



**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ  
К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК»  
ДО 2028 ГОДА**

**ГЛАВА 9. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

## СОСТАВ ДОКУМЕНТОВ

Наименование документа
<b>Схема теплоснабжения МО «Город Архангельск» до 2028 года (проект)</b>
<b>Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения</b>
Глава 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения
Приложение 1. Энергоисточники города
Приложение 2. Тепловые сети города
Приложение 3. Тепловые нагрузки потребителей города
Приложение 4. Данные для анализа фактического теплоснабжения. Температурные графики
Приложение 5. Повреждаемость трубопроводов. Исходные данные
Приложение 6. Оценка надежности теплоснабжения
Приложение 7. Графическая часть
Глава 2. Перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения
Приложение 1. Графическая часть
Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения города
Приложение 1. Инструкция пользователя (ГИС Зулу Сервер)
Приложение 2. Инструкция пользователя (Зулу Термо)
Приложение 3. Руководство пользователя ГИС «Zulu 7.0» (Зулу 7.0)»
Приложение 4. Характеристика участков тепловых сетей
Приложение 5. Результаты гидравлических расчетов по состоянию базового периода разработки схемы теплоснабжения
Приложение 6. Графическая часть
Глава 4. Перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки
Приложение 1. Результаты гидравлических расчетов (прогнозируемое перспективное состояние в существующих зонах действия энергоисточников)
Глава 5. Перспективные балансы производительности водоподготовительных установок
Глава 6. Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии
Приложение 1. Графическая часть

<b>Наименование документа</b>
Глава 7. Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей и сооружений на них
Приложение 1. Результаты гидравлических расчетов (прогнозируемое перспективное состояние систем теплоснабжения с учетом реализации мероприятий схемы теплоснабжения)
Приложение 2. Графическая часть
Глава 8. Перспективные топливные балансы
Глава 9. Оценка надежности теплоснабжения
Глава 10. Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение
Глава 11. Обоснование предложений по определению единых теплоснабжающих организаций
Приложение 1. Графическая часть
Глава 12. Реестр проектов схемы теплоснабжения

## Содержание

Перечень таблиц .....	5
Перечень рисунков .....	6
1 Общие положения .....	7
2 Методика расчета вероятности безотказной работы тепловых сетей .....	9
2.1 Термины и определения .....	9
2.2 Методика расчета надежности теплоснабжения .....	11
3 Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей Архангельской ТЭЦ на каждый период действия схемы теплоснабжения .....	18
3.1 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №1) .....	18
3.2 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №2) .....	24
3.3 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №3) .....	32
3.4 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №4) .....	37
4 Выводы по результатам расчетов перспективных показателей вероятности безотказной работы тепловых сетей.....	43

## ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

Таблица 2.1 – График продолжительности тепловой нагрузки отопления. ....	15
Таблица 3.1 – Расчетные пути для определения вероятности безотказной работы тепловых сетей .....	18
Таблица 3.2 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТК-45 до С-28п-16.....	21
Таблица 3.3 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от 55-7а до 55-19-16-2 .....	26
Таблица 3.4 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от 55-7а до 55-19-16-2 с учетом проведения предложенных мероприятий.....	30
Таблица 3.5 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4.....	34
Таблица 3.6 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин .	39
Таблица 3.7 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин с учетом проведения предложенных мероприятий .....	41

## ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

Рисунок 2.1 – Зависимость интенсивности отказов от срока эксплуатации участка тепловой сети для систем теплоснабжения города Архангельска. ....	14
Рисунок 3.1 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТК-45 до С-28п-16 .....	19
Рисунок 3.2 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от ТК-45 до С-28п-16 .....	20
Рисунок 3.3 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2.....	24
Рисунок 3.4 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2 .....	25
Рисунок 3.5 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2 с учетом проведения мероприятий .....	29
Рисунок 3.6 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4 .....	32
Рисунок 3.7 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4 .....	33
Рисунок 3.8 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин.....	37
Рисунок 3.9 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4 .....	38
Рисунок 3.10 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин с учетом проведения предложенных мероприятий .....	40

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Оценка надежности теплоснабжения разрабатываются в соответствии с подпунктом «и» пункта 19 и пункта 46 Требований к схемам теплоснабжения. Нормативные требования к надёжности теплоснабжения установлены в СНиП 41.02.2003 «Тепловые сети» в части пунктов 6.27-6.31 раздела «Надежность».

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

Расчет показателей системы с учетом надежности должен производиться для каждого потребителя. При этом минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для:

- источника теплоты  $R_{ит} = 0,97$ ;
- тепловых сетей  $R_{тс} = 0,9$ ;
- потребителя теплоты  $R_{пт} = 0,99$ ;
- СЦТ в целом  $R_{сцт} = 0,9 \times 0,97 \times 0,99 = 0,86$ .

Нормативные показатели безотказности тепловых сетей обеспечиваются следующими мероприятиями:

- установлением предельно допустимой длины нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;

- местом размещения резервных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;

- достаточностью диаметров выбираемых при проектировании новых или реконструируемых существующих теплопроводов для обеспечения резервной подачи теплоты потребителям при отказах;

- необходимость замены на конкретных участках конструкций тепловых сетей и теплопроводов на более надежные, а также обоснованность перехода на надземную или тоннельную прокладку;

- очередность ремонтов и замен теплопроводов, частично или полностью утративших свой ресурс.

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

Минимально допустимый показатель готовности СЦТ к исправной работе  $K_g$  принимается 0,97.

Нормативные показатели готовности систем теплоснабжения обеспечиваются следующими мероприятиями:

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

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

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

Например, больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.

**Вторая категория** - потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч:

- жилых и общественных зданий до 12 °С;
- промышленных зданий до 8 °С.



## 2 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

### 2.1 Термины и определения

Термины и определения, используемые в данном разделе соответствуют определениям ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике».

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Дефект** – по ГОСТ 15467;

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

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

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

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

отказ участка тепловой сети – событие, приводящие к нарушению его работоспособного состояния (т.е. прекращению транспорта теплоносителя по этому участку в связи с нарушением герметичности этого участка);

отказ системы теплоснабжения – событие, приводящее к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже +12 °С, в промышленных зданиях ниже +8 °С (СНиП 41-02-2003. Тепловые сети).

При разработке схемы теплоснабжения для описания надежности термин «повреждение» будет употребляться только в отношении событий, к которым в соответствии с ГОСТ 27.002-89 эти события не приводят к нарушению работоспособности участка тепловой сети и, следовательно, не требуют выполнения незамедлительных ремонтных работ с целью восстановления его работоспособности. К таким событиям относятся зарегистрированные «свищи» на прямом или обратном теплопроводах тепловых сетей.

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

## 2.2 Методика расчета надежности теплоснабжения

Под надежностью системы теплоснабжения понимают способность проектируемых и действующих источников тепловой энергии, тепловых сетей и в целом СЦТ обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения.

Основным показателем (критерием) является:

вероятность безотказной работы системы ( $P$ ) – способность системы не допускать отказов, приводящих к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в промышленных зданиях ниже  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , более числа раз, установленного нормативами.

Главное свойство отказов заключается в том, что они представляют собой случайные и редкие события. Эти свойства характеризуют не только отказы, связанные с нарушением прочности, но и все отказы.

Одной из важнейших характеристик надежности элементов является параметр потока отказов  $\omega$ , который можно определить как безусловную вероятность отказа (не обязательно первого) на интервале времени  $dt$ .

При  $\lambda = \text{const}$ , вероятность безотказной работы элемента системы за время  $t$  определяется как:

$$\frac{dP(t)}{dt}$$

где:  $\lambda dt$  – вероятность отказа элемента за бесконечно малое время.

Отсюда вероятность безотказной работы за время  $t$  равна:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

где:  $P(t)$  – вероятность безотказной работы элемента за малое время  $t$ ;

11401.OM-ПСТ.009.000

$\omega$  - параметр потока отказов элемента.

Таким образом, можно считать, что функция надежности элементов системы теплоснабжения подчиняется экспоненциальному закону.

Вероятность же отказа элемента за время  $t$  будет иметь вид:

При расчете надежности принимается:  $F(t) = 1 - e^{-\omega t}$ ,

при параллельной структуре, закольцованные или зарезервированные ветви, считаются абсолютно надежными, поскольку одновременный отказ более одного элемента считается недостижимым событием.

при последовательной структуре вероятность безотказной работы системы определяется как произведение вероятностей безотказной работы каждого ее элемента:

где:  $F(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t)$  - вероятности безотказной работы каждого элемента.

Тогда для системы, имеющей последовательную структуру, справедливо будет следующее выражение:

$$\omega = \sum \omega_i$$

где:  $\omega_n$  – поток отказов для каждого элемента за период времени  $t$ .

#### Исходные данные

Исходной информацией для расчета надежности системы тепловых сетей являются данные о структуре схемы теплоснабжения, длине и диаметре магистральных трубопроводов от источников тепловой энергии (ТЭЦ, котельных) до конечных, наиболее удаленных потребителей.

При расчете надежности системы транспорта теплоносителя г. Архангельска использовались следующие исходные данные:

продолжительность отопительного периода г. Архангельска – 253 суток;

нормативный показатель вероятности безотказной работы тепловых сетей -  $P_{ТС}=0,9$  (по СНиП 41-02-2003);

параметр потока отказов  $\omega$  (1/м·год) – учитывает только те отказы, которые приводят к отключению теплопотребляющих установок потребителей тепловой энергии.

Расчет вероятности безотказной работы тепловой сети по отношению к

каждому потребителю выполнялся с применением следующего алгоритма:

1. Определение пути передачи теплоносителя от источника до потребителя, по

отношению к которому выполнялся расчет вероятности безотказной работы тепловой сети.

2. На первом этапе расчета устанавливался перечень участков теплопроводов, составляющих этот путь.

3. Для каждого участка тепловой сети устанавливался: год его ввода в эксплуатацию, диаметр и протяженность.

4. На основе обработки данных по отказам и восстановлением всех участков тепловых сетей за пять лет их работы установились следующие зависимости:

$\lambda_0$ - средневзвешенная частота (интенсивность) устойчивых отказов участков в конкретной системе теплоснабжения при продолжительности эксплуатации участков от 3 до средневзвешенного срока службы участков трубопроводов тепловой сети (1/км/год);

средневзвешенная частота (интенсивность) отказов для участков тепловой сети с продолжительностью эксплуатации от 1 до 3 лет;

средневзвешенная частота (интенсивность) отказов для участков тепловой сети с продолжительностью эксплуатации более средневзвешенного срока службы участков трубопроводов тепловой сети;

Для описания параметрической зависимости интенсивности отказов от срока службы участков тепловой сети использовалась зависимость следующего вида:

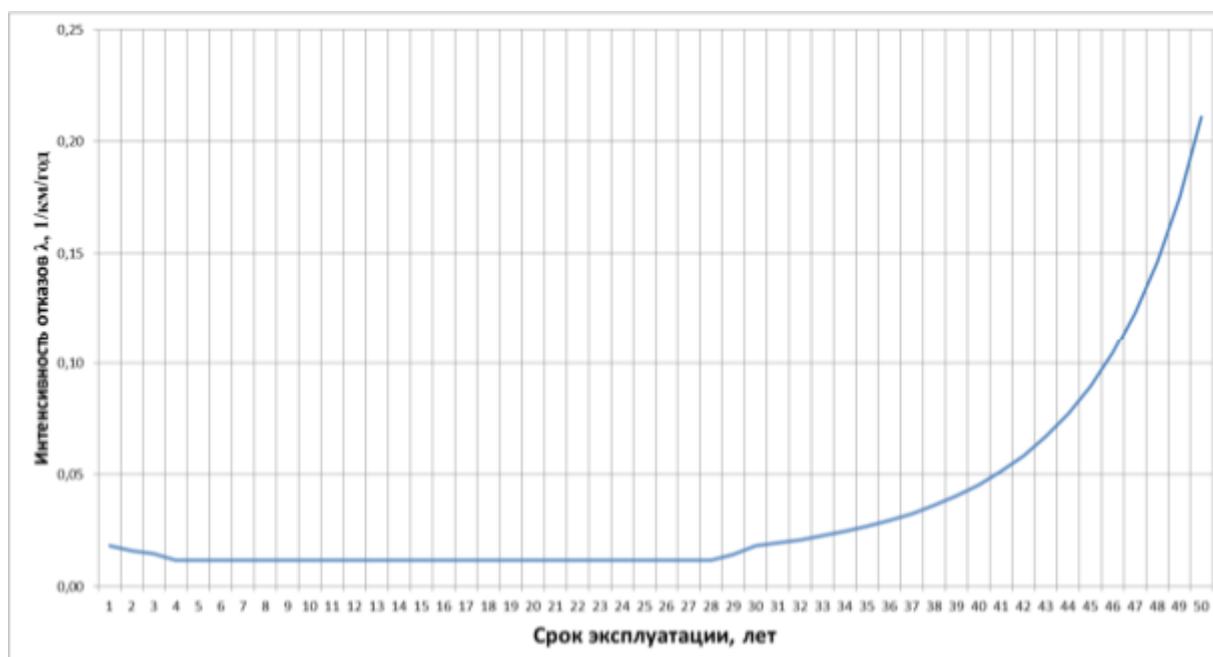
$$\lambda(t) = \lambda_0 (0,1\tau)^{\alpha-1},$$

где  $\tau$  – срок эксплуатации участка тепловой сети, лет

Для данной зависимости использовались следующие эмпирические коэффициенты:

$$0,8, \text{ при } 0 < \tau \leq 3$$
$$=$$
$$0,5 \quad \quad \quad 28$$

На рис. 2.1 приведена зависимость интенсивности отказов от срока эксплуатации участка тепловой сети для систем теплоснабжения города Архангельска.



**Рисунок 2.1 – Зависимость интенсивности отказов от срока эксплуатации участка тепловой сети для систем теплоснабжения города Архангельска.**

По данным СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» была построена зависимость повторяемости температур наружного воздуха (график продолжительности тепловой нагрузки отопления), а также рассчитано время снижения температуры внутри отапливаемых помещений ниже  $+12^{\circ}\text{C}$  при отключении систем теплоснабжения. Расчет проводился для каждой повторяемости температур наружного воздуха при коэффициенте аккумуляции  $\beta=40$  часов. Данные расчеты приведены в таблице 2.1.



**Таблица 2.1– График продолжительности тепловой нагрузки отопления.**

<i>Температура наружного воздуха, °С</i>	<i>Повторяемость температур наружного воздуха, час</i>	<i>Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12 °С</i>
-50	0	3,69
-47,5	0	3,84
-42,5	0	4,18
-37,5	27	4,58
-32,5	123	5,06
-27,5	184	5,66
-22,5	368	6,41
-17,5	359	7,41
-12,5	824	8,76
-7,5	859	10,73
-2,5	2050	13,85
2,5	1034	19,58
7,5	465	33,89

Для оценки времени восстановления участков использовалась зависимость, предложенная Е.Я. Соколовым

$$z_p = a \left[ 1 + (b + c l_{c.з}) D^{1,2} \right]$$

где

a, b, c - постоянные коэффициенты, зависящие от способа укладки теплопровода (подземный, надземный) и его конструкции, а также от способа диагностики места повреждения и уровня организации ремонтных работ;

$l_{c.з}$ - расстояние между секционирующими задвижками, м;

D - условный диаметр трубопровода, м.

В данной работе использовались эмпирически подобранные коэффициенты

Для надземной прокладки:

$$a = 6; b = 0,75; c = 0,0015$$

Для подземной прокладки:

$$a = 7; b = 0,6; c = 0,0015$$

Далее вычислялись относительные доли и поток отказов участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры в отапливаемых зданиях до температуры ниже +12°С:

$$\bar{z} = \left( 1 - \frac{z_{i,j}}{z_p} \right) \times \frac{\tau_j}{\tau_{on}}$$
$$\bar{\omega}_i = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{i,j},$$

Далее вычислялась вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого абонента по формуле:

$$p_i = \exp(-\bar{\omega}_i)$$

По приведенной методике, в случае аварии на участке магистрали к которой присоединен конечный потребитель (или нерезервированное ответвление с конечным потребителем), участок магистрали (даже при условии его резервирования) отключается путем перекрытия соответствующих задвижек, тем самым отключая от теплоснабжения всех потребителей присоединенных на участках между задвижками. Таким образом, в плотность потока отказов конечного потребителя, включается плотность потока отказов всех участков и задвижек, аварии на которых потребуют отключения конечного потребителя.

Выполнив оценку вероятности безотказной работы каждого магистрального теплопровода, легко определить средний (как вероятностную меру) недоотпуск тепла для каждого потребителя, присоединенного к этому магистральному теплопроводу.

Вычислив вероятность безотказной работы теплопровода относительно выбранного потребителя и, соответственно, вероятность отказа теплопровода относительно выбранного потребителя недоотпуск рассчитывается как:

$$\Delta Q_n = \bar{Q}_{np} \times T_{on} \times q_{мп}, \text{ Гкал}$$

где

$Q_{np}$  - среднегодовая тепловая мощность теплопотребляющих установок потребителя (либо, по-другому, тепловая нагрузка потребителя), Гкал/ч

$T_{on}$  - продолжительность отопительного периода, час;

$q_{мп}$  - вероятность отказа теплопровода.

В связи с отсутствием в предоставленной схеме данных о задвижках, расчет проводился с учетом того, что в каждой тепловой камере, не являющейся простым разветвлением, находится секционирующая арматура. В расчет надежности каждого нерезервированного ответвления включены участки магистрального

(закольцованного) трубопровода, прилегающего к тепловой камере ответвления. Считается, что в данной тепловой камере находится лишь задвижка перекрывающая подачу тепла к потребителям нерезервированного ответвления, и аварии на прилегающих участках магистрали также потребуют отключения конечного потребителя.

Обозначения участков приведены в соответствии с программой «Zulu».

При расчетах надежности учитывалась возможность взаимного резервирования участков при угрозе отказа.

Энергоисточники города Архангельска, имеющие вывода тепловых сетей диаметром 300 мм и менее надземной прокладки, попадают в зону нормативной надежности, т.к. расчетное время восстановления таких участков не более 4,5 часов. А следовательно, исходя из таблицы 2.1 вероятность отказа, приводящая к снижению температур в отапливаемых помещениях ниже  $+12^{\circ}\text{C}$  на таких участках тепловых сетей равна нулю.

Таким образом, был проведен расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей для ТЭЦ города Архангельска на каждый период действия схемы теплоснабжения.

### 3 РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ТЭЦ НА КАЖДЫЙ ПЕРИОД ДЕЙСТВИЯ СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Вероятности безотказной работы на не резервируемых участках тепловой сети в модели первого уровня рассчитываются относительно тепловых камер, в которых к магистральным теплопроводам присоединены ответвления, обеспечивающие передачу тепловой энергии от магистрального теплопровода в городской район(микрорайон, планировочный квартал, кадастровый квартал).

Вероятности безотказной работы рассчитываются для всех магистральных теплопроводов (как не резервируемых теплопроводов), реестр которых установлен в электронной модели теплоснабжения города Архангельск.

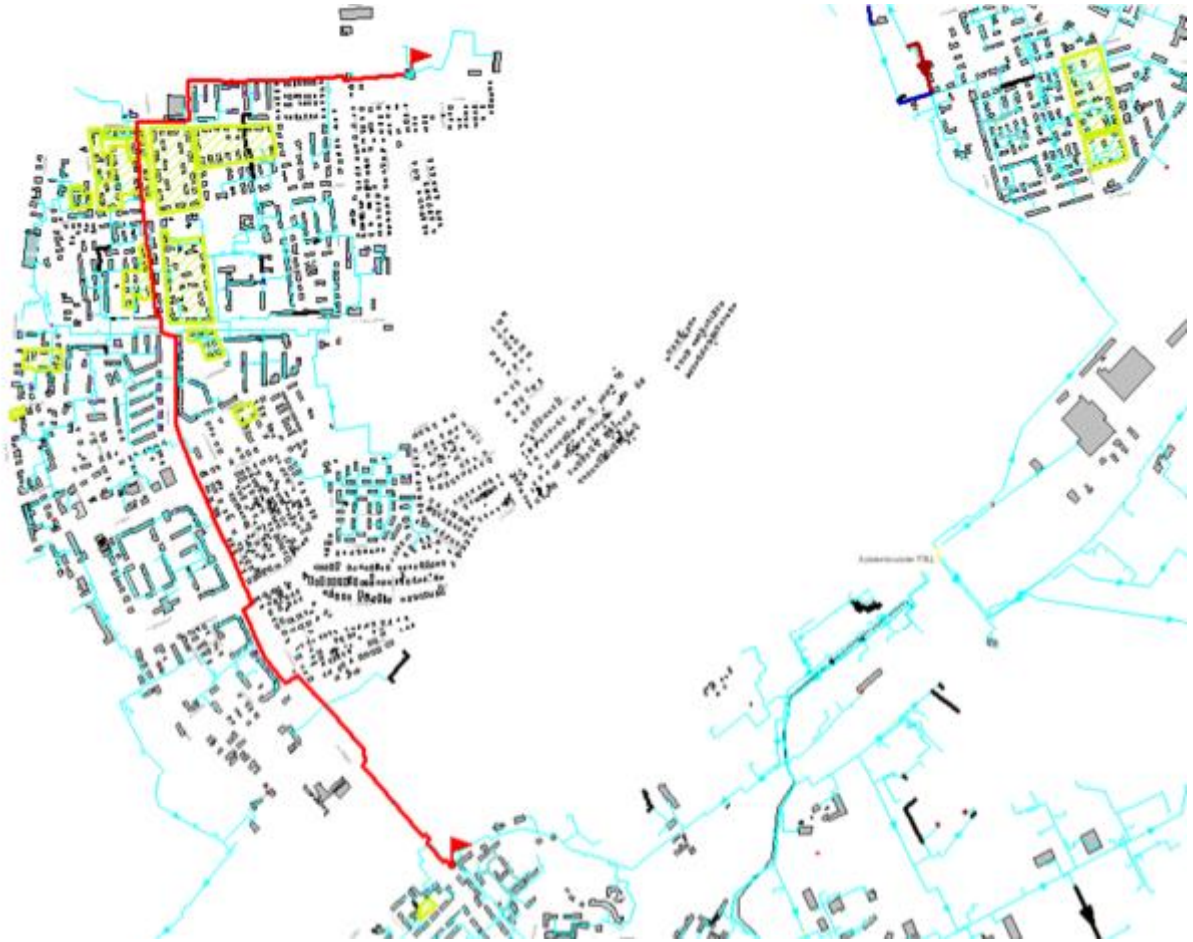
Основные пути для расчета вероятности безотказной работы системы теплоснабжения приведены в таблице 3.1

**Таблица 3.1– Расчетные пути для определения вероятности безотказной работы тепловых сетей**

Номер пути	Расчетный путь для оценки надежности тепловых сетей от ТЭЦ города Архангельска	
	Начальная камера расчетного пути	Конечная камера расчетного пути
1	ТК-45	С-28п-16
2	55-7а	55-19-16-2
3	АрхТЭЦ - 3 вывод	ТК-18т-4
4	АрхТЭЦ - МКП-1	ИП Зеленин

#### 3.1 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №1)

На рисунке 3.1 представлен расчетный путь №1 от ТК-45 до тепловой камеры С-28п-16.



**Рисунок 3.1 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТК-45 до С-28п-16**

На рисунке 3.2 и в таблице 3.2 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТК-45 до С-28п-16 на каждый период действия схемы теплоснабжения.

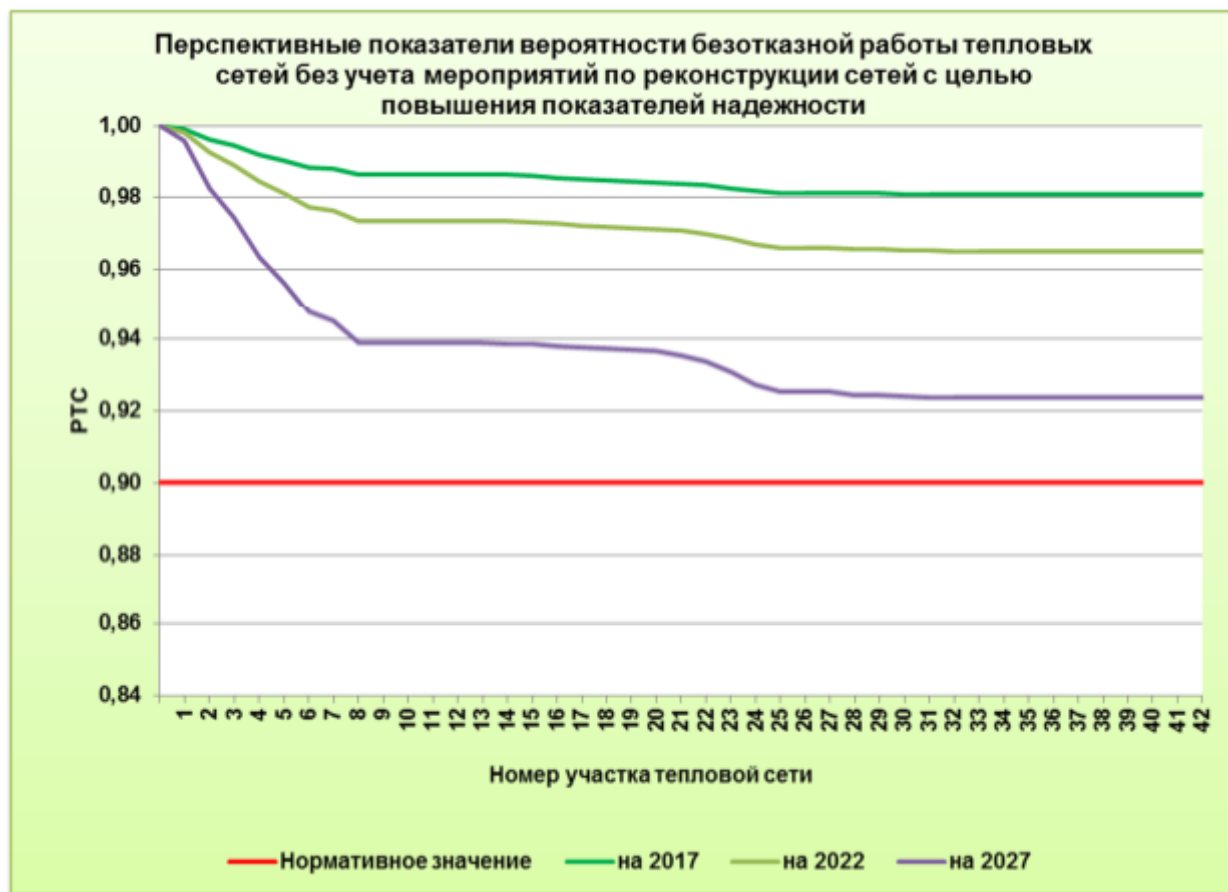


Рисунок 3.2 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от ТК-45 до С-28п-16

Как видно из рисунка 3.2 надёжность теплоснабжения потребителей данной магистрали обеспечивается во всех периодах действия схемы теплоснабжения.

**Таблица 3.2 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТК-45 до С-28п-16**

№ уч-ка	Нач. узел	Кон. узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
1	ТК-45	ID 21989	66,9	636,6	0,5	2	1977	36	0,00197	9,1	0,00059	0,00059	0,999	0,999	0,998	0,996
2	ID 21989	С-1	569,7	636,6	0,5	1	1977	36	0,01680	7,2	0,00187	0,00247	0,998	0,996	0,993	0,983
3	С-1	С-2	130	130	0,5	2	1977	36	0,00383	9,4	0,00115	0,00361	0,996	0,994	0,989	0,974
4	С-2	С-3	178	178	0,5	2	1977	36	0,00525	9,6	0,00157	0,00519	0,995	0,992	0,984	0,964
5	С-3	С-4	119	119	0,5	2	1977	36	0,00351	9,4	0,00105	0,00624	0,994	0,990	0,981	0,956
6	С-4	С-5	145	145	0,5	2	1977	36	0,00428	9,5	0,00128	0,00752	0,993	0,988	0,977	0,948
7	С-5	С-6	45	45	0,5	2	1977	36	0,00133	9	0,00040	0,00792	0,992	0,988	0,976	0,945
8	С-6	С-7	101	101	0,5	2	1977	36	0,00298	9,3	0,00089	0,00881	0,991	0,987	0,974	0,939
9	С-7	С-8	23	23	0,5	2	2002	11	0,00027	8,9	0,00008	0,00889	0,991	0,986	0,974	0,939
10	С-8	С-9	40	40	0,5	1	2002	11	0,00046	5,1	0,00001	0,00890	0,991	0,986	0,974	0,939
11	С-9	ID 26629	12	117	0,5	2	2002	11	0,00014	8,9	0,00004	0,00894	0,991	0,986	0,973	0,939
12	ID 26629	С-10	105	117	0,5	1	2002	11	0,00122	5,4	0,00003	0,00897	0,991	0,986	0,973	0,939
13	С-10	С-11	142	142	0,5	1	2001	12	0,00164	5,5	0,00004	0,00901	0,991	0,986	0,973	0,939
14	С-11	С-12	130	130	0,5	1	2001	12	0,00150	5,5	0,00004	0,00905	0,991	0,986	0,973	0,939
15	С-12	С-15	80	80	0,5	2	1999	14	0,00093	9,2	0,00028	0,00932	0,991	0,986	0,973	0,938
16	С-15	С-16	124	124	0,5	2	1999	14	0,00144	9,4	0,00043	0,00975	0,990	0,986	0,973	0,938

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА  
ГЛАВА 9. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

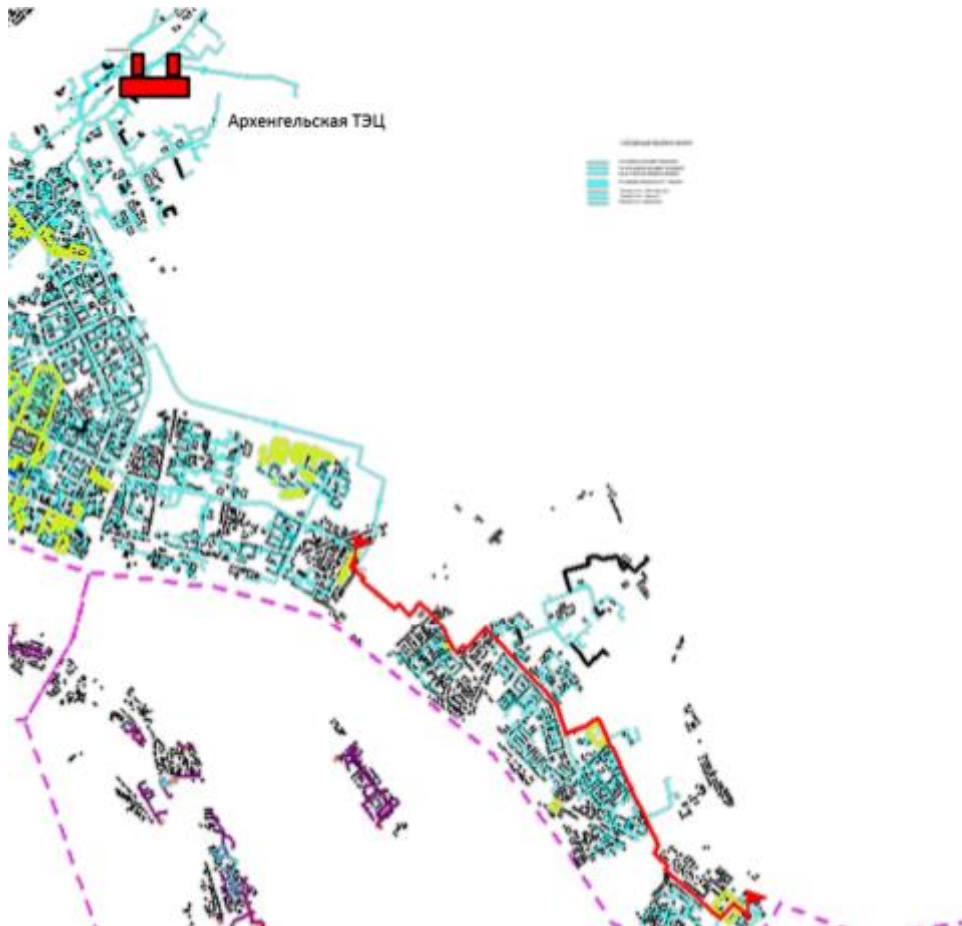
№ уч-ка	Нач. узел	Кон.узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановление уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
17	C-16	C-17	135	135	0,5	2	1999	14	0,00156	9,4	0,00047	0,01022	0,990	0,985	0,972	0,938
18	C-17	C-18	87	87	0,5	2	1999	14	0,00101	9,2	0,00030	0,01052	0,990	0,985	0,972	0,937
19	C-18	C-19	150	150	0,5	2	1999	14	0,00174	9,5	0,00052	0,01104	0,989	0,984	0,971	0,937
20	C-19	C-20	60	60	0,5	2	1997	16	0,00069	9,1	0,00021	0,01125	0,989	0,984	0,971	0,937
21	C-20	C-20a	40	40	0,3	2	1978	35	0,00107	8,1	0,00018	0,01143	0,989	0,984	0,971	0,935
22	C-20a	C-21	57	57	0,3	2	1978	35	0,00153	8,1	0,00026	0,01169	0,988	0,983	0,970	0,934
23	C-21	C-22	115	115	0,3	2	1978	35	0,00309	8,3	0,00052	0,01221	0,988	0,983	0,969	0,931
24	C-22	C-23	121	121	0,3	2	1978	35	0,00325	8,3	0,00055	0,01276	0,987	0,982	0,967	0,927
25	C-23	C-24	79	79	0,3	2	1978	35	0,00212	8,2	0,00036	0,01312	0,987	0,981	0,966	0,925
26	C-24	C-25	129,1	129,1	0,3	1	2000	13	0,00149	4,3	0,00000	0,01312	0,987	0,981	0,966	0,925
27	C-25	C-27	257,11	257,11	0,3	1	2000	13	0,00298	4,6	0,00001	0,01313	0,987	0,981	0,966	0,925
28	C-27	C-28	31,5	31,5	0,3	2	1978	35	0,00085	8,1	0,00014	0,01327	0,987	0,981	0,966	0,924
29	C-28	C-28п	0,1	0,1	0,3	1	1970	43	0,00001	4,1	0,00000	0,01327	0,987	0,981	0,966	0,924
30	C-28п	C-28п-1	73	73	0,3	2	1992	21	0,00085	8,2	0,00014	0,01341	0,987	0,981	0,965	0,924
31	C-28п-1	C-28п-2	67	67	0,3	2	1992	21	0,00078	8,2	0,00013	0,01354	0,987	0,981	0,965	0,924
32	C-28п-2	C-28п-3	20	20	0,3	2	1992	21	0,00023	8	0,00004	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
33	C-28п-3	C-28п-4	20	20	0,3	1	1992	21	0,00023	4,1	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
34	C-28п-4	C-28п-4-1	149,5	149,5	0,3	1	1970	43	0,01000	4,4	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
35	C-28п-4-1	C-28п-4-2	13,5	13,5	0,3	1	1970	43	0,00090	4,1	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924



№ уч-ка	Нач. узел	Кон.узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановление уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
36	С-28п-4-2	С-28п-4-3	89	89	0,3	1	1970	43	0,00595	4,2	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
37	С-28п-4-3	С-28п-12	95,8	95,8	0,3	1	1970	43	0,00641	4,3	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
38	С-28п-12	С-28-19	71,6	71,6	0,3	1	1970	43	0,00479	4,2	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
39	С-28-19	С-28п-13	30	30	0,3	1	1970	43	0,00201	4,1	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
40	С-28п-13	С-28п-14	60	60	0,2	1	1970	43	0,00401	4	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
41	С-28п-14	С-28п-15	60	60	0,2	1	1970	43	0,00401	3,7	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924
42	С-28п-15	С-28п-16	100	100	0,2	1	1970	43	0,00669	3,8	0,00000	0,01358	0,987	0,981	0,965	0,924

### 3.2 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №2)

На рисунке 3.3 представлен расчетный путь №2 от тепловой камеры 55-7а до тепловой камеры 55-19-16-2.



**Рисунок 3.3 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2**

На рисунке 3.4 и в таблице 3.3 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от 55-7а до 55-19-16-2 на каждый период действия схемы теплоснабжения.

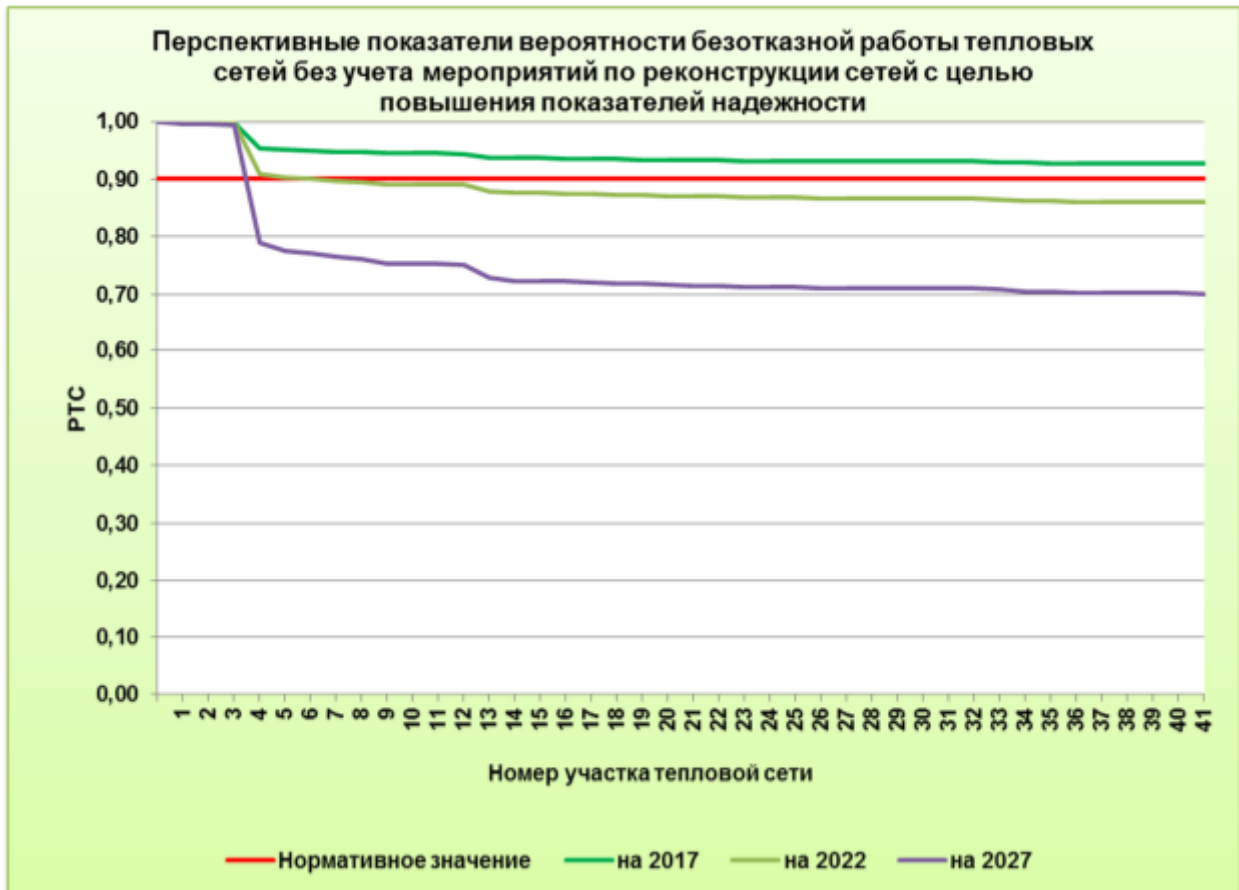


Рисунок 3.4 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2

**Таблица 3.3 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от 55-7а до 55-19-16-2**

№ уч-ка	Нач. узел	Кон. узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1- надземная, 2- подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
1	55-7а	ТК-55-8	123,5	123,5	0,8	1	1975	38	0,00447	7,3	0,00050	0,00050	1,000	0,999	0,998	0,996
2	ТК-55-8	ПНС-1	20,1	20,1	0,8	1	1976	37	0,00065	6,6	0,00007	0,00057	0,999	0,999	0,998	0,995
3	ПНС-1	ТК-55-8*	19	19	0,8	1	1976	37	0,00062	6,6	0,00007	0,00064	0,999	0,999	0,998	0,995
4	ТК-55-8*	55-9	1177	1177	0,8	1	1976	37	0,03835	14,5	0,02921	0,02985	0,971	0,954	0,908	0,790
5	55-9	КНС-10	396,9	396,9	0,7	1	1976	37	0,01293	8,3	0,00218	0,03203	0,968	0,951	0,902	0,777
6	КНС-10	55-10	207,9	207,9	0,7	1	1976	37	0,00677	7,2	0,00076	0,03279	0,968	0,950	0,900	0,772
7	55-10	55-10а	249,1	249,1	0,7	1	1976	37	0,00812	7,4	0,00091	0,03369	0,967	0,948	0,897	0,766
8	55-10а	55-11	185	185	0,7	1	1976	37	0,00603	7	0,00067	0,03437	0,966	0,947	0,895	0,762
9	55-11	Узел Е	285	285	0,7	1	1976	37	0,00929	7,6	0,00157	0,03593	0,965	0,945	0,891	0,753
10	Узел Е	55-12	51,8	51,8	0,7	1	1998	15	0,00060	6,2	0,00003	0,03596	0,965	0,945	0,891	0,753
11	55-12	55-13	150	150	0,7	1	1998	15	0,00174	6,8	0,00019	0,03616	0,964	0,945	0,891	0,753
12	55-12	55-13	378,1	378,1	0,7	1	1998	15	0,00438	8,2	0,00074	0,03690	0,964	0,944	0,890	0,752
13	55-13	55-14	279	279	0,7	2	1976	37	0,00909	11,6	0,00396	0,04086	0,960	0,938	0,879	0,729
14	55-14	55-15	96,5	96,5	0,7	2	1976	37	0,00314	10,4	0,00094	0,04180	0,959	0,937	0,876	0,724
15	55-15	ID 19742	0,3	155,3	0,6	2	1988	25	0,00000	10,2	0,00000	0,04180	0,959	0,937	0,876	0,724
16	ID 19742	ТК-55-16	155	155,3	0,6	2	1988	25	0,00179	10,2	0,00054	0,04234	0,959	0,936	0,875	0,722
17	ТК-55-	ТК-55-	150	150	0,6	2	1988	25	0,00174	10,1	0,00052	0,04286	0,958	0,936	0,874	0,721

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА

ГЛАВА 9. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

№ уч-ка	Нач. узел	Кон. узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки (1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
	16	17														
18	ТК-55-17	ТК-55-18	158	158	0,6	2	1988	25	0,00183	10,2	0,00055	0,04341	0,958	0,935	0,873	0,720
19	ТК-55-18	55-19	157	157	0,6	2	1988	25	0,00182	10,2	0,00054	0,04395	0,957	0,934	0,872	0,718
20	55-19	55-19-1	98	98	0,6	2	1988	25	0,00113	9,8	0,00034	0,04429	0,957	0,934	0,872	0,717
21	55-19-1	55-19-2	163	163	0,6	2	1988	25	0,00189	10,2	0,00057	0,04486	0,956	0,933	0,870	0,716
22	55-19-2	55-19-3	121,5	121,5	0,6	2	1988	25	0,00141	10	0,00042	0,04528	0,956	0,933	0,870	0,715
23	55-19-3	Узел А	114	114	0,6	2	1988	25	0,00132	9,9	0,00040	0,04567	0,955	0,932	0,869	0,714
24	Узел А	55-19-4	129,4	129,4	0,6	1	1988	25	0,00150	6,1	0,00008	0,04575	0,955	0,932	0,869	0,714
25	55-19-4	55-19-4а	223	223	0,6	1	1988	25	0,00258	6,5	0,00029	0,04604	0,955	0,932	0,868	0,713
26	55-19-4а	55-19-5	341,1	341,1	0,6	1	1988	25	0,00395	7,1	0,00044	0,04648	0,955	0,931	0,867	0,712
27	55-19-5	55-19-5а	109,4	109,4	0,6	1	1988	25	0,00127	6	0,00007	0,04655	0,955	0,931	0,867	0,712
28	55-19-5а	55-19-5а	81	81	0,6	1	1988	25	0,00094	5,8	0,00005	0,04660	0,954	0,931	0,867	0,712
29	55-19-5а	55-19-6	171,4	171,4	0,6	1	1988	25	0,00198	6,3	0,00011	0,04670	0,954	0,931	0,867	0,711
30	55-19-6	55-19-6а	90,4	90,4	0,6	1	1988	25	0,00105	5,9	0,00006	0,04676	0,954	0,931	0,867	0,711
31	55-19-	55-19-	154,5	154,5	0,6	1	1988	25	0,00179	6,2	0,00009	0,04685	0,954	0,931	0,867	0,711

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА

ГЛАВА 9. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

№ уч-ка	Нач. узел	Кон. узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки (1- надземная, 2- подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
	6а	7														
32	55-19-7	55-19-7а	258,3	258,3	0,6	1	1988	25	0,00299	6,7	0,00033	0,04719	0,954	0,931	0,866	0,710
33	55-19-7а	55-19-8	367,2	367,2	0,6	1	1988	25	0,00425	7,2	0,00047	0,04766	0,953	0,930	0,865	0,709
34	55-19-8	55-19-9	273	273	0,6	2	1988	25	0,00316	10,8	0,00138	0,04904	0,952	0,928	0,863	0,706
35	55-19-9	55-19-10	143	143	0,6	2	1988	25	0,00166	10,1	0,00050	0,04954	0,952	0,928	0,862	0,704
36	55-19-10	55-19-11	150	150	0,6	2	1988	25	0,00174	10,1	0,00052	0,05006	0,951	0,927	0,861	0,703
37	55-19-11прям	55-19-15	124	124	0,3	2	1992	21	0,00144	8,3	0,00024	0,05030	0,951	0,927	0,861	0,703
38	55-19-15	55-19-16	123	123	0,3	2	1992	21	0,00142	8,3	0,00024	0,05054	0,951	0,927	0,860	0,702
39	55-19-16	ID 14673	100	130	0,2	1	1992	21	0,00116	3,8	0,00000	0,05054	0,951	0,927	0,860	0,702
40	ID 14673	55-19-16-1	30	130	0,15	1	1992	21	0,00035	3,7	0,00000	0,05054	0,951	0,927	0,860	0,702
41	55-19-16-1	55-19-16-2	155	155	0,125	2	1992	21	0,00179	7,5	0,00030	0,05084	0,950	0,926	0,860	0,702

Как видно из рисунка 3.4 в период 2017-2022 г прогнозируемая надежность теплоснабжения потребителей становится ниже нормативного значения. Для улучшения показателя вероятности безотказной работы к перекладке предлагаются участки тепловых сетей:

- с 2017 по 2022:

участок от ТК-55-8 до ТК-55-9 длиной 1177 метров в двухтрубном исчислении и диаметром 800 мм;

- с 2022 по 2027:

участок от ТК-55-13 до ТК-55-15 длиной 376 метров в двухтрубном исчислении и диаметром 800 мм;

На рисунке 3.5 и в таблице 3.4 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от 55-7а до 55-19-16-2 на каждый период действия схемы теплоснабжения с учетом проведения предложенных мероприятий.

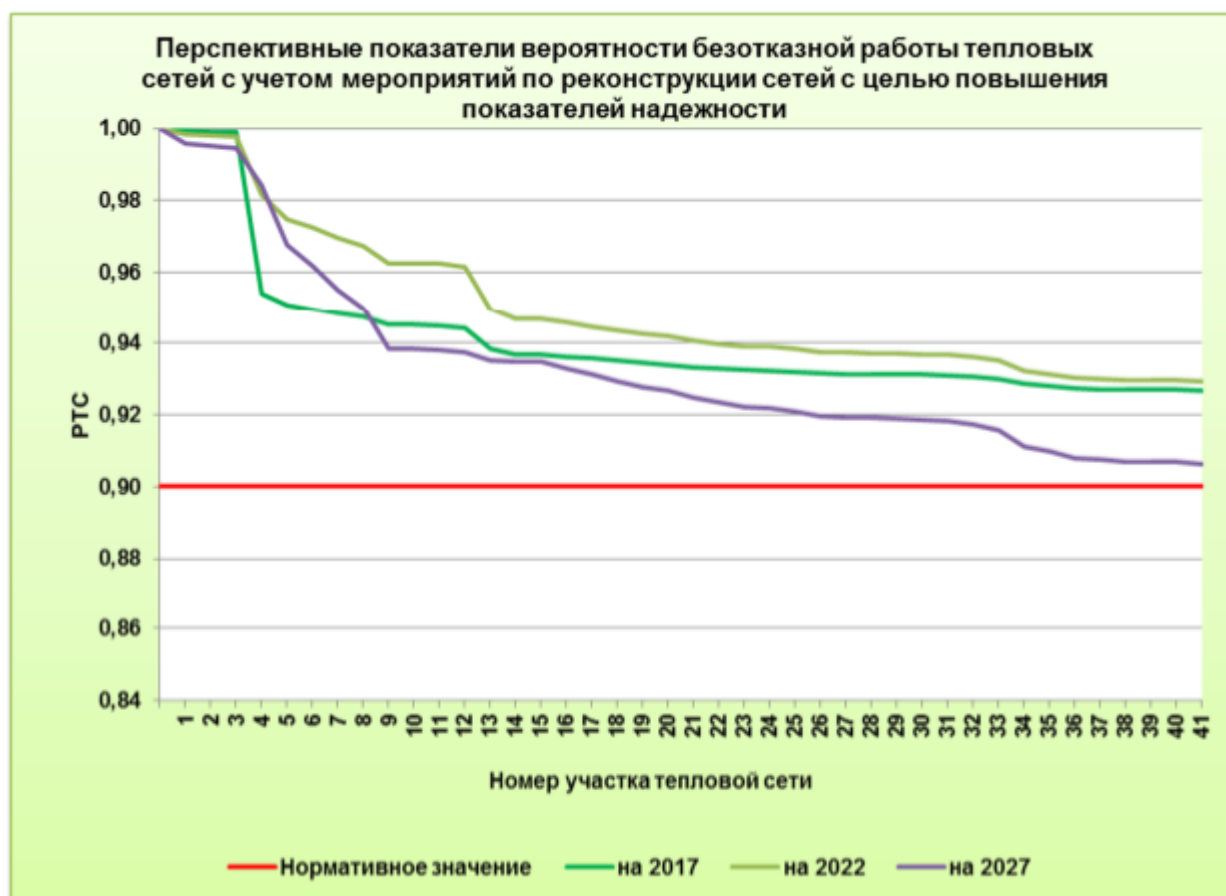


Рисунок 3.5 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2 с учетом проведения мероприятий

**Таблица 3.4 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от 55-7а до 55-19-16-2 с учетом проведения предложенных мероприятий**

№ уч-ка	Нач. узел	Кон.узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1-надземная, 2- подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановление уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
1	55-7а	ТК-55-8	123,5	123,5	0,8	1	1975	38	0,00447	7,3	0,00050	0,00050	1,000	0,999	0,998	0,996
2	ТК-55-8	ПНС-1	20,1	20,1	0,8	1	1976	37	0,00065	6,6	0,00007	0,00057	0,999	0,999	0,998	0,995
3	ПНС-1	ТК-55-8*	19	19	0,8	1	1976	37	0,00062	6,6	0,00007	0,00064	0,999	0,999	0,998	0,995
4	ТК-55-8*	55-9	1177	1177	0,8	1	1976	37	0,03835	14,5	0,02921	0,02985	0,971	0,954	0,982	0,984
5	55-9	КНС-10	396,9	396,9	0,7	1	1976	37	0,01293	8,3	0,00218	0,03203	0,968	0,951	0,975	0,968
6	КНС-10	55-10	207,9	207,9	0,7	1	1976	37	0,00677	7,2	0,00076	0,03279	0,968	0,950	0,972	0,962
7	55-10	55-10а	249,1	249,1	0,7	1	1976	37	0,00812	7,4	0,00091	0,03369	0,967	0,948	0,970	0,955
8	55-10а	55-11	185	185	0,7	1	1976	37	0,00603	7	0,00067	0,03437	0,966	0,947	0,967	0,950
9	55-11	Узел Е	285	285	0,7	1	1976	37	0,00929	7,6	0,00157	0,03593	0,965	0,945	0,963	0,938
10	Узел Е	55-12	51,8	51,8	0,7	1	1998	15	0,00060	6,2	0,00003	0,03596	0,965	0,945	0,963	0,938
11	55-12	55-13	150	150	0,7	1	1998	15	0,00174	6,8	0,00019	0,03616	0,964	0,945	0,962	0,938
12	55-12	55-13	378,1	378,1	0,7	1	1998	15	0,00438	8,2	0,00074	0,03690	0,964	0,944	0,962	0,937
13	55-13	55-14	279	279	0,7	2	1976	37	0,00909	11,6	0,00396	0,04086	0,960	0,938	0,950	0,935
14	55-14	55-15	96,5	96,5	0,7	2	1976	37	0,00314	10,4	0,00094	0,04180	0,959	0,937	0,947	0,935
15	55-15	ID 19742	0,3	155,3	0,6	2	1988	25	0,00000	10,2	0,00000	0,04180	0,959	0,937	0,947	0,935
16	ID 19742	ТК-55-16	155	155,3	0,6	2	1988	25	0,00179	10,2	0,00054	0,04234	0,959	0,936	0,946	0,933
17	ТК-55-16	ТК-55-17	150	150	0,6	2	1988	25	0,00174	10,1	0,00052	0,04286	0,958	0,936	0,945	0,931
18	ТК-55-17	ТК-55-18	158	158	0,6	2	1988	25	0,00183	10,2	0,00055	0,04341	0,958	0,935	0,943	0,929
19	ТК-55-18	55-19	157	157	0,6	2	1988	25	0,00182	10,2	0,00054	0,04395	0,957	0,934	0,942	0,928
20	55-19	55-19-1	98	98	0,6	2	1988	25	0,00113	9,8	0,00034	0,04429	0,957	0,934	0,942	0,926
21	55-19-1	55-19-2	163	163	0,6	2	1988	25	0,00189	10,2	0,00057	0,04486	0,956	0,933	0,941	0,925



ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА

ГЛАВА 9. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

№ уч-ка	Нач. узел	Кон.узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1-надземная, 2- подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
22	55-19-2	55-19-3	121,5	121,5	0,6	2	1988	25	0,00141	10	0,00042	0,04528	0,956	0,933	0,940	0,923
23	55-19-3	Узел А	114	114	0,6	2	1988	25	0,00132	9,9	0,00040	0,04567	0,955	0,932	0,939	0,922
24	Узел А	55-19-4	129,4	129,4	0,6	1	1988	25	0,00150	6,1	0,00008	0,04575	0,955	0,932	0,939	0,922
25	55-19-4	55-19-4а	223	223	0,6	1	1988	25	0,00258	6,5	0,00029	0,04604	0,955	0,932	0,938	0,921
26	55-19-4а	55-19-5	341,1	341,1	0,6	1	1988	25	0,00395	7,1	0,00044	0,04648	0,955	0,931	0,937	0,919
27	55-19-5	55-19-5а	109,4	109,4	0,6	1	1988	25	0,00127	6	0,00007	0,04655	0,955	0,931	0,937	0,919
28	55-19-5а	55-19-5а	81	81	0,6	1	1988	25	0,00094	5,8	0,00005	0,04660	0,954	0,931	0,937	0,919
29	55-19-5а	55-19-6	171,4	171,4	0,6	1	1988	25	0,00198	6,3	0,00011	0,04670	0,954	0,931	0,937	0,919
30	55-19-6	55-19-6а	90,4	90,4	0,6	1	1988	25	0,00105	5,9	0,00006	0,04676	0,954	0,931	0,937	0,918
31	55-19-6а	55-19-7	154,5	154,5	0,6	1	1988	25	0,00179	6,2	0,00009	0,04685	0,954	0,931	0,937	0,918
32	55-19-7	55-19-7а	258,3	258,3	0,6	1	1988	25	0,00299	6,7	0,00033	0,04719	0,954	0,931	0,936	0,917
33	55-19-7а	55-19-8	367,2	367,2	0,6	1	1988	25	0,00425	7,2	0,00047	0,04766	0,953	0,930	0,935	0,916
34	55-19-8	55-19-9	273	273	0,6	2	1988	25	0,00316	10,8	0,00138	0,04904	0,952	0,928	0,932	0,911
35	55-19-9	55-19-10	143	143	0,6	2	1988	25	0,00166	10,1	0,00050	0,04954	0,952	0,928	0,931	0,910
36	55-19-10	55-19-11	150	150	0,6	2	1988	25	0,00174	10,1	0,00052	0,05006	0,951	0,927	0,930	0,908
37	55-19-11прям	55-19-15	124	124	0,3	2	1992	21	0,00144	8,3	0,00024	0,05030	0,951	0,927	0,930	0,907
38	55-19-15	55-19-16	123	123	0,3	2	1992	21	0,00142	8,3	0,00024	0,05054	0,951	0,927	0,929	0,907
39	55-19-16	ID 14673	100	130	0,2	1	1992	21	0,00116	3,8	0,00000	0,05054	0,951	0,927	0,929	0,907
40	ID 14673	55-19-16-1	30	130	0,15	1	1992	21	0,00035	3,7	0,00000	0,05054	0,951	0,927	0,929	0,907
41	55-19-16-1	55-19-16-2	155	155	0,12 5	2	1992	21	0,00179	7,5	0,00030	0,05084	0,950	0,926	0,929	0,906

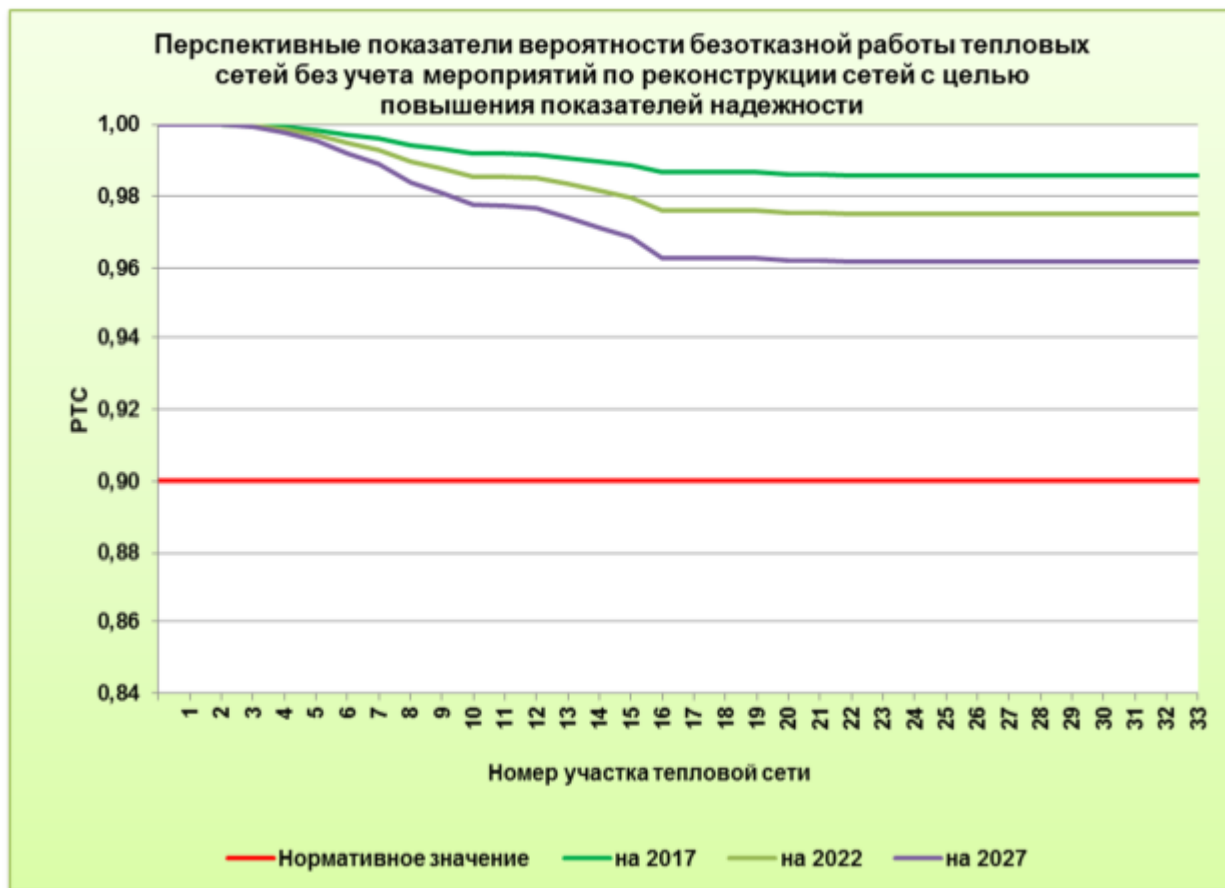
### 3.3 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №3)

На рисунке 3.6 представлен расчетный путь №3 от ТЭЦ до ТК-18т-4



**Рисунок 3.6 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4**

На рисунке 3.6 и в таблице 3.5 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТЭЦ до ТК-18т-4 на каждый период действия схемы теплоснабжения.



**Рисунок 3.7 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4**

Как видно из рисунка 3.7 надёжность теплоснабжения потребителей данной магистрали обеспечивается во всех периодах действия схемы теплоснабжения.

**Таблица 3.5 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от Архангельской ТЭЦ до ТК-18Т-4**

№ уч-ка	Нач. узел	Кон. узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки (1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
1	3 ВЫВОД	ТК-1Т	1	71	0,5	1	1990	23	0,00001	5,2	0,00000	0,00000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	ТК-1Т	ТК-А-5	70	71	0,5	1	1990	23	0,00081	5,2	0,00002	0,00002	1,000	1,000	1,000	1,000
3	ТК-А-5	ТК 2Т	362	362	0,5	1	1990	23	0,00419	6,4	0,00022	0,00024	1,000	1,000	1,000	0,999
4	ТК 2Т	2Т -1	150	1067	0,5	1	1990	23	0,00174	9,1	0,00052	0,00076	0,999	0,999	0,999	0,998
5	2Т -1	2Т -1а	250	1067	0,5	1	1990	23	0,00289	9,1	0,00087	0,00163	0,998	0,998	0,997	0,995
6	2Т -1	2Т -1а	377	1067	0,5	1	1990	23	0,00436	9,1	0,00131	0,00294	0,997	0,997	0,995	0,992
7	2Т -1а	ТК-3Т	290	1067	0,5	1	1990	23	0,00336	9,1	0,00101	0,00394	0,996	0,996	0,993	0,989
8	ТК-3Т	ТК-4Т	953,1	953,1	0,5	1	1990	23	0,01103	8,7	0,00186	0,00580	0,994	0,994	0,990	0,984
9	ТК-4Т	ТК-5Т	773	773	0,4	1	1990	23	0,00895	6,8	0,00100	0,00680	0,993	0,993	0,988	0,981
10	ТК-5Т	ТК-6Т	965,5	965,5	0,4	1	1990	23	0,01118	7,4	0,00125	0,00805	0,992	0,992	0,986	0,978
11	ТК-6Т	ТК-6аТ	187	187	0,4	1	1990	23	0,00216	5,1	0,00005	0,00810	0,992	0,992	0,985	0,977
12	ТК-6аТ	ТК-7Т	435	435	0,4	1	1990	23	0,00504	5,8	0,00027	0,00837	0,992	0,992	0,985	0,977
13	ТК-7Т	ТК-8Т	716	716	0,4	1	1990	23	0,00829	6,6	0,00092	0,00929	0,991	0,991	0,983	0,974
14	ТК-8Т	ТК-9Т	837	837	0,4	1	1990	23	0,00969	7	0,00108	0,01037	0,990	0,990	0,981	0,971
15	ТК-9Т	ТК-10Т	758,4	758,4	0,4	1	1990	23	0,00878	6,8	0,00098	0,01135	0,989	0,989	0,980	0,969

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА

№ уч-ка	Нач. узел	Кон.узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановление уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
16	TK-10Т	TK-11Т	1065,9	1065,9	0,4	1	1990	23	0,01234	7,7	0,00208	0,01343	0,987	0,987	0,976	0,963
17	TK-11Т	ID 25602	160,4	200,4	0,3	1	1998	15	0,00186	4,5	0,00000	0,01343	0,987	0,987	0,976	0,963
18	ID 25602	ID 25604	25	200,4	0,35	1	1998	15	0,00029	4,8	0,00000	0,01343	0,987	0,987	0,976	0,963
19	ID 25604	TK-12Т	15	200,4	0,35	2	1998	15	0,00017	8,8	0,00005	0,01348	0,987	0,987	0,976	0,963
20	TK-12Т	ID 22006	187	261,2	0,35	2	1998	15	0,00216	9	0,00065	0,01413	0,986	0,986	0,975	0,962
21	ID 22006	ID 22007	23,2	261,2	0,35	1	1998	15	0,00027	4,9	0,00000	0,01413	0,986	0,986	0,975	0,962
22	ID 22007	ID 22008	43	261,2	0,35	2	1998	15	0,00050	9	0,00015	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962
23	ID 22008	TK-14Т	8	261,2	0,35	1	1998	15	0,00009	4,9	0,00000	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962
24	TK-14Т	TK-15Т	64,4	64,4	0,35	1	1998	15	0,00075	4,4	0,00000	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962
25	TK-15Т	TK-16Т	67	67	0,35	1	1998	15	0,00078	4,4	0,00000	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962
26	TK-16Т	TK-16Т-а	10	10	0,25	1	1998	15	0,00012	3,9	0,00000	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962
27	TK-16Т-а	TK-17Т	159	159	0,25	1	1998	15	0,00184	4,1	0,00000	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962
28	TK-17Т	TK-18Т	295,3	295,3	0,25	1	1998	15	0,00342	4,4	0,00000	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962
29	TK-18Т	ID 20347	0,3	286,3	0,2	1	1998	15	0,00000	4	0,00000	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА

№ уч-ка	Нач. узел	Кон.узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
30	ID 20347	ТК-18Т-1	286	286,3	0,2	1	1998	15	0,00331	4	0,00000	0,01428	0,986	0,986	0,975	0,962
31	ТК-18Т-1	ТК-18Т-2	920	920	0,2	1	1998	15	0,01065	4,9	0,00005	0,01433	0,986	0,986	0,975	0,962
32	ТК-18Т-2	ТК-18Т-3	10	10	0,2	1	1998	15	0,00012	3,7	0,00000	0,01433	0,986	0,986	0,975	0,962
33	ТК-18Т-3	ТК-18Т-4	215	215	0,15	1	1998	15	0,00249	3,7	0,00000	0,01433	0,986	0,986	0,975	0,962

**3.4** Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №4)

На рисунке 3.8 представлен расчетный путь №4 от ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин



**Рисунок 3.8 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин**

На рисунке 3.9 и в таблице 3.6 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТК-45 до С-28п-16на каждый период действия схемы теплоснабжения.

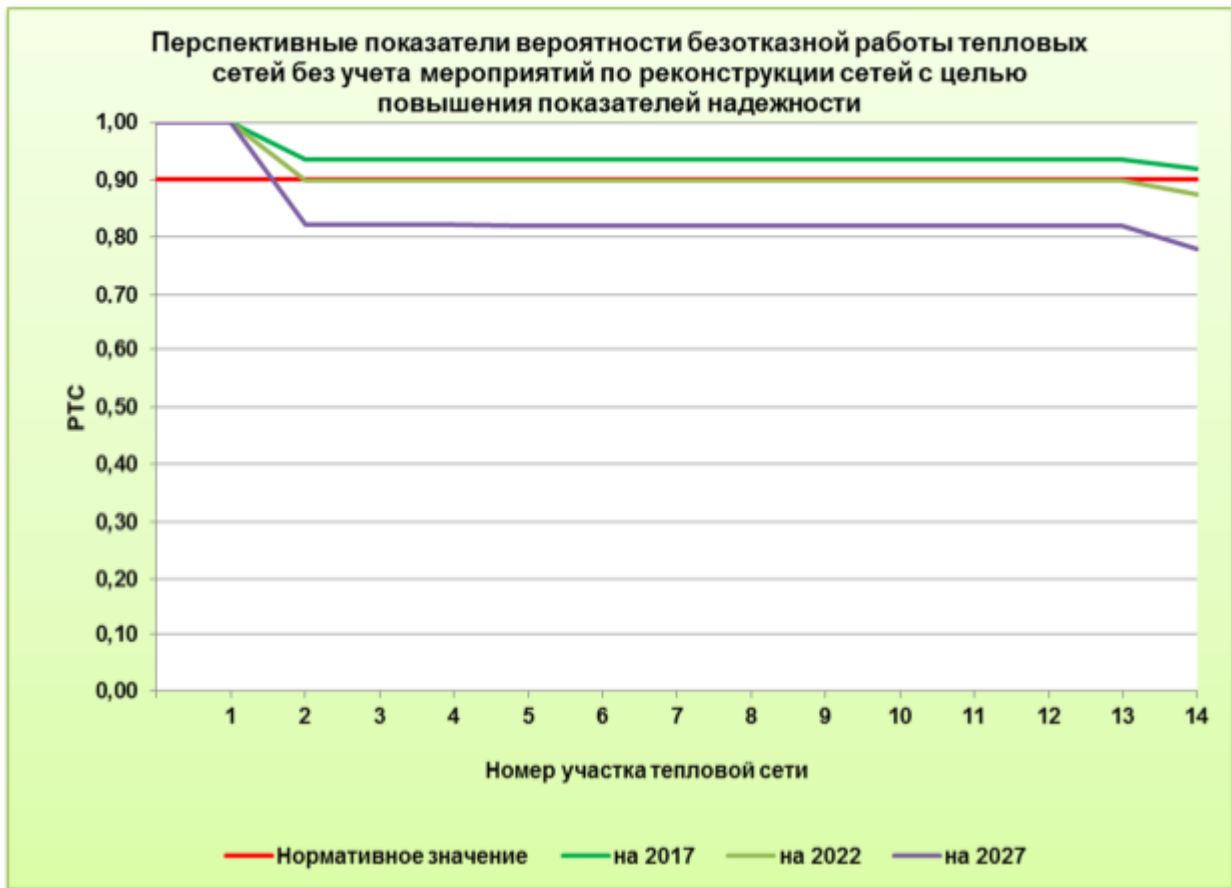


Рисунок 3.9 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4



**Таблица 3.6 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин**

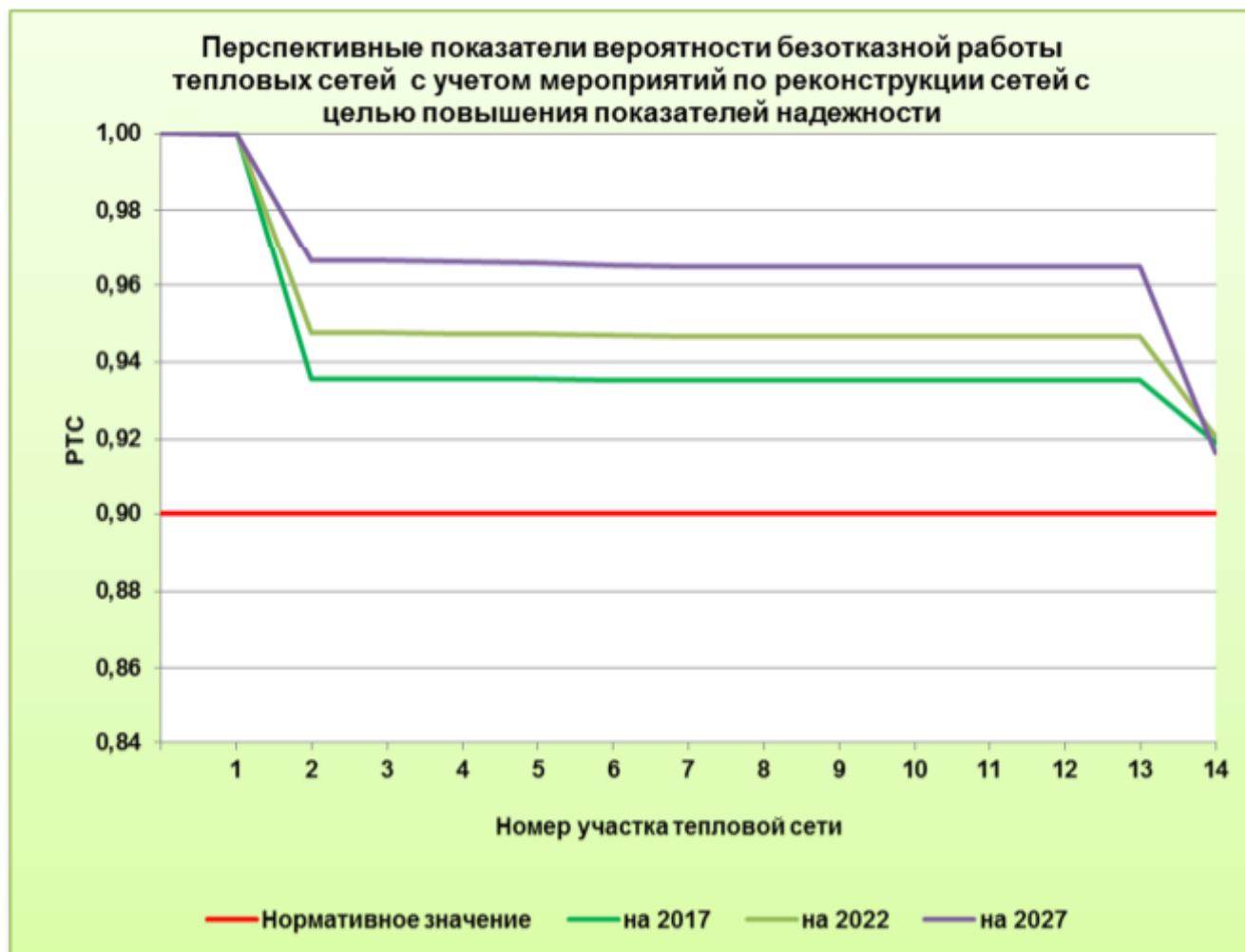
№ уч-ка	Нач. узел	Кон. узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки (1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
1	Вывод МКП-1	МКП-1	10	10	0,6	2	1984	29	0,00014	9,3	0,00004	0,00004	1,000	1,000	1,000	1,000
2	МКП-1	ПНС-SO4	3168	3168	0,6	1	1984	29	0,04538	20,9	0,04202	0,04207	0,959	0,936	0,899	0,822
3	ПНС-SO4	ЗУТ1-16л	0,3	0,3	0,5	1	1984	29	0,00000	5	0,00000	0,04207	0,959	0,936	0,899	0,822
4	ЗУТ1-16л	100	136	136	0,5	1	1984	29	0,00195	5,5	0,00005	0,04211	0,959	0,936	0,899	0,821
5	100	2УТ2-1	283	283	0,4	1	1984	29	0,00405	5,3	0,00010	0,04221	0,959	0,936	0,899	0,821
6	2УТ2-1	2УТ2-2	360	360	0,4	1	1984	29	0,00516	5,6	0,00012	0,04233	0,959	0,935	0,899	0,821
7	2УТ2-2	2УТ2-3	230	230	0,4	1	1984	29	0,00329	5,2	0,00008	0,04241	0,958	0,935	0,898	0,820
8	2УТ2-3	2УТ2-4/4-1	152	152	0,4	1	1984	29	0,00218	5	0,00001	0,04242	0,958	0,935	0,898	0,820
9	2УТ2-4/4-1	2УТ2-4	58	58	0,4	1	1984	29	0,00083	4,7	0,00000	0,04242	0,958	0,935	0,898	0,820
10	2УТ2-4	2УТ2-5	130	130	0,4	1	1984	29	0,00186	4,9	0,00001	0,04243	0,958	0,935	0,898	0,820
11	2УТ2-5	2УТ2-6	140	140	0,4	1	1984	29	0,00201	4,9	0,00001	0,04244	0,958	0,935	0,898	0,820
12	2УТ2-6	2УТ2-8	120	120	0,4	1	1984	29	0,00172	4,9	0,00001	0,04245	0,958	0,935	0,898	0,820
13	2УТ2-8	2УТ2-9	25	25	0,4	1	1984	29	0,00036	4,6	0,00000	0,04245	0,958	0,935	0,898	0,820
14	2УТ2-9	ИП Зеленин	2553,1	2553,1	0,3	1	1984	29	0,03657	9,5	0,01095	0,05340	0,948	0,919	0,874	0,779

Как видно из рисунка 3.9 в период 2017-2022 г прогнозируемая надежность теплоснабжения потребителей становится ниже нормативного значения. Для улучшения показателя вероятности безотказной работы к перекладке предлагаются участки тепловых сетей:

- с 2017 по 2022:

участок от МКП-1 до ПНС-SO4 длиной 3168 метров в двухтрубном исчислении и диаметром 600 мм;

На рисунке 3.10 и в таблице 3.6 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин на каждый период действия схемы теплоснабжения с учетом проведения предложенных мероприятий.



**Рисунок 3.10 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин с учетом проведения предложенных мероприятий**

**Таблица 3.7 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин с учетом проведения предложенных мероприятий**

№ уч-ка	Нач. узел	Кон. узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки (1-надземная, 2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР на отопительный период 2012/2013 года	ВБР на 2017	ВБР на 2022	ВБР на 2027
1	Вывод МКП-1	МКП-1	10	10	0,6	2	1984	29	0,00014	9,3	0,00004	0,00004	1,000	1,000	1,000	1,000
2	МКП-1	ПНС-SO4	3168	3168	0,6	1	1984	29	0,04538	20,9	0,04202	0,04207	0,959	0,936	0,947	0,966
3	ПНС-SO4	ЗУТ1-16л	0,3	0,3	0,5	1	1984	29	0,00000	5	0,00000	0,04207	0,959	0,936	0,947	0,966
4	ЗУТ1-16л	100	136	136	0,5	1	1984	29	0,00195	5,5	0,00005	0,04211	0,959	0,936	0,947	0,966
5	100	2УТ2-1	283	283	0,4	1	1984	29	0,00405	5,3	0,00010	0,04221	0,959	0,936	0,947	0,966
6	2УТ2-1	2УТ2-2	360	360	0,4	1	1984	29	0,00516	5,6	0,00012	0,04233	0,959	0,935	0,947	0,965
7	2УТ2-2	2УТ2-3	230	230	0,4	1	1984	29	0,00329	5,2	0,00008	0,04241	0,958	0,935	0,947	0,965
8	2УТ2-3	2УТ2-4/4-1	152	152	0,4	1	1984	29	0,00218	5	0,00001	0,04242	0,958	0,935	0,947	0,965
9	2УТ2-4/4-1	2УТ2-4	58	58	0,4	1	1984	29	0,00083	4,7	0,00000	0,04242	0,958	0,935	0,947	0,965
10	2УТ2-4	2УТ2-5	130	130	0,4	1	1984	29	0,00186	4,9	0,00001	0,04243	0,958	0,935	0,947	0,965
11	2УТ2-5	2УТ2-6	140	140	0,4	1	1984	29	0,00201	4,9	0,00001	0,04244	0,958	0,935	0,947	0,965
12	2УТ2-6	2УТ2-8	120	120	0,4	1	1984	29	0,00172	4,9	0,00001	0,04245	0,958	0,935	0,947	0,965
13	2УТ2-	2УТ2-9	25	25	0,4	1	1984	29	0,00036	4,6	0,00000	0,04245	0,958	0,935	0,947	0,965

СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА

	8															
14	2УТ2-9	ИП Зеленин	2553,1	2553,1	0,3	1	1984	29	0,03657	9,5	0,01095	0,05340	0,948	0,919	0,921	0,917

#### 4 ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Таким образом, для обеспечения нормативного показателя вероятности безотказной работы тепловых сетей на протяжении всех периодов действия схемы теплоснабжения необходимы перекладки участков тепловых сетей:

- с 2017 по 2022:

участок от ТК-55-8 до ТК-55-9 длиной 1177 метров в двухтрубном исчислении и диаметром 800 мм;

участок от МКП-1 до ПНС-SO4 длиной 3168 метров в двухтрубном исчислении и диаметром 600 мм;

- с 2022 по 2027:

участок от ТК-55-13 до ТК-55-15 длиной 376 метров в двухтрубном исчислении и диаметром 800 мм;