 2.1. Число нарушений в подаче тепловой энергии за 2014 – 2018 гг. от НЧТЭЦ.....	10
Табл. 4.1. Технические характеристики переемычки.....	23
Табл. 4.2. Магистральные сети СВЧ города, требующие переукладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности.....	24
Табл. 4.3. Технические характеристики переемычки.....	27
Табл. 4.4. Магистральные сети ЮЗЧ (п. ГЭС) города, требующие переукладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности .....	27
Табл. 4.5. Перечень потребителей, у которых вероятность безотказного теплоснабжения потребителей ниже нормативного значению .....	29
Табл. 4.6. Магистральные сети ЮЗЧ (п. ЗЯБ) города, требующие переукладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности .....	30
Табл. 4.7. Перечень потребителей, у которых вероятность безотказного теплоснабжения потребителей ниже нормативного значению .....	32

## Перечень рисунков

Рис. 2.1 Число нарушений в подаче тепловой энергии за 2014 – 2018 годы от НЧТЭЦ.....	10
Рис. 3.1 Схема тепловой сети Северо-восточной части города (Новый город).....	12
Рис. 3.2 Показатели надежности Северо-восточной части города (Новый город).....	14
Рис. 3.3. Схема тепловой сети Юго-западной части города (п. ГЭС).....	16
Рис. 3.4. Показатели надежности Юго-западной части города (п. ГЭС).....	18
Рис. 3.5. Схема тепловой сети Юго-западной части города (п.ЗЯБ) .....	20
Рис. 3.6. Показатели надежности Юго-западной части города (п.ЗЯБ) .....	22
Рис. 4.1. Резервированная схема с дублированным подключением для Северо-восточной части города .....	25
Рис. 4.2. Предлагаемое место прокладки перемычки.....	26
Рис. 4.3. Резервированная схема с дублированным подключением для Юго-западной части города (п.ГЭС) .....	28
Рис. 4.4. Резервированная схема с дублированным подключением для Юго-западной части города (п.ЗЯБ).....	31

# 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 используется 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 аккумулирующей 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 температура 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  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- промышленных зданий до  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 2.1 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  $[P]$ , коэффициенту готовности  $[K_g]$ . 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 допустимый показатель коэффициента готовности [Кг] принимается равным  $K_g=0,97$ .

При подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканальной прокладке величина подачи теплоты (%) для обеспечения внутренней температуры воздуха в отапливаемых помещениях не ниже  $12^\circ\text{C}$  в течение ремонтно-восстановительного периода после отказа должна приниматься по Табл. 2.1.

Табл. 2.1. Сроки восстановления теплоснабжения при отказах ТС

Диаметр труб тепловых сетей, мм	Время восстановления теплоснабжения, ч	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_o, ^\circ\text{C}$				
		-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

## 2.2 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  $\lambda$  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».

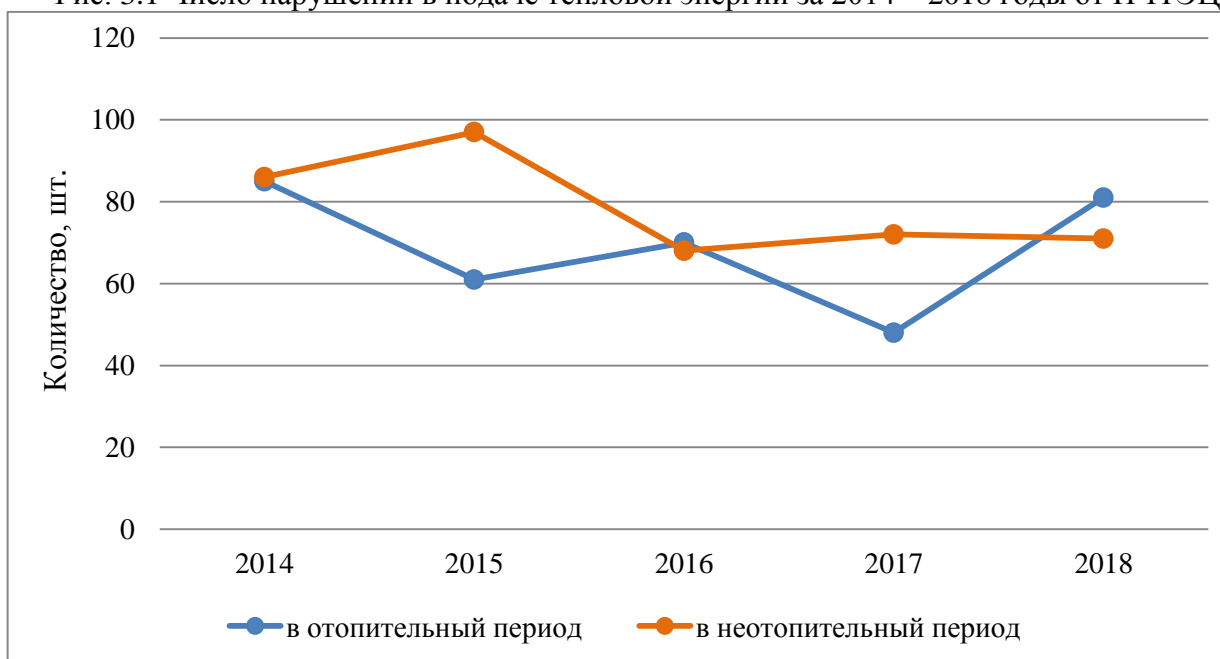
### 3 Текущие показатели надежности теплоснабжения

Сведения о количестве отказов, а также суммарной продолжительности прекращений подачи тепловой энергии приведены в Табл. 3.1. Время вынужденного отказа при одном нарушении принято равным 4 часам.

Табл. 3.1. Число нарушений в подаче тепловой энергии за 2014 – 2018 гг. от НЧТЭЦ

Период	2014	2015	2016	2017	2018
в отопительный период	85	61	70	48	81
в неотопительный период	86	97	68	72	71
Опрессовка	219	160	146	211	191
Сумма	390	318	284	331	343

Рис. 3.1 Число нарушений в подаче тепловой энергии за 2014 – 2018 годы от НЧТЭЦ



## **4 Анализ результатов расчета показателей надежности теплоснабжения в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны**

### **4.1 Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей Северо-восточной части города (Новый город) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны**

Схема тепловой сети Нового города, включает 8947 участков и 1785 потребителей. Общая протяженность тепловых сетей – 254,46 км, кольцевая часть сети образована 771 участками с диаметрами от 89 до 1000 мм, общей протяженностью 47,1 км.

#### **Результаты расчета:**

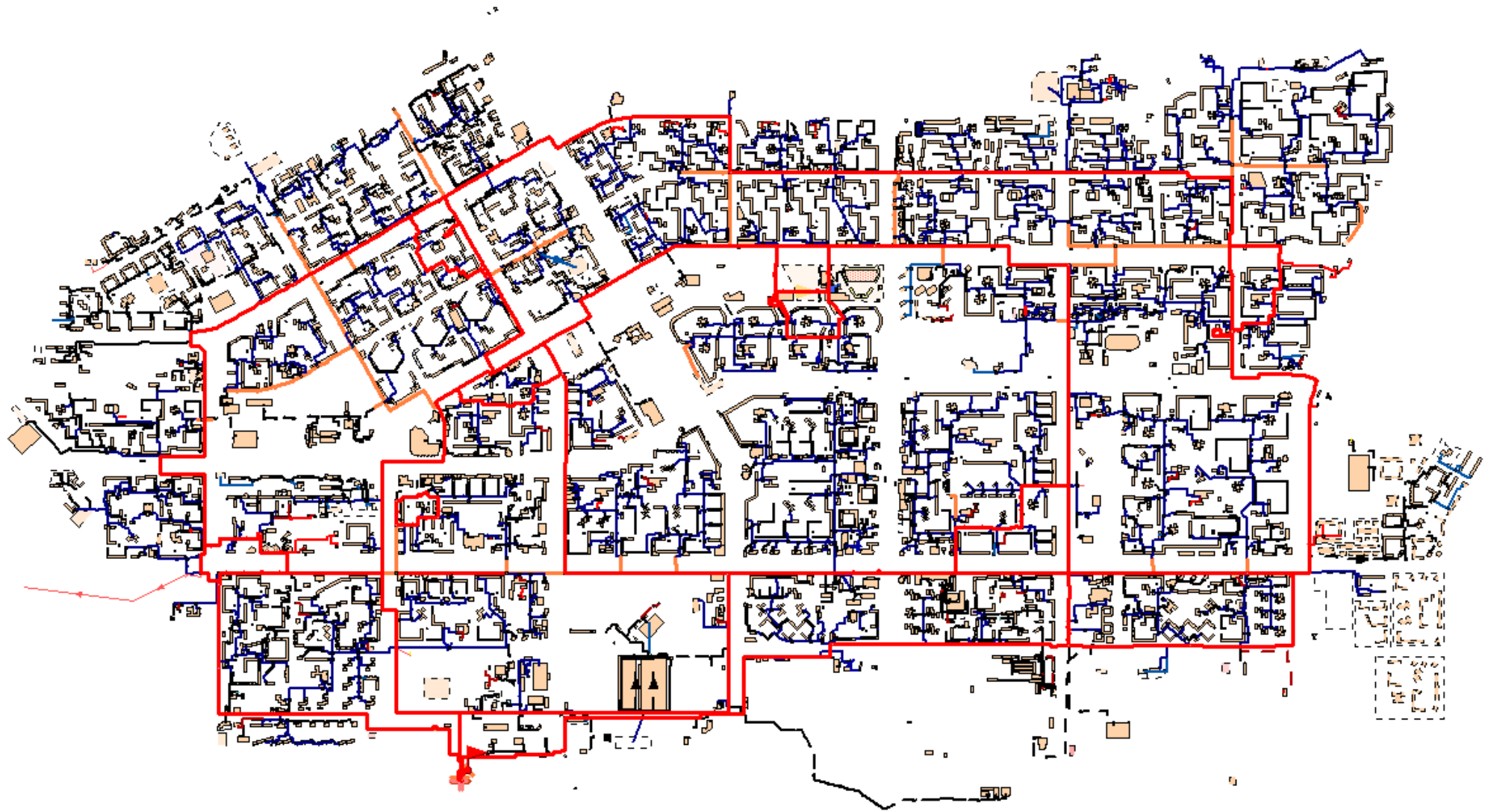
Расчетный год – 2018

Продолжительность отопительного периода в часах - 5448

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период –  $-4,15^{\circ}\text{C}$

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.941606
2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.943924-0.945149
3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.485485-1.00000

Рис. 4.1 Схема тепловой сети Северо-восточной части города (Новый город)



4. Сопоставление полученных величин показателей надежности с нормативными значениями.

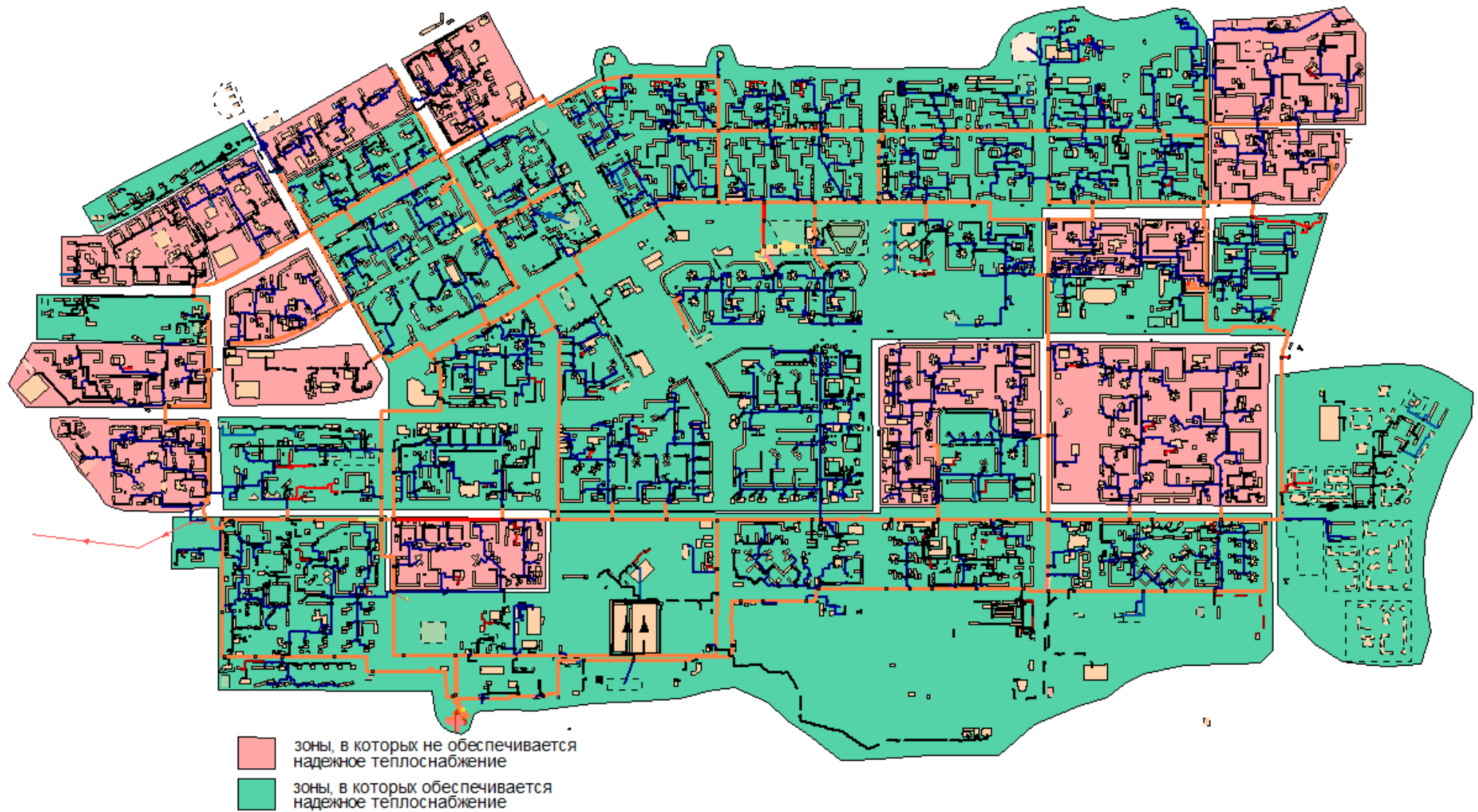
4.1. Величины коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей ниже нормативного значения  $K_r=0,97$ . Это говорит о том, что масштабы системы имеет большие размеры. Следовательно, необходимо проведение мероприятий по повышению надежности теплоснабжения.

4.2. 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. Следовательно, необходимо проведение мероприятий по повышению надежности теплоснабжения.

На Рис. 4.2 представлена расчетная схема зоны теплоснабжения Нового города.

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

Рис. 4.2 Показатели надежности Северо-восточной части города (Новый город).



## **4.2 Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей Юго-западной части города (п. ГЭС) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны**

Схема тепловой сети п. ГЭС, приведенная на Рис. 4.3, включает 2932 участка и 687 потребителей. Общая протяженность тепловых сетей – 94,84 км, кольцевая часть сети образована 287 участками с диаметрами от 150 до 1000 мм, общей протяженностью 22,8 км.

### **Результаты расчета**

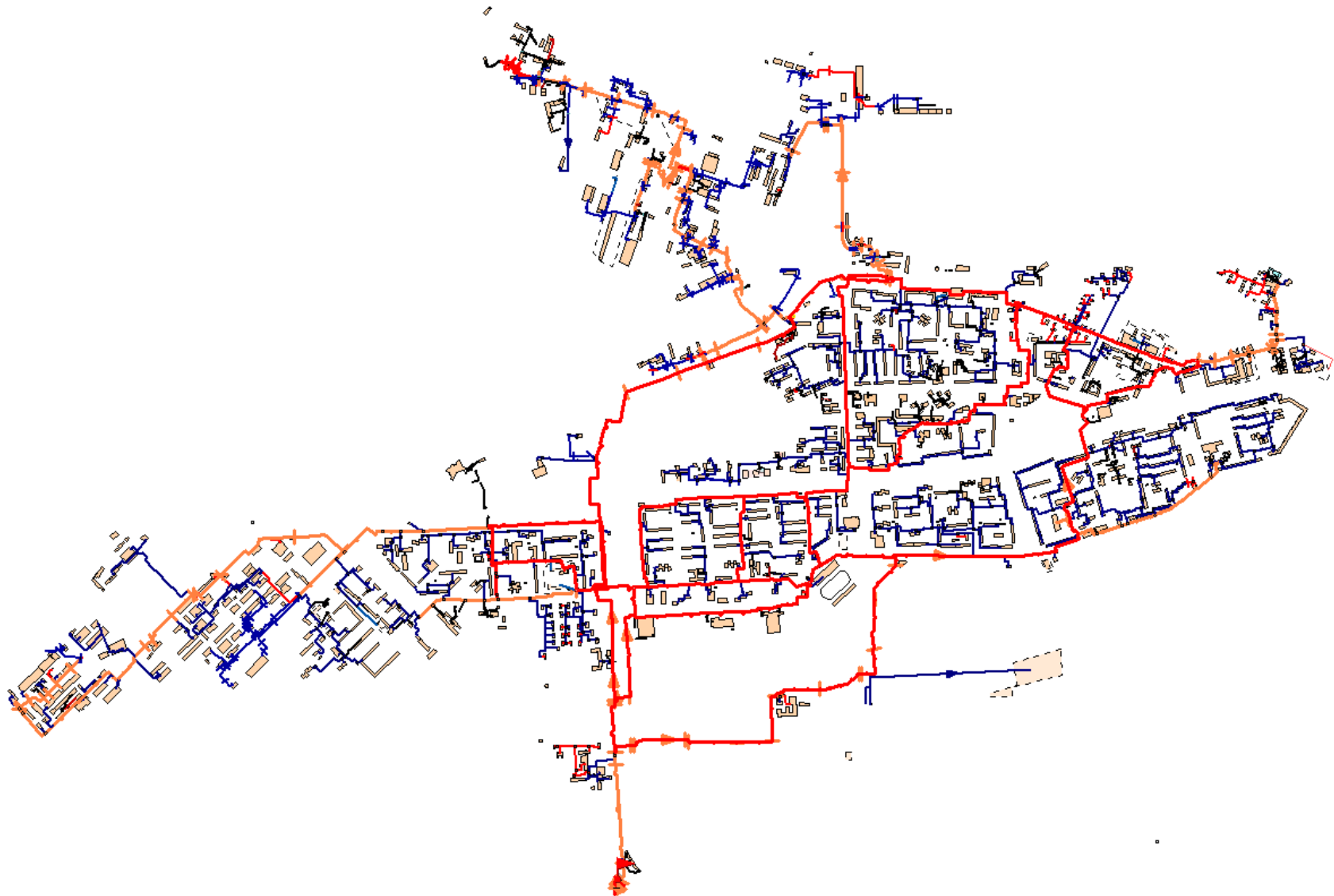
Расчетный год – 2018

Продолжительность отопительного периода в часах - 5448

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период –  $-4,15^{\circ}\text{C}$

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.971575
2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.972678-0.975229
3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.086749-1.0

Рис. 4.3. Схема тепловой сети Юго-западной части города (п. ГЭС)





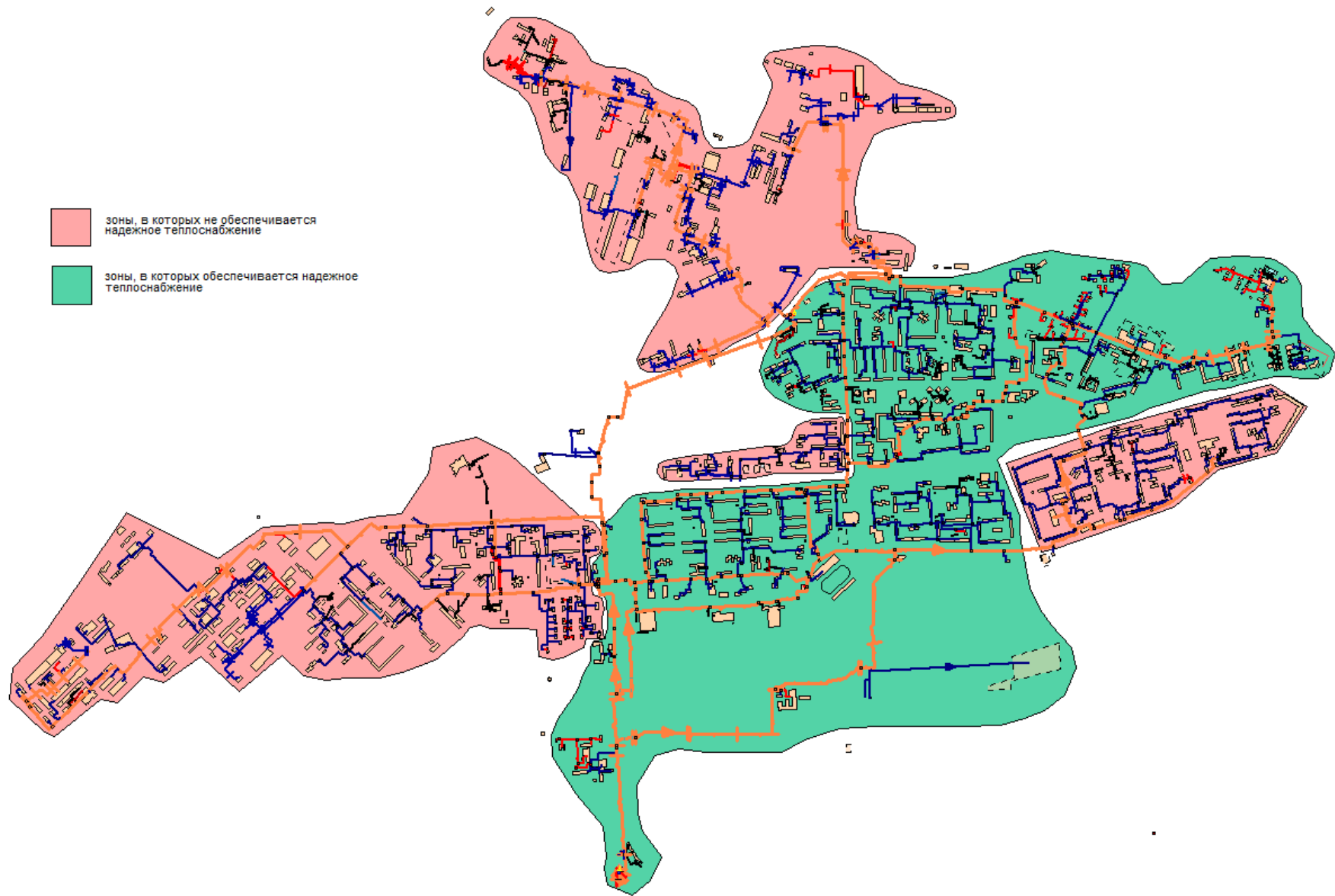
4. Сопоставление полученных величин показателей надежности с нормативными значениями.

4.1. Величины коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей существенно выше нормативного значения  $K_r=0,97$ . Это говорит о том, что масштабы системы и радиусы теплоснабжения не завышены.

4.2. Величины вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в пос. Сидоровка, комплексах 10, 2 и Промплощадки ниже нормативного значения. Следовательно, необходимо проведение мероприятий по повышению надежности теплоснабжения.

На Рис. 4.4 представлена расчетная схема зоны теплоснабжения п. ГЭС.

Рис. 4.4. Показатели надежности Юго-западной части города (п. ГЭС)



### **4.3 Анализ результатов расчета показателей надежности потребителей Юго-западной части города (п. ЗЯБ) в существующем состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны**

Схема тепловой сети п. ЗЯБ, приведенная на Рис. 4.5, включает 1642 участка и 440 потребителей. Общая протяженность тепловых сетей – 47,62 км, кольцевая часть сети образована 112 участками с диаметрами от 200 до 800 мм, общей протяженностью 9,7 км.

#### **Результаты расчета**

Расчетный год – 2018

Продолжительность отопительного периода в часах - 5448

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период –  $-4,15^{\circ}\text{C}$

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.985229
2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.985397-0.987389
3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.182678-1.0

Рис. 4.5. Схема тепловой сети Юго-западной части города (п.ЗЯБ)



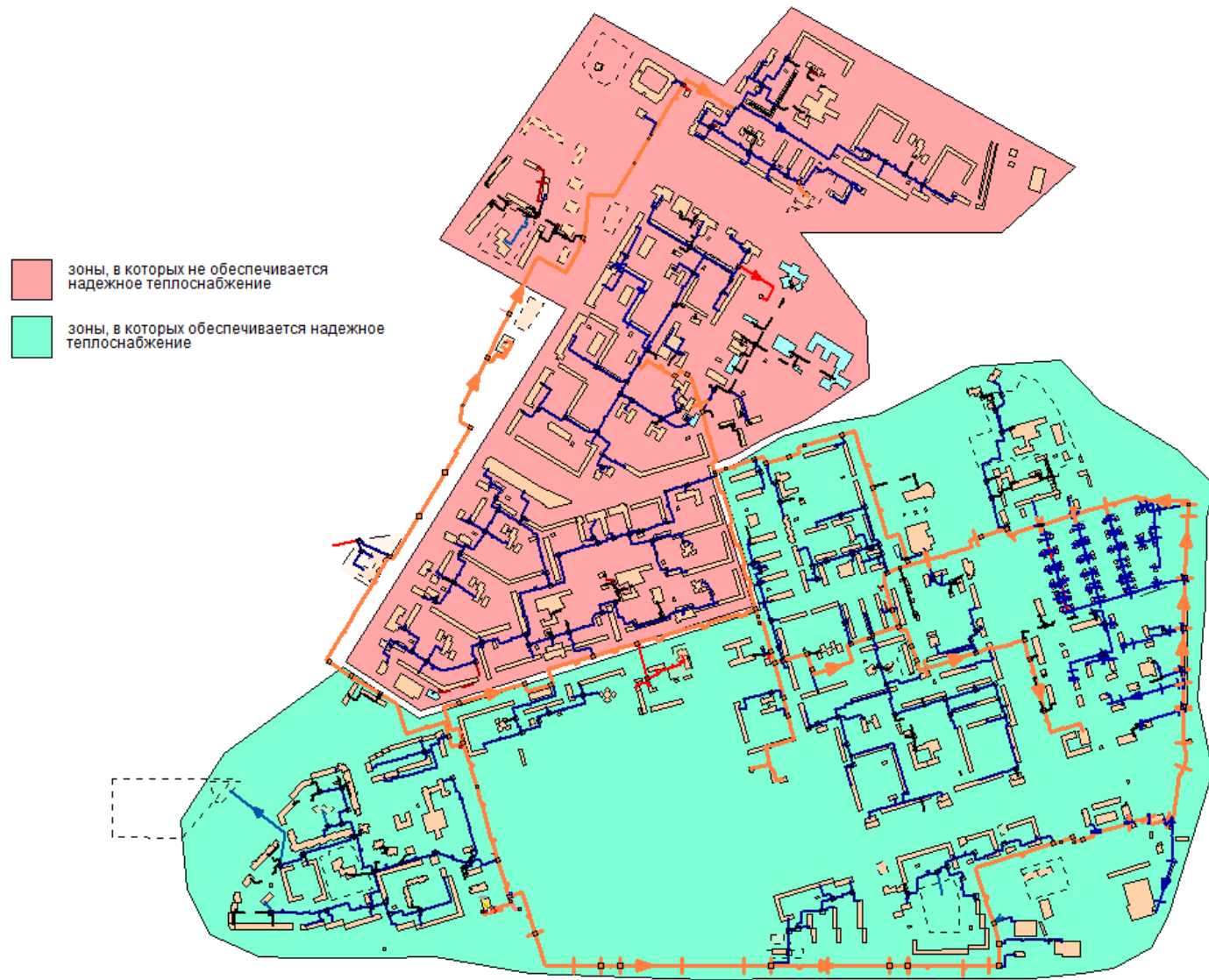
4. Сопоставление полученных величин показателей надежности с нормативными значениями.

4.1. Величины коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей существенно выше нормативного значения  $K_r=0,97$ . Это говорит о том, что масштабы системы и радиусы теплоснабжения не завышены.

4.2. Величины вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в комплексах 17а, 17 и 18 ниже нормативного значения. Следовательно, необходимо проведение мероприятий по повышению надежности теплоснабжения.

На рисунке 3.31. представлена расчетная схема зоны теплоснабжения п. ЗЯБ.

Рис. 4.6. Показатели надежности Юго-западной части города (п.ЗЯБ)



## 5 Обеспечение надежного теплоснабжения потребителей увеличением объема резервирования

### 5.1 Обеспечение надежного теплоснабжения потребителей Северо-восточной части города (Новый город) увеличением объема резервирования

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.

Низкий показатель коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей вызван особенностью структурой тепловой сети, так как на расчетное теплоснабжение потребителей влияет большее число элементов – не только элементы, входящие в путь теплоснабжения потребителей, но и элементы связанной с ним кольцевой части сети.

Предлагается увеличить объем резервирования:

- введением перемычки между тепловодами №320 и №110 в районе ТК-4/5;
- увеличения диаметров участков в кольцевой сети.

Данные мероприятия обеспечат увеличение уровня теплоснабжения потребителей.

На основе расчета выявлены участки кольцевой сети с высокими значениями параметра потока отказов, наиболее пагубно влияющие на надежность теплоснабжения, и включены в приоритетный перечень состава проектов по реконструкции тепловых сетей.

При этом из перечня участков, рекомендуемых к реконструкции с целью обеспечения надёжности, были исключены участки, реконструкция которых требуется в соответствии с предложениями для других целей (в частности, для обеспечения подключения новых потребителей).

Табл. 5.1. Технические характеристики перемычки

Участок	Длина 2-х труб, км	Диаметр, км.	Способ прокладки
Перемычка между тепловодами №320 и №110 в районе ТК-4/5	0,04	0,800	Подземная в непроходных каналах

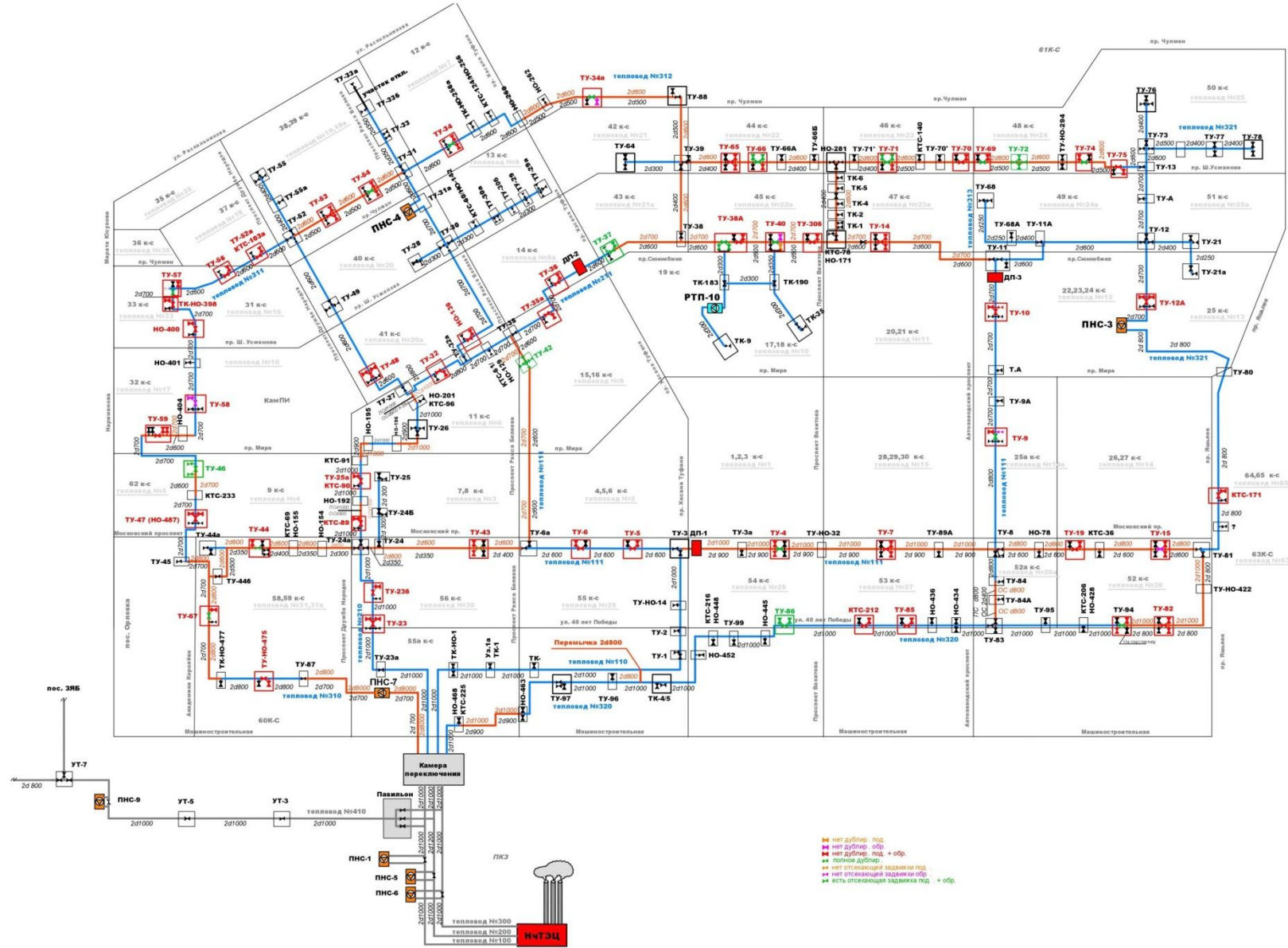
Табл. 5.2. Магистральные сети СВЧ города, требующие перекладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности

№ п/п	№ тепловода	Участок	Фактический диаметр трубопровода		Необходимый диаметр трубопровода	
			Диаметр, мм	Длина 2-х труб, км	Диаметр, мм	Длина 2-х труб, км
1	тепловод №311	ТУ-52 - ТУ-31	500	1,6872	600	1,6872
2	тепловод №312	НО-260 - ТУ-39	500	2,2064	600	2,2064
3	тепловод №312	ТУ-39 - ТУ-71	400	2,5324	600	2,5324
4	тепловод №312	ТУ-71 - ТУ-75	500	2,568	600	2,568
5	тепловод №312	ТУ-39 - ТУ-38	400	0,80024	600	0,80024
6	тепловод №312	НО-281 - КТС-78	400	0,8362	600	0,8362
7	тепловод №210	НО-192- НО-192	ПС1000/ ОС900	0,2624	ОС1000	0,2624
8	тепловод №210	КТС-91 - НО-195	900	0,326	1000	0,326
9	тепловод №210	НО-196 - НО-197	900	0,2526	1000	0,2526
10	тепловод №210	НО-201 - ТУ-27	ПС1000/ ОС900	0,0644	ОС1000	0,0644
11	тепловод №111	ТУ-6а - ТУ-35	600	2,5824	700	2,5824
12	тепловод №111	ТУ-44б - ТУ-44а	500	0,156	600	0,156
13	тепловод №111	ТУ-44а - ТУ-44	350	0,7426	600	0,7426
14	тепловод №111	ТУ-44 - КТС-69	400	0,6162	600	0,6162
15	тепловод №111	КТС-69 - НО-154	350	0,205	600	0,205
16	тепловод №111	НО-154 - ТУ-24а	300	0,295922	600	0,295922
17	тепловод №111	ТУ-24а - ТУ-43	350	1,3622	600	1,3622
18	тепловод №111	ТУ-43 - ТУ-6а	400	0,6384	600	0,6384
19	тепловод №111	ТУ-3 - ТУ-8	900	3,7756	1000	3,7756
20	тепловод №111	ТУ-8 - ТУ-81	600	2,4462	800	2,4462
21	тепловод №211	ТУ-37 - ТУ-38	600	0,718	700	0,718
22	тепловод №211	ТУ-38 - ТУ-11	600	3,99018	700	3,99018
23	тепловод №111	ТУ-84 - ТУ-83	ПС800 /ОС400	0,14125	ОС800	0,14125

На Рис. 5.1. представлена резервированная схема с дублированным подключением для Северо-восточной части города с указанием участков требующие перекладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности.



Рис. 5.1. Резервированная схема с дублированным подключением для Северо-восточной части города



## 5.2 Обеспечение надежного теплоснабжения потребителей Юго-западной части города (п. ГЭС) увеличением объема резервирования

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.

Предлагается увеличить объем резервирования:

- введением перемычки в 10 комплексе между ж.д 10/54 и ТК-191;
- увеличения диаметров участков в кольцевой сети.

Данные мероприятия обеспечат увеличение уровня теплоснабжения потребителей.

На основе расчета выявлены участки кольцевой сети с высокими значениями параметра потока отказов, наиболее пагубно влияющие на надежность теплоснабжения, и включены в приоритетный перечень состава проектов по реконструкции тепловых сетей.

При этом из перечня участков, рекомендуемых к рекомендации с целью обеспечения надёжности, были исключены участки, реконструкция которых требуется в соответствии с предложениями для других целей (в частности, для обеспечения подключения новых потребителей).

Рис. 5.2. Предлагаемое место прокладки перемычки

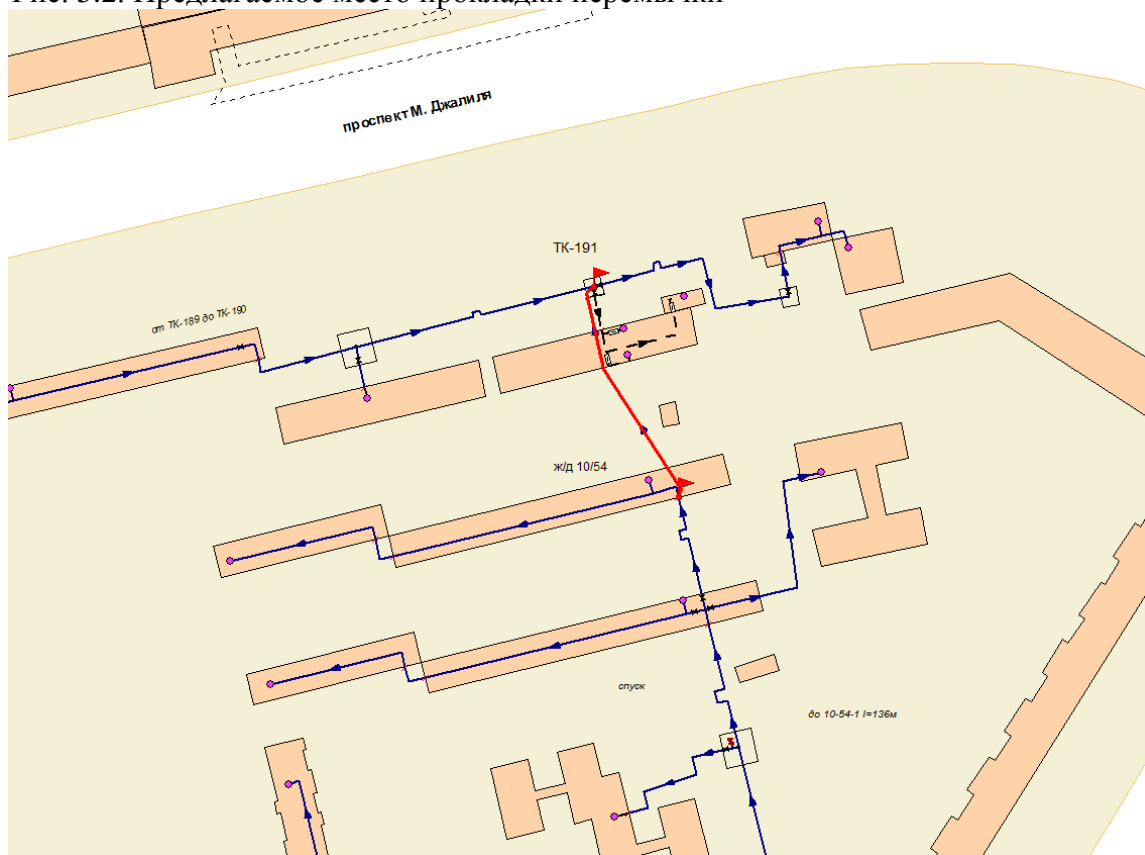


Табл. 5.3. Технические характеристики перемычки

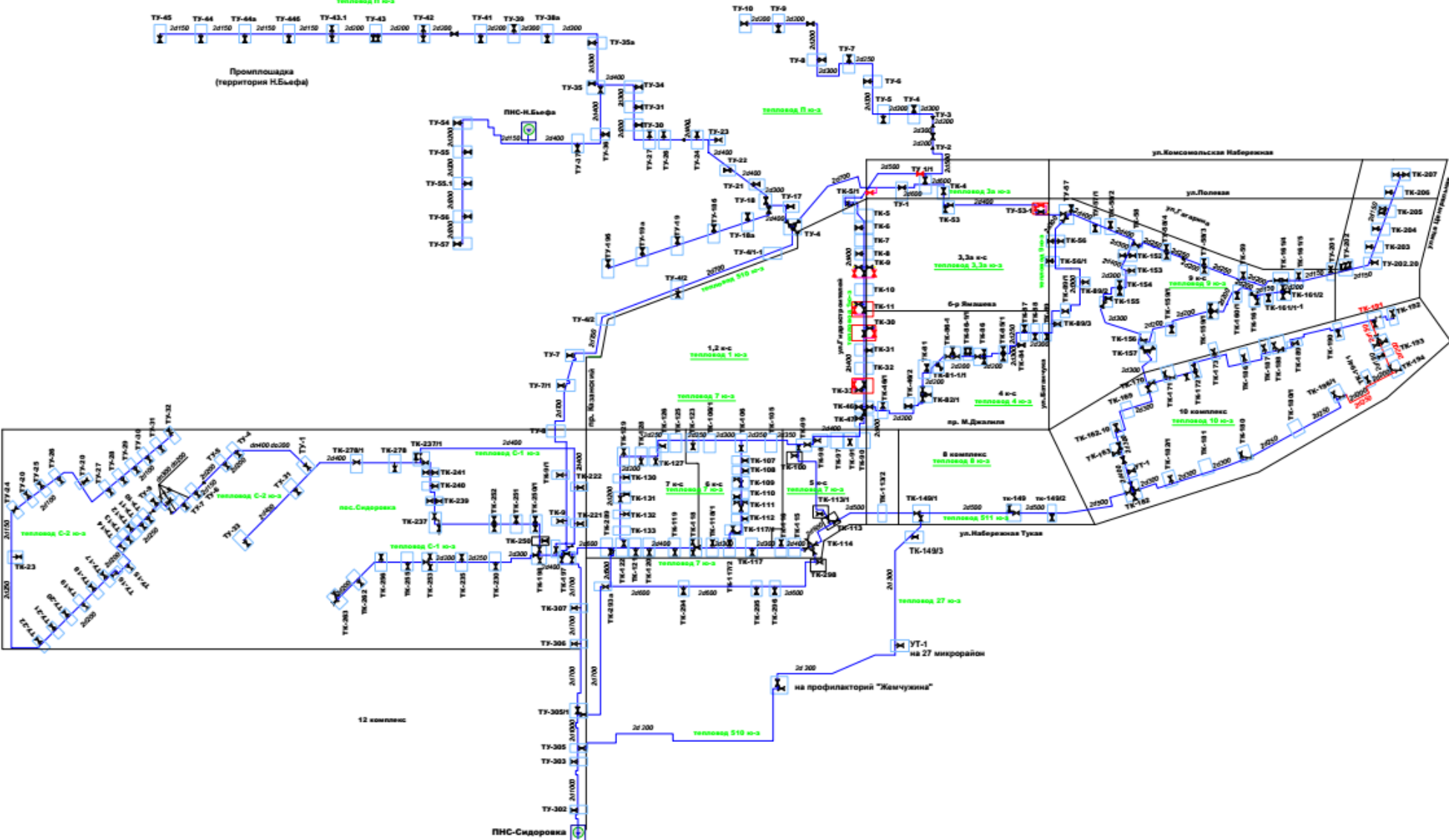
Участок	Длина 2-х труб, км	Диаметр, км.	Способ прокладки
ж/д 10/54 - ТК- 191	0,3	0,150	Подземная в непроходных каналах

Табл. 5.4. Магистральные сети ЮЗЧ (п. ГЭС) города, требующие перекладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности

№ п/п	№ тепловода	Участок	Фактический диаметр трубопровода		Необходимый диаметр трубопровода	
			Диаметр, мм	Длина 2-х труб, км	Диаметр, мм	Длина 2-х труб, км
1	тепловод №10 ю-з	ТК-196/1 - ТК-194	200	0,732	250	0,732
2	тепловод №10 ю-з	ТК-194 ж/д 10/54	150	0,12	200	0,12
3			125	0,174	200	0,174
4			80	0,89	200	0,89

На Рис. 5.3 представлена резервированная схема с дублированным подключением для Юго-западной части города (п. ГЭС) города с указанием участков требующие перекладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности.

Рис. 5.3. Резервированная схема с дублированным подключением для Юго-западной части города (п.ГЭС)



Вероятности безотказного теплоснабжения потребителей после изменения структуры тепловой сети для 8-ми потребителей ниже нормативного значения  $P_{тс}=0,9$ . Данные потребители представлены в Табл. 5.5.

Табл. 5.5. Перечень потребителей, у которых вероятность безотказного теплоснабжения потребителей ниже нормативного значению

Адрес узла ввода	Наименование узла	Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч	Расчетная средняя нагрузка на ГВС, Гкал/ч	Расчетная максимальная нагрузка на ГВС, Гкал/ч	Время прохождения воды от источника, мин	Путь, пройденный от источника, м	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
пос.Сидорова	ВПЧ-72	0,172	0	0	250,54	4606,5	40	10	0,877372	0,991054	3,797
пос.Сидорова	жилой дом между С-6 и С-7	0,81	0,335	0,67	252,96	4716,5	40	12	0,896773	0,991066	24,5546
п.Сидорова	Свято-Тихоновская церковь	0,079898	0	0	205,71	4082,6	40	12	0,898384	0,99106	2,7487
пос.Сидорова	ИП Скобелкина мастерские	0,064	0	0	238,76	4461,8	40	10	0,888208	0,991054	2,2463
пос.Сидорова	ж.д с-7	1,136	0,447	0,894	250,48	4538,6	40	12	0,890143	0,991054	30,7917
пос.Сидорова	ж.д с-8	0,601	0,2965	0,593	249,77	4644,5	40	12	0,889143	0,991055	19,2834
пос.Сидорова	ж.д Магистральная, 18	0,561	0,2	0,4	276,68	4849,5	40	12	0,889199	0,991054	17,3286
пос.Сидорова	ж.д с-6	1,184	0,819	1,638	263,96	4732,5	40	12	0,888294	0,991054	34,1336

Для данных потребителей нет возможности увеличения объема резервирования. Эксплуатирующей организацией необходимо уделить внутриквартальным тепловым сетям (этих объектов) особое внимание, а именно своевременная замена участков в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса и снижение времени восстановления теплоснабжения после отказов до минимума.

Таким образом, увеличение объема резервирования, путем увеличения диаметров участков в кольцевой сети и введение перемычки, обеспечит повышение надежности теплоснабжения всех потребителей Юго-западной части города (п. ГЭС).

### 5.3 Обеспечение надежного теплоснабжения потребителей Юго-западной части города (п.ЗЯБ) увеличением объема резервирования

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.

Предлагается увеличить объем резервирования путем увеличения диаметров участков в кольцевой сети, что обеспечит увеличение обеспечения пониженного уровня теплоснабжения потребителей.

На основе расчета выявлены участки кольцевой сети с высокими значениями параметра потока отказов, наиболее пагубно влияющие на надежность теплоснабжения, и включены в приоритетный перечень состава проектов по реконструкции тепловых сетей.

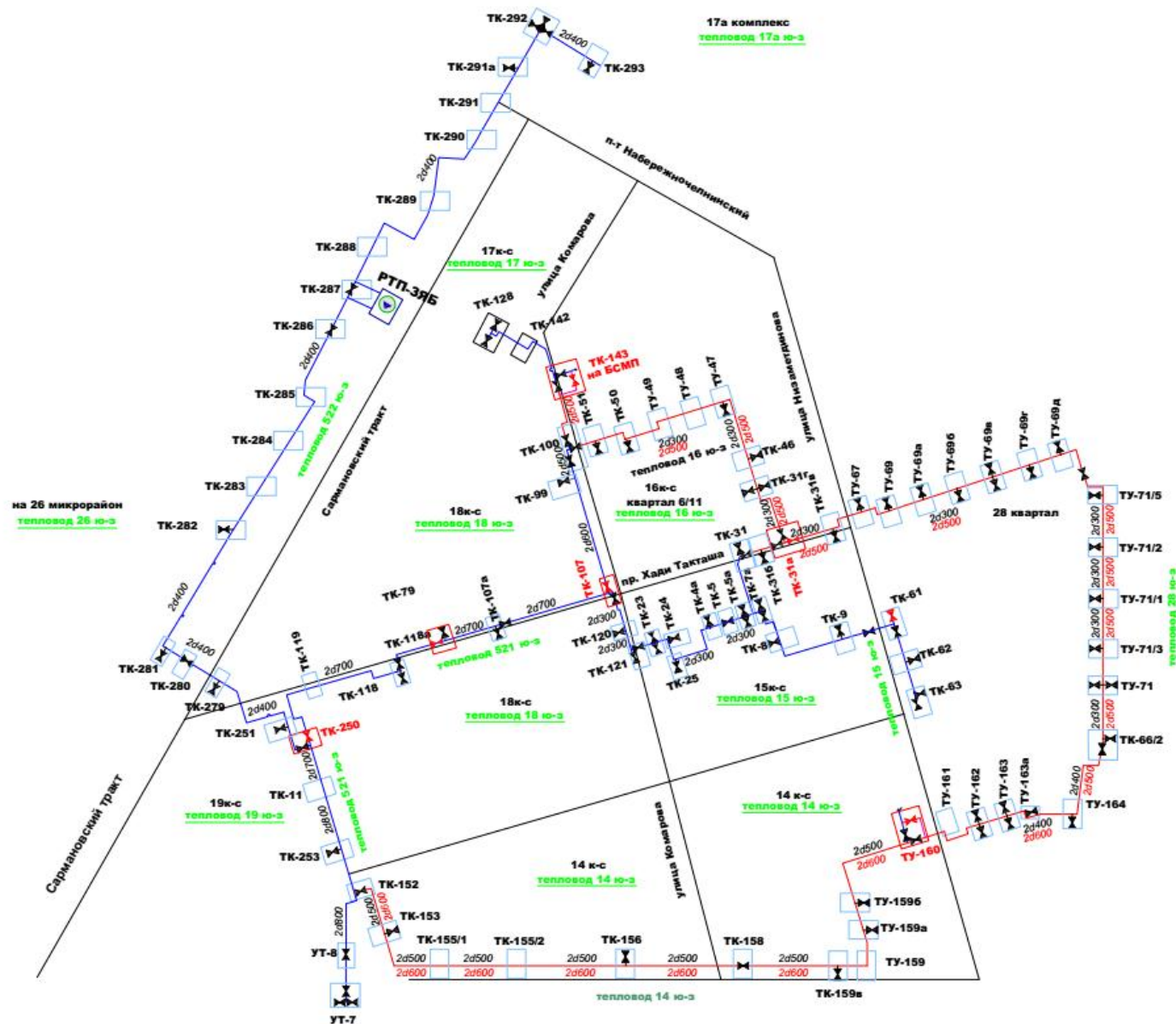
При этом из перечня участков, рекомендуемых к рекомендации с целью обеспечения надёжности, были исключены участки, реконструкция которых требуется в соответствие с предложениями для других целей (в частности, для обеспечения подключения новых потребителей).

Табл. 5.6. Магистральные сети ЮЗЧ (п. ЗЯБ) города, требующие перекладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности

№ п/п	№ тепловода	Участок	Фактический диаметр трубопровода		Необходимый диаметр трубопровода	
			Диаметр, мм	Длина 2-х труб, км	Диаметр, мм	Длина 2-х труб, км
1	тепловод №14ЮЗ	тк-152 - тк-160	500	4,519	600	4,519
2	тепловод №28ЮЗ	тк-160 - ту-164	400	0,749	600	0,749
3	тепловод №28ЮЗ	тк-164 - тк-66/2	400	0,873	500	0,873
4	тепловод №28ЮЗ	тк-66/2 - тк-31	300	2,3684	500	2,3684
5	тепловод №16ЮЗ	тк-31/1 - тк-100	300	1,8818	500	1,8818
6	тепловод №17ЮЗ	тк-100 - тк-142	400	0,595	500	0,595

На Рис. 5.4 представлена резервированная схема с дублированным подключением для Юго-западной части города (п.ЗЯБ) города с указанием участков требующие перекладки трубопроводов на больший диаметр по условиям обеспечения надежности.

Рис. 5.4. Резервированная схема с дублированным подключением для Юго-западной части города (п.ЗЯБ)



Вероятности безотказного теплоснабжения потребителей после изменения структуры тепловой сети для потребителей 17а комплекса ниже нормативного значения  $P_{тс}=0,9$ . Данные потребители представлены в Табл. 5.7.

Табл. 5.7. Перечень потребителей, у которых вероятность безотказного теплоснабжения потребителей ниже нормативного значению

Адрес узла ввода	Наименование узла	Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч	Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч	Расчетная средняя нагрузка на ГВС, Гкал/ч	Расчетная максимальная нагрузка на ГВС, Гкал/ч	Время прохождения воды от источника, мин	Путь, пройденный от источника, м	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
17а микрорайон	ж.д.17а/15	0,852	0	0,34318182	0,755	197,6	4048,7	40	12	0,888901	0,995237	14,8808
17а микрорайон	ж.д.17а/4	0,216	0	0,09818182	0,216	157,8	3714	40	12	0,89796	0,995236	3,7914
17а микрорайон	ж.д.17а/1 Институт повыш.квал.	0,055	0	0	0	166,42	3649	40	12	0,899332	0,995245	1,0994
17а микрорайон	ж.д.17а/8 уу.1	0,165	0	0	0	175,24	4011	40	12	0,897913	0,995253	2,3905
17а микрорайон	д.с.№ 91"Журавушка"	0,352	0	0,05454545	0,12	159,51	3715,9	40	12	0,89816	0,995241	5,3496
17а микрорайон	ж.д.17а/8 уу.4	0,15	0	0	0	174,01	4028,5	40	12	0,897913	0,995255	2,153
17а микрорайон	ж.д.17а/9	1,088	0	0,42318182	0,931	195,22	3968	40	12	0,889034	0,995233	18,5759
17а микрорайон	д.с.№ 88"Лесовичок"	0,173	0	0,11681818	0,257	203,25	4032	40	12	0,888935	0,995239	3,4244
17а микрорайон	ж.д.17а/1 ООО"Ком- модель"+Ду	0,15	0	0	0	156,85	3675	40	12	0,89816	0,99524	2,9967
17а микрорайон	ж.д.17а/17	0,9	0	0,60863636	1,339	194,14	3936,5	40	12	0,889441	0,99524	17,6093
17а микрорайон	ж.д.17а/8 уу.2	0,15	0	0	0	171,05	3978,5	40	12	0,897913	0,995251	2,1249
17а микрорайон	ж.д.17а/20 7уз.	0,121	0	0	0	163,84	3699,7	40	12	0,89923	0,995239	1,7089
17а микрорайон	ж.д.17а/12	0,334	0	0,14272727	0,314	206,21	4168,9	40	12	0,888901	0,995245	6,0673



Адрес узла ввода	Наименование узла	Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч	Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч	Расчетная средняя нагрузка на ГВС, Гкал/ч	Расчетная максимальная нагрузка на ГВС, Гкал/ч	Время прохождения воды от источника, мин	Путь, пройденный от источника, м	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
17а микрорайон	ж.д.17а/20 уз.	0,121	0	0	0	167,48	3729,7	40	12	0,89923	0,995241	1,7258
17а микрорайон	ж.д.17а/11	0,334	0	0,14272727	0,314	199,85	4082,4	40	12	0,888901	0,99524	5,9216
17а микрорайон	ж.д.17а/5	0,216	0	0,09818182	0,216	159,89	3756	40	12	0,897934	0,995236	3,815
17а микрорайон	ж.д.17а/8 уу.3	0,155	0	0	0	173,08	4013,5	40	12	0,897913	0,995254	2,2135
17а микрорайон	ж.д 17а/1 ООО ТД"Челны хле	0,139	0	0	0	161,91	3774	40	12	0,89796	0,995241	2,784
17а микрорайон	СОШ №44 вввод	0,388	0,11	0,19409091	0,427	172,38	3827,4	40	12	0,892711	0,995233	7,1859
17а микрорайон	ж.д.17а/21	0,33	0	0,14272727	0,314	153,23	3587,9	40	12	0,899475	0,995234	5,654
17а микрорайон	ж.д 17а/1 Магазин "Камилла	0,017387	0	0	0	161,43	3639	40	12	0,899332	0,995245	0,3472
17а микрорайон	ж.д 17а/1 1.2 узелы	0,67	0	0,42227273	0,929	158,81	3739	40	12	0,89796	0,995239	12,6867
17а микрорайон	ж.д.17а/19	0,854	0	0,40909091	0,9	157,63	3681,9	40	12	0,899423	0,995234	15,0875
17а микрорайон	ж.д 17а/1 ТД "Искра"	0,063	0	0	0	159,74	3749	40	12	0,89796	0,99524	1,2619
17а микрорайон	ж.д.17а/1 5.6 узлы	0,612	0	0,45	0,99	151,36	3563	40	12	0,899332	0,99524	11,9532
17а микрорайон	ж.д.17а/22	0,288	0	0,19363636	0,426	152,78	3579,9	40	12	0,899475	0,995234	5,4548
17а микрорайон	ж.д 17а/1 3.4 узелы	0,612	0	0,35090909	0,772	156,08	3663	40	12	0,89816	0,995239	11,1793
17а микрорайон	ж.д 17а/1 ДДК+Бумажник	0,082	0	0	0	165,26	3780	40	12	0,89816	0,995245	1,6382

Адрес узла ввода	Наименование узла	Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч	Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч	Расчетная средняя нагрузка на ГВС, Гкал/ч	Расчетная максимальная нагрузка на ГВС, Гкал/ч	Время прохождения воды от источника, мин	Путь, пройденный от источника, м	Коэффициент тепловой аккумуляции, ч	Минимально допустимая температура, °С	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности	Средний суммарный недоотпуск теплоты, Гкал/от.период
17а микрорайон	ж.д.17а/1 ООО "Легос"	0,029167	0	0	0	166,49	3709	40	12	0,899332	0,995248	0,5824
17а микрорайон	ж.д.17а/1 Сбербанк	0,035	0	0	0	156,33	3596	40	12	0,899332	0,995242	0,6997
17а микрорайон	ж.д.17а/20 5уз.	0,0884	0	0	0	156,29	3639,7	40	12	0,89923	0,995235	1,2
17а микрорайон	ж.д.17а/20 4уз.	0,1094	0	0	0	156,35	3639,7	40	12	0,89923	0,995235	1,4829
17а микрорайон	ж.д.17а/20 6уз.	0,1094	0	0	0	158,91	3669,7	40	12	0,89923	0,995237	1,5057
17а микрорайон	ж.д.17а/20 2уз.	0,1094	0	0	0	162,61	3699,7	40	12	0,89923	0,995239	1,5212
17а микрорайон	ж.д.17а/20 3уз.	0,1094	0	0	0	158,9	3669,7	40	12	0,89923	0,995237	1,4983
17а микрорайон	ж.д.17а/1 ИП Краснобаева	0,006	0	0	0	170,6	3644	40	12	0,899332	0,995245	0,1199
17а микрорайон	ж.д.17а/8 уу.5	0,165	0	0	0	178,18	4065,5	40	12	0,897913	0,995257	2,4202
17а микрорайон	ж.д.17а/6	0,216	0	0,09818182	0,216	161,96	3791	40	12	0,897913	0,995236	3,8337
17а микрорайон	ж.д.17а/1 7,8 узлы	0,767	0	0,35090909	0,772	151,38	3569	40	12	0,899332	0,995241	13,2302
17а микрорайон	ж.д.17а/23	0,288	0	0,19363636	0,426	160,65	3629,9	40	12	0,899475	0,995237	5,5349
17а микрорайон	ж.д.17а/1 ООО "Солнышко"	0,082836	0	0	0	154,01	3596	40	12	0,899332	0,995243	1,654
17а микрорайон	ж.д.17а/10	0,33	0	0,14272727	0,314	198,78	4063,7	40	12	0,888901	0,995237	5,8652
17а микрорайон	СОШ №44 2ввод	0,787	0	0	0	160,96	3732,7	40	12	0,850686	0,995233	9,8564

Для данных потребителей нет возможности увеличения объема резервирования.

Эксплуатирующей организацией необходимо уделить внутриквартальным тепловым сетям (этих объектов) особое внимание, а именно своевременная замена участков в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса и снижение времени восстановления теплоснабжения после отказов до минимума.

Таким образом, увеличение объема резервирования путем увеличения диаметров участков в кольцевой сети обеспечит повышение надежности теплоснабжения всех потребителей Юго-западной части города (п. ЗЯБ).

## **6 Анализ результатов расчета показателей надежности теплоснабжения в перспективном состоянии схемы теплоснабжения г. Набережные Челны**

Результаты расчетов показателей надежности теплоснабжения на 2034 г. схемы теплоснабжения г. Набережные Челны значительно не отличаются от результатов в существующем состоянии.

По результатам расчета показателей надежности системы теплоснабжения, с точки зрения надежности, система теплоснабжения является надёжной, как в существующем состоянии, так и в перспективе.

Результаты расчета

### **1. Северо-восточной части города**

- 1.1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.978881
- 1.2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.982177-0.98272
- 1.3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.902131-0.997784
- 1.4. Сопоставление полученных величин показателей надежности с нормативными значениями.
  - Значения показателей коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей выше нормативного значения  $K_{Г}=0,97$ .
  - Вероятности безотказного теплоснабжения потребителей тепловой сети также удовлетворяют нормативному значению  $P_{тс}=0,9$ .

### **2. Юго-западной части города (п. ГЭС)**

- 2.1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.991877
- 2.2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.993398-0.994564
- 2.3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.538182-0.999879
- 2.4. Сопоставление полученных величин показателей надежности с нормативными значениями.
  - Значения показателей коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей осталось существенно выше нормативного значения  $K_{Г}=0,97$ .
  - Вероятности безотказного теплоснабжения потребителей после в перспективном состоянии для потребителей пос. Сидоровка и Промплощадки также остается ниже нормативного значения  $P_{тс}=0,9$ .

### 3. Юго-западной части города (п.ЗЯБ)

- 3.1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети составила 0.995910
- 3.2. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей – 0.996252-0.997041
- 3.3. Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей – 0.707689-0.999889
- 3.4. Сопоставление полученных величин показателей надежности с нормативными значениями.
  - Значения показателей коэффициента готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей осталось существенно выше нормативного значения  $K_r=0,97$ .
  - Вероятности безотказного теплоснабжения потребителей после изменения структуры тепловой сети для потребителей 17а комплекса осталась также ниже нормативного значения  $P_{тс}=0,9$ .