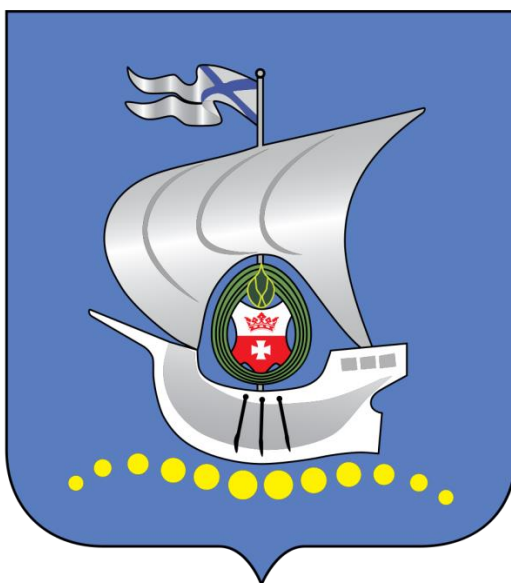


**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ГОРОДСКОГО ОКРУГА "ГОРОД КАЛИНИНГРАД" ДО 2035 ГОДА
(актуализация на 2022 год)**



**Глава 11 Оценка надежности теплоснабжения
К482-21-ОМ-11**



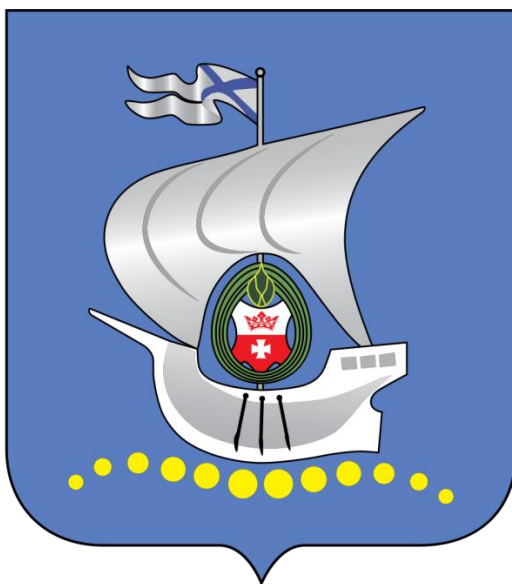
Общество с ограниченной ответственностью

«Джи Динамика»

Юридический адрес: 197046, Санкт-Петербург, ул. Большая Посадская,
д.12, лит. А, пом. 67-Н
Почтовый адрес: 197046, Санкт-Петербург, ул. Большая Посадская,
д.12, лит. А, пом. 67-Н
тел./факс (812) 242-51-51
ИНН/КПП 7804481441/781301001 ОГРН 1127847145370

Заказчик: Комитет городского
хозяйства и строительства
администрации городского округа
"Город Калининград"

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ГОРОДСКОГО ОКРУГА "ГОРОД КАЛИНИНГРАД" ДО 2035 ГОДА
(актуализация на 2022 год)**



**Глава 11 Оценка надежности теплоснабжения
К482-21-ОМ-11**

Генеральный директор

А.С. Ложкин

Руководитель тех. отдела

А.И. Думченко

Состав работы

Обозначение	Наименование документа	Примечание
1	2	3
K482-21-СТС	Схема теплоснабжения городского округа "Город Калининград" до 2035 года (актуализация на 2022 год)	
K482-21-ЭМ	Электронная модель Схемы теплоснабжения городского округа "Город Калининград" до 2035 года (актуализация на 2022 год)	На электронном носителе в формате ZuluGIS (.zmp)
K482-21-ОМ-01	Обосновывающие материалы Глава 1 Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения	
K482-21-ОМ-02	Обосновывающие материалы Глава 2 Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения	
K482-21-ОМ-03	Обосновывающие материалы Глава 3 Электронная модель системы теплоснабжения	
K482-21-ОМ-04	Обосновывающие материалы Глава 4 Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей	
K482-21-ОМ-05	Обосновывающие материалы Глава 5 Мастер-план развития систем теплоснабжения	
K482-21-ОМ-06	Обосновывающие материалы Глава 6 Существующие и перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей, в том числе в аварийных режимах	
K482-21-ОМ-07	Обосновывающие материалы Глава 7 Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии	
K482-21-ОМ-08	Обосновывающие материалы Глава 8 Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей	
K482-21-ОМ-09	Обосновывающие материалы Глава 9 Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения	
K482-21-ОМ-10	Обосновывающие материалы Глава 10 Перспективные топливные балансы	
K482-21-ОМ-11	Обосновывающие материалы Глава 11 Оценка надежности теплоснабжения	
K482-21-ОМ-12	Обосновывающие материалы Глава 12 Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию, техническое перевооружение и (или) модернизацию	
K482-21-ОМ-13	Обосновывающие материалы Глава 13 Индикаторы развития систем теплоснабжения городского округа	
K482-21-ОМ-14	Обосновывающие материалы Глава 14 Ценовые (тарифные) последствия	
K482-21-ОМ-15	Обосновывающие материалы Глава 15 Реестр единых теплоснабжающих организаций	
K482-21-ОМ-16	Обосновывающие материалы Глава 16 Реестр мероприятий схемы теплоснабжения	
K482-21-ОМ-17	Обосновывающие материалы Глава 17 Замечания и предложения к проекту схемы теплоснабжения	
K482-21-ОМ-18	Обосновывающие материалы Глава 18 Сводный том изменений, выполненных в доработанной и (или) актуализированной схеме теплоснабжения	
K482-21-ОМ-19	Обосновывающие материалы Глава 19 Оценка экологической безопасности теплоснабжения	

Содержание документа

СОСТАВ РАБОТЫ	3
СОДЕРЖАНИЕ ДОКУМЕНТА	4
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ГЛАВА 11 ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	6
11.1 Метод и результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения	15
11.2 Метод и результаты обработки данных по восстановлению отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения	17
11.3 Результаты оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам	18
11.4 Результаты оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки.....	18
11.5 Результаты оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии ..	19
11.6 Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей и сооружений на них ..	19

Перечень сокращений и обозначений

ГО "город Калининград" – городской округ "Город Калининград"

Схема ТС – схема теплоснабжения (в соотв. с Федеральным законом от 27.07.2010 № 190-ФЗ "О теплоснабжении")

ГВС – горячее водоснабжение

ЕТО – единая теплоснабжающая организация

ЗРА – запорно-регулирующая арматура

ТС – теплоснабжение или тепловая сеть (в зависимости от контекста)

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль

Сокращения наименований юридических лиц (организаций):

Сокращенное наименование организации по тексту	Полное наименование организации (филиала)
АО "Интер РАО – Электрогенерация"	Акционерное общество "Интер РАО – Электрогенерация" (филиал "Калининградская ТЭЦ-2")
АО "Калининградская генерирующая компания"	Акционерное общество "Калининградская генерирующая компания" (калининградский филиал "ТЭЦ-1")
ООО "ТПК "Балтптицепром"	Общество с ограниченной ответственностью "Торгово-птицеводческая компания "Балтптицепром"
МП "Калининградтеплосеть"	Муниципальное предприятие "Калининградтеплосеть" городского округа "Город Калининград"
АО "Молоко"	Акционерное общество "Молоко"
ООО "БалтРыбПром"	Общество с ограниченной ответственностью "БалтРыбПром"
АО Институт "Заповодпроект"	Акционерное общество "Западный проектно-изыскательский институт "Заповодпроект"
ООО "Комфорт сервис"	Общество с ограниченной ответственностью "Комфорт сервис"
ООО "Энергия"	Общество с ограниченной ответственностью "Энергия"
ОАО "РЖД"	Открытое акционерное общество "Российские железные дороги" (филиал "Калининградская железная дорога")
ФГБУ "ЦЖКУ" Минобороны России	Федеральное государственное бюджетное учреждение "Центральное жилищно-коммунальное управление" Министерства обороны Российской Федерации
АО "Кварц"	Акционерное общество "Кварц"
ООО "БалтТехПром"	Общество с ограниченной ответственностью "БалтТехПром"
ФКУ ИК-8 УФСИН России по Калининградской области	Федеральное казенное учреждение "Исправительная колония № 8 Управления Федеральной службы исполнения наказаний по Калининградской области"
ФГКОУ КаПИ ФСБ России	Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский пограничный институт Федеральной службы безопасности Российской Федерации"
КпСП администрации ГО "Город Калининград"	Комитет по социальной политике Администрации городского округа "Город Калининград"
Служба	Служба по государственному регулированию цен и тарифов Калининградской области

Глава 11 Оценка надежности теплоснабжения

Надежность теплоснабжения определяется, как способность системы теплоснабжения обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения при полном соблюдении условий безопасности для людей и окружающей среды. Надежность характеризуется вероятностью безотказной работы, коэффициентом готовности и живучестью системы (СП 124.13330.2012).

Вероятность безотказной работы системы $[R_{сцт}]$ – это способность системы не допускать отказов, приводящих к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже нормативных.

Коэффициент готовности системы $[K_g]$ – это вероятность работоспособного состояния системы в произвольный момент времени поддерживать в отапливаемых помещениях расчетную внутреннюю температуру, кроме периодов снижения температуры, допускаемых нормативами.

Нормативное значение показателя готовности системы ТС:

- готовность системы ТС к отопительному сезону;
- достаточность установленной тепловой мощности источника теплоты для обеспечения исправного функционирования системы ТС при нерасчетных похолоданиях;
- способность тепловых сетей обеспечить исправное функционирование системы ТС при нерасчетных похолоданиях;
- организационные и технические мероприятия, необходимые для обеспечения исправного функционирования системы ТС на уровне заданной готовности;
- нормативное число часов готовности для источника теплоты;

Потребители теплоты по требованию к 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 (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 °С; промышленных зданий до 8 °С.
- 3) **Третья категория** – остальные потребители.

Целью расчета является количественная оценка надежности теплоснабжения потребителей в тепловых сетях (ТС) систем централизованного теплоснабжения и обоснование необходимых мероприятий по достижению требуемого уровня надежности для каждого потребителя.

Оценка надежности производится узловыми вероятностными показателями, определяемыми для потребителей, отнесенных к узлам расчетной схемы ТС.

Тепловые сети от энергоисточников работают по радиальной схеме.

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

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

В соответствии с пунктом 6.26 СП 124.13330.2012 минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для:

- $K_g = 0,97$ – нормативное значение коэффициента готовности;
- $R_{сцг} = 0,86$ – нормативное значение вероятности безотказной работы системы ТС.

Расчет выполнен при следующих допущениях:

- Рассматривается марковский стационарный процесс смены состояний ТС с простым пуассоновским распределением потока отказов.
- 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.
- Интенсивность отказов теплопроводов определяется на основе статистической обработки данных об отказах.
- При отсутствии статистических данных, расчет интенсивности отказов теплопроводов с учетом времени их эксплуатации производится по зависимостям распределения Вейбулла при начальной интенсивности отказов 1 км однолинейного теплопровода 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.
- Среднее время восстановления при отказах участков ТС в зависимости от их диаметра определена на основе статистической обработки эксплуатационных данных о восстановлении отказавших элементов (если такие данные имеются).
- Расчет показателей надежности выполнен для узлов с обобщенными потребителями.

Коэффициент тепловой аккумуляции зданий принимается по представительным в данном узле категориям зданий или для здания с наихудшей теплоустойчивостью.

Основные расчетные зависимости:

1 Интенсивность отказов элементов ТС:

1.1 Интенсивность отказов теплопровода λ с учетом времени его эксплуатации:

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

где:

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

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

α - коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации участка:

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

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

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

2 Параметр потока отказов элементов ТС:

2.1 Параметр потока отказов участков ТС:

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

где L – длина участка ТС, км;

2.2 Параметр потока отказов ЗРА:

$$\omega = \lambda_{\text{зрз}} = 2,28 \cdot 10^{-7}, 1/\text{ч}.$$

3 Среднее время до восстановления элементов ТС:

3.1 Среднее время до восстановления участков ТС :

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

где: $L_{\text{сз}}$ – расстояние между секционными задвижками, м;

d – диаметр теплопровода, м.

Значения коэффициентов а, b, с, приведенные в таблице ниже, получены на основе численных значений времени восстановления теплопроводов в зависимости от их диаметров, рекомендуемых таблицей 2 СП 124.13330.2012.

Таблица 11.1.1 – Значения коэффициентов а, b, с

Способ прокладки теплопровода	а	б	с
В канале/без канала	2,913	20,89	-1,88

Расстояния между СЗ должны соответствовать требованиям СП 124.13330.2012 и приниматься в соответствии с таблицей ниже.

Таблица 11.1.2 – Значения коэффициентов а, b, с

Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
Способ прокладки теплопровода	ответвлений нет	ответвления есть	ответвлений нет	ответвления есть
До 0,4	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

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. Установка дополнительных задвижек включается в рекомендации.

3.2 Среднее время до восстановления запорно-регулирующей арматуры (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:

$$\mu = \frac{1}{Z^B}, 1/ч.$$

5 Стационарная вероятность рабочего состояния сети:

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

где: N-число элементов ТС (участков и ЗРА).

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

$$p_f = \frac{\omega_f}{\mu_f} \cdot p_0, 1/\text{ч}.$$

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

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

где:

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

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

$q_{j,f}$ - часовой расход тепла у j -го потребителя при отказе f -го элемента при t^{HP} , Гкал/ч;

q_j^p - расчетная часовая нагрузка j -го потребителя при t^{HP} , Гкал/ч

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

z_j^B - время восстановления f -го элемента ТС, ч;

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

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

$$K_j = p_0 + \sum_{f \in F_j} p_f,$$

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):

$$P_j = e^{-[\rho_0 \cdot \sum (a_f \cdot \tau_{j,f}^{pas})]},$$

где: $\tau_{j,f}^{pas}$ - продолжительность (число часов) стояния в течение отопительного периода температуры наружного воздуха t^a ниже $t_{j,f}^{pas}$ - температура наружного воздуха, при которой время восстановления f -го элемента z_f^B равно временному резерву j -го потребителя, т.е. времени снижения температуры воздуха в здании j -го потребителя до минимально допустимого значения t_{jmin}^B .

С помощью величин $t_{j,f}^{pas}$ и $\tau_{j,f}^{pas}$ выделяется доля отопительного сезона, в течение которой выход в аварию f -го элемента влияет на величину P_j .

9.1 Температура наружного воздуха $t_{j,f}^{pas}$, при которой время восстановления f -го элемента равно временному резерву j -го потребителя.

При $\bar{q}_{j,f} = 0$ (j -ый потребитель при аварии на f -ом участке не получает тепло):

$$t_{j,f}^{pas} = \frac{t_j^{ap} - t_{jmin}^B \cdot e^{\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)}}{1 - e^{\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)}}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

При $\bar{q}_{j,f} > 0$:

$$t_{j,f}^{pas} = \frac{t_j^{ap} - \bar{q}_{j,f} \cdot (t_j^{ap} - t^{np}) - (t_{jmin}^B - \bar{q}_{j,f} \cdot (t_j^{ap} - t^{np})) \cdot e^{\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)}}{1 - e^{\left(\frac{z_f^B}{\beta_j}\right)}}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Здесь t_{jmin}^B - минимально допустимая температура воздуха в здании j -го потребителя, 0°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, t_{jmin}^B - по СП 124.13330.2012.

Продолжительности стояния температур наружного воздуха принимаются по СНиП 2.01.01-82.

9.2 Правила определения $\tau_{j,f}^{pas}$ - числа часов стояния температуры наружного воздуха ниже $t_{j,f}^{pas}$.

Если $t_{j,f}^{pas}$ оказывается равной или выше $+8^\circ\text{C}$ (начало отопительного сезона), это означает, что отказ f -го элемента нарушает пониженный уровень теплоснабжения j -го потребителя при любой температуре наружного воздуха и величина $\tau_{j,f}^{pas}$ берется равной продолжительности отопительного периода.

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 λ .

2) Если статистические данные отсутствуют, определяется интенсивность отказов λ для теплопроводов и ЗРА, имеющих продолжительность эксплуатации до 25 лет. Значение $\lambda_{\text{нач}}$ для теплопроводов принимается равным $5,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/(км}\cdot\text{ч)}$ или $0,05 \text{ 1/(км}\cdot\text{год)}$. Значение $\lambda_{\text{нач}}$ для ЗРА принимается равным $2,28 \cdot 10^{-7} \text{ 1/ч}$ или $0,002 \text{ 1/год}$.

Участки сети, работающие 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 теплопроводов на этих участках λ принимается как для новых теплопроводов в период нормальной эксплуатации ($5,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/(км}\cdot\text{ч)}$ или $0,05 \text{ 1/(км}\cdot\text{год)}$), а для участков этой группы, не рекомендуемых к перекладке – соответствующей интенсивности отказов теплопроводов с продолжительностью эксплуатации 25 лет.

3) Определяются параметры потока отказов участков ТС и ЗРА, 1/ч.

4) 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 по таблице 2 СП 124.13330.2012.

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

6) Рассчитываются интенсивности восстановления элементов ТС (участков и задвижек).

7) Определяются: вероятность рабочего состояния ТС и вероятности ее состояний, соответствующие отказам элементов.

8) 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. Этот уровень может быть определен только на основе расчетов соответствующих послеаварийных гидравлических режимов.

9) Расчеты послеаварийных гидравлических режимов производятся для двухлинейной расчетной схемы, ветви которой отображают подающие и обратные линии ТС, схемы установок потребителей и водоподогревательной установки ИТ.

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, вычисляемых по зависимости.

11) По полученным данным определяются элементы ТС, выход которых в аварию нарушает расчетный уровень теплоснабжения каждого потребителя.

12) Определяются коэффициенты готовности системы к обеспечению расчетного теплоснабжения каждого потребителя.

13) Рассчитываются вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в течение отопительного периода.

Предварительно определяются температуры наружного воздуха, при которых время восстановления f -го элемента равно временному резерву j -го потребителя и определяется число часов стояния этих температур.

14) Проверяется выполнение требований к надежности теплоснабжения потребителей. Вероятностные показатели надежности должны удовлетворять нормативным значениям:

$$K_j \geq K_r, j \in J,$$

$$P_j \geq P_{тс}, j \in J,$$

где:

$K_r = 0,97$ – нормативное значение коэффициента готовности;

$P_{тс} = 0,86$ – нормативное значение вероятности, что температура воздуха в зданиях j -го потребителя не опустится ниже граничного значения; J – множество узлов расчетной схемы ТС, к которым подключены потребители тепловой энергии.

15) Если условия нормативных требований удовлетворяются, задача решена.

Если все или часть ограничений не выполняются, то необходимо разработать мероприятия по повышению надежности теплоснабжения.

16) Проверка эффективности планируемых к реализации мероприятий по обеспечению надежного теплоснабжения потребителей осуществляется путем моделирования выполнения этих мероприятий, расчета новых значений показателей надежности и их сопоставления с показателями надежности предыдущих вариантов и с нормативными значениями показателей надежности.

17) После получения варианта, в котором выполняются нормативные требования, по выражению (2.18) рассчитывается средний суммарный недоотпуск теплоты потребителям в течение отопительного периода.

Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей в существующем состоянии систем теплоснабжения на территории ГО "город Калининград" на 01.01.2021 г.

Исходные данные

При расчете показателей надежности теплоснабжения потребителей принято:

1) Продолжительность отопительного периода:

$$\tau^{\text{от}} = 4632 \text{ ч} = 193 \text{ суток.}$$

2) Расчетная температура наружного воздуха:

$$t_{j,f}^{\text{BP}} = t^{\text{HP}} = -19^{\circ}\text{C.}$$

3) Средняя температура наружного воздуха в отопительном периоде:

$$T_{\text{ср.от.}}^{\text{HP}} = 1,1^{\circ}\text{C.}$$

4) Способ прокладки теплопроводов ТС: канальный, бесканальный.

5) Среднее значение интенсивности отказов 1 км теплопровода:

$$\Lambda_{\text{T}} = 5,7 \cdot 10^{-6}, 1/(\text{км} \cdot \text{ч}).$$

6) Среднее значение интенсивности отказов ЗРА:

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

7) Расчетное время восстановления элементов ТС в соответствии с таблицей 2 СП 124.13330.2012.

Таблица 11.1.3 – Расчетное время восстановления элементов ТС

Диаметр трубопровода, мм	Время восстановления, ч
300	15
400	18
500	22
600	26
700	29
800-1400	40
1200-1400	До 54

8) Расчетная температура воздуха в зданиях потребителей:

$$t_j^{\text{B}} = +20^{\circ}\text{C.}$$

10) Минимально допустимая температура воздуха в зданиях потребителей:

$$T_{j\text{min}}^{\text{B}} = +12^{\circ}\text{C.}$$

11) Коэффициент тепловой аккумуляции зданий обобщенных потребителей:

$$\beta = 40.$$

11.1 Метод и результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения

Методика обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения приведена выше в пункте с общим описанием настоящего документа.

Результаты обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоте отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) по системам теплоснабжения ГО "город Калининград" в соответствии с требованиями пункта 148 Методических указаний по разработке схем теплоснабжения, утвержденных Приказом Минэнерго России от 05.03.2019 № 212, приведены в таблицах ниже.

Таблица 11.1.1 – Показатели повреждаемости системы теплоснабжения в зоне деятельности ЕТО за 2016-2020гг.

№ п.п.	Наименование показателя	Количество отказов участков тепловых сетей в зоне действия источника тепловой энергии, ед./г.				
		2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
1	АО "Интер РАО – Электрогенерация" в зоне действия источника: ТЭЦ-2 (переулок Энергетиков, 2)					
1.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
1.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
1.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
1.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
2	АО "Калининградская генерирующая компания" в зоне действия источника: ТЭЦ-1 (Правая набережная, 10а)					
2.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
2.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
2.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
2.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
3	АО "Калининградская генерирующая компания" в зоне действия источника: РТС Южная (ул. Киевская д.21)					
3.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
3.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
3.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
3.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
4	ООО "ТПК "Балтптицепром" в зоне действия источника: Котельная ООО "ТПК "Балтптицепром" (ул. Сызранская, 40)					
4.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
4.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
4.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
4.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
5	МП "Калининградтеплосеть" в зоне действия ЕТО (источники № п.п. 1-51 по таблице 1.1.2 К482-21-ОМ-01)					
5.1	Всего, в т.ч.:	101	54	59	88	52
5.1.1	в отопительный период	н.д.	22	24	49	15
5.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	н.д.	32	35	39	37
5.1.2.1	во время гидравлических испытаний	н.д.	1	3	3	2
6	АО "Молоко" в зоне действия источника: Котельная АО "Молоко" (ул. Камская, 65)					
6.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
6.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
6.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
6.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
7	ООО "БалтРыбПром" в зоне действия источника: Котельная ООО "БалтРыбПром" (ул. Солдатская, 7)					
7.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0

Схема теплоснабжения городского округа "Город Калининград"
(актуализация на 2022 год)

№ п.п.	Наименование показателя	Количество отказов участков тепловых сетей в зоне действия источника тепловой энергии, ед./г.				
		2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
7.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
7.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
7.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
8	АО Институт "Запводпроект" в зоне действия источника: Котельная АО Институт "Запводпроект" (Проспект Мира, 136к1)					
8.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
8.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
8.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
8.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
9	ООО "Комфорт сервис" в зоне действия источника: Котельная ООО "Комфорт сервис" (ул. Красносельская, 76)					
9.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
9.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
9.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
9.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
10	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 71)					
10.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
10.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
10.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
10.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
11	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 73)					
11.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
11.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
11.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
11.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
12	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 75)					
12.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
12.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
12.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
12.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
13	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 77)					
13.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
13.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
13.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
13.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
14	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 79)					
14.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
14.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
14.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
14.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
15	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 81)					
15.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
15.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
15.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
15.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
16	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 83)					
16.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
16.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0
16.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
16.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0
17	ОАО "РЖД" в зоне действия источника: Котельная ОАО "РЖД" (ул. Суворова, 1а)					
17.1	Всего, в т.ч.:	0	0	0	0	0
17.1.1	в отопительный период	0	0	0	0	0

Схема теплоснабжения городского округа "Город Калининград"
(актуализация на 2022 год)

№ п.п.	Наименование показателя	Количество отказов участков тепловых сетей в зоне действия источника тепловой энергии, ед./г.				
		2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
17.1.2	в межотопительный период, в т.ч.:	0	0	0	0	0
17.1.2.1	во время гидравлических испытаний	0	0	0	0	0

11.2 Метод и результаты обработки данных по восстановлению отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения

Методика обработки данных по восстановлению отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения приведена выше в пункте с общим описанием настоящего документа.

Результаты обработки данных по восстановлению отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения ГО "город Калининград" в соответствии с требованиями пункта 148 Методических указаний по разработке схем теплоснабжения, утвержденных Приказом Минэнерго России от 05.03.2019 № 212, приведены в таблицах ниже.

Таблица 11.2.1 – Результаты обработки данных по восстановлению отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения ГО "город Калининград"

№ п.п.	Среднее время восстановления участков тепловых сетей в зоне действия источника тепловой энергии, ч				
	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
1	АО "Интер РАО – Электрогенерация" в зоне действия источника: ТЭЦ-2 (переулок Энергетиков, 2)				
1.1	0	0	0	0	0
2	АО "Калининградская генерирующая компания" в зоне действия источника: ТЭЦ-1 (Правая набережная, 10а)				
2.1	0	0	0	0	0
3	АО "Калининградская генерирующая компания" в зоне действия источника: РТС Южная (ул. Киевская д.21)				
3.1	0	0	0	0	0
4	ООО "ТПК "Балтптицепром" в зоне действия источника: Котельная ООО "ТПК "Балтптицепром" (ул. Сызранская, 40)				
4.1	0	0	0	0	0
5	МП "Калининградтеплосеть" в зоне действия ЕТО (источники № п.п. 1-51 по таблице 1.1.2 К482-21-ОМ-01)				
5.1	н.д.	14	13	13	10
6	АО "Молоко" в зоне действия источника: Котельная АО "Молоко" (ул. Камская, 65)				
6.1	0	0	0	0	0
7	ООО "БалтРыбПром" в зоне действия источника: Котельная ООО "БалтРыбПром" (ул. Солдатская, 7)				
7.1	0	0	0	0	0
8	АО Институт "Заповодпроект" в зоне действия источника: Котельная АО Институт "Заповодпроект" (Проспект Мира, 136к1)				
8.1	0	0	0	0	0
9	ООО "Комфорт сервис" в зоне действия источника: Котельная ООО "Комфорт сервис" (ул. Красносельская, 76)				
9.1	0	0	0	0	0
10	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 71)				

Схема теплоснабжения городского округа "Город Калининград"
(актуализация на 2022 год)

№ п.п.	Среднее время восстановления участков тепловых сетей в зоне действия источника тепловой энергии, ч				
	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
10.1	0	0	0	0	0
11	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 73)				
11.1	0	0	0	0	0
12	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 75)				
12.1	0	0	0	0	0
13	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 77)				
13.1	0	0	0	0	0
14	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 79)				
14.1	0	0	0	0	0
15	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 81)				
15.1	0	0	0	0	0
16	ООО "Энергия" в зоне действия источника: Котельная ООО "Энергия" (ул. Артиллерийская, 83)				
16.1	0	0	0	0	0
17	ОАО "РЖД" в зоне действия источника: Котельная ОАО "РЖД" (ул. Суворова, 1а)				
17.1	0	0	0	0	0

11.3 Результаты оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам

Расчеты оценки отказов (аварийных ситуаций) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам выполнены в модуле ZuluThermo в составе Электронной модели Схемы теплоснабжения городского округа "Город Калининград" до 2035 года (актуализация 2021 года) (К482-21-ЭМ).

По результатам оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы систем теплоснабжения ГО "город Калининград" по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам, не выявлено систем теплоснабжения, для которых значения показателей вероятности безотказной работы [Рсцг] были бы ниже минимально допустимого значения (0,86).

Однако в ряде систем теплоснабжения ГО "город Калининград" присутствуют участки тепловых сетей, расчетные показатели безотказной работы которых ниже минимально допустимого значения (0,9). Перечень таких участков приведен в Приложении 3.

11.4 Результаты оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки

Расчеты оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки выполнены в модуле ZuluThermo в составе Электронной модели Схемы теплоснабжения городского округа "Город Калининград" до 2035 года (актуализация 2021 года) (К482-21-ЭМ).

В ряде систем теплоснабжения ГО "город Калининград" присутствуют участки тепловых сетей, расчетные показатели безотказной работы которых ниже минимально допустимого значения (0,9). Перечень таких участков приведен в Приложении 3. Такие участки рекомендованы к реконструкции (замене) для обеспечения надежности теплоснабжения потребителей, в том числе в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса. Соответствующие мероприятия по реконструкции (замене) рассматриваемых

участков тепловых сетей должны производиться в рамках производственных программ теплоснабжающих (теплосетевых) организаций, эксплуатирующих такие участки.

11.5 Результаты оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии

Результаты оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии выполнены в модуле ZuluThermo в составе Электронной модели Схемы теплоснабжения городского округа "Город Калининград" до 2035 года (актуализация 2021 года) (К482-21-ЭМ) и приведены в Приложении 3.

11.6 Описание изменений в показателях надежности теплоснабжения за период, предшествующий актуализации схемы теплоснабжения, с учетом введенных в эксплуатацию новых и реконструированных тепловых сетей и сооружений на них

За период, предшествовавший настоящей актуализации Схемы ТС ГО "город Калининград", изменения произошли только в зоне деятельности ЕТО МП "Калининградтеплосеть" (в зоне действия источников тепловой энергии № п.п. 1-51 по таблице 1.1.2 К482-21-ОМ-01):

- Общее количество отказов (аварий) участков тепловых сетей снизилось с 88 до 52ед., в т.ч.:
 - 15ед. произошло в отопительный период;
 - 37ед. произошло в межотопительный период;
- Среднее время восстановления участков тепловых сетей снизилось с 13 до 10ч.