****

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ

ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ДЖИ ДИНАМИКА»



**Книга 11. ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Разработка схемы теплоснабжения муниципального образования «город Усть-Кут»

на период 2021-2025 гг.

и на перспективу до 2028 г.

**Глава 11 Оценка надежности теплоснабжения**

**Исполнитель: ООО «ДЖИ ДИНАМИКА»**

|  |  |
| --- | --- |
| **Разработчик:**  Генеральный директор  ООО «Джи Динамика»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.С. Ложкин  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г. | **Заказчик:**  МКУ «Служба заказчика по ЖКХ»  УКМО (ГП)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Жданов  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г. |

г. Санкт-Петербург, 2021 г.

Оглавление

[Общие положения 3](#_Toc79081317)

[Методика расчета надежности тепловых сетей ОАО «Газпром Промгаз» 3](#_Toc79081318)

[Основные разделы и положения СНиП 41-02-2003, используемые в расчете показателей надежности теплоснабжения 6](#_Toc79081319)

[Принятые допущения 7](#_Toc79081320)

[Основные расчетные зависимости 8](#_Toc79081321)

[Порядок расчета 11](#_Toc79081322)

[Раздел 1 Обоснование метода и результатов обработки данных по отказам участков тепловых сетей (аварийным ситуациям), средней частоты отказов участков тепловых сетей (аварийных ситуаций) в каждой системе теплоснабжения 14](#_Toc79081323)

[1.1 Текущие показатели надежности теплоснабжения 14](#_Toc79081324)

[1.2 Перспективные показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии 15](#_Toc79081325)

[1.3 Перспективные показатели надежности, определяемые приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии 16](#_Toc79081326)

[Раздел 2 Обоснование метода и результатов обработки данных по восстановлениям отказавших участков тепловых сетей (участков тепловых сетей, на которых произошли аварийные ситуации), среднего времени восстановления отказавших участков тепловых сетей в каждой системе теплоснабжения 28](#_Toc79081327)

[Раздел 3 Обоснование результатов оценки вероятности отказа (аварийной ситуации) и безотказной (безаварийной) работы системы теплоснабжения по отношению к потребителям, присоединенным к магистральным и распределительным теплопроводам 29](#_Toc79081328)

[Раздел 4 Обоснование результатов оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки 31](#_Toc79081329)

[Раздел 5 Обоснование результатов оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии 32](#_Toc79081330)

[Раздел 6 Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения 33](#_Toc79081331)

[6.1 Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих нормативную готовность энергетического оборудования 33](#_Toc79081332)

[6.2 Установка резервного оборудования 33](#_Toc79081333)

[6.3 Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть 33](#_Toc79081334)

[6.4 Резервирование тепловых сетей смежных районов города Усть-Кут 33](#_Toc79081335)

[6.5 Устройство резервных насосных станций 33](#_Toc79081336)

[6.6 Установка баков-аккумуляторов 33](#_Toc79081337)

[Раздел 7 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 34](#_Toc79081338)

# Общие положения

27 июля 2010 г. вступил в силу Федеральный закон №190-ФЗ «О теплоснабжении»; этот закон обязывает осуществлять развитие систем теплоснабжения населенных пунктов на основании разработки схем теплоснабжения, решения которых должны обеспечивать необходимые санитарно-гигиенические условия и требования к надежности теплоснабжения каждого из потребителей. Таким образом правительство страны принимает меры по улучшению положения в тепловом хозяйстве страны.

Способность действующих и проектируемых ТС обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) следует определять по трем показателям (критериям): вероятности безотказной работы [*Р*], коэффициенту готовности [КГ], живучести [*Ж*]. Расчет показателей надежности был проведен по методике, разработанной Сенновой Е. В. и Кирюхиным С. Н. в ОАО «Газпром промгаз» (Москва, 2013 г).

**Вероятность безотказной работы [P]** – способность системы не допускать отказов, приводящих к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже +12 0С, в промышленных зданиях ниже +8 0С, более числа раз, установленного нормативами.

**Коэффициент готовности (качества) системы [Kг]** — вероятность работоспособного состояния системы в произвольный момент времени поддерживать в отапливаемых помещениях расчетную внутреннюю температуру, кроме периодов снижения температуры, допускаемых нормативами

### Методика расчета надежности тепловых сетей ОАО «Газпром Промгаз»

Методические положения

**Цель расчета** – количественная оценка надежности теплоснабжения потребителей систем централизованного теплоснабжения и обоснование необходимых мероприятий по достижению требуемой надежности для каждого потребителя.

**Методика решения** этих задач определяется технологическими особенностями процессов теплоснабжения и свойствами ТС как объектов исследования надежности.

К тепловым сетям систем централизованного теплоснабжения подключено большое число узлов-потребителей, имеющих разнородную тепловую нагрузку (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, низкотемпературных технологических процессов) и предъявляющих различные требования к надежности теплоснабжения.

Важным свойством ТС является малая вероятность полного отказа системы. Для ТС с большим количеством элементов характерны частичные отказы, приводящие к отключению или снижению уровня теплоснабжения одного или части потребителей.

Для того, чтобы обеспечить надежную подачу тепловой энергии потребителям, рассредоточенным по узлам сети, в соответствии с их индивидуальными требованиями, надежность ТС необходимо оценивать узловыми показателями.

Социальный характер систем также требует рассматривать проблему надежности со стороны потребителей, отражая их требования к бесперебойности теплоснабжения, и оценивать не надежность системы, а надежность теплоснабжения потребителей.

Другая важная особенность ТС – наличие временного резерва, который создается аккумулирующей способностью отапливаемых зданий, а также возможностью некоторого снижения температуры воздуха в зданиях против расчетного значения во время восстановления теплоснабжения после отказа (при ограничении частоты отказов и их глубины в соответствии с физиологическими требованиями к температурному режиму в зданиях).

Временной резерв может быть увеличен резервированием ТС, позволяющим поддерживать в послеаварийных режимах некоторый (пониженный) уровень теплоснабжения потребителей.

Резервирование ТС, наряду с повышением качества и надежности конструкций, теплопроводов и оборудования, является основным средством обеспечения требуемого уровня надежности теплоснабжения.

При разработке схем теплоснабжения требуется решить два типа задач, связанных с расчетами надежности.

Во-первых, это расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей по характеристикам надежности элементов ТС для заданных схем и параметров сети (задачи анализа надежности).

Во-вторых, выбор (корректировка) схемы и параметров ТС на рассматриваемую перспективу с учетом нормативных требований к надежности теплоснабжения потребителей (задачи синтеза (построения) надежной сети).

Общие методические положения подходов к решению этих задач состоят в следующем.

1. Для решения задач составляется расчетная схема*,* в которой участки ТС отображаются ветвями расчетной схемы, местом расположения ИТ, потребителей и разветвлений участков сети – узлами схемы с притоками и отборами теплоносителя или без них.

2. Рассматриваются два уровня теплоснабжения потребителей – расчетный и пониженный (аварийный).В соответствии со СНиП 41-02-2003 (таблица 2.1 и п. 6.33) пониженный уровень характеризуется подачей потребителям аварийной нормы тепла во время ликвидации отказов в резервируемой части ТС.

3. Понятия отказов функционирования, соответствующих расчетному и пониженному уровням теплоснабжения, формулируются с позиций потребителей как снижение температуры воздуха в зданиях ниже граничного значения.

Для расчетного уровня теплоснабжения это граничное значение соответствует расчетной температуре воздуха в здании, для пониженного уровня - нормам, установленным СНиП 41-02-2003 (п. 4.2).

Пониженный уровень поддерживается во время ликвидации отказов в резервируемой части сети и характеризуется подачей резервной (аварийной) нормы тепла потребителям, нормируемой СНиП 41-02-2003 (таблица 2.1 и п. 6.33). Величина этой нормы определяет транспортный резерв сети.

Понятия отказов функционирования, соответствующих расчетному и пониженному уровням теплоснабжения

4. Оценка надежности производится узловыми вероятностными показателями, определяемыми для потребителей, отнесенных к узлам расчетной схемы ТС. 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, ПН рассчитываются для отопительно-вентиляционной нагрузки.

Надежность расчетного уровня теплоснабжения оценивается коэффициентами готовности , 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 , определяемыми для каждого узла-потребителя и представляющими собой вероятности того, что в течение отопительного периода температура воздуха в зданиях не опустится ниже граничного значения.

5. Для решения задач анализа (расчета ПН теплоснабжения потребителей) используются вероятностные модели функционирования системы и расчета узловых показателей, а также детерминированные модели нестационарного теплообмена в зданиях и расчета послеаварийных гидравлических режимов.

С помощью этих моделей вычисляются вероятностные меры возможных состояний ТС (рабочего и с отказом каждого из элементов), определяется количество тепловой энергии, подаваемой каждому потребителю в этих состояниях, рассчитываются ПН теплоснабжения потребителей, учитывающие временной резерв потребителей и годовые графики регулирования отпуска тепла.

6. Определение вероятностей состояний ТС и расчет послеаварийных гидравлических режимов производятся для временного сечения, соответствующего расчетной температуре наружного воздуха.

7. ПН рассчитываются за отопительный период с учетом зависимости тепловых нагрузок от температуры наружного воздуха и продолжительностей стояния температур в течение отопительного периода.

8. В задачах синтеза (построения надежных ТС на рассматриваемую перспективу) обоснование мероприятий, обеспечивающих выполнение требований СНиП 41-02-2003 к надежности теплоснабжения, производится на основе достижения двух следующих условий.

8.1 Вероятностные ПН должны удовлетворять нормативным значениям:

; (1)

; (2)

где Kг = 0,97 – нормативное значение коэффициента готовности;

Pтс = 0,9 –нормативное значение вероятности температуре воздуха в зданиях j-го потребителя не опустится ниже граничного значения теплоснабжения потребителей;

J – множество узлов расчетной схемы ТС, к которым подключены потребители тепловой энергии.

8.2 Потребители во время отказов участков резервируемой части сети должны получать аварийную норму тепла, т.е. для j-го потребителя при отказе k-го элемента:

; (3)

где - относительный(к расчетному расходу) часовой расход тепла у *j*-го потребителя при отказе *k-*го элемента кольцевой части

где - множество участков кольцевой части ТС, гидравлически связанных с j-м потребителем;

N - количество типоразмеров диаметров теплопроводов, для которых установлена норма аварийной подачи тепла.

Величина нормирована в СНиП 41-02-2003 (пп. 6.33, 6.10) в зависимости от диаметра теплопровода и расчетной температуры наружного воздуха.

Вероятностные ПН и , а также детерминированный показатель , хорошо отражают специфику резервирования в ТС и позволяют организовать рациональный алгоритм построения структуры ТС, удовлетворяющей требованиям надежности.

В ТС без резервирования величина имеет наибольшее значение по сравнению с резервированной сетью, а наименьшее. Введение в сеть минимальной структурной избыточности и дальнейшее увеличение объема резервирования ведут к повышению надежности обеспечения пониженного уровня теплоснабжения (значение растет), что обусловлено увеличением временного резерва потребителей при отказах элементов резервированной части сети.

Однако одновременно уменьшается надежность обеспечения расчетного уровня, т.е. значение (при норме аварийной подачи тепла меньше единицы по отношению к расчетной, что чаще всего имеет место). Это связано с тем, что в резервированной сети расчетное теплоснабжение потребителя нарушается не только при отказах элементов, входящих в путь его теплоснабжения, но и элементов кольцевой части сети, гидравлически связанной с этим потребителем.

Таким образом, если в тупиковой сети значения удовлетворяют нормативному значению, резервирования сети не требуется. В противном случае должен быть определен такой объем резервирования, при котором значения удовлетворят своему нормативу, а значения своего норматива не нарушат.

Если в сети без резервирования величина показателя меньше нормативного значения, это значит, что масштабы системы завышены и необходимо уменьшить радиус действия и общую длину сети от данного источника.

На основе расчета вероятностных показателей надежности теплоснабжения потребителей ТС делится на резервируемую и нерезервируемую части. В местах их сопряжения могут предусматриваться автоматизированные узлы управления потоками теплоносителя.

Показатель определяет величину транспортного резерва ТС – диаметры участков резервированной части сети должны быть рассчитаны таким образом, чтобы подача тепла потребителям во время ликвидации отказов на участках этой части сети была не менее аварийной нормы.

Затраты на резервирование могут быть снижены, если в системах есть возможность отключения нагрузки горячего водоснабжения во время ликвидации аварийных ситуаций. Неотключаемая по каким-либо причинам часть нагрузки горячего водоснабжения должна учитываться при расчете резервирования.

Данный методический подход обеспечен нормативными положениями, регламентами и показателями, включенными в СНиП 41-02-2003.

Расчет показателей надежности был произведен в расчетном комплексе Zulu 8.0.

### Основные разделы и положения СНиП 41-02-2003, используемые в расчете показателей надежности теплоснабжения

Раздел 4. Классификация

**4.2.** Потребители по надежности теплоснабжения делятся на три категории.

Первая категория – потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества тепловой энергии 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.

К ним относятся жилые и общественные здания – снижение до 12 °С; промышленные здания – снижение до 8 °С.

Третья категория – остальные потребители.

Раздел 6. Схемы теплоснабжения и тепловых сетей

**6.10.** В составе СЦТ должны предусматриваться: АВС, численность персонала и техническая оснащенность которых должны обеспечивать полное восстановление теплоснабжения при отказах на ТС в сроки, указанные в таблице 0.1.

Надежность

**6.27.** Способность действующих и проектируемых ТС обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) следует определять по трем показателям (критериям): вероятности безотказной работы [Р], коэффициенту готовности [КГ], живучести [Ж]. Расчет показателей системы с учетом надежности должен производиться для каждого потребителя.

Таблица 0.1 Допускаемое снижение подачи тепловой энергии, %,

| **Диаметр труб тепловых сетей, мм** | **Время восстановления теплоснабжения, ч** | **Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления to, °C** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **минус 10** | **минус 20** | **минус 30** | **минус 40** | **минус 50** |
| **Допускаемое снижение подачи тепловой энергии, %, до** | | | | |
| 300 | 15 | 32 | 50 | 60 | 59 | 64 |
| 400 | 18 | 41 | 56 | 65 | 63 | 68 |
| 500 | 22 | 49 | 63 | 70 | 69 | 73 |
| 600 | 26 | 52 | 68 | 75 | 73 | 77 |
| 700 | 29 | 59 | 70 | 76 | 75 | 78 |
| 800-1000 | 40 | 66 | 75 | 80 | 79 | 82 |
| 1200-1400 | До 54 | 71 | 79 | 83 | 82 | 85 |

**6.28.** Минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для:

-источника тепловой энергии = 0,97;

-тепловых сетей = 0,9;

-потребителя тепловой энергии = 0,99;

-СЦТ в целом = 0,9×0,97×0,99 = 0,86.

Заказчик вправе устанавливать в техническом задании на проектирование более высокие показатели.

**6.31.** Минимально допустимый показатель готовности СЦТ к исправной работе КГ принимается 0,97.

В п. **6.29** рекомендуется определять:

- места соединения радиальных теплопроводов резервными связями;

- достаточность диаметров реконструируемых и новых теплопроводов для обеспечения резервной подачи тепловой энергии потребителям при отказах;

- конкретные участки для замены конструкций ТС и теплопроводов на более надежные, а также переход на надземную или тоннельную прокладку;

- очередность ремонтов и замен теплопроводов, частично или полностью выработавших свой ресурс;

- необходимость работ по дополнительному утеплению зданий.

Резервирование

**6.33.** При подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканальной прокладке величина подачи тепловой энергии (%) для обеспечения внутренней температуры воздуха в отапливаемых помещениях не ниже 12 °С в течение ремонтно-восстановительного периода после отказа должна приниматься по табл. 0.1.

### 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. Интенсивность отказов теплопроводов определяется на основе статистической обработки данных об отказах – если такие данные имеются. Для получения обоснованных результатов выборки должны обладать соответствующей однородностью, полнотой и значимостью.

5. Если статистические данные по отказам не используются, 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 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 10-7 1/ч или 0,002 1/год.

6. Среднее время восстановления при отказах участков ТС в зависимости от их диаметра определяется на основе статистической обработки эксплуатационных данных о восстановлении отказавших элементов (если такие данные имеются). Для получения обоснованных результатов выборки должны обладать соответствующей однородностью, полнотой и значимостью.

7. Если статистические данные о времени восстановления не используются, расчет среднего времени восстановления участков ТС в зависимости от их диаметра и расстояния между СЗ производится в соответствии с (8).

8. 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.

### Основные расчетные зависимости

1. Интенсивность отказов элементов ТС
   1. Интенсивность отказов теплопровода с учетом времени его эксплуатации [9]:

|  |  |
| --- | --- |
| , 1/(км·ч) | (4) |

где – начальная интенсивность отказов теплопровода, соответствующая периоду нормальной эксплуатации, 1/(км·ч);

- продолжительность эксплуатации участка, лет;

- коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации участка:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

* 1. Интенсивность отказов ЗРА(одной единицы):

|  |  |
| --- | --- |
| , 1/ч. |  |

1. Параметр потока отказов элементов ТС:
   1. Параметр потока отказов участков ТС:

|  |  |
| --- | --- |
| , 1/ч, | (6) |

где - длина участка ТС, км;

* 1. Параметр потока отказов ЗРА:

|  |  |
| --- | --- |
| ,1/ч. | (7) |

1. Среднее время до восстановления элементов ТС
   1. Среднее время до восстановления участков ТС [10]:

|  |  |
| --- | --- |
| , ч | (8) |

где: - расстояние между секционирующими задвижками, км;

*d* – диаметр теплопровода, м.

Значения коэффициентов *a, b, c* для формулы (8)*,* приведенные в таблице 0.2, получены на основе численных значений времени восстановления теплопроводов в зависимости от их диаметров, рекомендуемых СНиП 41-02-2003.

Расстояния между СЗ должны соответствовать требованиям СНиП 41–02–2003 (п. 10.17) [4] и приниматься в соответствии с таблицей 0.3.

Таблица 0.2 Значения коэффициентов a, b, c

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Коэффициент** | **a** | **b** | **c** |
| Значение | 2.91256074780734 | 20.8877641154199 | -1.87928919400643 |

Таблица 0.3 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 | 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 | 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 | 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) |

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 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.

1. Интенсивность восстановления элементов ТС:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | , 1/ч | (9) |

1. Стационарная вероятность рабочего состояния сети:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

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

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

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

1. Температура воздуха в здании *j*-го потребителя в конце периода восстановления j-го элемента:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |

где - расчетная температура воздуха в здании *j*-го потребителя, 0С;

- расчетная для отопления температура наружного воздуха, 0С;

– часовой расход тепла у *j*-го потребителя при отказе *f-*го элемента при, Гкал/ч;

– расчетная часовая нагрузка *j*-го потребителя при, Гкал/ч;

– относительный часовой расход тепла у *j*-го потребителя при отказе *f*-го элемента при:

- время восстановления *f*-го элемента ТС, ч;

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| , | (13) |

где: *-* множество элементов ТС, выход которых в аварию не нарушает расчетный уровень теплоснабжения *j*-го потребителя.

1. 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[5]):

|  |  |
| --- | --- |
| , | (14) |

где – продолжительность (число часов) стояния в течение отопительного периода температуры наружного воздуха tн ниже - температура наружного воздуха, при которой время восстановления *f*-го элемента равно временному резерву *j*-го потребителя, т.е. времени снижения температуры воздуха в здании *j*-го потребителя до минимально допустимого значения .

С помощью величин и выделяется доля отопительного сезона, в течение которой выход в аварию *f*-го элемента влияет на величину.

* 1. Температура наружного воздуха , при которой время восстановления *f*-го элемента равно временному резерву *j*-го потребителя

При (*j*-ый потребитель при аварии на *f*-ом участке не получает тепло):

|  |  |
| --- | --- |
| 𝑡𝑗,𝑓рав=𝑡𝑗вр− 𝑡𝑗 𝑚𝑖𝑛в∙𝑒𝑧𝑓в𝛽𝑗1−𝑒𝑧𝑓в𝛽𝑗 | (15) |

При :

|  |  |
| --- | --- |
| 𝑡𝑗,𝑓рав=𝑡𝑗вр−𝑞𝑗,𝑓∙𝑡𝑗вр−𝑡нр−𝑡𝑗 𝑚𝑖𝑛в−𝑞𝑗,𝑓∙𝑡𝑗вр−𝑡нр ∙𝑒𝑧𝑓в𝛽𝑗1−𝑒𝑧𝑓в𝛽𝑗 | (15а) |

Здесь - минимально допустимая температура воздуха в здании *j*-го потребителя, 0С.

Численные значения коэффициентов тепловой аккумуляции зданий различных типов принимаются в соответствии с рекомендациями МДС 41-6.2000 [21].

Расчетные температуры воздуха в зданиях принимаются в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.2.2645-10 [22], - по СНиП 41-02-2003 (п. 4.2) [4].

Продолжительности стояния температур наружного воздуха принимаются по СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология» [23].

* 1. Правила определения - числа часов стояния температуры наружного воздуха ниже

Если оказывается равной или выше +8 оС (начало отопительного сезона), это означает, что отказ *f*-го элемента нарушает пониженный уровень теплоснабжения *j*-го потребителя при любой температуре наружного воздуха и в формуле (14) величина берется равной продолжительности отопительного периода.

Если оказывается равной, отказ j-го элемента влияет на теплоснабжение *j*-го потребителя только при температурах ниже расчетных и в формуле (14) берется равной - числу часов стояния температуре наружного воздуха ниже.

Если (минимальная температура наружного воздуха), отказ *f*-го элемента не влияет на теплоснабжение *j*-го потребителя и в формуле (14) берется равной нулю.

Если , то = .

|  |  |
| --- | --- |
| 𝜏𝑗,𝑓рав=𝜏хол+𝜏от−𝜏хол∙𝑡𝑗,𝑓рав−𝑡нр8−𝑡нр𝑡н ср−𝑡нр8−𝑡н ср, | (16) |

Если и значение определяется по графику продолжительностей стояния температур (график Россандера) [17]:

где: - продолжительность стояния температуры наружного воздуха ниже расчетной для отопления, ч;

- продолжительность отопительного периода, ч;

- средняя за отопительный период температура наружного воздуха, 0С.

Таким образом, автоматически выделяются: а) элементы, отказы которых нарушают и не нарушают пониженный уровень теплоснабжение потребителя, и б) доля отопительного периода, в течение которой нарушение имеет место.

1. Средний суммарный недоотпуск тепловой энергии *j*-му потребителю в течение отопительного периода:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (17) |

где – расчетный при часовой расход теплоносителя у *j*-го потребителя, т/ч;

– часовой расход теплоносителя у *j*-го потребителя при отказе f*-*го элемента, т/ч;

и - расчетные (при ) температуры воды в подающей и обратной магистралях ТС, 0С.

### 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 .

2. Если статистические данные отсутствуют, по выражениям (4) и (5) определяется интенсивность отказов для теплопроводов и ЗРА, имеющих продолжительность эксплуатации до 25 лет. Значение для теплопроводов принимается равным 5,7∙10-6 1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год). Значение для ЗРА принимается равным 2,28∙10-7 1/ч или 0,002 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 принимается как для новых теплопроводов в период нормальной эксплуатации (5,7 10-6 1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год)), а для участков этой группы, не рекомендуемых к перекладке – соответствующей интенсивности отказов теплопроводов с продолжительностью эксплуатации 25 лет.

3. В соответствии с (6) и (7) 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 восстановлении отказавших участков в зависимости от их диаметра.

Полученные значения сопоставляются с рекомендованными СНиП 41-02-2003 сроками восстановления теплоснабжения. При не соблюдении этих рекомендаций разрабатываются предложения по снижению времени восстановления теплоснабжения при отказах (повышение технической оснащенности АВС, увеличение численности ремонтного персонала и др.).

5. При отсутствии статистических данных о времени восстановления теплоснабжения при отказах участков ТС с помощью формулы (8) и таблицы 0.2 определяется среднее время до восстановления участков ТС – в зависимости от их диаметров и расстояний между СЗ.

6. По выражению (9) рассчитываются интенсивности восстановления элементов ТС (участков и задвижек).

7. В соответствии с (10) и (11) 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 тепловой энергии (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.

Расчеты выполняются с помощью математических моделей потокораспределения, реализованных в соответствующих геоинформационных системах и программно-расчетных комплексах (например, ГИС Zulu и ПРК ZuluThermo). Моделирование послеаварийных ситуаций производится путем автоматического поочередного исключения элементов из расчетной схемы 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 (), вычисляемых по зависимости (12).

11. По полученным данным определяются элементы ТС, выход которых в аварию нарушает расчетный уровень теплоснабжения каждого потребителя, и формируются множества Fj для выражений (13).

12. По зависимости (13) определяются коэффициенты готовности системы к обеспечению расчетного теплоснабжения каждого потребителя.

13. В соответствии c (14) рассчитываются вероятности безотказного теплоснабжения потребителей в течение отопительного периода.

Предварительно по формулам (15) или (15а) определяются температуры наружного воздуха , при которых время восстановления f-го элемента равно временному резерву j-го потребителя и определяется число часов стояния этих температур (по зависимости (16) и правилам, изложенным в п. 9.3 предыдущего раздела).

14. Проверяется выполнение требований (1) – (3) к надежности теплоснабжения потребителей и, если они удовлетворяются, задача решена.

15. Если при соблюдении ограничений (1) все или часть ограничений (2) не выполняются, то необходимо разработать мероприятия по повышению надежности теплоснабжения, основными из которых являются следующие:

15.1. Дополнительная перекладка участков сети с высокими значениями параметра потока отказов, которая моделируется в электронной модели схемы теплоснабжения путем изменения характеристик трубопроводов «критических» участков на характеристики «новых» трубопроводов. Необходимо иметь в виду, что техническое несовершенство систем недопустимо компенсировать резервированием.

15.2. Введение или увеличение объема резервирования тепловой сети путем устройства аварийных перемычек, дублирования участков сети, увеличения диаметров теплопроводов, увеличения располагаемого напора на коллекторах источника. При этом сначала следует резервировать головные участки ТС, при необходимости наращивая объем резервирования к периферии. Диаметры перемычек следует выбирать по наибольшему диаметру смежных участков сети.

Для вариантов резервирования моделируются и рассчитываются послеаварийные гидравлические режимы, соответствующие отказам элементов кольцевой части сети, и проверяется, обеспечиваются ли потребители во время ликвидации отказов нормой аварийной подачи тепла (см. выражение (3)).

Выполнение ограничений (3) означает, что диаметры реконструируемых существующих и новых проектируемых участков ТС и располагаемый напор на коллекторах ИТ достаточны.

Если выполняются не все ограничения (3), необходимо увеличение диаметров на некоторых участках кольцевой части сети и, возможно, располагаемого напора на источнике.

Для «перекладки» в первую очередь выбираются участки с максимальными удельными потерями давления.

15.3. Снижение времени восстановления теплоснабжения после отказов. При необходимости могут быть разработаны рекомендации по организации АВС с более высоким уровнем технической оснащенности и увеличенной численностью персонала.

16. Если не соблюдаются ограничения (1), это означает, что необходимо уменьшить радиус действия и общую длину сети от данного источника.

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

18. После получения варианта, в котором выполняются ограничения (1) – (3) по выражению (17) рассчитывается средний суммарный недоотпуск тепловой энергии потребителям в течение отопительного периода.

# Обоснование метода и результатов 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 (аварийным ситуациям) тепловых сетей представлена в главе «Общие положения».

Учитывая, что наиболее уязвимой частью СЦТ являются водяные тепловые сети, рассмотрим основные свойства, определяющие надежность, прежде всего, данной части СЦТ. Под надежностью тепловых сетей понимается их способность обеспечивать потребителей требуемым количеством теплоносителя при заданном его качестве, оставаясь в течение заданного срока (25-30 лет) в полностью работоспособном состоянии при сохранении заданных на стадии проектирования технико-экономических показателей (значений абсолютных и удельных потерь тепловой энергии, удельной пропускной способности, расхода электроэнергии на перекачку и др.).

Возможным вариантом оценки надежности тепловых сетей (как структурного элемента системы централизованного теплоснабжения), наряду с вероятностью безотказной работы, может служить интенсивность отказов – отношения числа функциональных отказов за рассматриваемый период к протяженности тепловой сети, шт./ (км·год).

Средняя вероятность безотказной работы тепловых сетей на перспективный 2028 год составляет 0,99.

## Текущие показатели надежности теплоснабжения

Сведения о количестве отказов тепловых сетей приведены в таблице 1.1. Время вынужденного отказа при одном нарушении принято равным 4 часам.

Таблица 1.1 Статистика отказов тепловых сетей за 2020 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование источника** | **Количество отказов в тепловых сетях, ед.** | **Количество отказов в тепловых сетях, 1/км/год** |
| котельная «Лена» | 10.00 | 0.12694 |
| котельная «Центральная» | 2.00 | - |
| котельная «Паниха» | 2.00 | 0.17151 |
| котельная «РТС» | 2.00 | 0.15309 |
| котельная «ЯГУ» | 2.00 | 0.42355 |
| котельная «Бирюсинка-2» | 2.00 | 0.14384 |
| котельная «РЭБ (новая)» | 1.00 | 0.05992 |
| котельная «ЗГР» | 11.00 | 1.01776 |
| котельная «Лена-Восточная (новая)» | 10.00 | 1.29803 |
| котельная «Холбос» | 2.00 | 0.58343 |
| котельная «Курорт» | 2.00 | 0.32925 |
| котельная «УК 272/5» | 2.00 | 0.46664 |
| котельная АО «Иркутскнефтепродукт» | 8.00 | 0.55517 |

Таблица 1.2 Результаты расчета существующих показателей надежности потребителей

| **Параметр** | **Период** |
| --- | --- |
| **2020** |
| **Продолжительность отопительного периода в часах** | **6168** |
| **Средняя температура наружного воздуха за отопительный период** | **-12.3** |
| **Стационарная вероятность рабочего состояния сети** |  |
| котельная «Лена» | 1,0 |
| котельная «Центральная» | - |
| котельная «Паниха» | 0,999258 |
| котельная «РТС» | 0,999401 |
| котельная «ЯГУ» | 0,999798 |
| котельная «Бирюсинка-2» | 0,999377 |
| котельная «РЭБ (новая)» | 0,999158 |
| котельная «ЗГР» | 0,999326 |
| котельная «Лена-Восточная (новая)» | 0,999545 |
| котельная «Холбос» | 0,999862 |
| котельная «Курорт» | 0,999609 |
| котельная «УК 272/5» | 0,999835 |
| котельная АО «Иркутскнефтепродукт» | 0,998944 |
| **Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей** |  |
| котельная «Лена» | - |
| котельная «Центральная» | - |
| котельная «Паниха» | 0,999295 |
| котельная «РТС» | 0,998186 |
| котельная «ЯГУ» | 0,999798 |
| котельная «Бирюсинка-2» | 0,999378 |
| котельная «РЭБ (новая)» | 0,995395 |
| котельная «ЗГР» | 0,996395 |
| котельная «Лена-Восточная (новая)» | 0,997401 |
| котельная «Холбос» | 0,998918 |
| котельная «Курорт» | 0,999397 |
| котельная «УК 272/5» | 0,999835 |
| котельная АО «Иркутскнефтепродукт» | 0,99732 |

## Перспективные показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии

Перспективные показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии, учитываются при расчете вероятности безотказной работы системы централизованного теплоснабжения.

Низкий показатель вероятности безотказного теплоснабжения потребителей является прямым следствием высокого износа внутриквартальных трубопроводов. В рамках реализации мероприятий схемы теплоснабжения предусматривается перекладка тепловых сетей в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса. Данные мероприятия позволят существенно снизить поток отказов и повысить показатели вероятности безотказной работы.

Таблица 1.3 Перспективные показатели надежности, определяемые числом нарушений в подаче тепловой энергии

| **Параметр** | **Период** |
| --- | --- |
| **2028** |
| **Продолжительность отопительного периода в часах** | **6168** |
| **Средняя температура наружного воздуха за отопительный период** | **-12.3** |
| **Стационарная вероятность рабочего состояния сети** |  |
| котельная «Лена» | 1,0 |
| котельная «Центральная» | - |
| котельная «Паниха» | 0,999258 |
| котельная «РТС» | 0,999401 |
| котельная «ЯГУ» | 0,999798 |
| котельная «Бирюсинка-2» | 0,999377 |
| котельная «РЭБ (новая)» | 0,999158 |
| котельная «ЗГР» | 0,999326 |
| котельная «Лена-Восточная (новая)» | 0,999545 |
| котельная «Холбос» | 0,999862 |
| котельная «Курорт» | 0,999609 |
| котельная «УК 272/5» | 0,999835 |
| котельная АО «Иркутскнефтепродукт» | 0,998944 |
| котельная "ИНК" | 1,0 |
| **Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей** |  |
| котельная «Лена» | - |
| котельная «Центральная» | - |
| котельная «Паниха» | 0,999295 |
| котельная «РТС» | 0,998186 |
| котельная «ЯГУ» | 0,999798 |
| котельная «Бирюсинка-2» | 0,999378 |
| котельная «РЭБ (новая)» | 0,995395 |
| котельная «ЗГР» | 0,996395 |
| котельная «Лена-Восточная (новая)» | 0,997401 |
| котельная «Холбос» | 0,998918 |
| котельная «Курорт» | 0,999397 |
| котельная «УК 272/5» | 0,999835 |
| котельная АО «Иркутскнефтепродукт» | 0,99732 |
| котельная "ИНК" | 1,0 |
| **Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей** |  |
| котельная «Лена» | 0,84375-0,96977 |
| котельная «Центральная» | - |
| котельная «Паниха» | 0,91966-0,9996 |
| котельная «РТС» | 0,99943 -0,99962 |
| котельная «ЯГУ» | 0,99956-0,99994 |
| котельная «Бирюсинка-2» | 0,99759-0,9998 |
| котельная «РЭБ (новая)» | 0,94009 -0,99898 |
| котельная «ЗГР» | 0,98909-0,996 23 |
| котельная «Лена-Восточная (новая)» | 0,99945-0,99966 |
| котельная «Холбос» | 0,99978- 0,99991 |
| котельная «Курорт» | 0,99432-0,9993 |
| котельная «УК 272/5» | 0,99516-0,99996 |
| котельная АО «Иркутскнефтепродукт» | 0,93611-0,96544 |
| котельная "ИНК" | 0,99957-0,99976 |

С учетом рекомендаций по перекладки ТС с увеличением диаметра, замене сетей в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса, прокладки новых сетей (см. Глава 8. Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей) на конец рассматриваемого периода ожидается существенное улучшение показателей надежности теплоснабжения и увеличение вероятности безотказной работы системы централизованного теплоснабжения выше нормируемого значения 0,86.

## Перспективные показатели надежности, определяемые приведенной продолжительностью прекращений подачи тепловой энергии

Продолжительность прекращений подачи тепловой энергии определялась как расчетное время восстановления участков тепловой сети. Результаты расчетов представлены в таблицах 1.4-1.15

Таблица 1.4 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «Лена»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего трубопровода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТК-26\_1591 | ЦТП-Лена\_6183 | 59 | 0.35 | 20.073484 | 0.049817 |
| ТК-2A2\_1605 | З-1\_5889 | 33 | 0.41 | 23.719696 | 0.042159 |
| ТК-13F9\_1558 | ТК-13FA\_1574 | 47 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F7\_1556 | ТК-13F8\_1598 | 55 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| «Лена» | УТ-1\_6064 | 1 | 0.509 | 29.963928 | 0.033373 |
| ТК-13FA\_1574 | ТК-13FB\_1559 | 45 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F8\_1598 | ТК-13F9\_1558 | 166 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F6\_142 | ТК-13F6.1\_1920 | 22 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-8\_70 | ТК-9\_136 | 105 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ЦТП-Лена\_3786 | ЦТП-Лена | 5 | 0.207 | 12.09132 | 0.082704 |
| ТК-43\_3715 | ТК-44\_3718 | 18 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-42\_3713 | ТК-43\_3715 | 33 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-30\_370 | ТК-31\_372 | 46 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ТК-29\_368 | ТК-30\_370 | 29 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ТК-28\_367 | ТК-29\_368 | 47 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ТК-13FD\_335 | ТК-13FE\_343 | 79 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13FC\_331 | ТК-13FD\_335 | 2 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-2A6\_301 | ПНС "Железнодорожник"\_304 | 14.78 | 0.257 | 14.031539 | 0.071268 |
| ПНС "Железнодорожник"\_304 | ТК-2A7\_302 | 2.5 | 0.257 | 14.031539 | 0.071268 |
| ТК-2A5\_296 | ТК-2А6А\_5670 | 440 | 0.257 | 14.031539 | 0.071268 |
| ТК-2A4\_294 | ТК-2A5\_296 | 173 | 0.257 | 14.031539 | 0.071268 |
| ТК-2A3\_293 | ТК-2A4\_294 | 5 | 0.257 | 14.031539 | 0.071268 |
| ТК-2A1\_291 | ТК-2A2\_1605 | 144 | 0.309 | 16.839836 | 0.059383 |
| ТК-2\_114 | ТК-2A1\_291 | 556 | 0.309 | 16.839836 | 0.059383 |
| ТК-62\_283 | ТК-63\_258 | 11 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-61\_256 | ТК-62\_283 | 57 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-60\_280 | ТК-61\_256 | 23 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-59\_254 | ТК-60\_280 | 34 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-51\_277 | ТК-52\_233 | 20 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-50.1\_1881 | ТК-51\_277 | 12 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-47\_274 | ТК-48\_225 | 18 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-46\_271 | ТК-47\_274 | 30 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-45\_220 | ТК-46\_271 | 21 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-64\_259 | ТК-65\_265 | 36 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-63\_258 | ТК-64\_259 | 12 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-58\_251 | ТК-59\_254 | 15 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-57\_249 | ТК-58\_251 | 13 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-56\_244 | ТК-57\_249 | 60 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-55\_241 | ТК-56\_244 | 7 | 0.257 | 14.636546 | 0.068322 |
| ТК-54\_238 | ТК-55\_241 | 114 | 0.257 | 14.636546 | 0.068322 |
| ТК-53\_235 | ТК-54\_238 | 57 | 0.257 | 14.636546 | 0.068322 |
| ТК-52\_233 | ТК-53\_235 | 8 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-49\_227 | ТК-50\_230 | 21 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-48\_225 | ТК-49\_227 | 24 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-44\_3718 | ТК-45\_220 | 45 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-22\_1526 | ТК-23\_1584 | 71 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-11\_139 | ТК-12\_81 | 85 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-10\_76 | ТК-11\_139 | 78 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-9\_136 | ТК-10\_76 | 45 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-4\_118 | ТК-5\_53 | 78 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-3\_116 | ТК-3.1\_5634 | 72 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-2\_114 | ТК-3\_116 | 3 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-1\_112 | ТК-2\_114 | 45 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-17\_99 | ТК-17.1\_5650 | 24 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-16\_91 | ТК-17\_99 | 40 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-15\_88 | ТК-16\_91 | 30 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-14\_85 | ТК-15\_88 | 64 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-13\_83 | ТК-14\_85 | 78 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-12\_81 | ТК-13\_83 | 29 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-7\_69 | ТК-8\_70 | 78 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-27\_5563 | ТК-28\_3556 | 500 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-C61\_3 | ТК-C61б\_5652 | 59.42 | 0.15 | 8.594961 | 0.116347 |
| ТК-21\_1522 | ТК-22\_1526 | 56 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-K9\_2972 | ТК-KA\_2974 | 36 | 0.309 | 17.623476 | 0.056742 |
| ТК-KA\_2974 | ТК-KB\_2977 | 78 | 0.309 | 17.623476 | 0.056742 |
| ТК-KB\_2977 | ТК-KC\_2979 | 10 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
|  | ТК-1\_615 | 65 | 0.614 | 0 | 0 |
| ТК-80\_7266 | ТК-79\_7400 | 100 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-19K2\_1514 | ТК-21\_1522 | 7 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-20\_7374 | ТК-21\_1522 | 44 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-19\_1510 | ТК-20\_7374 | 27 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-79\_7400 | ТК-78\_7402 | 225 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-78\_7402 | ТК-77\_5509 | 1102 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-13F5\_7404 | ТК-13F6\_142 | 10 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-28\_3556 | ТК-29\_7441 | 161 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТПП | ТК-1\_615 | 129 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| УТ-2\_4467 | тк-ТПП\_4483 | 419.58 | 0.509 | 27.736453 | 0.036054 |
| тк-ТПП\_4483 | ТПП | 17.81 | 0.509 | 27.736453 | 0.036054 |
| ТК-41\_3705 | ТК-42\_3713 | 18 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-40\_3699 | ТК-40.2\_1825 | 30 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-38\_3687 | ТК-39\_3697 | 94 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-39\_3697 | ТК-40\_3699 | 11 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-37\_3673 | ТК-38\_3687 | 56 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-36\_3665 | ТК-37\_3673 | 3 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-35.1\_1930 | ТК-36\_3665 | 142 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-34\_3647 | ТК-35\_3653 | 35 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ТК-33\_3644 | ТК-34\_3647 | 33 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ТК-32\_3635 | ТК-33\_3644 | 26 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ТК-31.1\_1826 | ТК-32\_3635 | 26 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ТК-KC\_2979 | ТК-KD\_3011 | 87 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-KD\_3011 | ТК-KE\_3016 | 74 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-KE\_3016 | ТК-KF\_3019 | 54 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-KF\_3019 | ТК-KG\_3014 | 41 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-KG\_3014 | ТК-KH\_3022 | 52 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-KH\_3022 | ТК-Ki\_3024 | 23 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-Ki\_3024 | ТК-KJ\_3027 | 68 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-KJ\_3027 | ТК-KK\_3030 | 54 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ЦТП-1(Речники2)\_3310 | ТК-K9\_2972 | 13 | 0.41 | 23.757437 | 0.042092 |
| ТК-J2\_3067 | ТК-J3\_3070 | 67 | 0.207 | 11.849876 | 0.084389 |
| ТК-J3\_3070 | ТК-J4\_3076 | 10 | 0.207 | 11.849876 | 0.084389 |
| ТК-J4\_3076 | ТК-J5\_3078 | 61 | 0.207 | 11.849876 | 0.084389 |
| ТК-J5\_3078 | ТК-J6\_3211 | 74 | 0.207 | 11.849876 | 0.084389 |
| ТК-12\_844 | ТК-13\_3092 | 186 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-13\_3092 | ТК-14\_3120 | 322 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-14\_3120 | ТК-15\_3146 | 91 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-15\_3146 | ТК-15.1\_6297 | 16.1 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-15K1\_3153 | ТК-15K2\_3156 | 154 | 0.41 | 22.751217 | 0.043954 |
| ТК-15\_3146 | ТК-16\_3222 | 187 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-15K2\_3156 | ЦТП-1\_3291 | 255 | 0.41 | 22.751217 | 0.043954 |
| ТК-K1\_3175 | З-7\_5895 | 45 | 0.35 | 19.883872 | 0.050292 |
| ЦТП-1(Мостовик)\_3312 | ТК-K1\_3175 | 141 | 0.35 | 19.883872 | 0.050292 |
| ТК-J6\_3211 | ТК-J7\_3212 | 43 | 0.207 | 11.849876 | 0.084389 |
| ТК-16\_3222 | ТК-17\_3238 | 191 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-17\_3238 | ТК-18\_3240 | 54 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-18\_3240 | ТК-19\_3266 | 41 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-19\_3266 | ТК-20\_3268 | 208 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-O2\_3272 | ТК-O1\_3270 | 55 | 0.207 | 11.983001 | 0.083452 |
| ТК-O3\_3274 | ТК-O2\_3272 | 32 | 0.207 | 11.983001 | 0.083452 |
| ТК-20\_3268 | ТК-21\_3504 | 109 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-21\_3504 | ТК-P1\_3342 | 313 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-P1\_3342 | УТ-P1\_5513 | 59 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-C3\_3406 | ТК-C4\_593 | 35 | 0.207 | 11.564609 | 0.086471 |
| ТК-C61a\_3411 | ТК-C61a.1\_6327 | 39 | 0.15 | 8.594961 | 0.116347 |
| ТК-4\_3412 | ТК-4.1\_6319 | 79 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| ТК-C51\_600 | ЦТП-3\_3402 | 15 | 0.207 | 11.564609 | 0.086471 |
| ЦТП-3\_3402 | ТК-C61a\_3411 | 69.8 | 0.15 | 8.594961 | 0.116347 |
| ТК-21\_3504 | ТК-22\_3507 | 246 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-22\_3507 | ТК-23\_3510 | 37 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-23\_3510 | ТК-24\_3513 | 21 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-24\_3513 | ТК-25\_3519 | 43 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-25\_3519 | ТК-26\_3522 | 96 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-26\_3522 | ТК-27\_5563 | 80 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-4.1\_6319 | ТК-5\_625 | 46 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| ТК-15.1\_6297 | ТК-15K1\_3153 | 139.9 | 0.41 | 22.751217 | 0.043954 |
| ТК-5\_53 | ТК-6\_1550 | 57 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-6\_1550 | ТК-7\_69 | 42 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-19K1\_1512 | ТК-19K2\_1514 | 33.64 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-19\_1510 | ТК-19K1\_1512 | 26 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-18\_104 | ТК-18.1\_2639 | 86 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ЦТП-1\_3291 | ЦТП-1(Речники2)\_3310 | 0.01 | 0.257 | 14.827252 | 0.067443 |
| ЦТП-1\_3291 | ЦТП-1(Мостовик)\_3312 | 0.01 | 0.35 | 19.883872 | 0.050292 |
| ТК-K4\_1056 | ТК-K41\_1025 | 79 | 0.257 | 14.665489 | 0.068187 |
| ТК-K3\_996 | ТК-K4\_1056 | 130 | 0.207 | 11.789516 | 0.084821 |
| ТК-K47\_1046 | ТК-K48\_5431 | 59 | 0.207 | 11.704225 | 0.085439 |
| ТК-K46\_1043 | ТК-K46-1\_5427 | 15 | 0.257 | 14.625826 | 0.068372 |
| ТК-K45\_1039 | ТК-K46\_1043 | 38 | 0.257 | 14.625826 | 0.068372 |
| ТК-K44\_1035 | ТК-K45\_1039 | 69 | 0.257 | 14.625826 | 0.068372 |
| ТК-K43\_1033 | ТК-K44\_1035 | 6 | 0.207 | 12.097935 | 0.082659 |
| ТК-K42\_1029 | ТК-K43\_1033 | 20 | 0.257 | 14.665489 | 0.068187 |
| ТК-K41\_1025 | ТК-K42\_1029 | 52 | 0.257 | 14.665489 | 0.068187 |
| ТК-K2\_3176 | ТК-K3\_996 | 104 | 0.35 | 20.011211 | 0.049972 |
| ТК-E05\_824 | ТК-E2\_682 | 73 | 0.41 | 23.008264 | 0.043463 |
| ТК-C2\_672 | ТК-C3\_3406 | 49 | 0.207 | 11.564609 | 0.086471 |
| ТК-2\_6343 | ТК-3\_717 | 157 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| ТК-9\_742 | ТК-10\_698 | 23 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-E5\_838 | ТК-E6\_2868 | 68 | 0.257 | 14.48218 | 0.06905 |
| З-4\_5830 | ТК-E1\_630 | 58 | 0.41 | 23.008264 | 0.043463 |
| ТК-7\_627 | ТК-8\_629 | 10 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| ТК-6\_772 | ТК-7\_627 | 67 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| ТК-C1\_620 | ТК-C2\_672 | 143 | 0.257 | 14.585091 | 0.068563 |
| ТК-13FB\_1559 | ТК-13FC\_331 | 87 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-26'\_1604 | ТК-27\_1537 | 92 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ЦТП-Лена-2\_3797 | ТК-26'\_1604 | 88.5 | 0.309 | 17.657576 | 0.056633 |
| ТК-13\_83 | ТК-13F1\_140 | 34 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F2\_1529 | ТК-13F2.1\_1823 | 80 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F4\_1530 | ТК-13F5\_7404 | 49 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-EB6\_6733 | ТК-O3\_3274 | 45 | 0.15 | 9.052824 | 0.110463 |
| ТК-EB5\_6724 | ТК-EB6\_6733 | 208 | 0.207 | 11.865587 | 0.084277 |
| ТК-EB4\_6721 | ТК-EB5\_6724 | 390 | 0.257 | 14.409285 | 0.0694 |
| ТК-EB3\_6719 | ТК-EB4\_6721 | 65 | 0.309 | 17.126011 | 0.058391 |
| ТК-EB2\_6717 | ТК-EB3\_6719 | 81 | 0.309 | 17.126011 | 0.058391 |
| ТК-EB\_2895 | ТК-EB2\_6717 | 340 | 0.309 | 17.126011 | 0.058391 |
| ТК-C62\_6335 | ТК-C63\_6 | 309 | 0.15 | 8.594961 | 0.116347 |
| ТК-C61a.2\_6331 | ТК-C61\_3 | 215.5 | 0.15 | 8.594961 | 0.116347 |
| ТК-C61a.1\_6327 | ТК-C61a.2\_6331 | 32 | 0.15 | 8.594961 | 0.116347 |
| ТК-E2.1\_6311 | ТК-E3\_827 | 50 | 0.41 | 23.008264 | 0.043463 |
| ЦТП-Лена\_6183 | ЦТП-Лена-2\_3797 | 5 | 0.35 | 20.073484 | 0.049817 |
| ТК-27\_1537 | ТК-28\_367 | 17 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| УТ-74.1\_6088 | т.вр. "405 мкр."\_6087 | 125 | 0.15 | 8.887207 | 0.112521 |
| ТК-74-1\_5504 | УТ-74.1\_6088 | 78 | 0.15 | 8.887207 | 0.112521 |
| ТК-P5\_3369 | З-10\_5777 | 0.01 | 0.309 | 17.77579 | 0.056256 |
| ЦТП "кот. Лена" | ТК-1\_112 | 7 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| УТ-1\_6064 | ЦТП "кот. Лена" | 5.99 | 0.614 | 36.776299 | 0.027191 |
| УТ-1\_6064 | УТ-2\_4467 | 477.74 | 0.509 | 27.736453 | 0.036054 |
| ТК-70\_2466 | ТК-71\_2468 | 86 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-EB4\_6721 | ТК-J7\_3212 | 51 | 0.207 | 11.849876 | 0.084389 |
| ТК-11\_843 | ТК-12\_844 | 80 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-10\_698 | ТК-11\_843 | 330 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-23\_1584 | ТК-24\_1587 | 95 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-24\_1587 | ТК-25\_1589 | 19 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-25\_1589 | ТК-26\_1591 | 83 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-13F1\_140 | ТК-13F2\_1529 | 132 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F3\_141 | ТК-13F3.1\_1827 | 49 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ЦТП-Лена\_6183 | ЦТП-Лена\_3786 | 5 | 0.207 | 12.094628 | 0.082681 |
| З-7\_5895 | ТК-K2\_3176 | 0.01 | 0.35 | 19.722212 | 0.050704 |
| З-2\_5891 | ТК-80\_7266 | 6 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| З-1\_5889 | ТК-2A3\_293 | 0.01 | 0.41 | 23.781658 | 0.042049 |
| ТК-50\_230 | ТК-50.1\_1881 | 15 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-71\_2468 | ТК-71.1\_1883 | 21 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-E2\_682 | ТК-E2.1\_6311 | 45 | 0.41 | 23.008264 | 0.043463 |
| ТК-E1\_630 | ТК-E05\_824 | 42 | 0.41 | 23.008264 | 0.043463 |
| ТК-2\_6343 | ТК-1\_615 | 33 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| З-6\_5831 | ТК-E5\_838 | 32 | 0.35 | 20.123177 | 0.049694 |
| ТК-2А6А\_5670 | ТК-2A6\_301 | 63 | 0.257 | 14.031539 | 0.071268 |
| ТК-73\_2482 | ТК-73-1\_1885 | 102 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-5\_625 | ТК-6\_772 | 40 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| ТК-5\_1887 | ТК-76\_2488 | 224 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-C61б\_5652 | ТК-C62\_6335 | 534.01 | 0.15 | 8.594961 | 0.116347 |
| ТК-17.1\_5650 | ТК-18\_104 | 66 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-3\_717 | ТК-C1\_620 | 83 | 0.257 | 14.585091 | 0.068563 |
| ТК-1\_615 | ТК-A1\_4469 | 27.14 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| З-5\_5829 | ТК-9\_742 | 112 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-E3\_827 | ТК-Е35\_5484 | 25 | 0.41 | 23.008264 | 0.043463 |
| ТК-C5\_599 | ТК-C51\_600 | 15 | 0.207 | 11.564609 | 0.086471 |
| ТК-C4\_593 | ТК-C5\_599 | 17 | 0.207 | 11.564609 | 0.086471 |
| ТК-3\_717 | ТК-4\_3412 | 61 | 0.614 | 34.815726 | 0.028723 |
| ТК-3.1\_5634 | ТК-3.2\_1928 | 159 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-6\_1889 | ТК-5\_1887 | 39 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-66.1\_1822 | ТК-67\_2451 | 20 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| УТ-P1\_5513 | ЦТП-2 \_3347 | 54 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-77\_5509 | ТК-6\_1889 | 222 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-2A3\_293 | З-2\_5891 | 0.01 | 0.257 | 14.031539 | 0.071268 |
| ТК-75\_2477 | ТК-74-1\_5504 | 190 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-Е35\_5484 | ТК-E4\_788 | 119 | 0.41 | 23.008264 | 0.043463 |
| ТК-13F6.2\_1918 | ТК-13F7\_1556 | 10 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F6.1\_1920 | ТК-13F6.2\_1918 | 9 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F2.2\_1922 | ТК-13F3\_141 | 104 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-13F2.1\_1823 | ТК-13F2.2\_1922 | 13 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-K48\_5431 | ПНС-ЦРБ\_5432 | 190.46 | 0.207 | 11.704225 | 0.085439 |
| ТК-K46-1\_5427 | ТК-K47\_1046 | 66 | 0.257 | 14.625826 | 0.068372 |
| ТК-13F3.1\_1827 | ТК-13F4\_1530 | 7 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-3.2\_1928 | ТК-4\_118 | 10 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-35\_3653 | ТК-35.1\_1930 | 47 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-40.2\_1825 | ТК-41\_3705 | 18 | 0.309 | 16.861232 | 0.059308 |
| ТК-31\_372 | ТК-31.1\_1826 | 25 | 0.35 | 19.588971 | 0.051049 |
| ТК-18.2\_1934 | ТК-19\_1510 | 48 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-18.1\_2639 | ТК-18.2\_1934 | 8.5 | 0.509 | 27.532309 | 0.036321 |
| ТК-E8\_5349 | ТК-E8а\_2874 | 19 | 0.257 | 14.48218 | 0.06905 |
| ТК-65\_265 | ТК-66\_2449 | 117 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-66\_2449 | ТК-66.1\_1822 | 12 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-67\_2451 | ТК-68\_2453 | 24 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-68\_2453 | ТК-69\_2457 | 72 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-69\_2457 | ТК-70\_2466 | 62 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-71.1\_1883 | ТК-72\_2472 | 41 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-73-1\_1885 | ТК-74-1\_5504 | 76 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-72\_2472 | ТК-73\_2482 | 3 | 0.207 | 11.361201 | 0.088019 |
| ТК-76\_2488 | ТК-75\_2477 | 196 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-E6\_2868 | ТК-E7\_2872 | 42 | 0.257 | 14.48218 | 0.06905 |
| ТК-E7\_2872 | ТК-E8\_5349 | 18 | 0.257 | 14.48218 | 0.06905 |
| ТК-E8а\_2874 | ТК-E9\_2889 | 54 | 0.257 | 14.48218 | 0.06905 |
| ТК-E9\_2889 | ТК-EA\_2883 | 5 | 0.257 | 14.48218 | 0.06905 |
| ТК-EA\_2883 | ТК-EB\_2895 | 23 | 0.257 | 14.48218 | 0.06905 |

Таблица 1.5 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «ЗГР»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| ЦТП"ЗГР" | ТК-1\_1758 | 17 | 0.207 | 12.088674 | 0.082722 |
| ТК-1\_1758 | З-1\_7016 | 0.01 | 0.207 | 12.018474 | 0.083205 |
| ТК-2\_1760 | ТК-25\_1762 | 15 | 0.15 | 9.148217 | 0.109311 |
| ТК-2\_1760 | З-3\_7046 | 0.01 | 0.15 | 9.148217 | 0.109311 |
| ТК-3\_1764 | ТК-4\_1767 | 148 | 0.15 | 8.821926 | 0.113354 |
| ТК-5\_1770 | ТК-6\_1771 | 50 | 0.15 | 8.821926 | 0.113354 |
| ТК-4а\_1776 | ТК-5\_1770 | 56 | 0.15 | 8.821926 | 0.113354 |
| ТК-25\_1762 | З-4\_7052 | 0.01 | 0.15 | 8.727994 | 0.114574 |
| ТК-26\_1780 | ТК-27\_1783 | 25 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| ТК-27\_1783 | ТК-28\_1785 | 30 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| ТК-28\_1785 | ТК-29\_1787 | 20 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| ТК-1\_1758 | З-2\_7014 | 0.01 | 0.125 | 7.853401 | 0.127333 |
| ТК-67\_1794 | ТК-68\_1720 | 102 | 0.125 | 7.853446 | 0.127333 |
| «ЗГР»\_6052 | ТК-1-ГВС\_1802 | 17 | 0.1 | 6.751108 | 0.148124 |
| ТК-1-ГВС\_1802 | ТК-2-ГВС\_1804 | 85 | 0.1 | 6.751108 | 0.148124 |
| ТК-2-ГВС\_1804 | ТК-3-ГВС\_1806 | 70 | 0.1 | 6.751108 | 0.148124 |
| ТК-3-ГВС\_1806 | ТК-4-ГВС\_1808 | 148 | 0.1 | 6.751108 | 0.148124 |
| ТК-4-ГВС\_1808 | ТК-4а-ГВС\_1810 | 54 | 0.1 | 6.751108 | 0.148124 |
| ТК-4а-ГВС\_1810 | ТК-5-ГВС\_1812 | 56 | 0.1 | 6.751108 | 0.148124 |
| ТК-5-ГВС\_1812 | ТК-6-ГВС\_1814 | 50 | 0.1 | 6.751108 | 0.148124 |
| З-2\_7014 | ТК-67\_1794 | 67 | 0.125 | 7.853401 | 0.127333 |
| З-1\_7016 | ТК-2\_1760 | 85 | 0.207 | 12.018474 | 0.083205 |
| З-3\_7046 | ТК-3\_1764 | 70 | 0.15 | 8.813387 | 0.113464 |
| ТК-4\_1767 | ТК-4а\_1776 | 54 | 0.15 | 8.821926 | 0.113354 |
| ТК-69\_1722 | ТК-70\_1724 | 60 | 0.1 | 6.671676 | 0.149887 |
| ТК-68\_1720 | ТК-69\_1722 | 55 | 0.1 | 6.671676 | 0.149887 |
| У-36\_1697 | ТК-37\_1702 | 120 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| У-35\_1695 | У-36\_1697 | 145 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| У-34\_1693 | У-35\_1695 | 20 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| ТК-33\_1690 | У-34\_1693 | 135 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| ТК-32\_1679 | ТК-33\_1690 | 39 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| ТК-31\_1677 | ТК-32\_1679 | 72 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| ТК-30\_1675 | ТК-31\_1677 | 25 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| ТК-29\_1787 | ТК-30\_1675 | 67 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |
| «ЗГР» | ЦТП"ЗГР" | 0.01 | 0.207 | 12.088674 | 0.082722 |
| З-4\_7052 | ТК-26\_1780 | 50 | 0.15 | 8.736533 | 0.114462 |

Таблица 1.6 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «Лена-Восточная»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ЦТП"Л-В"-От\_10009 | ТК-3\_1403 | 24 | 0.309 | 17.039089 | 0.058689 |
| З-2\_7261 | ТК-4\_1409 | 30 | 0.35 | 20.126128 | 0.049687 |
| З-1\_7263 | ТК-37\_1405 | 105 | 0.207 | 11.930909 | 0.083816 |
| кт№1\_1483 | ТК-66\_1389 | 220 | 0.309 | 17.039089 | 0.058689 |
| ТК-66\_1389 | ТК-66-1\_5550 | 167 | 0.309 | 17.039089 | 0.058689 |
| ТК-26\_1398 | ЦТП"Л-В"-От\_10009 | 100 | 0.309 | 17.039089 | 0.058689 |
| ТК-3\_1403 | З-1\_7263 | 0.01 | 0.207 | 12.102814 | 0.082625 |
| ТК-3\_1403 | З-2\_7261 | 0.01 | 0.35 | 20.126128 | 0.049687 |
| ТК-4\_1409 | ТК-5\_1411 | 80 | 0.309 | 17.45498 | 0.05729 |
| ТК-66-1\_5550 | ТК-26\_1398 | 40 | 0.309 | 17.039089 | 0.058689 |
| УТ1\_1506 | кт№1\_1483 | 160 | 0.35 | 19.916638 | 0.050209 |
| «Лена-Восточная (новая)» | УТ1\_1506 | 5 | 0.35 | 19.916638 | 0.050209 |
| ТК-5\_1411 | ТК-6\_1292 | 95 | 0.309 | 17.45498 | 0.05729 |

Таблица 1.7 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «РЭБ(новая)»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УТП-33\_7755 | УТП-34\_7758 | 43.86 | 0.207 | 11.964918 | 0.083578 |
| УТП-33\_7755 | УТП-28\_7709 | 45.59 | 0.082 | 5.925279 | 0.168768 |
| УТП-32\_7747 | УТП-33\_7755 | 123.01 | 0.207 | 11.964918 | 0.083578 |
| УТП-31\_7746 | УТП-32\_7747 | 42.19 | 0.257 | 14.654995 | 0.068236 |
| УТП-30\_7733 | УТП-31\_7746 | 60.06 | 0.257 | 14.654995 | 0.068236 |
| УТП-29\_7719 | УТП-30\_7733 | 58.54 | 0.257 | 14.654995 | 0.068236 |
| УТП-24\_7692 | УТП-29\_7719 | 144.52 | 0.309 | 17.332071 | 0.057697 |
| УТП-27\_7705 | УТП-28\_7709 | 76.95 | 0.207 | 11.878792 | 0.084184 |
| УТ21\_2078 | УТП-27\_7705 | 67.08 | 0.207 | 11.878792 | 0.084184 |
| УТП-26\_7700 | УТ21\_2078 | 20.1 | 0.257 | 14.757476 | 0.067762 |
| УТП-25\_7696 | УТП-26\_7700 | 45.09 | 0.257 | 14.757476 | 0.067762 |
| УТП-24\_7692 | УТП-25\_7696 | 187.39 | 0.309 | 17.332071 | 0.057697 |
| УТП-23\_7686 | УТП-24\_7692 | 31.32 | 0.41 | 23.499826 | 0.042554 |
| УТП-19\_7666 | УТП-23\_7686 | 118.88 | 0.41 | 23.499826 | 0.042554 |
| ТК3а\_2040 | ТК-5\_2043 | 90 | 0.7 | 39.833495 | 0.025105 |
| ТК2\_2029 | ТК2.1\_7155 | 60 | 0.257 | 14.625719 | 0.068373 |
| УТ2.2\_2026 | УТ2.3\_7171 | 160 | 0.7 | 39.833495 | 0.025105 |
| УТ2.2\_2026 | УТ3\_2019 | 25 | 0.309 | 17.742492 | 0.056362 |
| З-3\_6525 | ТК3а\_2040 | 205 | 0.7 | 39.833495 | 0.025105 |
| УТ1\_2014 | З-1\_6507 | 111 | 0.7 | 39.833495 | 0.025105 |
| УТП-34\_7758 | УТП-50\_7895 | 95.14 | 0.1 | 6.718251 | 0.148848 |
| ТК2.1\_7155 | ТК2.2\_2031 | 48 | 0.257 | 14.625719 | 0.068373 |
| ТК2.3\_7157 | ТК3\_5465 | 50 | 0.257 | 14.625719 | 0.068373 |
| УТ2.3\_7171 | ТК2\_2029 | 5 | 0.7 | 39.833495 | 0.025105 |
| «РЭБ (новая)» | ТК-1\_5459 | 15 | 0.7 | 39.833495 | 0.025105 |
| ТК-1\_5459 | УТ1\_2014 | 100 | 0.7 | 39.833495 | 0.025105 |
| УТ2\_6509 | УТ2.2\_2026 | 80 | 0.7 | 39.833495 | 0.025105 |
| ТК2.2\_2031 | ТК2.3\_7157 | 30 | 0.257 | 14.625719 | 0.068373 |
| УТП-17\_7658 | УТП-19\_7666 | 97.99 | 0.509 | 28.964335 | 0.034525 |
| УТП-16\_7654 | УТП-17\_7658 | 57 | 0.509 | 28.964335 | 0.034525 |
| УТП-13\_7636 | УТП-16\_7654 | 71.21 | 0.509 | 28.964335 | 0.034525 |
| УТП-12\_7630 | УТП-13\_7636 | 46.36 | 0.509 | 28.964335 | 0.034525 |
| УТП-9\_7612 | УТП-12\_7630 | 139.11 | 0.509 | 28.964335 | 0.034525 |
| УТП-5\_7592 | УТП-9\_7612 | 139.06 | 0.614 | 34.570178 | 0.028927 |
| УТП-4\_7588 | УТП-5\_7592 | 83.35 | 0.614 | 34.570178 | 0.028927 |
| УТП-3\_7582 | УТП-4\_7588 | 60.39 | 0.614 | 34.570178 | 0.028927 |
| УТП-1\_7580 | УТП-2\_7906 | 67.12 | 0.614 | 34.570178 | 0.028927 |
| ТК-5\_2043 | УТП-1\_7580 | 236.49 | 0.614 | 34.570178 | 0.028927 |
| УТП-2\_7906 | УТП-3\_7582 | 143.28 | 0.614 | 34.570178 | 0.028927 |
| УТП-50\_7895 | УТ39\_2181 | 104.34 | 0.15 | 8.887465 | 0.112518 |

Таблица 1.8 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «Паниха»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| тк-0\_2795 | ТК-1\_6840 | 10 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-1\_6840 | ТК-2\_6842 | 196.5 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| «Паниха» | тк-0\_2796 | 0.01 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| тк-0\_2796 | НС "Паниха-севэкспедиция"\_2798 | 0.01 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| тк-0\_2796 | НС "Паниха-алгэ"\_2800 | 0.01 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| НС "Паниха-севэкспедиция"\_2798 | Регулятор\_2804 | 0.01 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| Регулятор\_2804 | ТК-1а\_6382 | 101.1 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| НС "Паниха-алгэ"\_2800 | Регулятор\_2809 | 0.01 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| Регулятор\_2809 | тк-0\_2795 | 0.01 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК1а1\_3972 | ТК1а2\_6950 | 18.5 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-1а\_6382 | ТК1а1\_3972 | 779.3 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-5\_6889 | ТК-6\_6891 | 97.9 | 0.15 | 8.988779 | 0.11125 |
| ТК-3\_6388 | ТК-4\_6389 | 17.4 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-2\_6842 | ТК-3\_6388 | 141.8 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК-4\_6389 | ТК-5\_6889 | 15.6 | 0.207 | 11.276034 | 0.088684 |
| ТК1а2\_6950 | ТК-2а\_3973 | 23.1 | 0.15 | 9.05524 | 0.110433 |

Таблица 1.9 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «Холбос»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| «Холбос» | бойлерная\_916 | 20.35 | 0.257 | 14.805544 | 0.067542 |
| ТК-1\_923 | ТК-2\_925 | 54 | 0.207 | 11.902796 | 0.084014 |
| ТК-6\_936 | ТК-9\_967 | 75 | 0.15 | 9.064622 | 0.110319 |
| ТК-2\_925 | ТК-3\_931 | 29 | 0.207 | 11.902796 | 0.084014 |
| УТ1\_918 | ТК-1\_923 | 42 | 0.207 | 11.902796 | 0.084014 |
| ТК-9\_967 | ТК-10\_970 | 38 | 0.15 | 9.064622 | 0.110319 |
| ТК-10\_970 | ТК-11\_973 | 32 | 0.15 | 9.064622 | 0.110319 |
| ТК-11\_973 | ТК-12\_976 | 19 | 0.15 | 9.064622 | 0.110319 |
| бойлерная\_916 | УТ1\_918 | 30 | 0.207 | 11.902796 | 0.084014 |
| ТК-3\_931 | ТК-5\_933 | 36 | 0.207 | 11.902796 | 0.084014 |
| ТК-5\_933 | ТК-6\_936 | 51 | 0.207 | 11.902796 | 0.084014 |

Таблица 1.10 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «ЯГУ»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТК-1\_5314 | ТК-2\_2573 | 26 | 0.257 | 14.795199 | 0.067589 |
| ТК-4\_6757 | ТК-5\_2587 | 65.8 | 0.207 | 11.848305 | 0.0844 |
| «ЯГУ» | ТК-1\_5314 | 4 | 0.257 | 14.795199 | 0.067589 |
| ТК-5\_2587 | ТК-6\_2549 | 81 | 0.207 | 11.848305 | 0.0844 |
| ТК-3\_2582 | ТК-4\_6757 | 31.9 | 0.207 | 11.848305 | 0.0844 |
| ТК-2\_2573 | УТ-2.1\_5552 | 19.8 | 0.207 | 11.848305 | 0.0844 |
| УТ-2.2\_5554 | ТК-22\_6751 | 7.3 | 0.207 | 11.848305 | 0.0844 |
| ТК-22\_6751 | ТК-3\_2582 | 48.5 | 0.207 | 11.848305 | 0.0844 |
| УТ-2.1\_5552 | УТ-2.2\_5554 | 5.7 | 0.207 | 11.848305 | 0.0844 |

Таблица 1.11 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «Бирюсинка-2»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| «Бирюсинка-2» | ТК-1\_4846 | 19.3 | 0.207 | 11.953648 | 0.083656 |
| ТК14\_4879 | ТК15\_4906 | 119.9 | 0.082 | 5.826396 | 0.171633 |
| ТК13\_4856 | ТК14\_4879 | 30.5 | 0.082 | 5.826396 | 0.171633 |
| ТК-5.2\_4840 | ТК6\_4816 | 125.9 | 0.125 | 7.838189 | 0.12758 |
| ТК-5\_4837 | ТК-5.1\_4877 | 52.8 | 0.125 | 7.838189 | 0.12758 |
| ТК41\_6802 | ТК4\_4849 | 111 | 0.15 | 9.094397 | 0.109958 |
| ТК41\_6802 | ТК5\_4596 | 1030 | 0.1 | 6.405751 | 0.15611 |
| ТК12\_4852 | ТК13\_4856 | 54 | 0.1 | 6.696404 | 0.149334 |
| ТК11\_4847 | ТК12\_4852 | 39.4 | 0.1 | 6.696404 | 0.149334 |
| ТК4\_4849 | ТК-5\_4837 | 62.5 | 0.207 | 11.953648 | 0.083656 |
| ТК2\_4909 | ТК-1\_4846 | 30.8 | 0.207 | 11.953648 | 0.083656 |
| ТК-1\_4846 | ТК11\_4847 | 65 | 0.1 | 6.696404 | 0.149334 |
| ТК7\_4815 | ТК8\_4798 | 31.5 | 0.1 | 6.575114 | 0.152089 |
| ТК6\_4816 | ТК7\_4815 | 20.3 | 0.125 | 7.838189 | 0.12758 |
| ТК16\_6824 | ТК17\_4340 | 54.4 | 0.082 | 5.826396 | 0.171633 |
| ТК4\_4849 | ТК3\_4376 | 10 | 0.207 | 11.953648 | 0.083656 |
| ТК3\_4376 | ТК2\_4909 | 57.9 | 0.207 | 11.953648 | 0.083656 |
| ТК15\_4906 | ТК16\_6824 | 85.6 | 0.082 | 5.826396 | 0.171633 |
| ТК17\_4340 | ПНС-2\_4415 | 67.5 | 0.082 | 5.826396 | 0.171633 |
| ТК-5.1\_4877 | ТК-5.2\_4840 | 3.8 | 0.125 | 7.838189 | 0.12758 |

Таблица 1.12 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «РТС»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТК6\_5399 | ТК7\_2678 | 856.8 | 0.207 | 11.311391 | 0.088406 |
| ТК3\_2493 | ТК4\_2495 | 37.6 | 0.257 | 14.194781 | 0.070448 |
| ТК5\_1248 | ТК6\_5399 | 126.6 | 0.257 | 14.194781 | 0.070448 |
| ТК1b\_7233 | ТК1c\_6358 | 41 | 0.1 | 6.569312 | 0.152223 |
| УТ2\_2622 | УТ3\_2625 | 98 | 0.257 | 14.194781 | 0.070448 |
| Насосная\_5402 | ТК9\_5404 | 25.84 | 0.207 | 11.311391 | 0.088406 |
| ТК9\_5404 | ТК10\_5412 | 263.9 | 0.15 | 9.008442 | 0.111007 |
| З-10\_5750 | ТК10а\_5752 | 577.2 | 0.15 | 8.610298 | 0.11614 |
| ТК8\_2691 | Насосная\_5402 | 12.4 | 0.207 | 11.311391 | 0.088406 |
| ТК1a\_1199 | ТК1b\_7233 | 18.7 | 0.1 | 6.569312 | 0.152223 |
| ТК1d\_1220 | ТК1e\_1216 | 31.3 | 0.1 | 6.569312 | 0.152223 |
| ТК1\_1196 | З-2\_5897 | 0.01 | 0.1 | 6.751074 | 0.148125 |
| ТК1\_1196 | З-1\_5899 | 0.01 | 0.257 | 14.824036 | 0.067458 |
| «РТС» | ТК1\_1196 | 3 | 0.257 | 14.824036 | 0.067458 |
| ТК1c\_6358 | ТК1d\_1220 | 40.4 | 0.1 | 6.569312 | 0.152223 |
| ТК1e\_1216 | ТК1f\_7242 | 24.9 | 0.1 | 6.569312 | 0.152223 |
| ТК4\_2495 | ТК5\_1248 | 3.2 | 0.257 | 14.194781 | 0.070448 |
| З-1\_5899 | УТ1\_7254 | 84.3 | 0.257 | 14.191458 | 0.070465 |
| УТ1\_7254 | УТ2\_2622 | 93.6 | 0.257 | 14.194781 | 0.070448 |
| ТК1f\_7242 | ТК1f.1\_5536 | 32 | 0.1 | 6.569312 | 0.152223 |
| ТК7\_2678 | ТК8\_2691 | 62.2 | 0.207 | 11.311391 | 0.088406 |
| ТК10\_5412 | З-10\_5750 | 0.01 | 0.15 | 8.594961 | 0.116347 |
| ТК10а\_5752 | ТК11\_2663 | 115.3 | 0.15 | 8.610298 | 0.11614 |
| ТК16\_1862 | ТК17\_5772 | 36.5 | 0.15 | 8.610298 | 0.11614 |
| ТК11\_2663 | ТК12\_1870 | 11.8 | 0.15 | 8.610298 | 0.11614 |
| ТК12\_1870 | ТК13\_1868 | 29.1 | 0.15 | 8.610298 | 0.11614 |
| ТК13\_1868 | ТК14\_1866 | 33.8 | 0.15 | 8.610298 | 0.11614 |
| УТ3\_2625 | ТК2\_2627 | 72 | 0.257 | 14.194781 | 0.070448 |
| ТК14\_1866 | ТК15\_1864 | 66.3 | 0.15 | 8.610298 | 0.11614 |
| ТК15\_1864 | ТК16\_1862 | 77.3 | 0.15 | 8.610298 | 0.11614 |
| ТК2\_2627 | ТК3\_2493 | 74.8 | 0.257 | 14.194781 | 0.070448 |
| З-2\_5897 | ТК1a\_1199 | 41.1 | 0.1 | 6.569278 | 0.152224 |
| ТК1f.1\_5536 | ТК1g\_1240 | 297 | 0.1 | 6.569312 | 0.152223 |

Таблица 1.13 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «УК 272/5»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| «УК272/5» | ТК-4\_2435 | 315.85 | 0.1 | 6.54214 | 0.152855 |
| ТК-4\_2435 | Насосная\_2444 | 289.23 | 0.1 | 6.54214 | 0.152855 |

Таблица 1.14 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной ОА «Иркутскнефтепродукт»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТК-14\_3468 | ПНС-2п\_5944 | 3 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-17\_4558 | ТК-16\_6740 | 37 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-9\_3464 | ТК-8.1\_5705 | 44 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ПНС-2п\_5944 | ТК-9.2\_5709 | 40 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-3\_3425 | ТК-1\_3419 | 12 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-38(59)\_4665 | ТК-34\_4672 | 50 | 0.35 | 19.835529 | 0.050415 |
| ТК-34\_4672 | ТК-33\_4675 | 10 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-33\_4675 | ТК-32\_4677 | 10 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-31\_4681 | ТК-30\_4682 | 40 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-9.2\_5709 | ТК-9.1\_5707 | 20 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| УТ-ТК-57\_5215 | УТ-ТК-58\_5217 | 22.85 | 0.207 | 6.751108 | 0.148124 |
| «Иркутск-Терминал» | ЦТП | 1 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-53\_4660 | ТК-57\_4661 | 50 | 0.35 | 19.835529 | 0.050415 |
| ТК-57\_4661 | ТК-58\_4663 | 25.13 | 0.35 | 19.835529 | 0.050415 |
| ТК-58\_4663 | ТК-38(59)\_4665 | 35 | 0.35 | 19.835529 | 0.050415 |
| ПНС"И-Т" | ТК-53\_4660 | 10 | 0.35 | 19.835529 | 0.050415 |
| ТК-28\_4690 | ТК-26\_2818 | 90 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-29\_4684 | ТК-28\_4690 | 80 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-32\_4677 | ТК-31\_4681 | 95 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-15\_4553 | ТК-14\_3468 | 8 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| «Иркутск-Терминал» | ЦТП | 1237.1 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-21\_4539 | ТК-20\_4543 | 100 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-22\_3437 | ТК-21\_4539 | 52 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-9.1\_5707 | ТК-9\_3464 | 30 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| З-2\_5865 | ТК-1\_3419 | 40 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| УТ-1\_6058 | З-2\_5865 | 9.73 | 0.257 | 13.755375 | 0.072699 |
| ТК-8.1\_5705 | ТК-8\_3451 | 37 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-4\_3442 | ТК-3\_3425 | 36 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-26\_2818 | ТК-25\_2840 | 30 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-25\_2840 | ТК-24\_2842 | 3 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-24\_2842 | ТК-22\_3437 | 46 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-7\_3449 | ТК-4\_3442 | 18 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-8\_3451 | ТК-7\_3449 | 54 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-20\_4543 | ТК-18\_4549 | 60 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-18\_4549 | ТК-17\_4558 | 75 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| ТК-16\_6740 | ТК-15\_4553 | 2 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |
| УТ-ТК-53\_5213 | УТ-ТК-57\_5215 | 50 | 0.207 | 6.751108 | 0.148124 |
| УТ-ЦТП "И-Т"\_5211 | УТ-ТК-53\_5213 | 10 | 0.207 | 6.751108 | 0.148124 |
| ТК-30\_4682 | ТК-29\_4684 | 6.36 | 0.309 | 16.438655 | 0.060832 |

Таблица 1.15 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «Курорт»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТК-1\_5729 | ТК-5\_5782 | 45 | 0.15 | 8.878268 | 0.112635 |
| ТК-2\_5789 | У-ТК-2\_5795 | 152.01 | 0.15 | 8.878268 | 0.112635 |
| ТК-1\_5729 | ТК-2\_5789 | 60.83 | 0.15 | 8.878268 | 0.112635 |
| «Курорт» | З-1\_6085 | 45 | 0.207 | 12.032613 | 0.083107 |
| УТ-2\_8879 | УТ-3\_8881 | 22.32 | 0.15 | 9.144217 | 0.109359 |
| «Курорт» | З-1\_6085 | 40 | 0.207 | 12.032613 | 0.083107 |

Таблица 1.16 Расчетное время восстановления участков тепловой сети котельной «ИНК»

| **Наименование начала участка** | **Наименование конца участка** | **Длина участка, м** | **Внутpенний диаметp подающего тpубопpовода, м** | **Время восстановления, ч** | **Интенсивность восстановления, 1/ч** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УТП-36\_7808 | УТП-38\_7818 | 161.96 | 0.257 | 14.576461 | 0.068604 |
| УТП-41\_7838 | УТП-42\_7844 | 131.29 | 0.25 | 14.012013 | 0.071367 |
| УТП-38\_7818 | УТП-39\_7826 | 70.91 | 0.25 | 14.012013 | 0.071367 |
| «ИНК» | УТП-39\_7826 | 900 | 0.3 | 16.096354 | 0.062126 |
| УТП-39\_7826 | УТП-41\_7838 | 79.14 | 0.25 | 14.012013 | 0.071367 |

# Обоснование метода и результатов обработки данных по восстановлениям 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 восстановлениям работоспособности тепловых сетей представлена в главе «Общие положения».

Перспективные значения восстановления тепловых сетей представлены в таблицах 1.4-1.16.

Среднее время восстановления работоспособности тепловых сетей на перспективный 2028 год составляет 16,12 ч.

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

Вероятность безотказной работы СЦТ в эксплуатации – это показатель способности СЦТ к безотказной работе при текущем техническом состоянии СЦТ.

Исходными данными для расчета вероятности безотказной работы [Р] являются длины и диаметры участков, год их ввода в эксплуатацию, продолжительность отопительного периода.

Вероятность безотказной работы участка тепловой сети относительно абонента определяется по формуле:

 где:

ωp – поток отказов участка тепловой сети относительно абонента, используемый для вычисления вероятности безотказной работы.

 где:

ωp,j – поток отказов j-го участка, используемый для вычисления вероятности безотказной работы.

 где:

– удельный поток отказов j-го участка, используемый для вычисления вероятности безотказной работы, ;

lj – длина j-го участка, км;

τоп – продолжительность отопительного сезона, ч.

 где:

a – эмпирический коэффициент. При нормативном уровне безотказности a = 0,00003;

mp – эмпирический коэффициент потока отказов, полученный на основе обработки статистических данных. Принимается равным 0,5 при расчете вероятности безотказной работы;

Kc,j – коэффициент, учитывающий старение (утрату ресурса) j-го участка.

dj – диаметр j-го участка, м.

 где:

nj – срок службы теплопровода j-го участка с момента ввода в эксплуатацию (в годах).

Минимально допустимый показатель вероятности безотказной работы для тепловых сетей равен Ртс = 0,9.

Расчет вероятности безотказной работы был проведен для незарезервированных тупиковых участков тепловой сети, потому что вероятность одновременного отказа двух элементов тепловой сети пренебрежительно мала.

Оценка недоотпуска тепловой энергии потребителям осуществляется по формуле:

 где:

– среднегодовая тепловая мощность теплопотребляющих установок потребителя (тепловая нагрузка потребителя), Гкал/ч;

τоп – продолжительность отопительного сезона, ч;

qmn – вероятность отказа теплопровода.

 где:

– расчетная тепловая нагрузка потребителя на систему отопления, Гкал/ч;

– температура внутреннего воздуха, оС;

– средняя температура наружного воздуха за отопительный период, оС;

– расчетная температура наружного воздуха, оС;

– расчетная тепловая нагрузка потребителя на систему вентиляции, Гкал/ч;

– средняя тепловая нагрузка потребителя на систему горячего водоснабжения за отопительный период, Гкал/ч.

 где:

P – вероятность безотказной работы участка тепловой сети относительно абонента.

# Обоснование результатов оценки коэффициентов готовности теплопроводов к несению тепловой нагрузки

Коэффициент готовности в эксплуатации – это показатель фактического состояния и готовности СЦТ к исправной работе.

 где:

z1 – число часов ожидания неготовности СЦТ в период стояния нерасчетных температур наружного воздуха в данной местности;

z2 – число часов ожидания неготовности источника тепла, принимается по среднестатистическим данным, z2 < 50 часов;

z3 – число часов ожидания неготовности тепловых сетей;

z4 – число часов ожидания неготовности абонента, принимается по среднестатистическим данным, z4 < 10 часов.

z3 = tв ∙ ωE,j, ч, где:

tв – среднее время восстановления теплоснабжения, ч;

ωE,j – поток отказов j-го участка, используемый для вычисления коэффициента готовности.

Среднее время восстановления теплоснабжения, tв, было принято по СНиП 41-02-2003, табл. 2. Для трубопроводов малых диаметров (меньше 300 мм) среднее время восстановления теплоснабжения было рассчитано по эмпирической формуле, полученной МИСИ в результате исследований.

tв,j = 5,06 + 14,93 dj, ч, где:

dj – диаметр j-го участка, м.

 где:

– удельный поток отказов j-го участка, используемый для вычисления коэффициента готовности, ;

lj – длина j-го участка, км;

τ – продолжительность отопительного сезона, ч.

 где:

a – эмпирический коэффициент. При нормативном уровне безотказности a = 0,00003;

mE – эмпирический коэффициент потока отказов, полученный на основе обработки статистических данных. Принимается равным 1 при расчете коэффициента готовности;

Kc,j – коэффициент, учитывающий старение (утрату ресурса) j-го участка;

dj – диаметр j-го участка, м.

 где:

nj – срок службы теплопровода j-го участка с момента ввода в эксплуатацию (в годах).

Минимально допустимый показатель готовности СЦТ к исправной работе равен Кг = 0,97.

# Обоснование результатов оценки недоотпуска тепловой энергии по причине отказов (аварийных ситуаций) и простоев тепловых сетей и источников тепловой энергии

Объемы недоотпуска тепловой энергии были рассчитаны в ГИС Zulu. Результаты расчетов представлены в таблице 11.17.

Таблица 11.17 Расчетные объемы недоотпуска тепла в результате нарушений в подаче тепловой энергии котельной «Лена» на 2028 год

| **Наименование источника** | **Номер источника** | **Средний суммарный недоотпуск тепловой энергии, Гкал/от.период** |
| --- | --- | --- |
| «Лена» | 1 | - |
| «Центральная» | 2 | - |
| «ЗГР» | 3 | 91.4521 |
| «Лена-Восточная (новая)» | 4 | 51.1319 |
| «РЭБ (новая)» | 5 | - |
| «Паниха» | 6 | - |
| «Холбос» | 7 | 4.2354 |
| «ЯГУ» | 8 | - |
| «Бирюсинка-2» | 9 | - |
| «РТС» | 10 | 15.9225 |
| «УК272/5» | 11 | 79.0051 |
| АО «Иркутскнефтепродукт» | 12 | - |
| «Курорт» | 13 | 65.2738 |
| «ИНК» на биотопливе | 14 | 18.5469 |

# Предложения, обеспечивающие надежность систем теплоснабжения

## Применение на источниках тепловой энергии рациональных тепловых схем с дублированными связями и новых технологий, обеспечивающих нормативную готовность энергетического оборудования

В городе Усть-Кут организована совместная работа основных источников теплоснабжения – «Лена» и «Центральная». Дополнительных мероприятий по дублированию связей не рассматривается, кроме мероприятий Главы 8 «Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей».

## Установка резервного оборудования

Установка дополнительного резервного оборудования не рассматривается, кроме оборудования, устанавливаемого в рамках сценариев развития системы теплоснабжения города Усть-Кут (см. Главу 7. Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии).

## Организация совместной работы нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть

В городе Усть-Кут организована совместная работа основных источников теплоснабжения – «Лена» и «Центральная».

## Резервирование тепловых сетей смежных районов города Усть-Кут

Взаимное резервирование тепловых сетей предусмотрено в рамках мероприятий Главы 8 «Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей».

## Устройство резервных насосных станций

Предложения по устройству резервных насосных станций не предусматриваются.

## Установка баков-аккумуляторов

Предложения по установке баков-аккумуляторов не предусматриваются.

# 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

Изменения в надежности теплоснабжения за период актуализации схемы теплоснабжения связаны с проведением капитального ремонта тепловых сетей, проведенных за 2018-2020 год.