



**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**ГОРОДСКОГО ОКРУГА - ГОРОД ВОЛЖСКИЙ**

**НА ПЕРИОД ДО 2028 ГОДА**

**ГЛАВА 11 «ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ»**

## **СОСТАВ РАБОТЫ**

Книга 1 (Глава 1). Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения.

Приложение 1

Книга 2 (Глава 2). Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения.

Книга 3 (Глава 3). Электронная модель системы теплоснабжения поселения, городского округа, города федерального значения.

Книга 4 (Глава 4). Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей.

Книга 5 (Глава 5). Мастер-план развития систем теплоснабжения поселения, городского округа, города федерального значения

Книга 6 (Глава 6). Существующие и перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей.

Книга 7 (Глава 7). Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии.

Книга 8 (Глава 8). Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей

Книга 9 (Глава 9). Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения.

Книга 10 (Глава 10). Перспективные топливные балансы.

Книга 11 (Глава 11). Оценка надежности теплоснабжения.

Книга 12 (Глава 12). Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение.

Книга 13. Индикаторы развития систем теплоснабжения поселения, городского округа, города федерального значения.

Книга 14. Ценовые (тарифные) последствия.

Книга 15. Реестр единых теплоснабжающих организаций.

Книга 16. Реестр проектов схемы теплоснабжения.

Книга 17. Замечания и предложения к проекту схемы теплоснабжения.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ	4
ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ	6
<b>1 Методика расчета показателей надежности тепловых сетей</b>	<b>7</b>
1.1 Общие положения	7
1.2 Термины и определения	9
1.3 Методика расчета надежности теплоснабжения	11
1.4 Основные расчетные зависимости	11
1.5 Порядок расчета	18
1.6 Принятые допущения	19
<b>2 Расчет показателей надежности в зонах действия источников тепловой энергии городского округа – город волжский до 2028 года</b>	<b>21</b>
2.1 Расчет показателей надежности в зоне действия ВТЭЦ	21
2.2 Расчет показателей надежности в зоне действия ВТЭЦ-2	25
2.3 Расчет показателей надежности в зоне действия источников МКП «Тепловые сети»	33
2.4 Мероприятия по установке резервного оборудования	35

## ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

Таблица 1.1	Значения коэффициентов для определения времени восстановления элементов ТС	13
Таблица 1.2	Расстояния между СЗ в метрах и место их расположения	13
Таблица 2.1	Результаты расчета по отказам участков тепловых сетей и среднего времени восстановления отказавших участков на заданном пути от ВТЭЦ	22
Таблица 2.2	Результаты расчета по отказам участков тепловых сетей и среднего времени восстановления отказавших участков на заданном пути от ВТЭЦ-2	25
Таблица 2.3	Динамика изменения отказов и восстановлений в магистральных тепловых сетях в отопительный период	27
Таблица 2.4	Динамика изменения отказов и восстановлений в магистральных тепловых сетях в зоне действия ВТЭЦ	28
Таблица 2.5	Динамика изменения отказов и восстановлений в магистральных тепловых сетях в зоне действия ВТЭЦ-2	28
Таблица 2.6	Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в отопительный период	29
Таблица 2.7	Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в зоне действия ВТЭЦ	29
Таблица 2.8	Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в зоне действия ВТЭЦ-2	30
Таблица 2.9	Статистика отказов отпуска тепловой энергии с коллекторов ВТЭЦ за 2018 - 2022 год	30
Таблица 2.10	Динамика изменения прекращения подачи тепловой энергии с коллекторов источника тепловой энергии ВТЭЦ-2 за 2018 – 2022 годы	31
Таблица 2.11	Статистика отказов основного оборудования без прекращения теплоснабжения с коллекторов ВТЭЦ 2022 год	31
Таблица 2.12	Статистика отказов отпуска тепловой энергии с коллекторов ВТЭЦ-2 за 2018 - 2022 годы	31

Таблица 2.13 Динамика изменения прекращения подачи тепловой энергии с 32  
коллекторов источника тепловой энергии ВТЭЦ-2 за 2018 – 2022  
годы

## ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

Рисунок 2.1	Трассировка теплопровода от ВТЭЦ до потребителя ООО «Лада Дом»	21
Рисунок 2.2	Трассировка теплопровода от ВТЭЦ-2 до потребителя, находящегося по адресу: ул. Ленина, 365	25
Рисунок 2.3	Изображение отключенных потребителей при аварии на определенном участке сети	34
Рисунок 2.4	Результаты расчета и отключенные потребители при аварии на участке сети МКП «Тепловые сети»	34
Рисунок 2.5	Результаты расчета потерь на участке сети от МК-1 МКП «Тепловые сети»	35

## **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 для каждого потребителя.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

**Первая категория** - потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных ГОСТ 30494.

Например, 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.

**Третья категория** – прочие 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 [ $J$ ].

**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 =  $0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,86$ .

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 СЦТ к исправной работе  $K_j$  принимается 0,97.



Нормативные показатели готовности систем теплоснабжения обеспечиваются следующими мероприятиями:

- готовностью СЦТ к отопительному сезону;
- достаточностью установленной (располагаемой) тепловой мощности источника тепловой энергии для обеспечения исправного функционирования СЦТ при нерасчетных похолоданиях;
- способностью тепловых сетей обеспечить исправное функционирование СЦТ при нерасчетных похолоданиях;
- организационными и техническими мерами, необходимые для обеспечения исправного функционирования СЦТ 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 Р 53480-2009 «Надежность в технике. Термины и определения».

**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;

**Ремонтпригодность** – 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** – по ГОСТ 15467;

**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 27.002-89 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 последствия его устранения. Все упомянутые в этом абзаце термины устанавливают лишь градацию (шкалу) отказов.

### **1.3 Методика расчета надежности теплоснабжения**

Расчет показателей надежности тепловых сетей городского округа – город Волжский проводится с помощью программно-расчетного комплекса ГИС ZuluGIS 8.0 ППК ZuluThermov в соответствии с «Методикой и алгоритмом расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов», разработанной ОАО «Газпром промгаз» в 2013 году.

### **1.4 Основные расчетные зависимости**

#### **1. Интенсивность отказов элементов ТС**

- Интенсивность отказов теплопровода  $\lambda$  с учетом времени его эксплуатации:

$$\lambda_i = \lambda_{\text{нач}} \left( 0,1 \tau_i^{\text{эксп}} \right)^{\alpha_i - 1}, \text{ (1/км/ч)} \quad (1)$$

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

$i$  – номер участка тепловой сети;

$\tau_i^{\text{эксп}}$  – продолжительность эксплуатации участка, лет;

$\alpha_i$  – коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации  $i$ -того участка теплопровода.

$$\alpha_i = \begin{cases} 0,8 - \text{при } 0 < \tau_i^{\text{эксп}} \leq 3 \\ 1,0 - \text{при } 3 < \tau_i^{\text{эксп}} \leq 17 \\ 0,5 \exp\left(\tau_i^{\text{эксп}} / 20\right) - \text{при } \tau_i^{\text{эксп}} > 17 \end{cases} \quad (2)$$

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

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

2. Параметр потока отказов элементов ТС:

• Параметр потока отказов участков ТС:

$$\omega = \lambda \cdot L, \text{ 1/ч; (3)}$$

где  $L$  – длина участка ТС, км;

• Параметр потока отказов ЗРА:

$$\omega_{\text{зра}} = \lambda_{\text{зра}} = 2,28 \cdot 10^{-7}, \text{ 1/ч; (4)}$$

3. Среднее время до восстановления элементов ТС

• Среднее время до восстановления участков ТС:

$$z^B = a \cdot [1 + (b + c \cdot L_{\text{сз}}) \cdot d^{1,2}], \text{ ч; (5)}$$

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

$d$  – диаметр теплопровода, м.

Значения коэффициентов в формуле (5) принимаются согласно таблице 1.1.

**Таблица 1.1 – Значения коэффициентов для определения времени восстановления элементов ТС**

Коэффициент	a	b	c
Значение	2,91	20,89	-1,88

**Таблица 1.2 – Расстояния между СЗ в метрах и место их расположения**

Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
	Ответвлений нет	Ответвления есть	Ответвлений нет	Ответвления есть
До 0,4 (включительно)	1000	Непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	Непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м
от 0,4 до 0,6 (включительно)	1500	Непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 1500 м	Непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м
от 0,6 до 0,9 (включительно)	3000	Непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 3000 м	Непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м)	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м)
более 0,9	5000	Непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 5000 м	Непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м, 3000 м)	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м, 3000 м)

- Среднее время до восстановления ЗРА

Время восстановления ЗРА принимается равным времени восстановления теплопровода, так как отказ ЗРА и отказ теплопровода одного и того же диаметра требуют сопоставимых временных затрат на их восстановление.

#### 4. Интенсивность восстановления элементов ТС:

$$\mu_i = 1 / z^B, \text{ 1 / ч} \quad (1.6)$$

5. Стационарная вероятность рабочего состояния сети:

$$P_0 = \left( 1 + \sum_{i=1}^N \frac{\omega_i}{\mu_i} \right) \quad (7)$$

где N – число элементов ТС (участков и ЗРА).

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

$$P_f = \frac{\omega_i}{\mu_i} \times P_0 \quad (8)$$

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

$$t_{j,f}^B = t^{H.B} + \frac{t^{B.P} - t^{H.P} - \bar{q}_{j,f} (t^{B.P} - t^{H.P})}{\exp\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)} + \bar{q}_{j,f} (t^{B.P} - t^{H.P}) \quad (9)$$

где  $t_j^{B.P}$  – расчетная температура внутри отапливаемого здания, °C;

$t^{H.P}$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, °C;

$t^{H.B}$  – текущая фактическая температура наружного воздуха, °C;

$z_f^B$  – время восстановления f-го участка тепловой сети, ч;

$\beta_j$  – коэффициент тепловой аккумуляции здания j-го отапливаемого здания, ч;

$\bar{q}_{j,f} = \frac{q_{j,f}}{q_{j,f}^p}$  – относительный часовой расход теплоты для отопления j-го потребителя при отказе f-го участка тепловой сети при температуре наружного воздуха  $t^{н.в}$ .

8. Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения j-го потребителя (определяется для каждого потребителя расчетной схемы ТС):

$$K_j = p_0 + \sum_{f \in F_j} p_f \quad (10)$$

где  $F_j$  – множество элементов ТС, выход которых в аварию не нарушает расчетный уровень теплоснабжения j-го потребителя.

9. Вероятность безотказного теплоснабжения j-го потребителя – вероятность обеспечения в течение отопительного периода температуры воздуха в здании j-го потребителя не ниже минимально допустимого значения (определяется для каждого потребителя расчетной схемы ТС):

$$P_j = \exp\left(-\left[p_0 \sum_f (\omega_f \tau_{j,f}^{pав})\right]\right) \quad (11)$$

где  $\tau_{j,f}^{pав}$  – повторяемость температуры наружного воздуха  $t^{н.в}$  ниже  $t_{j,f}^{pав}$ , ч;

$t_{j,f}^{6.p}$  – температура наружного воздуха при которой время восстановления f-го участка  $z_f^6$  равно временному резерву j-го потребителя, т.е. время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения j-го потребителя до минимально допустимого значения  $t_{j,min}^6$ .

С помощью установления значений величин  $t_{j,f}^{6.p}$  и  $\tau_{j,f}^{pав}$  выделяется доля отопительного периода, в течении которого выход в аварию f-го участка тепловой сети влияет на величину  $P_j$  (вероятности безотказного теплоснабжения j-го потребителя).

При  $\bar{q}_{j,f} = 0$  (j-тый потребитель при аварии на f-том участке тепловой сети не получает тепловую энергию)  $t_{j,f}^{pав}$  следует определять по формуле:

$$t_{j,f}^{pab} = \frac{t_j^{B,p} - t_{j,min}^B \times \exp\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)}{1 - \exp\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)} \quad (12)$$

При  $\bar{q}_{j,f} > 0$  (j-тый потребитель при аварии на f-том участке тепловой сети получает тепловую энергию)  $t_{j,f}^{pab}$  должна определяться по формуле:

$$t_{j,f}^{pab} = \frac{t_j^{B,p} - \bar{q}_{j,f} \times \left( t_j^{B,p} - t^{H,p} \right) - \left( t_{j,min}^B - \bar{q}_{j,f} \times \left( t_j^{B,p} - t^{H,p} \right) \right) \times \exp\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)}{1 - \exp\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)} \quad (12a)$$

$t_{j,min}^B$  - минимально допустимая температура воздуха в здании j-го потребителя, °C.

Численные значения коэффициентов тепловой аккумуляции зданий различных типов принимаются в соответствии с рекомендациями МДС 41-6.2000.

Расчетные температуры воздуха в зданиях принимаются в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.2.2645-10 [15],  $t_j^B$  по СНиП 41-02-2003 (п. 4.2).

Продолжительности стояния температур наружного воздуха принимаются по СНиП 23-02-99\* «Строительная климатология».

Повторяемость температуры наружного воздуха  $\tau_{j,f}^{pab}$  со значениями ниже  $t_{j,f}^{pab}$ , должны основываться на данных теплоснабжающих организаций:

- если  $t_{j,f}^{pab}$  оказывается равной или выше  $+8^\circ\text{C}$  (начало отопительного периода), это означает, что отказ f-того участка тепловой сети нарушает пониженный уровень теплоснабжения j-того потребителя при любой температуре наружного воздуха и в формуле (11) величина  $\tau_{j,f}^{pab}$  должна приниматься равной продолжительности отопительного периода;
- если  $t_{j,f}^{pab}$  оказывается равной  $t^{H,p}$ , отказ f-того участка тепловой сети влияет на теплоснабжение j-того потребителя только при температурах ниже расчетных и  $\tau_{j,f}^{pab}$  в формуле (11) должна приниматься равной  $t^{\min}$  - повторяемости температуры наружного воздуха ниже  $t^{H,p}$ ;



- если  $t_{j,f}^{pav} > t^{\min}$  (минимальная температура наружного воздуха), отказ f-того участка тепловой сети не влияет на теплоснабжение j-того потребителя и в формуле (11)  $\tau_{j,f}^{pav}$  должна приниматься равной нулю;

- если  $t^{\min} < t_{j,f}^{pav}$ , то  $\tau_{j,f}^{pav}$  должна определяться по формуле

$$\tau_{j,f}^{pav} = \frac{t^{н.р} - t_{j,f}^{pav}}{t^{н.р} - t^{\min}} \times \tau^{\min} \quad (13)$$

- если  $t^{н.р} < t_{j,f}^{pav} < +8^{\circ}\text{C}$ , то  $0 < \tau_{j,f}^{pav} < \tau^{OT}$ , значение  $\tau_{j,f}^{pav}$  должно определяться по повторяемости температур наружного воздуха, используемого в графике продолжительности тепловой нагрузки, или по формуле:

$$t_{j,f}^{pav} = \tau^{\text{хол}} + \left( \tau^{\text{от}} - \tau^{\text{хол}} \right) \times \left( \frac{t_{j,f}^{pav} - t^{н.р}}{8 - t^{н.р}} \right)^{\frac{t^{н.ср} - t^{н.р}}{8 - t^{н.р}}} \quad (14)$$

$\tau^{\text{хол}}$  – повторяемость температуры наружного воздуха ниже расчетной температуры наружного воздуха, ч;

$\tau^{OT}$  – продолжительность отопительного периода, ч;

$t^{н.ср}$  – средняя за отопительный период температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

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

$$\bar{Q}_j = \left( \theta_j^p - \sum_{f=0} p_f q_{i,j} \right) \times \left( \tau_1^p - \tau_2^p \right) \times \frac{t_j^{в.р} - t^{н.ср}}{t_j^{в.р} - t^{н.р}} \tau^{\text{от}} \quad (15)$$

$\theta_j^p$  – расчетный при  $t^{н.р}$  часовой расход теплоносителя у j-того потребителя, т/ч;

$\theta_{i,j}$  – часовой расход теплоносителя у j-того потребителя при отказе f-того участка тепловой сети, т/ч;

$\tau_1^p$  – расчетная температура теплоносителя при температуре наружного воздуха равной  $t^{н.р}$  в подающем теплопроводе тепловой сети, °С;

$\tau_2^p$  – расчетная температура теплоносителя при температуре наружного воздуха равной  $t^{н.р}$  в обратном теплопроводе тепловой сети, °С.

### 1.5 Порядок расчета

Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей производится в следующем порядке.

1. При наличии статистических данных об отказах они заносятся в базы данных электронной модели схемы теплоснабжения, производится обработка статистики, на основе которой определяется интенсивность отказов теплопроводов  $\lambda$ .

2. Если статистические данные отсутствуют, по выражениям (1) и (2) определяется интенсивность отказов  $\lambda$  для теплопроводов и ЗРА. Значение  $\lambda^{нач}$  для теплопроводов принимается равным  $5,7 \cdot 10^{-6}$  1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год). Значение  $\lambda^{нач}$  для ЗРА принимается равным  $2,28 \cdot 10^{-7}$  1/ч или 0,002 1/год.

3. При наличии статистических данных о времени восстановления теплоснабжения при отказах участков ТС они заносятся в базы данных электронной модели схемы теплоснабжения, производится обработка статистики, на основе которой определяется среднее время восстановления отказавших участков в зависимости от их диаметра.

4. При отсутствии статистических данных о времени восстановления теплоснабжения при отказах участков ТС с помощью формулы (5) определяется среднее время до восстановления участков ТС – в зависимости от их диаметров и расстояний между СЗ.

5. Для последующих расчетов должны быть учтены все предложения по реконструкции и (или) модернизации теплопроводов.

6. В соответствии с (3) и (4) определяются параметры потока отказов участков ТС и ЗРА, 1/ч.

7. По выражению (6) рассчитываются интенсивности восстановления элементов ТС (участков и задвижек).

8. В соответствии с (7) и (8) определяются: вероятность рабочего состояния ТС и вероятности ее состояний, соответствующие отказам элементов.

9. Для расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей вычисленным вероятностям состояний сети необходимо поставить в соответствие количество тепловой энергии, подаваемой каждому потребителю в этих состояниях, т.е. определить подачу теплоносителя и подачу теплоты (абсолютные и относительные) каждому потребителю при выходе в аварию каждого из элементов ТС.

Если ТС тупиковая (не имеет кольцевой части), очевидно, что при выходе из строя одного из элементов ТС полностью прекращается теплоснабжение потребителей, расположенных за этим элементом. Теплоснабжение остальных потребителей не нарушается.

В ТС, имеющих кольцевую часть, каждому состоянию, характеризуемому выходом из строя того или иного элемента кольцевой части сети, соответствует свой уровень подачи тепловой энергии потребителям. Для его определения производится моделирование отказов элементов и расчет соответствующих им гидравлических режимов.

Расчеты выполняются с помощью математических моделей потока распределения, реализованных в программно-расчетном комплексе ГИС Zulu ПРК ZuluThermo. Моделирование послеаварийных ситуаций производится для двухлинейной расчетной схемы путем автоматического поочередного исключения элементов ТС.

10. На основе расчетов послеаварийных гидравлических режимов составляются матрицы относительных расходов теплоносителя у потребителей в этих режимах (по отношению к расчетному) и соответствующих им температуры воздуха в зданиях в конце периода восстановления теплоснабжения  $t_{j,f}^6$ , вычисляемых по зависимости (9).

11. По формулам (12) или (12а) определяются температуры наружного воздуха  $t_{j,f}^{pav}$  при которых время восстановления f-го элемента равно временному резерву j-го потребителя и определяется число часов стояния этих температур по зависимости (14).

12. По зависимости (10) определяются коэффициенты готовности системы к обеспечению расчетного теплоснабжения каждого потребителя.

13. В соответствии с (11) рассчитываются вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в течение отопительного периода.

14. Проверяется выполнение требований (п.1.1) к надежности теплоснабжения потребителей и, если они удовлетворяются, задача решена.

15. Если расчетные значения показателей надежности для существующего состояния не соответствуют нормативным требованиям, тогда разрабатываются рекомендации по обеспечению надежности теплоснабжения потребителей.

### **1.6 Принятые допущения**

1. Рассматривается марковский стационарный процесс смены состояний ТС с простым пуассоновским распределением потока отказов

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

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

4. При наличии статистических данных об отказах элементов используются характеристики надежности, полученные на основе обработки статистики. Для получения обоснованных результатов выборки должны обладать соответствующей однородностью, полнотой и значимостью.

5. Если статистические данные по отказам не используются, расчет интенсивности отказов теплопроводов и ЗРА с учетом времени их эксплуатации производится по зависимостям распределения Вейбулла.

6. 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.

## **2 Расчет показателей надежности в зонах действия источников тепловой энергии городского округа -город волжский на период до 2028 года**

### **Общие положения**

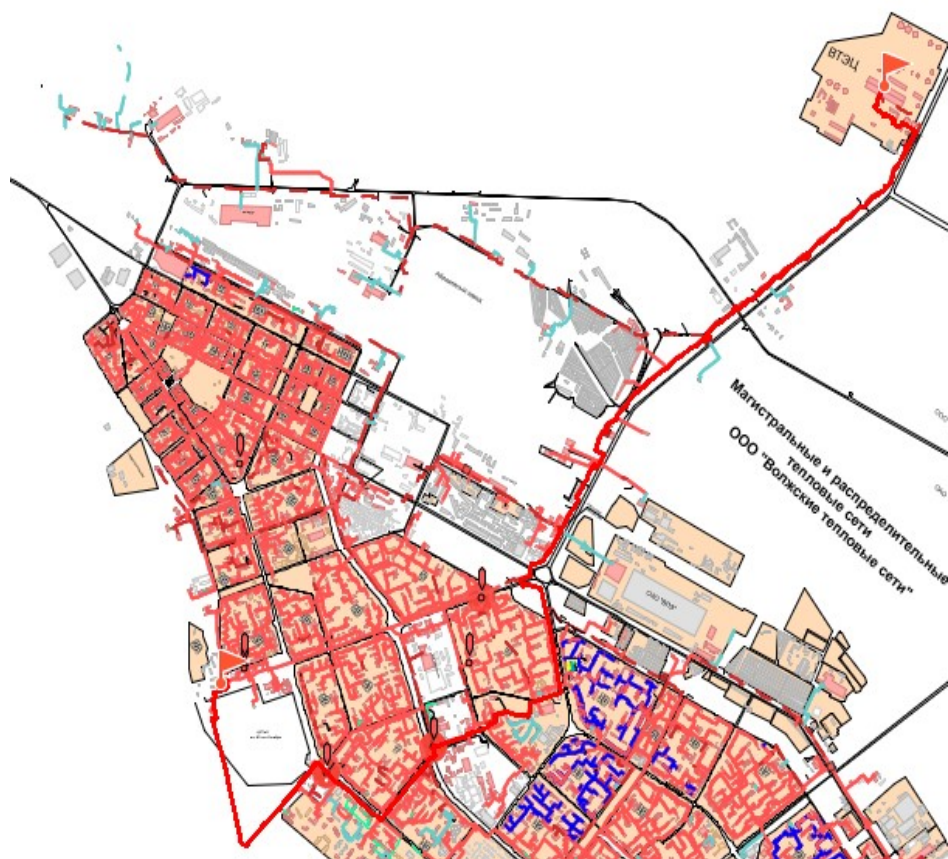
Расчет показателей надежности выполнен в соответствии с вариантом развития систем теплоснабжения. Ниже представлены результаты расчета показателей надежности для следующих источников централизованного теплоснабжения:

- ВТЭЦ;
- ВТЭЦ-2.

### **2.1 Расчет показателей надежности в зоне действия ВТЭЦ**

Ниже приведены результаты расчета показателей надежности в зоне действия ВТЭЦ.

На рисунке 2.1 показана трассировка теплопровода от ВТЭЦ до потребителя ООО «Лада Дом». Результаты расчета по отказам участков тепловых сетей и среднего времени восстановления отказавших участков на заданном пути приведены в таблице 2.1.



**Рисунок –2.1Трассировка теплопровода от ВТЭЦ до потребителя ООО «Лада Дом»**

**Таблица 2.1 – Результаты расчета по отказам участков тепловых сетей и среднего времени восстановления отказавших участков на заданном пути от ВТЭЦ**

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Диаметр трубопровода, м	Вид прокладки тепловой сети	Период эксплуатации, лет	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа
ВТЭЦ	1ПС-1а, 1ОС-2а	673,1	1,198	надземная	25	71,2	0,014048	0,0000226	0,0000152	0,0010453
1ПС-1а, 1ОС-2а		18,4	1,198	надземная	25	75,6	0,013227	0,0000226	0,0000004	0,0000304
	1ПС-1, 1ОС-2	28,1	1,198	надземная	25	75,5	0,013250	0,0000226	0,0000006	0,0000463
1ПС-1, 1ОС-2		5,0	1,198	надземная	25	75,8	0,013197	0,0000226	0,0000001	0,0000082
		5,7	1,198	надземная	25	75,8	0,013197	0,0000226	0,0000004	0,0000259
		1857,2	1,198	надземная	25	65,2	0,015335	0,0000226	0,0000419	0,0026420
		127,0	1,198	надземная	21	77	0,012985	0,0000157	0,0000020	0,0001482
		160,3	1,198	надземная	21	77,4	0,012922	0,0000157	0,0000025	0,0001879
		496,8	1,198	надземная	21	74,5	0,013419	0,0000157	0,0000078	0,0005609
1ПС-3, 1ОС-4		437,8	1	надземная	25	55,7	0,017964	0,0000226	0,0000099	0,0005317
		277,0	1	надземная	25	55,7	0,017964	0,0000226	0,0000063	0,0003364
		361,2	1	надземная	25	55,7	0,017964	0,0000226	0,0000082	0,0004386
		164,2	1	надземная	25	55,7	0,017964	0,0000226	0,0000037	0,0001994
		325,9	1	надземная	25	0	0	0	0	0
		676,1	1	надземная	25	0	0	0	0	0
		2,8	1	надземная	25	51,9	0,019264	0,0000226	0,0000001	0,0000032
		6,3	1	надземная	25	0	0	0	0	0
		3,4	1	надземная	25	59,3	0,016853	0,0000226	0,0000001	0,0000045
		4,6	1	надземная	25	0	0	0	0	0

Схема теплоснабжения городского округа – город Волжский до 2028 года. Обосновывающие материалы.  
Глава 11. Актуализация на 2024 год.

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Диаметр трубопровода,м	Вид прокладки тепловой сети	Период эксплуатации, лет	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа
		202,05	1,0	надземная	25	0	0	0	0	0
	быв. 5ТК-4	393,36	1,0	надземная	25	0	0	0	0	0
		345,02	0,616	надземная	25	0	0	0	0	0
7ПС-1, 7ОС-2	7ТК-2	561,09	0,62	подземная канальная	25	0	0	0	0	0
7ТК-2	7ТК-3(К-141)	274,01	0,62	подземная канальная	25	0	0	0	0	0
7ТК-3(К-141)	опуск	35,94	0,616	подземная канальная	22	0	0	0	0	0
7ТК-4(К-173)	7ТК-5	120,50	0,616	подземная канальная	21	36	0,027752	0,0000157	0,0000019	0,0000658
7ТК-5	7ТК-6	58,30	0,704	подземная канальная	25	41,4	0,024165	0,0000226	0,0000013	0,0000526
7ТК-6		34,96	0,704	подземная канальная	25	41,4	0,024165	0,0000226	0,0000008	0,0000316
	7ТК-7	230,23	0,616	надземная	14	35,9	0,027839	0,0000114	0,0000026	0,0000911
7ТК-7		42,02	0,616	надземная	18	34,5	0,028995	0,000013	0,0000005	0,0000183
7П-1	7ТК-10	171,82	0,616	надземная	18	34,6	0,028888	0,000013	0,000022	0,000075
7ТК-10	7ТК-11	77,56	0,616	подземная канальная	18	0	0	0	0	0
7ТК-11	быв. 7ТК-13	369,96	0,616	подземная канальная	18	34,6	0,028888	0,000013	0,0000048	0,0001616
7ПС-5, 7ОС-6	7ТК-14	98,22	0,616	подземная канальная	18	34,3	0,029138	0,000013	0,0000013	0,0000425
	7ПС-7, 7ОС-8	77,33	0,414	подземная канальная	24	23,3	0,042931	0,0000203	0,000016	0,0000354
		117,39	0,414	подземная канальная	21	23,3	0,042884	0,0000157	0,0000018	0,0000415

Схема теплоснабжения городского округа – город Волжский до 2028 года. Обосновывающие материалы.  
Глава 11. Актуализация на 2024 год.



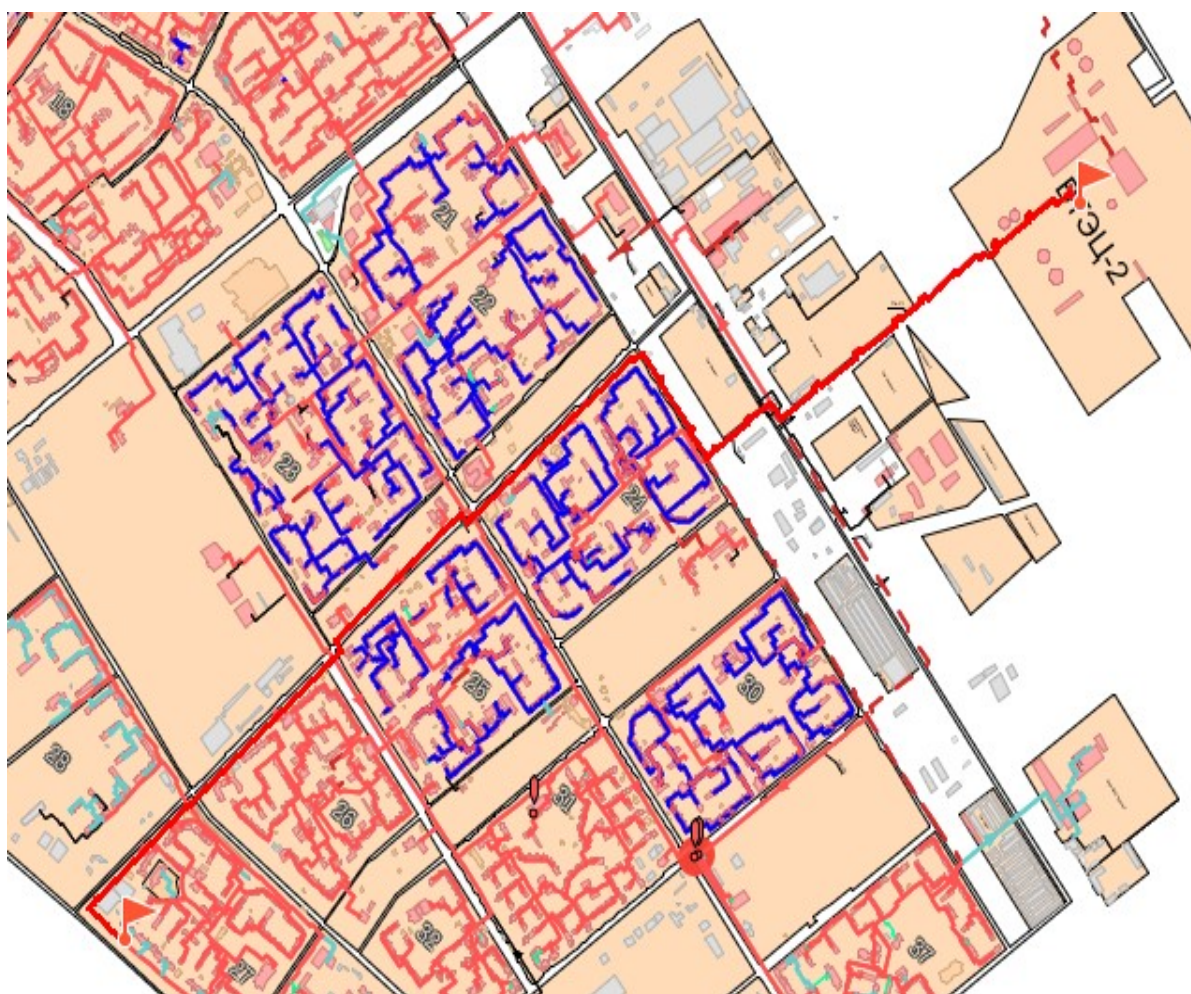
Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Диаметр трубопровода,м	Вид прокладки тепловой сети	Период эксплуатации, лет	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа
7TK-15a		269,99	0,414	подземная канальная	15	23,2	0,043051	0,0000114	0,0000310	0,0000691
7TK-15a	7TK-15	104,58	0,414	подземная канальная	19	23,4	0,042721	0,0000138	0,000014	0,0000326
	УТ-4	102,47	0,408	подземная канальная	25	22,8	0,043820	0,0000226	0,0000023	0,000051
УТ-4	ТК-48	97,73	0,408	подземная канальная	25	22,5	0,044448	0,0000226	0,0000022	0,000048
ТК-48	ТК-46	166,15	0,408	подземная канальная	25	22,5	0,044448	0,0000226	0,0000037	0,0000815
ТК-46	ТК-46a	199,38	0,359	подземная канальная	25	19,4	0,051662	0,0000226	0,0000045	0,0000842
ТК-46a	ТК-45	497,36	0,359	подземная канальная	25	18,9	0,052772	0,0000226	0,0000112	0,0002056
ТК-45		463,3	0,359	подземная канальная	25	18,1	0,055095	0,0000226	0,0000105	0,0001834
ТК-44	УТ-5	546,44	0,359	подземная канальная	25	18,7	0,053568	0,0000226	0,0000123	0,0002225
УТ-5	ТК-43	49,94	0,359	подземная канальная	25	18,7	0,053568	0,0000226	0,0000011	0,0000203
ТК-43		59,14	0,359	подземная канальная	25	18,7	0,053568	0,0000226	0,000013	0,0000241
		72,28	0,309	надземная	25	16,7	0,059996	0,0000226	0,000016	0,0000263
ТК-42		170,31	0,359	подземная канальная	25	19,4	0,051545	0,0000226	0,0000038	0,0000721
		100,16	0,309	подземная канальная	25	16,6	0,060220	0,0000226	0,0000023	0,0000363
		65,33	0,15	подземная канальная	25	8,538776	0,117113	0,0000226	0,0000015	0,0000122
	ООО "Лада Дом"	4,48	0,1	подвальная	20	6,4	0,156060	0,0000146	0,000001	0,0000004

Схема теплоснабжения городского округа – город Волжский до 2028 года. Обосновывающие материалы.  
Глава 11. Актуализация на 2024 год.

## 2.2 Расчет показателей надежности в зоне действия ВТЭЦ-2

Ниже приведены результаты расчета показателей надежности в зоне действия ВТЭЦ-2.

На рисунке 2.2 показана трассировка теплопровода от ВТЭЦ-2 до потребителя, находящегося по адресу: ул. Ленина, 365. Результаты расчета по отказам участков тепловых сетей и среднего времени восстановления отказавших участков на заданном пути приведены в таблице 2.2.



**Рисунок 2.2 – Трассировка теплопровода от ВТЭЦ-2 до потребителя, находящегося по адресу: ул. Ленина, 365**

**Таблица 2.2– Результаты расчета по отказам участков тепловых сетей и среднего времени восстановления отказавших участков на заданном пути от ВТЭЦ-2**

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Диаметр трубопровода, м	Вид прокладки тепловой сети	Период эксплуатации, лет	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления 1/ч	Интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Поток отказов, 1/ч	Вероятность отказа
ВТЭЦ-2		1457,15	1,198	надземная	25	67,4	0,014835	0,000226	0,0000329	0,0021475
22ПС-1, 22ОС-2	УТ-3(22ТК-1)	295,49	0,804	надземная	9	48,4	0,020666	0,000114	0,0000034	0,0001579
22ПС-11	22ОС-12	456,88	0,614	надземная	15	35,1	0,028491	0,000114	0,0000052	0,0001771
н.о.-6(22ТК-4)		134,35	0,614	подземная канальная	17	34,3	0,029159	0,000114	0,0000015	0,0000509
		277,85	0,614	подземная канальная	17	34,3	0,029159	0,000114	0,0000032	0,0001052
		264,81	0,614	подземная канальная	17	34,3	0,029159	0,000114	0,0000030	0,0001003
	22ТК-8(ТК-7-2)	23,83	0,614	подземная канальная	17	34,3	0,029159	0,0000114	0,0000003	0,0000090
22ПС-13, 22ОС-14	22ТК-17а	129,79	0,614	подземная канальная	18	34,3	0,029153	0,000013	0,0000017	0,0000563
22ТК-17а		429,91	0,614	подземная канальная	18	34,3	0,029153	0,000013	0,0000056	0,0001865
		126,82	0,614	подземная канальная	18	34,3	0,029151	0,000013	0,0000017	0,0000550
22ТК-18(ТК-10-2)	22ТК-23а	494,89	0,515	подземная канальная	16	28,4	0,035185	0,0000114	0,0000056	0,0001554
22ТК-23а	22П-3	156,59	0,515	подземная канальная	16	28,4	0,035185	0,0000114	0,0000018	0,0000492
22ПС-35, 22ОС-36	22ТК-29	409,29	0,207	подземная канальная	14	11,6	0,086604	0,0000114	0,0000047	0,0000522
дисковый затвор	ТК-22	192,24	0,207	подземная канальная	14	11,7	0,085773	0,0000114	0,0000220	0,0000248
		44,09	0,082	подземная канальная	14	5,7	0,174339	0,0000114	0,0000005	0,0000028

Для вычисления интенсивности отказов/повреждений в расчет принимаются все зафиксированные события отказов оборудования тепловых сетей в течение календарного года, в том числе события отказов, которые не приводили к прекращению теплоснабжения потребителей, а также события отказов (повреждения, свищи на теплопроводах) с отложенным ремонтом.

В процессе вычислений предполагается, что протяженность и материальная характеристика тепловых сетей, а также значения тепловых нагрузок потребителей тепловой энергии, остаются неизменными.

Количество отказов в тепловых сетях в отопительный период от ВТЭЦ, ВТЭЦ-2 в результате технологических нарушений на тепловых сетях за период с 2018 года по 2022 год приведено в таблицах 2.3 – 2.8.

**Таблица 2.3– Динамика изменения отказов и восстановлений в магистральных тепловых сетях в отопительный период**

<b>Год актуализации (разработки)</b>	<b>Количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год</b>	<b>Среднее время восстановления теплоснабжения, час</b>	<b>Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год</b>	<b>Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ</b>
2018	0,024	3,2	0,048	0
2019	0,024	3,7	0,049	0
2020	0,024	3,6	0,049	0
2021	0,036	3,8	0,012	267,08
2022	0,058	3,5	0,013	0

**Таблица 2.4– Динамика изменения отказов и восстановлений магистральных тепловых сетей в зоне действия ВТЭЦ**

<b>Год актуализации (разработки)</b>	<b>Количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ в отопительный период, 1/км/год</b>	<b>Среднее время восстановления теплоснабжения, час</b>	<b>Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год</b>	<b>Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ</b>
2018	0,016	3,2	0,032	0
2019	0,016	3,8	0,033	0
2020	0,016	3,5	0,033	0
2021	0,010	3,2	0,010	0
2022	0,011	3,3	0,011	0

**Таблица 2.5– Динамика изменения отказов и восстановлений в магистральных тепловых сетях в зоне действия ВТЭЦ-2**

<b>Год актуализации (разработки)</b>	<b>Количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ-2 в отопительный период, 1/км/год</b>	<b>Среднее время восстановления теплоснабжения, час</b>	<b>Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год</b>	<b>Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ</b>
2018	0,08	3,2	0,016	0
2019	0,08	3,6	0,016	0
2020	0,08	3,7	0,016	0
2021	0,078	3,8	0,016	267,08
2022	0,124	3,6	0,016	0

**Таблица 2.6– Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в отопительный период**

<b>Год актуализации (разработки)</b>	<b>Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в отопительный период, 1/км/год</b>	<b>Среднее время восстановления теплоснабжения, час</b>	<b>Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год</b>	<b>Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ</b>
2018	0,189	2,9	0,174	0
2019	0,189	2,7	0,174	0
2020	0,190	2,6	0,174	0
2021	0,191	2,8	0,212	267,08
2022	0,153	2,5	0,203	0

**Таблица 2.7– Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в зоне действия ВТЭЦ**

<b>Год актуализации (разработки)</b>	<b>Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ в отопительный период, 1/км/год</b>	<b>Среднее время восстановления теплоснабжения, час</b>	<b>Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях в период испытаний, 1/км/год</b>	<b>Средний недоотпуск тепловой энергии, Гкал/отказ</b>
2018	0,130	2,9	0,120	0
2019	0,130	2,8	0,120	0
2020	0,131	2,5	0,120	0
2021	0,302	2,7	0,183	0
2022	0,246	2,6	0,371	0

**Таблица 2.8–Динамика изменения отказов и восстановлений в распределительных тепловых сетях в зоне действия ВТЭЦ-2**

Год актуализации (разработки)	Удельное (отнесенное к протяженности тепловых сетей) количество отказов в тепловых сетях от ВТЭЦ-2 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
2018	0,059	2,9	0,054	0
2019	0,059	2,6	0,054	0
2020	0,059	2,7	0,054	0
2021	0,120	2,8	0,117	267,08
2022	0,090	2,5	0,086	0

Технологические нарушения, произошедшие за период с 2018 года по 2022 год, один раз в 2021 году приводили к ограничению отпуска тепловой энергии и снижению качества теплоносителя.

Снижение количества прекращений подачи тепловой энергии в результате технологических нарушений обосновано плановыми ремонтами, консервациями, реконструкциями и модернизациями оборудования.

Статистика отказов и восстановлений основного оборудования источников тепловой энергии ВТЭЦ, приводивших к прекращению теплоснабжения, за 2018 - 2022 годы представлена в таблице 2.9. Прекращения теплоснабжения отсутствовали. В 2022 году отмечен ряд инцидентов без прекращения режима теплоснабжения, статистика представлена в таблице 2.11.

**Таблица 2.9–Статистика отказов отпуска тепловой энергии с коллекторов ВТЭЦ за 2018 - 2022 год**

№ п.п.	Прекращение теплоснабжения	Восстановление теплоснабжения	Причина прекращения	Режим теплоснабжения	Недоотпуск тепла, тыс. Гкал
2018	отсутствовало	0	-	-	0
2019	отсутствовало	0	-	-	0
2020	отсутствовало	0	-	-	0
2021	отсутствовало	0	-	-	0
2022	отсутствовало	0	-	-	0
	Всего событий	0	-	-	0

**Таблица 2.10 – Динамика изменения прекращения подачи тепловой энергии с коллекторов источника тепловой энергии ВТЭЦ за 2018 - 2022 год**

Год	Количество прекращений	Среднее время восстановления, ч	Средний недоотпуск тепла на одно прекращение теплоснабжения, Гкал/ед.
2018	0	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0
2021	0	0	0
2022	0	0	0

**Таблица 2.11– Статистика отказов основного оборудования без прекращения теплоснабжения с коллекторов ВТЭЦ 2022 год**

№	Дата	Время устранения	Причина	Период	Недоотпуск тепла, Гкал
1	11.03.2022	40,45	при обходе оперативный персонал обнаружил подтёки масла из маслonaполненного вывода 6 кВфаза"С" Т-1. 11.03.2022 в 22:00 выведен в ремонт Т-1 (80 МВА, 110/6). 13.03.22 в 14:27 включен в работу. Длительность устранения 40,45 часа.	ОП	0

Статистика отказов и восстановлений основного оборудования источников тепловой энергии ВТЭЦ-2, приводивших к прекращению теплоснабжения, за 2018 - 2022 годы представлена в таблице 2.12. Прекращения теплоснабжения отсутствовали.

**Таблица 2.12– Статистика отказов отпуска тепловой энергии с коллекторов ВТЭЦ-2 за 2018 - 2022 годы**

№ п/п	Прекращение теплоснабжения	Восстановление теплоснабжения	Причина прекращения	Режим теплоснабжения	Недоотпуск тепла, тыс. Гкал
2018	отсутствовало	0	-	-	0
2019	отсутствовало	0	-	-	0
2020	отсутствовало	0	-	-	0
2021	отсутствовало	0	-	-	0
2022	отсутствовало	0	-	-	0
	Всего событий	0	-	-	0



**Таблица 2.13 – Динамика изменения прекращения подачи тепловой энергии с коллекторов источника тепловой энергии ВТЭЦ-2 за 2018 - 2022 год**

Год	Количество прекращений	Среднее время восстановления, ч	Средний недоотпуск тепла на одно прекращение теплоснабжения, Гкал/ед.
2018	0	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0
2021	0	0	0
2022	0	0	0

### **2.3 Расчет показателей надежности в зоне действия источников МКП**

#### **«Тепловые сети»**

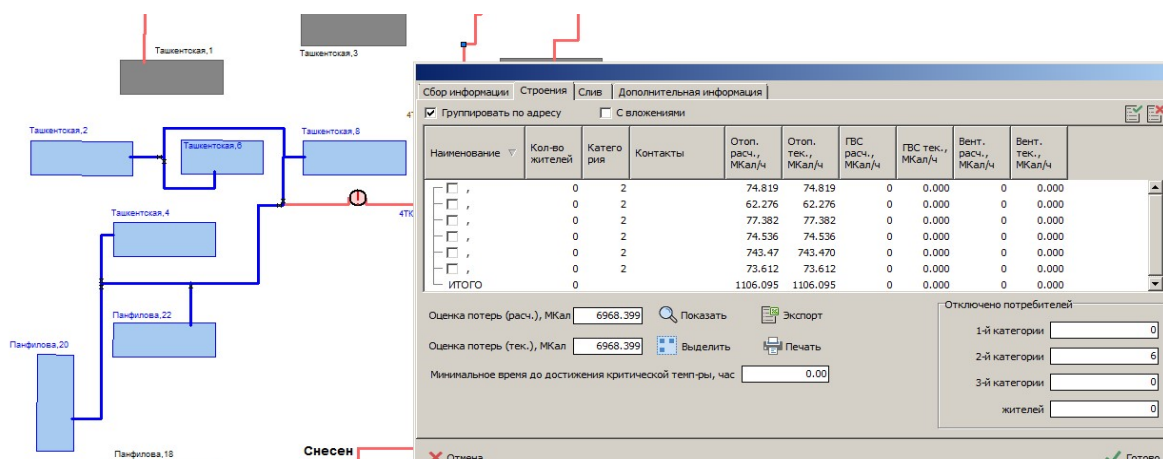
Надежность теплоснабжения оценивается двумя вероятностными и одним детерминированным узловыми показателями, определяемыми за отопительный период для узлов расчетной схемы, к которым подключены потребители. В связи с тем, что нарушения подачи теплоты на отопление и вентиляцию могут привести к катастрофическим последствиям, а ограничения нагрузки горячего водоснабжения лишь к временному снижению комфорта, показатели рассчитываются для отопительно-вентиляционной нагрузки. Надежность расчетного уровня теплоснабжения оценивается коэффициентами готовности  $K_j$ , определяемыми для каждого узла-потребителя и представляющими собой вероятности того, что в произвольный момент времени в течение отопительного периода в  $j$ -й узел будет обеспечена подача расчетного количества тепла (или иначе среднее значение доли отопительного сезона, в течение которой теплоснабжение потребителя в  $j$ -м узле не нарушается). Надежность пониженного уровня теплоснабжения потребителей оценивается вероятностями безотказной работы  $P_j$ , определяемыми для каждого узла потребителя и представляющими собой вероятности того, что в течение отопительного периода температура воздуха в зданиях не опустится ниже граничного значения.

Функционал модуля «Диспетчер» программного комплекса Теплоэксперт позволяет моделировать ситуации аварийных отключений. Для этого необходимо внести информацию по запорной арматуре в камерах и узлах схемы. Для создания расчетной аварийной ситуации необходимо выбрать необходимый трубопровод. В результате события, запускается функционал модуля «Диспетчер», в рамках которого происходит:

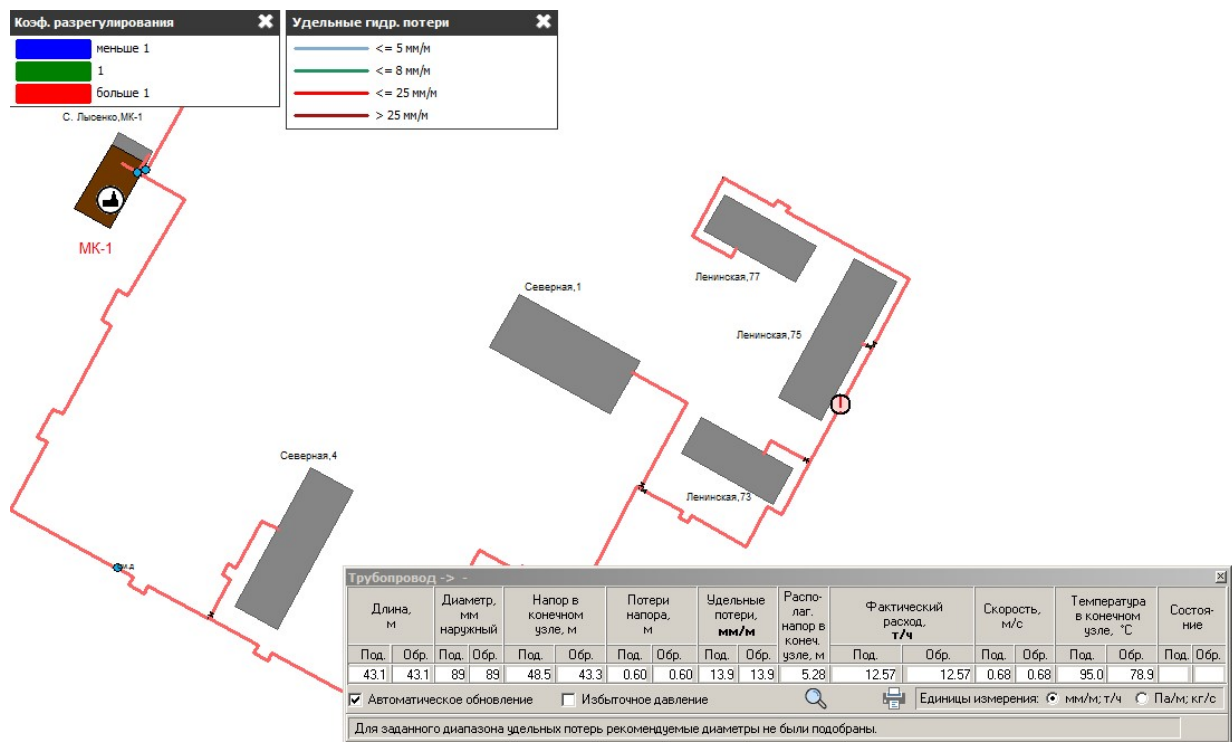
- оценка наличия в тепловых камерах запорной арматуры;
- формируется список тепловых камер и номеров задвижек для отключения части тепловой сети;
- формируется список тепловых камер и номеров задвижек для локализации аварийного трубопровода;
- определяется зона сетей, которая подлежит отключению на время проведения ремонтных/восстановительных работ;
- формируется сводная форма для диспетчера с отчетной информацией по событию. При этом на схеме выделяются голубым цветом элементы (потребители, участки трубопроводов, тепловые камеры), попавшие в зону отключения (Рис. 2.3, 2.4).



**Рисунок 2.3 – Изображение отключенных потребителей при аварии на определенном участке сети**



**Рисунок 2.4 – Результаты расчета и отключенные потребители при аварии на участке сети МКП «Тепловые сети»**



**Рисунок 2.5 – Результаты расчета потерь на участке сети от МК-1 МКП «Тепловые сети»**

### 2.3 Мероприятия по установке резервного оборудования.

В результате оценки надежности теплоснабжения в порядке, определенном требованиями к схемам теплоснабжения, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2012 г. N 154 "О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения" **выявлено отсутствие необходимости в мероприятиях по установке резервного оборудования, организации совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть, резервированию тепловых сетей смежных районов городского округа.**