



## **ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ОКРУГА РЕФТИНСКИЙ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПЕРИОД ДО 2038 ГОДА**

**(АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2027 ГОД)**

#### **ГЛАВА 11 «ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ»**

##### **ПРИЛОЖЕНИЕ 1 «СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ АВАРИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ОТКАЗЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, СВЯЗАННЫХ С ПРЕКРАЩЕНИЕМ ПОДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, С МОДЕЛИРОВАНИЕМ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТАКИХ СИСТЕМ»**

## СОСТАВ РАБОТЫ

| Наименование документа                                                                                                                                     | Шифр                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Схема теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области на период до 2038 года (актуализация на 2027 год)                                   | 65409567.СТ-ПСТ.000.000 |
| <i>Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области на период до 2038 года (актуализация на 2027 год)</i> |                         |
| Глава 1 «Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии на цели теплоснабжения»                                      | 65409567.ОМ-ПСТ.001.000 |
| Приложение 1 «Тепловые нагрузки и потребление тепловой энергии абонентами»                                                                                 | 65409567.ОМ-ПСТ.001.001 |
| Приложение 2 «Тепловые сети»                                                                                                                               | 65409567.ОМ-ПСТ.001.002 |
| Приложение 3 «Оценка надежности теплоснабжения»                                                                                                            | 65409567.ОМ-ПСТ.001.003 |
| Приложение 1 «Графическая часть»                                                                                                                           | 65409567.ОМ-ПСТ.003.001 |
| Приложение 4 «Существующие гидравлические режимы тепловых сетей»                                                                                           | 65409567.ОМ-ПСТ.001.004 |
| Приложение 5 «Графическая часть»                                                                                                                           | 65409567.ОМ-ПСТ.001.005 |
| Глава 2 «Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения»                                                                 | 65409567.ОМ-ПСТ.002.000 |
| Приложение 1 «Характеристика существующей и перспективной застройки и тепловой нагрузки по элементам территориального деления»                             | 65409567.ОМ-ПСТ.002.001 |
| Глава 3 «Электронная модель систем теплоснабжения»                                                                                                         | 65409567.ОМ-ПСТ.003.000 |
| Приложение 1 «Графическая часть»                                                                                                                           | 65409567.ОМ-ПСТ.003.001 |
| Глава 4 «Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей»                              | 65409567.ОМ-ПСТ.004.000 |
| Приложение 1 «Перспективные гидравлические режимы тепловых сетей»                                                                                          | 65409567.ОМ-ПСТ.004.001 |
| Глава 5 «Мастер-план развития систем теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области»                                                     | 65409567.ОМ-ПСТ.005.000 |
| Глава 6 «Существующие и перспективные балансы произ-                                                                                                       | 65409567.ОМ-ПСТ.006.000 |

| Наименование документа                                                                                                                                                                                                                                     | Шифр                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| водительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей, в том числе в аварийных режимах»                                                                                       |                         |
| Глава 7 «Предложения по строительству, реконструкции, техническому перевооружению и (или) модернизации источников тепловой энергии»                                                                                                                        | 65409567.ОМ-ПСТ.007.000 |
| Глава 8 «Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей»                                                                                                                                                                  | 65409567.ОМ-ПСТ.008.000 |
| Глава 9 «Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения»                                                                                                                        | 65409567.ОМ-ПСТ.009.000 |
| Глава 10 «Перспективные топливные балансы»                                                                                                                                                                                                                 | 65409567.ОМ-ПСТ.010.000 |
| Глава 11 «Оценка надежности теплоснабжения»                                                                                                                                                                                                                | 65409567.ОМ-ПСТ.011.000 |
| Приложение 1 «Сценарии развития аварий в системах теплоснабжения при отказе элементов тепловых сетей и при аварийных режимах работы систем теплоснабжения, связанных с прекращением подачи тепловой энергии, с моделированием режимов работы таких систем» | 65409567.ОМ-ПСТ.011.001 |
| Глава 12 «Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию, техническое перевооружение и (или) модернизацию»                                                                                                                                          | 65409567.ОМ-ПСТ.012.000 |
| Глава 13 «Индикаторы развития систем теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области»                                                                                                                                                     | 65409567.ОМ-ПСТ.013.000 |
| Глава 14 «Ценовые (тарифные) последствия»                                                                                                                                                                                                                  | 65409567.ОМ-ПСТ.014.000 |
| Глава 15 «Реестр единых теплоснабжающих организаций»                                                                                                                                                                                                       | 65409567.ОМ-ПСТ.015.000 |
| Приложение 1 «Графическая часть»                                                                                                                                                                                                                           | 65409567.ОМ-ПСТ.015.001 |
| Глава 16 «Реестр мероприятий схемы теплоснабжения»                                                                                                                                                                                                         | 65409567.ОМ-ПСТ.016.000 |
| Глава 17 «Замечания и предложения к проекту схемы теплоснабжения»                                                                                                                                                                                          | 65409567.ОМ-ПСТ.017.000 |
| Глава 18 «Сводный том изменений, выполненных в доработанной и (или) актуализированной схеме теплоснабжения»                                                                                                                                                | 65409567.ОМ-ПСТ.018.000 |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1 | СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ АВАРИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ОТКАЗЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, СВЯЗАННЫХ С ПРЕКРАЩЕНИЕМ ПОДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, С МОДЕЛИРОВАНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТАКИХ СИСТЕМ..... | 7 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

## **ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ**

|                                                                                                                                                                |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Таблица 1.1. Допустимое снижение подачи теплоты при авариях (отказах) в системе централизованного теплоснабжения потребителям второй и третьей категорий ..... | 8 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

## ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Рисунок 1.1 – График остывания зданий в аварийной ситуации на источнике теплоснабжения при средней температуре наружного воздуха за ОЗП..... | 10 |
| Рисунок 1.2 – График остывания зданий в аварийной ситуации на источнике теплоснабжения при расчетной температуре наружного воздуха .....     | 10 |

## **1 СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ АВАРИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ОТКАЗЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, СВЯЗАННЫХ С ПРЕКРАЩЕНИЕМ ПОДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, С МОДЕЛИРОВАНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТАКИХ СИСТЕМ**

Согласно своду правил СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы для источника теплоты составляют 0,97. Это означает, что в течение года из 100 источников теплоснабжения допускается выход из строя 3-х источников теплоснабжения с прекращением теплоснабжения на время выше нормативного. Ретроспективный анализ технологических нарушений на источниках теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области показывает, что за последние 5 лет в результате технологических нарушений ограничений отпуска тепловой энергии и снижения качества теплоносителям не было. Таким образом, фактическая вероятность безопасной работы Рефтинской ГРЭС за последние 10 лет существенно выше нормативной.

В соответствии со сводом правил СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» при авариях (отказах) в системе централизованного теплоснабжения в течение всего ремонтно-восстановительного периода должна обеспечиваться:

- подача 100% необходимой теплоты потребителям первой категории (если иные режимы не предусмотрены договором);
- подача теплоты на отопление и вентиляцию жилищно-коммунальным и промышленным потребителям второй и третьей категорий в размерах, указанных в таблице 1.1;
- заданный потребителем аварийный режим расхода пара и технологической горячей воды;
- заданный потребителем аварийный тепловой режим работы неотключаемых вентиляционных систем;
- среднесуточный расход теплоты за отопительный период на горячее водоснабжение (при невозможности его отключения).

**Таблица 1.1. Допустимое снижение подачи теплоты при авариях (отказах) в системе централизованного теплоснабжения потребителям второй и третьей категорий**

| Наименование показателя                                                                                             | Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_0$ , °C |          |          |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                                                                     | минус 10                                                                        | минус 20 | минус 30 | минус 40 | минус 50 |
| Допустимое снижение подачи теплоты, %, до                                                                           | 78                                                                              | 84       | 87       | 89       | 91       |
| Примечание - Таблица соответствует температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. |                                                                                 |          |          |          |          |

Выполнение приведенных в таблице 1.1 условий предполагает выход из строя одного наиболее мощного элемента генерирующего оборудования на источнике тепловой энергии, то есть развитие проектной аварии (для которой проектом определены исходные события и конечные состояния и предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие, с учетом принципа единичного отказа систем безопасности или с учетом одной, независимой от исходного события ошибки персонала, ограничение ее последствий установленными для таких аварий пределами). Балансы тепловой мощности и присоединенной тепловой нагрузки в условиях аварийного вывода одного наиболее мощного элемента генерирующего оборудования на источнике тепловой энергии рассмотрены в документах «Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области на период до 2038 года (актуализация на 2027 год). Глава 4. Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей» и «Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области на период до 2038 года (актуализация на 2027 год) Глава 7. Предложения по строительству, реконструкции, техническому перевооружению и (или) модернизации источников тепловой энергии». В указанных документах сделан вывод о достаточности тепловой мощности оборудования источников теплоснабжения при развитии проектной аварии для покрытия тепловых нагрузок с учетом условий, приведенных в таблице 1.1.

Результаты расчетов показателей надежности тепловых сетей с учетом сложившихся и перспективных гидравлических режимов работы тепловых сетей (приведены в документе «Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области на период до 2038 года (актуализация на 2027 год). Глава 11. Оценка надежности теплоснабжения» показывают, что вероятность безотказной работы (ВБР) и коэффициент готовности (КГ) для СЦТ городского округа Рефтинский Свердловской области имеют нормативные значения. То есть система теплоснаб-



жения имеет способность не допускать отказов, приводящих к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже нормативных, а также характеризуется таким состоянием системы, которое способно в произвольный момент времени поддерживать в отапливаемых помещениях расчетную внутреннюю температуру, кроме периодов снижения температуры, допускаемых нормативами.

В целом следует отметить, что сценарии полного аварийного останова источников теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области с прекращением осуществления внешнего теплоснабжения от аварийного источника теплоснабжения) на длительный срок являются запроектными видами аварий (авария, вызванная не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями или сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности, исключая единичный отказ, реализацией ошибочных решений персонала) и не регламентированы сводом правил СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети».

Объемы реконструкции тепловых сетей источников централизованного теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области, подлежащих замене в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса, а также для обеспечения нормативной надежности теплоснабжения потребителей представлен в документе «Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения городского округа Рефтинский Свердловской области на период до 2038 года (актуализация на 2027 год). Глава 8. Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей».

Моделирование гидравлических режимов работы при аварийных режимах работы систем теплоснабжения, связанных с прекращением подачи тепловой энергии от источников тепловой энергии, не проводилось, так как зоны действия данных источников не пересекаются и не имеют технологических связей с другими источниками тепловой энергии. Строительство данных технологических связей (перемычек) не представляется возможным по техническим причинам: большая удаленность источников друг от друга, наличие транспортных (дороги, путепроводы, железная дорога) и/или водных преград.

Для аварийного режима, связанного с прекращением подачи тепловой энергии от источников теплоснабжения были рассчитаны графики остывания зданий в аварийной ситуации при средней температуре наружного воздуха за ОЗП (минус 5,1 град. С) и расчетной температуре наружного воздуха (минус 30 град. С). Указанные зависимости построены для случая полного прекращения циркуляции теплоносителя и при остаточной циркуляции теплоносителя (под остаточной циркуляцией теплоносителя подразумевается циркуляция теплоносителя в магистральных и квартальных тепловых сетях при

развитии аварии на источнике теплоснабжения за счет работы насосных станций и насосных групп на тепловых пунктах при полном прекращении подачи тепла от источника теплоснабжения, в данном случае учитывается теплоаккумулирующая способность сетевой воды).

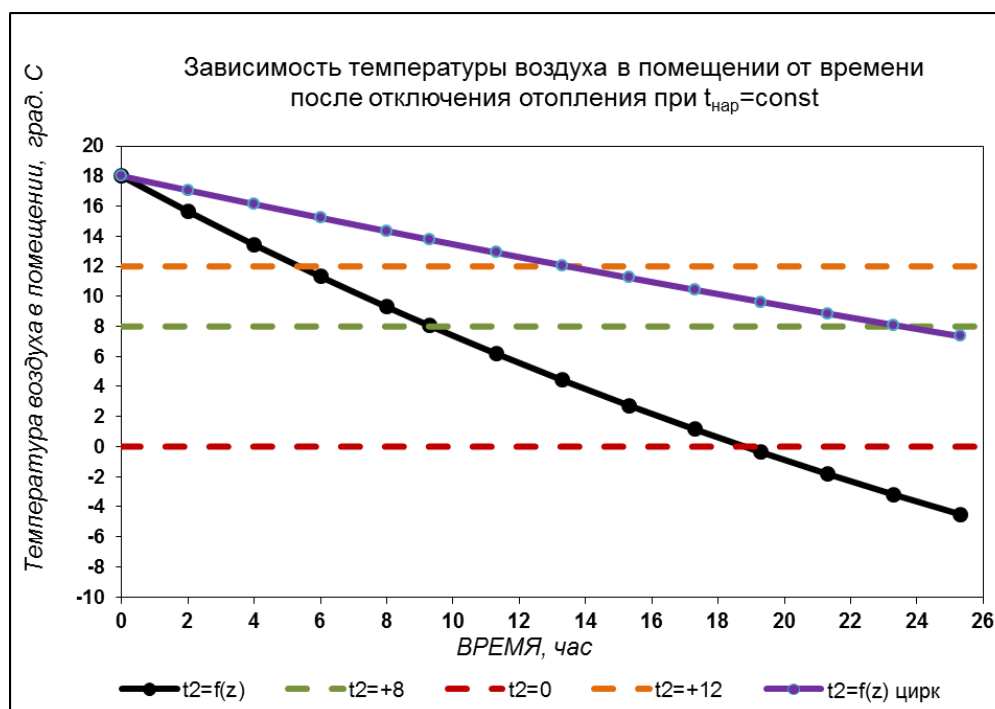


Рисунок 1.1 – График остывания зданий в аварийной ситуации на источнике теплоснабжения при средней температуре наружного воздуха за ОЗП

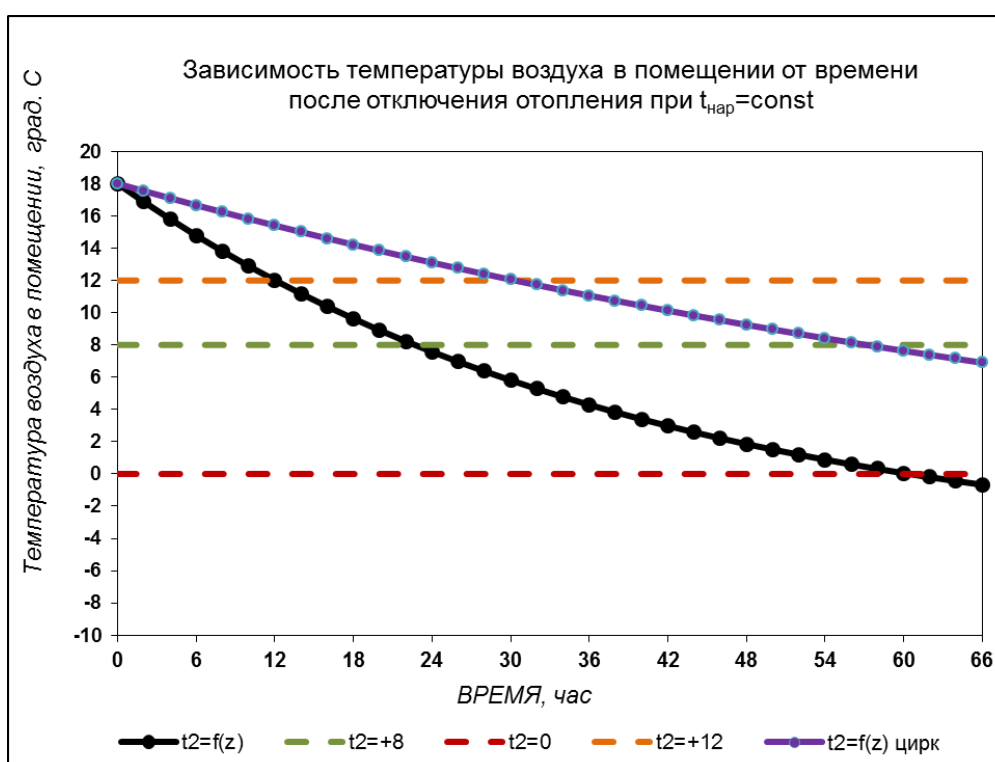


Рисунок 1.2 – График остывания зданий в аварийной ситуации на источнике теплоснабжения при расчетной температуре наружного воздуха

Расчеты показывают, что в случае аварии на источнике теплоснабжения или головных участках тепловой сети:

- при средней температуре наружного воздуха за ОЗП при наличии остаточной циркуляции ( $t_2=f(z)$  цирк), температура воздуха внутри помещения 12 град. С будет достигнута через 30,1 часа, критическая температура 8 град. С (при которой считается, что в подвальных помещениях здания может установиться температура воздуха минус 1-2 град. С) будет достигнута через 56,8 часа;
- при расчетной температуре наружного воздуха, при наличии остаточной циркуляции ( $t_2=f(z)$  цирк), температура воздуха внутри помещения 12 град. С будет достигнута через 13,4 часа, критическая температура 8 град. С (при которой считается, что в подвальных помещениях здания может установиться температура воздуха минус 1-2 град. С) будет достигнута через 23,5 часа;
- при средней температуре наружного воздуха за ОЗП при отсутствии остаточной циркуляции ( $t_2=f(z)$ ), температура воздуха внутри помещения 12 град. С будет достигнута через 12 часов, критическая температура 8 град. С (при которой считается, что в подвальных помещениях здания может установиться температура воздуха минус 1-2 град. С) будет достигнута через 22,6 часа;
- при расчетной температуре наружного воздуха, при отсутствии остаточной циркуляции ( $t_2=f(z)$ ), температура воздуха внутри помещения 12 град. С будет достигнута через 5,3 часа, критическая температура 8 град. С (при которой считается, что в подвальных помещениях здания может установиться температура воздуха минус 1-2 град. С) будет достигнута через 9,3 часа;

Из вышесказанного можно сделать выводы, что расчетное время восстановления теплоснабжения при достижении критической температуры внутри помещения 8 град. С не должно превышать

- 56,8 часов при средней температуре наружного воздуха за ОЗП при наличии остаточной циркуляции;
- 23,5 часа при расчетной температуре наружного воздуха при наличии остаточной циркуляции;

- 22,6 часа при средней температуре наружного воздуха за ОЗП при отсутствии остаточной циркуляции;
- 9,3 часа при расчетной температуре наружного воздуха при отсутствии остаточной циркуляции.

Указанные выше значения фактически лимитируют время восстановления источника теплоснабжения после возникновения аварии. Как видно из графиков одним из ключевых факторов является наличие остаточной циркуляции при аварии на источнике теплоснабжения. Для котельных наличие остаточной циркуляции должно быть обеспечено за счет наличия резервных электрических вводов (что предусмотрено действующими правилами эксплуатации).

Также следует отметить, что наступление такого события как авария на источнике теплоснабжения (с полным прекращением теплоснабжения от источника) при расчетной температуре наружного воздуха оценивается (экспертная оценка) как  $10^{-4}$ , так как наступление самого события «наиболее холодная пятидневка с обеспеченностью 0,92» (а именно ей соответствует расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления) нормативно предполагается 1 раз в 12 лет, однако фактически за последние 20 лет событие «наиболее холодная пятидневка с обеспеченностью 0,92 и средней температурой наружного воздуха минус 30 град С» не наблюдалось.