



Схема теплоснабжения города Заинска до 2036 года

(Актуализация на 2023 год)

Глава 11 Оценка надежности системы теплоснабжения муниципального образования город Заинск

Казань, 2022 г.

Оглавление

1. Методика расчета показателей надежности тепловых сетей.....	5
1.1 Общие положения	5
1.2 Термины и определения	6
2. Методика расчета надежности теплоснабжения	8
2.1 Основные расчетные зависимости	8
2.2 Допущения, принятые в расчете	12
3. Результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в системе теплоснабжения г. Заинск за последние 5 лет	14
4. Расчет показателей надежности в зонах действия источников тепловой энергии системы теплоснабжения г. Заинск на период до 2036 года.....	20
4.1 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»	21
4.1.1 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия Тепловода № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»	22
4.1.2 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия Тепловода № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»	24
5 Расчет показателей надежности источников теплоснабжения.....	26

Перечень таблиц

Табл. 1. Значения коэффициентов a , b , c	9
Табл. 2. Расстояния между секционирующими задвижками в метрах и место их расположения	9
Табл. 3. Показатели повреждаемости системы теплоснабжения филиала АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго" (по каждой системе теплоснабжения от каждого источника теплоснабжения)	14
Табл. 4. Показатели восстановления в системе теплоснабжения филиала АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"(по каждой системе теплоснабжения от каждого источника теплоснабжения).....	15
Табл. 5. Статистика недоотпуска тепловой энергии вследствие отказов тепловых сетей за последние 5 лет.....	15
Табл. 6. Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей зоны действия источника тепловой энергии филиала АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"	15
Табл. 7. Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго".....	16
Табл. 8. Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях зоны действия источника тепловой энергии филиала АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"	16
Табл. 9. Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"	17
Табл. 10. Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей зоны действия источника тепловой энергии в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации ООО «Теплосервис».....	17
Табл. 11. Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации ООО «Теплосервис».....	18
Табл. 12. Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях зоны действия источника тепловой энергии в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации ООО «Теплосервис».....	18
Табл. 13. Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации ООО «Теплосервис».....	19
Табл. 14. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»	23
Табл. 15. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»	25
Табл. 16. Расчет показателей надежности источников теплоснабжения	26

Перечень рисунков

Рис. 1. Зоны действия источников теплоносителя с учетом подключения перспективных потребителей по состоянию 2036 года	20
Рис. 2. Зона действия источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго».....	21
Рис. 3. Зона действия Тепловда № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго».....	22
Рис. 4. Расчет параметров надежности действия Тепловда № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго» в направлении ул. Октябрьская до 2036 года	23
Рис. 5. Зона действия Тепловда № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго».....	24
Рис. 6. Расчет параметров надежности действия Тепловда № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго» в направлении пр. Победы до 2036 года	25

1. Методика расчета показателей надежности тепловых сетей

1.1 Общие положения

Оценка надежности теплоснабжения разрабатывается в соответствии с пунктом 73 Требований к схемам теплоснабжения. Нормативные требования к надёжности теплоснабжения установлены в СНиП 41.02.2003 «Тепловые сети» в части пунктов 6.27-6.31 раздела «Надежность».

Цель расчета – количественная оценка надежности теплоснабжения потребителей и обоснование необходимых мероприятий по достижению нормативной надежности теплоснабжения для каждого потребителя.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

1. Первая категория – потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные». Например, больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.

2. 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 $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Третья категория – остальные потребители.

В СНиП 41.02.2003 надежность теплоснабжения определяется по способности проектируемых и действующих источников тепловой энергии, тепловых сетей и в целом систем централизованного теплоснабжения обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) обеспечивать нормативные показатели вероятности безотказной работы $[P_j]$, коэффициент готовности $[K_j]$, живучести $[Ж]$.

Вероятность безотказной работы $[P_j]$ – способность системы не допускать отказов, приводящих к снижению температуры воздуха в зданиях ниже граничного значения. Минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для:

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

Нормативные показатели безотказности тепловых сетей обеспечиваются следующими мероприятиями:

- установлением предельно допустимой длины нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;
- местом размещения резервных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;

- достаточностью диаметров, выбираемых при проектировании новых или реконструируемых существующих теплопроводов для обеспечения резервной подачи теплоты потребителям при отказах;
- необходимость замены на конкретных участках конструкций тепловых сетей и теплопроводов на более надежные, а также обоснованность перехода на надземную или тоннельную прокладку;
- очередность ремонтов и замен теплопроводов, частично или полностью утративших свой ресурс.

Коэффициент готовности $[K_j]$ представляет собой вероятность того, что в произвольный момент времени в течение отопительного периода потребителям будет обеспечена подача расчетного количества тепла.

Готовность системы теплоснабжения к исправной работе в течение отопительного периода определяется по числу часов ожидания готовности: источника тепловой энергии, тепловых сетей, потребителей теплоты, а также – числу часов нерасчетных температур наружного воздуха в данной местности.

Минимально допустимый показатель готовности системы теплоснабжения к исправной работе K_j принимается 0,97.

Нормативные показатели готовности систем теплоснабжения обеспечиваются следующими мероприятиями:

- подготовкой системы теплоснабжения к отопительному сезону;
- достаточностью установленной (располагаемой) тепловой мощности источника тепловой энергии для обеспечения исправного функционирования системы теплоснабжения при нерасчетных похолоданиях;
- способностью тепловых сетей обеспечить исправное функционирование системы теплоснабжения при нерасчетных похолоданиях;
- организационными и техническими мерами, необходимые для обеспечения исправного функционирования системы теплоснабжения на уровне заданной готовности;
- максимально допустимым числом часов готовности для источника тепловой энергии.

1.2 Термины и определения

Термины и определения, используемые в данном разделе, соответствуют определениям ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике», ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции».

Надежность – свойство участка тепловой сети или элемента тепловой сети сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность обеспечивать передачу теплоносителя в заданных режимах и условиях применения и технического обслуживания. Надежность тепловой сети и системы теплоснабжения является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность – свойство тепловой сети непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки;

Долговечность – свойство тепловой сети или объекта тепловой сети сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта;

Ремонтопригодность – свойство элемента тепловой сети, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта;

Исправное состояние – состояние элемента тепловой сети и тепловой сети в целом, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

Неисправное состояние – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети в целом, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

Работоспособное состояние – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети в целом, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

Неработоспособное состояние – состояние элемента тепловой сети, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Для сложных объектов возможно деление их неработоспособных состояний. При этом из множества неработоспособных состояний выделяют частично неработоспособные состояния, при которых тепловая сеть способна частично выполнять требуемые функции;

Предельное состояние – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети в целом, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно;

Критерий предельного состояния – признак или совокупность признаков предельного состояния элемента тепловой сети, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией. В зависимости от условий эксплуатации для одного и того же элемента тепловой сети могут быть установлены два и более критериев предельного состояния;

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям;

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния;

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния элемента тепловой сети или тепловой сети в целом;

Критерий отказа – признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния тепловой сети, установленные в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Для целей перспективной схемы теплоснабжения термин «отказ» будет использован в следующих интерпретациях:

- отказ участка тепловой сети – событие, приводящие к нарушению его работоспособного состояния (т.е. прекращению транспорта теплоносителя по этому участку

в связи с нарушением герметичности этого участка);

- отказ теплоснабжения потребителя – событие, приводящее к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже +12 °С, (в промышленных зданиях ниже +8 °С).

При разработке схемы теплоснабжения для описания надежности термины «повреждение» и «инцидент» будут употребляться только в отношении событий, к которым может быть применена процедура отложенного ремонта, потому что в соответствии с ГОСТ 27.002-2015 эти события не приводят к нарушению работоспособности участка тепловой сети и, следовательно, не требуют выполнения незамедлительных ремонтных работ с целью восстановления его работоспособности. К таким событиям относятся зарегистрированные «свищи» на прямом или обратном теплопроводах тепловых сетей. Тем не менее, ремонтные работы по ликвидации свищей требуют прерывания теплоснабжения (если нет вариантов подключения резервных теплопроводов), и в этом смысле они аналогичны «отложенным» отказам.

В документе не употребляется термин «авария», так как это характеристика «тяжести» отказа и возможных последствий его устранения. Все упомянутые в этом абзаце термины устанавливают лишь градацию (шкалу) отказов.

2. Методика расчета надежности теплоснабжения

Расчет показателей надежности тепловых сетей муниципального образования город Казань проводился с помощью программного комплекса «ZuluThermo» в соответствии с П18.2 «Определение показателей надежности потребителя, присоединенного к тепловой сети системы теплоснабжения» Приказа Министерства энергетики РФ от 5 марта 2019 г. № 212 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения».

2.1 Основные расчетные зависимости

- Интенсивность отказов теплопровода λ с учетом времени его эксплуатации рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \lambda_{\text{нач}} \cdot (0,1 \cdot \tau^{\text{экспл}})^{\alpha-1}, 1/(\text{км} \cdot \text{ч});$$

где $\lambda_{\text{нач}}$ – начальная интенсивность отказов теплопровода, соответствующая периоду нормальной эксплуатации, 1/(км·ч);

$\tau^{\text{экспл}}$ – продолжительность эксплуатации участка, лет;

α – коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации:

$$\alpha = \begin{cases} 0,8 & \text{при } 0 < \tau^{\text{экспл}} \leq 3 \\ 1 & \text{при } 3 < \tau^{\text{экспл}} \leq 17 \\ 0,5 \cdot e^{\left(\frac{\tau^{\text{экспл}}}{20}\right)} & \text{при } \tau^{\text{экспл}} > 17 \end{cases}$$

Расчет интенсивности отказов участков тепловой сети, имеющих продолжительность

эксплуатации до 25 лет, производится по формуле. Участки сети с продолжительностью эксплуатации более 25 лет выделяются в отдельную группу как потенциально ненадежные. На основе дополнительного анализа их состояния выбираются участки, требующие первоочередной перекладки. Для дальнейших расчетов интенсивность отказов этих участков принимается равной интенсивности отказов новых участков, а не перекладываемых участков – максимальной (т.е. равной интенсивности отказов участков, имеющих продолжительность эксплуатации 25 лет).

- Интенсивность отказов единицы запорно-регулирующей арматуры (ЗРА) принимается равной:

$$\lambda_{\text{ЗРА}} = 2,28 \cdot 10^{-7}, 1/\text{ч};$$

- Параметр потока отказов участков тепловой сети:

$$\omega = \lambda \cdot L, 1/\text{ч};$$

где L – длина участка тепловой сети, км;

- Среднее время до восстановления участков тепловой сети:

$$z^b = a \cdot [1 + (b + c \cdot L_{\text{сз}})] \cdot d^{1,2}, \text{ч};$$

где $L_{\text{сз}}$ – расстояние между секционирующими задвижками, км;

a, b, c – коэффициенты, учитывающие способ прокладки теплопровода;

d – диаметр участка тепловой сети, м.

Значения коэффициентов a, b, c , учитывающих способ прокладки теплопровода, при ведены в Табл. 1.

В зависимости от диаметра теплопровода, значения расстояний между секционирующими задвижками $L_{\text{сз}}$ должно соответствовать требованиям СНиП 41–02–2003 «Тепловые сети», приведены в Табл. 2.

Табл. 1. Значения коэффициентов a, b, c

Способ прокладки теплопровода	Значения коэффициентов		
	a	b	c
в канале (без канала)	6	0,5	0,0015

Табл. 2. Расстояния между секционирующими задвижками в метрах и место их расположения

Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
	без ответвлений	ответвления	без ответвлений	ответвления
до 0,4	1000	непосредственно за ответвлением, 1000	непосредственно за местом изменения диаметра, 1000	непосредственно за ответвлением, 1000

Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
	без ответвлений	ответвления	без ответвлений	ответвления
от 0,4 до 0,6	1500	непосредственно за ответвлением 1500	непосредственно за местом изменения диаметра, 1000	непосредственно за ответвлением, 1000
от 0,6 до 0,9	3000	непосредственно за ответвлением, 3000	непосредственно за местом изменения диаметра, 1000, 1500	непосредственно за ответвлением, 1000, 1500
более 0,9	5000	непосредственно за ответвлением, 5000	непосредственно за местом изменения диаметра, 1000, 1500, 3000	непосредственно за ответвлением, 1000, 1500, 3000

- Среднее время до восстановления запорно-регулирующей арматуры:

Время восстановления запорно-регулирующей арматуры принимается равным времени восстановления теплопровода, так как отказ запорно-регулирующей арматуры и отказ теплопровода одного и того же диаметра требуют сопоставимых временных затрат на их восстановление;

- Интенсивность восстановления элементов тепловой сети:

$$\mu = \frac{1}{z^B}, 1/\text{ч};$$

- Стационарная вероятность рабочего состояния сети:

$$p_0 = \left(1 + \sum_{i=1}^N \frac{\omega_i}{\mu_i} \right)^{-1};$$

где N – число элементов тепловой сети, шт;

- Вероятность состояния сети, соответствующая отказу f -го элемента:

$$p_f = \frac{\omega_f}{\mu_f} \cdot p_0;$$

- Температура воздуха в здании j -го потребителя в конце периода восстановления f -го элемента:

$$t_{j,f}^B = t^{\text{HP}} + \frac{t_j^{\text{BP}} - t^{\text{HP}} - \bar{q}_{j,f} (t_j^{\text{BP}} - t^{\text{HP}})}{e^{\left(\frac{z_f^B}{\beta_j} \right)}} + \bar{q}_{j,f} \cdot (t_j^{\text{BP}} - t^{\text{HP}}), ^\circ\text{C};$$

где $t_{j,f}^B$ – расчетная температура воздуха в здании j -го потребителя, $^\circ\text{C}$;

t^{HP} – расчетная для отопления температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$;

$$\bar{q}_{j,f} = \frac{q_{j,f}}{q_j^p} - \text{относительный часовой расход тепла у } j\text{-го потребителя при отказе } f\text{-го}$$

элемента при $t^{\text{нр}}$;

$q_{j,f}$ – часовой расход тепла у j -го потребителя при отказе f -го элемента при $t^{\text{нр}}$, Гкал;

q_j^p – расчетная часовая нагрузка j -го потребителя при отказе f -го элемента при $t^{\text{нр}}$,

Гкал/ч;

$z_{j,f}^B$ – время восстановления f -го элемента тепловой сети, ч;

β_j – коэффициент тепловой аккумуляции здания j -го потребителя, ч.

Численные значения коэффициента тепловой аккумуляции здания (β_j) для различных типов зданий принимаются в соответствии с рекомендациями МДС 41-6.2000 «Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах Российской Федерации».

Численные значения расчетной температуры воздуха в зданиях потребителей ($t^{\text{нр}}$) принимаются в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».

- Коэффициент готовности системы к теплоснабжению j -го потребителя:

$$K_j = p_0 + \sum_{f \in j} p_f \cdot \frac{\tau_{\text{от}} - \tau_{j,f}^{\text{н}}}{\tau_{\text{от}}},$$

где $\tau_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, ч;

$\tau_{j,f}^{\text{н}}$ – продолжительность действия низких температур наружного воздуха $\tau_{j,f}^{\text{н}}$ (ниже расчетной температуры наружного воздуха $\tau^{\text{нр}}$) в течение отопительного периода, при которой время восстановления отказавшего f -го элемента становится равным времени снижения температуры воздуха в здании j -го потребителя до минимальнодопустимого значения, ч;

если температура наружного воздуха ($\tau_{j,f}^{\text{н}}$) оказывается равной или выше $+8^\circ\text{C}$ (начало отопительного сезона), отказы данного f -го элемента нарушают расчетный уровень теплоснабжения j -го потребителя в течение всего отопительного сезона ($\tau_{j,f}^{\text{н}} = \tau_{\text{от}}$), то при расчете K_j , коэффициент при p_f равен 0;

если $\tau_{j,f}^{\text{н}}$ оказывается ниже или равной $\tau^{\text{нр}}$, отказы f -го элемента в течение всего отопительного сезона не влияют на теплоснабжение j -го потребителя ($\tau_{j,f}^{\text{н}} = 0$), то при расчете K_j , коэффициент при p_f равен 1;

если $\tau^{\text{нр}} < \tau_{j,f}^{\text{н}} < +8^\circ\text{C}$ и $0 < \tau_{j,f}^{\text{н}} < \tau_{\text{от}}$, то при расчете K_j , коэффициент при p_f равен

$$\frac{\tau_{\text{от}} - \tau_{j,f}^{\text{н}}}{\tau_{\text{от}}}.$$

Численное значение продолжительности действия температур наружного воздуха

$\tau_{j,f}^H$ при условии $\tau^{HP} < \tau_{j,f}^H < +8^\circ\text{C}$ определяется в соответствии с требованиями СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя в течение отопительного периода:

$$P_j = e^{-\left(\sum_f \omega_f \cdot (\tau_{от} - z_{i,f}) \cdot e^{\left(\frac{z_{j,f}}{z_{k,f}}\right)}\right)}$$

• Средний суммарный недоотпуск теплоты j -ому потребителю в течение отопительного периода:

$$\bar{Q}_j = \left(g_{0j} - \sum_{f=0} P_f g_{f,j}\right) \cdot (\tau_{1p} - \tau_{2p}) \cdot \frac{\tau_j^{BP} - \tau_{ср.от}^H}{\tau_j^{BP} - \tau^{HP}} \cdot \tau_{от} \cdot 10^{-3}, \text{ Гкал};$$

где g_{0j} – расчетный расход теплоносителя j -м потребителем, т/ч;

$\tau_{ср.от}^H$ – среднее значение температуры наружного воздуха в отопительном периоде, $^\circ\text{C}$.

2.2 Допущения, принятые в расчете

Численные значения показателей надежности определяются для отопительной нагрузки потребителей, отнесенных к узлам расчетной схемы тепловой сети.

- Распределение потока отказов в тепловой сети простое пуассоновское.
- Вероятность одновременного возникновения двух отказов не учитывается, так как в действующих тепловых сетях вероятность одновременного возникновения двух отказов на три - четыре порядка меньше вероятности возникновения одного отказа.
- Исправное состояние тепловой сети и состояние отказа участка тепловой сети описываются графом состояний, в котором переход тепловой сети из исправного состояния в состояние отказа происходит при отказе одного любого элемента тепловой сети. При расчете показателей надежности обратный перевод тепловой сети из состояния отказа в исправное состояние не производится.
- При восстановлении отказавшего элемента тепловой сети отказы других элементов тепловой сети не происходят.
- При анализе последствий отказов в тепловой сети, считается возможным перевод в состояние отказа любого элемента тепловой сети, путем его отключения.
- Надежность тепловой сети оценивается по характеристикам надежности ее элементов. С этой целью вычисляются вероятностные меры возможных состояний тепловой сети с определением количества тепловой энергии, подаваемой каждому потребителю в этих состояниях и учетом временного резерва на восстановление теплоснабжения потребителей.
- Функциональным отказом тепловой сети считается снижение температуры воздуха в здании потребителя (t^B), ниже минимально допустимого значения, нормированного СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».
- Для каждого обобщенного потребителя электронной модели схемы теплоснабжения,

коэффициент тепловой аккумуляции устанавливается, с учетом теплоаккумулирующих характеристик и категорийности зданий.

Определение вероятности состояний тепловой сети производится для временного сечения отопительного периода, соответствующего расчетной температуре наружного воздуха ($t_{нр}$).

- За расчетный период принимается продолжительность отопительного периода ($\tau_{от}$).
- Среднее значение интенсивности отказов 1 км одного (подающего или обратного) теплопровода λ_t , принимается равным $5,7 \cdot 10^{-6}$, 1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год). Среднее значение интенсивности отказов одного элемента запорно-регулирующей арматуры $\lambda_{зрА}$, принимается равным $2,28 \cdot 10^{-7}$, 1/ч или 0,002 1/год, а распределение потока отказов простым пуассоновским.
- Распределение потока отказов участка тепловой сети подчиняется закону Вейбулла. Расчет интенсивности отказов участков тепловой сети, имеющих продолжительность эксплуатации до 25 лет, производится по формуле. Участки сети с продолжительностью эксплуатации более 25 лет выделяются в отдельную группу как потенциально ненадежные. На основе дополнительного анализа их состояния выбираются участки, требующие первоочередной перекладки. Для дальнейших расчетов интенсивность отказов этих участков принимается равной интенсивности отказов новых участков, а не перекладываемых участков – максимальной (т.е. равной интенсивности отказов участков, имеющих продолжительность эксплуатации 25 лет).
- Расстояние между секционирующими задвижками в электронной модели схемы теплоснабжения проверяется с помощью топологического анализа их расположения на участках тепловой сети. Если в результате анализа выявляется несоответствие принятым условиям, то в расчете среднего времени восстановления количество секционирующих задвижек и расстояние между ними условно принимается равным такому, при котором обеспечивается выполнение этих условий.

3. Результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в системе теплоснабжения г. Заинск за последние 5 лет

Статистика данных представлена в Табл. 3. - Табл. 13.

Табл. 3. Показатели повреждаемости системы теплоснабжения филиала АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго" (по каждой системе теплоснабжения от каждого источника теплоснабжения)

Наименование показателя	2017	2018	2019	2020	2021
Повреждения в магистральных тепловых сетях, ед., в том числе:	0	0	1	1	2
в отопительный период, ед	0	0	1	1	2
в период испытаний на плотность и прочность, ед	0	0	4	2	2
продолжительность отопительного сезона, дней	216	222	212	221	231
протяженность магистральных тепловых сетей, км	56318	56318	55697	55697	55697
Повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления, ед, в том числе:	1	3	4	4	4
в отопительный период, ед.	1	3	4	4	4
в период испытаний на плотность и прочность, ед.	3	5	4	4	7
продолжительность отопительного сезона, дней	216	222	212	221	231
протяженность распределительных тепловых сетей, км	86714	86714	62480	62480	62480
Повреждения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия), ед	0	4	5	7	4
протяженность сетей ГВС, км	19850	19850	15712	15712	15712
Всего повреждения в тепловых сетях, ед	4	8	13	11	15

Табл. 4. Показатели восстановления в системе теплоснабжения филиала АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"(по каждой системе теплоснабжения от каждого источника теплоснабжения)

Наименование показателя	2017	2018	2019	2020	2021
Среднее время восстановления теплоснабжения после повреждения в магистральных тепловых сетях в отопительный период, час	0	0	5	3	4
Среднее время восстановления отопления после повреждения в распределительных тепловых сетях систем отопления, час:	3	4,7	3,5	4	4,7
Среднее время восстановления горячего водоснабжения после повреждения в сетях горячего водоснабжения (в случае их наличия), час	0	5	6,2	3,6	5,25
Всего среднее время восстановления отопления после повреждения в магистральных и распределительных тепловых сетях, час	3	4,85	4,9	3,53	4,65

Табл. 5. Статистика недоотпуска тепловой энергии вследствие отказов тепловых сетей за последние 5 лет

№ п/п	Источник теплоснабжения	Средний недоотпуск тепловой энергии на отопление в системе теплоснабжения				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	ЗГРЭС АО «Татэнерго»	0,00	0,00	1,36	0,08	1,12
2	ООО «Теплосервис»	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Табл. 6. Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей зоны действия источника тепловой энергии филиала АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"

Год актуализации (разработки)	Количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	1	5	0,02988	1,36
2020	1	3	0,01494	0,08
2021	2	4	0,01494	1,12

Табл. 7. Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0,00747	5	0,02988	1,36
2020	0,00747	3	0,01494	0,08
2021	0,01494	4	0,01494	1,12

Табл. 8. Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях зоны действия источника тепловой энергии филиала АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2017	0,00747	3	0,01842	0,02
2018	0,02241	4,7	0,03070	0,26
2019	0,03734	3,5	0,03734	0,46
2020	0,02988	4	0,02988	0,23
2021	0,02988	4,7	0,05228	0,08

Табл. 9. Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации АО "Татэнерго"

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2017	0,00747	3	0,01842	0,02
2018	0,02241	4,7	0,03070	0,26
2019	0,03734	3,5	0,03734	0,46
2020	0,02988	4	0,02988	0,23
2021	0,02988	4,7	0,05228	0,08

Табл. 10. Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей зоны действия источника тепловой энергии в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации ООО «Теплосервис»

Год актуализации (разработки)	Количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0

Табл. 11. Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации ООО «Теплосервис»

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0

Табл. 12. Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях зоны действия источника тепловой энергии в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации ООО «Теплосервис»

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0

Табл. 13. Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в зоне деятельности единой теплоснабжающей организации ООО «Теплосервис»

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год	Среднее время восстановления теплоснабжения, час	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год	Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0

4. Расчет показателей надежности в зонах действия источников тепловой энергии системы теплоснабжения г. Заинск на период до 2036 года

Оценка надежности системы теплоснабжения проводится с учетом подключения перспективных потребителей, предусмотренных до 2036 года, а также с учетом мероприятий, представленных в Главе 8. Схема зон действия источников теплоносителя с учетом подключения перспективных потребителей представлена на Рис. 1.

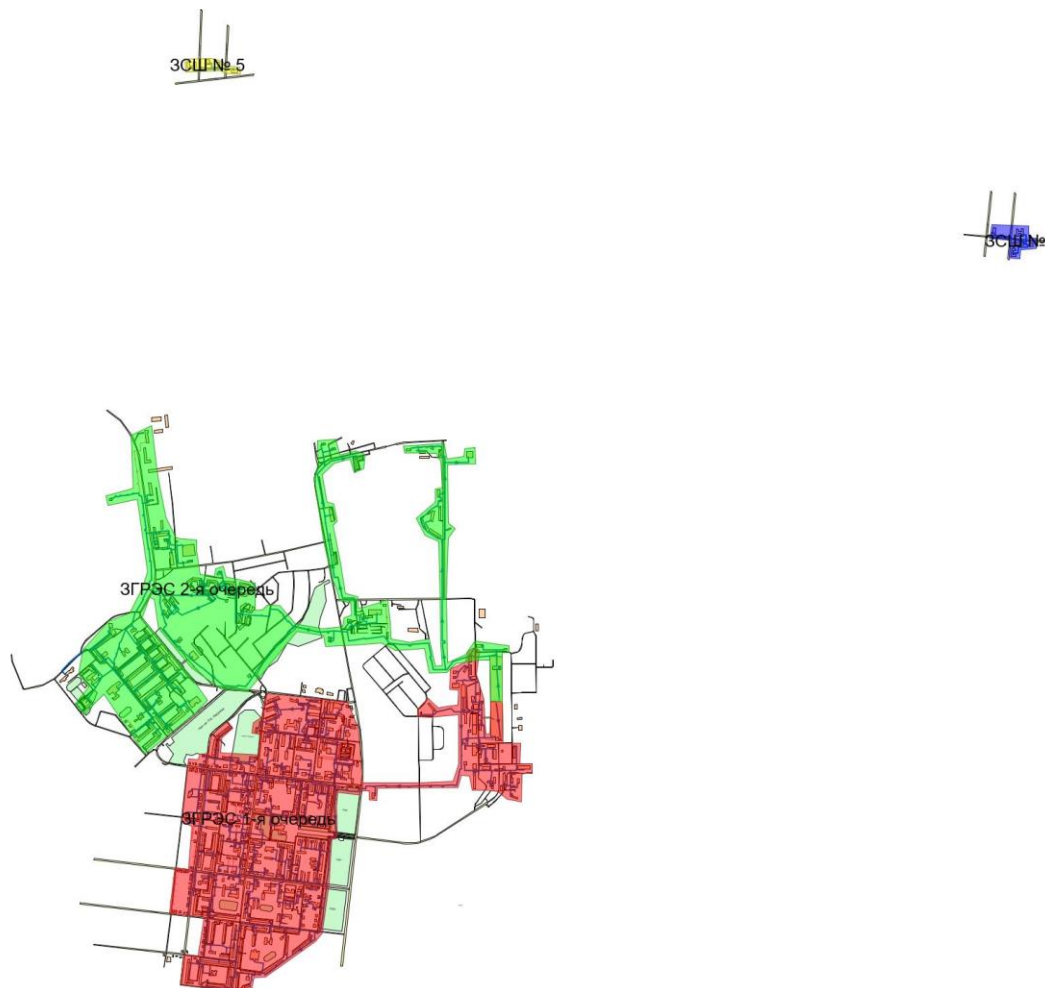


Рис. 1. Зоны действия источников теплоносителя с учетом подключения перспективных потребителей по состоянию 2036 года

4.1 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»

На Рис. 2 представлена зона действия источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго».

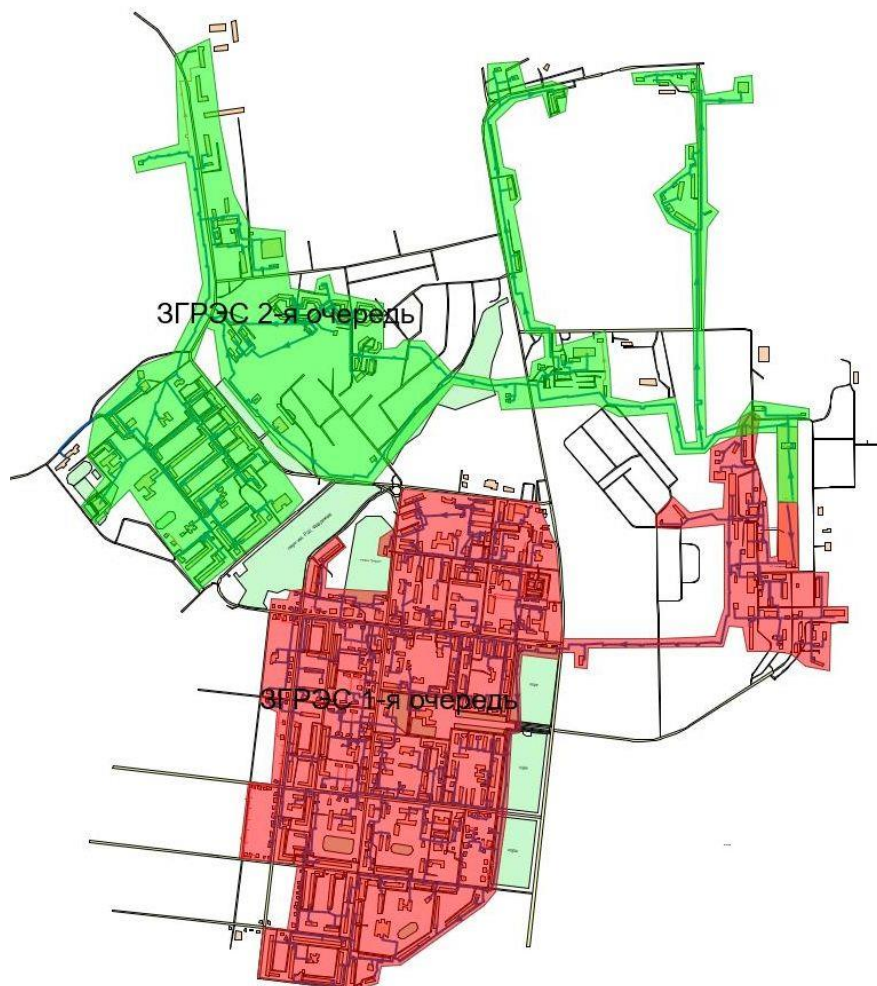


Рис. 2. Зона действия источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»

Заинская ГРЭС АО «Татэнерго» на период до 2036 года должна снабжать теплом потребителей по 2 тепловодам: 1-ая очередь (Старый город), 2-ая очередь. Ниже рассмотрим оценку надежности теплоснабжения потребителей отдельно по тепलोодам 1 и 2, а также оценку надежности подключаемых перспективных зон.

4.1.1 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия Тепловода № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»

Зона действия Тепловода № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго» представлена на Рис. 3.

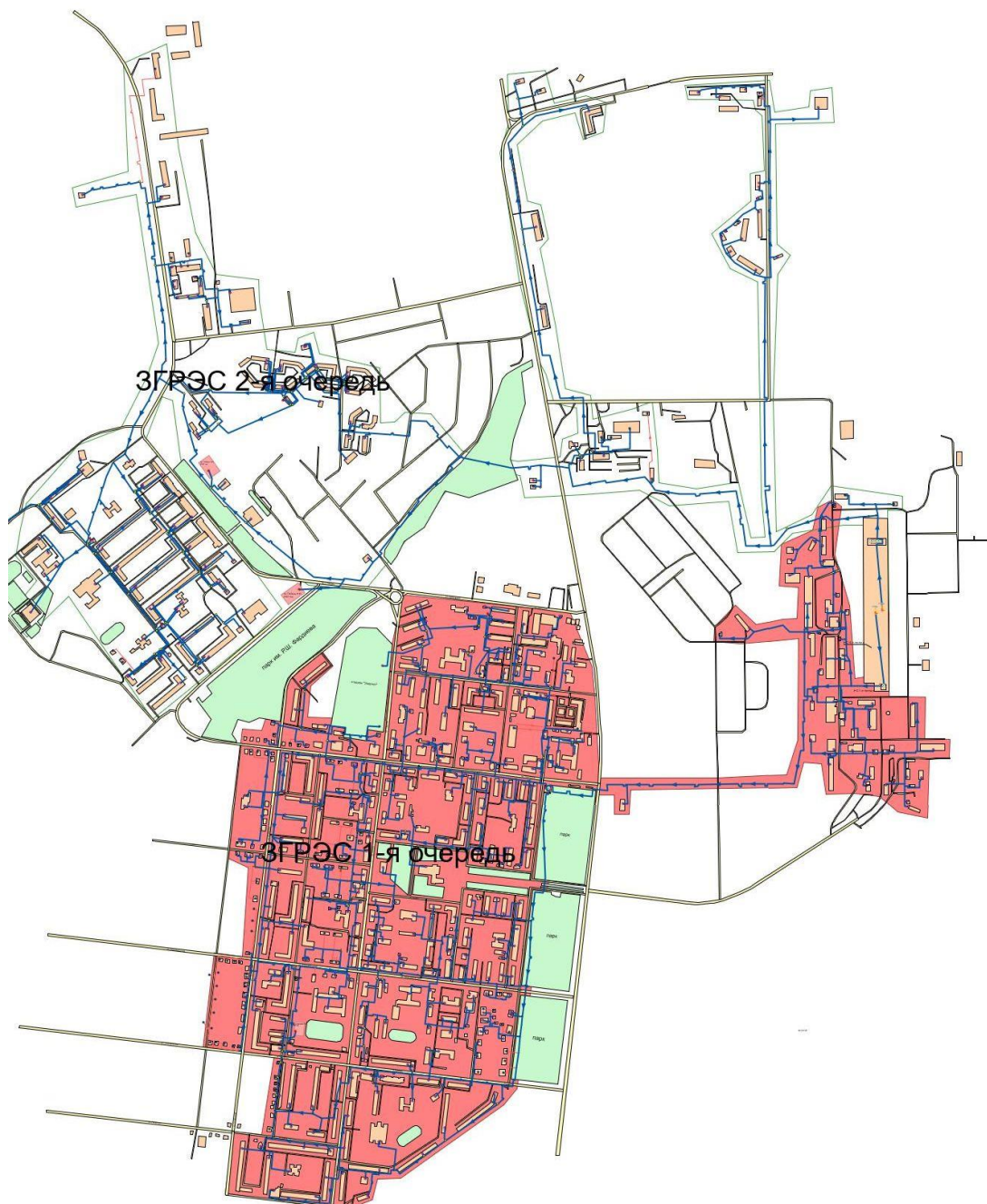


Рис. 3. Зона действия Тепловода № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»

Результаты расчетов показателей надежности теплоснабжения некоторых потребителей Тепловода № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго» представлены в Табл. 14.

Табл. 14. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»

№ п/п	Адрес узла ввода	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности
1	Нефтяников, 8	0,92	0,97
2	Нефтяников, 10	0,92	0,97
3	Строителей, 12	0,93	0,97
4	Строителей, 14	0,93	0,97
5	Энергетиков, 5	0,92	0,97
6	Энергетиков, 7	0,92	0,97
7	Ленина, 17	0,94	0,97
8	Ленина, 19	0,94	0,97
9	Казанская, 3	0,92	0,97
10	Казанская, 4	0,92	0,97

На Рис. 4 представлено изменение параметра ВБР при движении по тепловоду 1 до потребителей по ул. Октябрьская с учетом строительства реконструкции сетей согласно Главе 8.

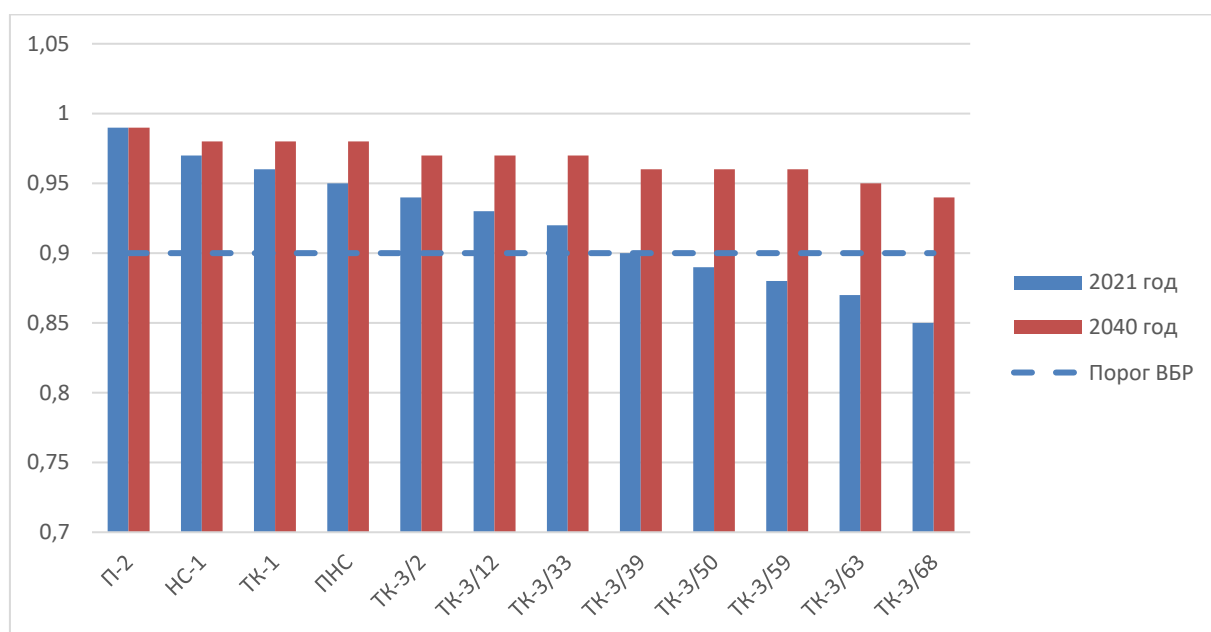


Рис. 4. Расчет параметров надежности действия Тепловода № 1 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго» в направлении ул. Октябрьская до 2036 года

В зоне действия тепловода №1 потребители перспективных зон показывают достаточные значения параметров надежности до 2036 года с учетом строительства и реконструкции сетей согласно Главе 8.

4.1.2 Расчет показателей надежности теплоснабжения в зоне действия Тепловода № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»

Зона действия Тепловода № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго» представлена на Рис. 5.

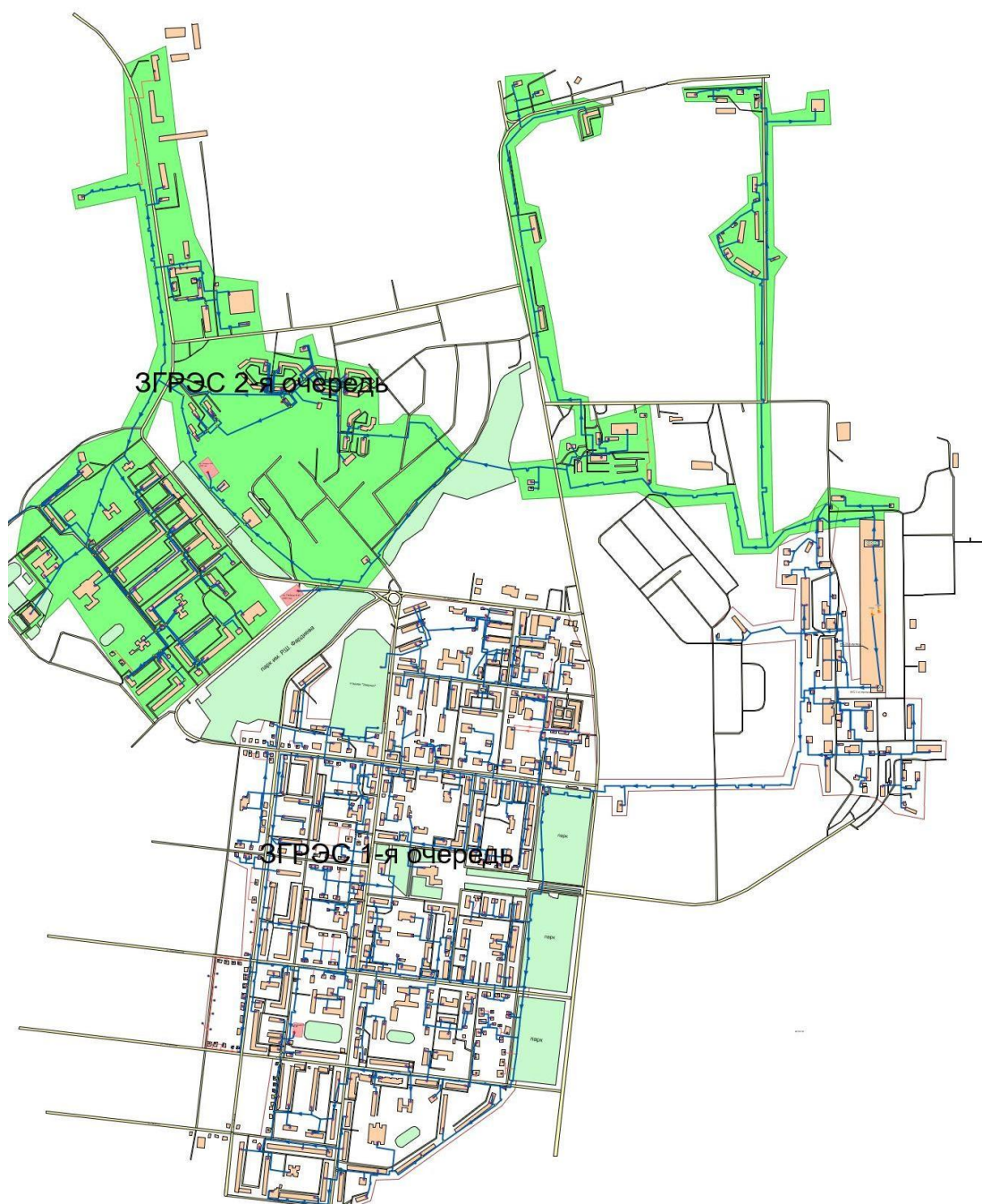


Рис. 5. Зона действия Тепловода № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»

Результаты расчетов показателей надежности теплоснабжения некоторых потребителей Тепловода № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго» представлены в Табл. 15.

Табл. 15. Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в зоне действия Тепловода № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго»

№ п/п	Адрес узла ввода	Вероятность безотказной работы	Коэффициент готовности
1	Победы, 1/8	0,93	0,97
2	Победы, 1/12	0,92	0,97
3	Победы, 1/10	0,92	0,97
4	Победы, 1/16	0,92	0,97
5	Победы, 1/21	0,92	0,97
6	Победы, 1/22	0,92	0,97
7	Жукова, 5а	0,95	0,97
8	Жукова, 7б	0,95	0,97
9	Жукова, 9	0,95	0,97
10	Тавлина, 14а	0,94	0,97

На Рис. 6 представлено изменение параметра ВБР при движении по тепловоду 2 до потребителей по пр. Победы с учетом строительства реконструкции сетей согласно Главе 8.

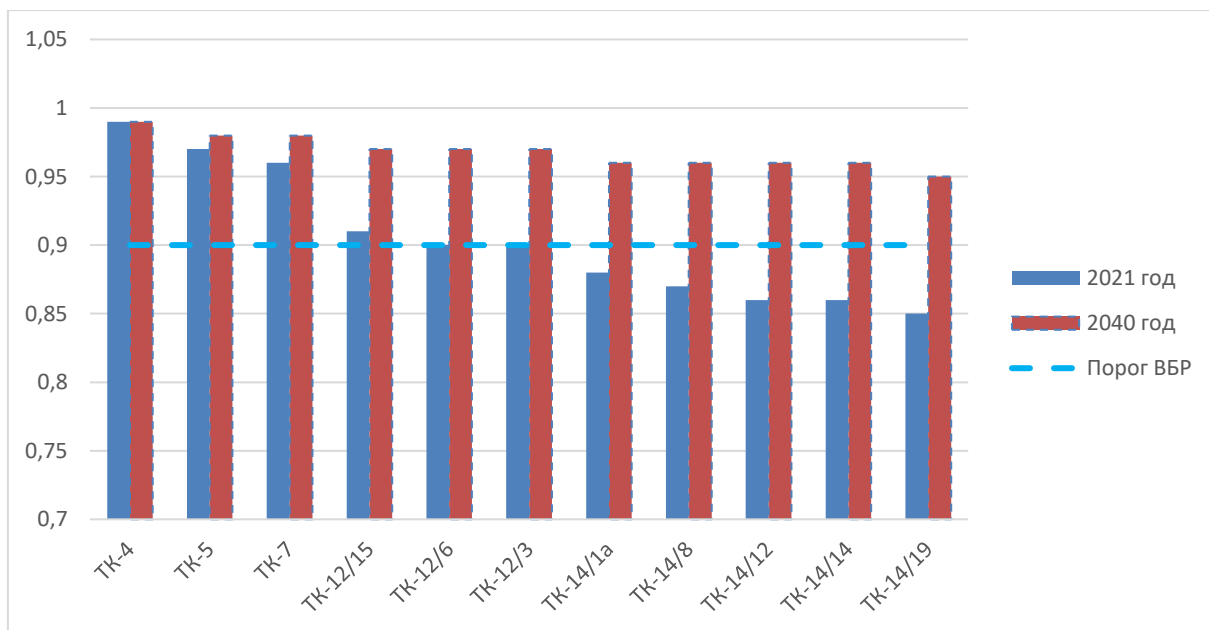


Рис. 6. Расчет параметров надежности действия Тепловода № 2 источника Заинской ГРЭС АО «Татэнерго» в направлении пр. Победы до 2036 года

В зоне действия тепловода №2 потребители перспективных зон показывают достаточные значения параметров надежности до 2036 года с учетом строительства и реконструкции сетей согласно Главе 8.

5 Расчет показателей надежности источников теплоснабжения

Ниже представлены результаты расчета показателей надежности для источников теплоснабжения.

Табл. 16. Расчет показателей надежности источников теплоснабжения

№ п/п	Наименование источника	Степень надежности системы теплоснабжения	Средняя вероятность безотказной работы системы
1	Заинская ГРЭС АО «Татэнерго»	высоконадежная	0,967502
2	ООО «Теплосервис»	высоконадежная	0,999920

Источники теплоснабжения обладают достаточной надежностью выше 0,95.