



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

**ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СФЕРЕ  
ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕДАЧИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ  
ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 6. 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 теплопотребления. 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. Инструкция 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

<b>Наименование документа</b>
переворужению источников тепловой энергии
Приложение 1. Графическая часть
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
<b>1</b> Общие положения.....	7
<b>2</b> Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ на отопительный период 2012/2013 года.....	13
2.1 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №1) .....	13
2.2 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №2) .....	19
2.3 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №3) .....	23
2.4 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №4) .....	27
<b>3</b> Выводы по результатам расчетов вероятности безотказной работы тепловых сетей .....	30

ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

Таблица 1.1 – График продолжительности тепловой нагрузки отопления.....	10
Таблица 2.1 – Расчетные пути для определения вероятности безотказной работы тепловых сетей ....	13
Таблица 2.2 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТК-45 до С-28п-16.....	16
Таблица 2.3 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от 55-7а до 55-19-16-2.....	21
Таблица 2.4 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4 .....	25
Таблица 2.4 Изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин.....	29

## ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

<b>Рисунок 1.1 – Зависимость интенсивности отказов от срока эксплуатации участка тепловой сети для систем теплоснабжения города Архангельска.</b> .....	10
Рисунок 2.1 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТК-45 до С-28п-16 .....	14
Рисунок 2.2 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от ТК-45 до С-28п-16 .....	15
Рисунок 2.3 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2.....	19
Рисунок 2.4 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2 .....	20
Рисунок 2.5 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4.....	23
Рисунок 2.6 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4	24
Рисунок 2.7 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин.....	27
Рисунок 2.8 Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4	28

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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:

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

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

Отсюда вероятность безотказной работы за время  $t$  равна:

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

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

$\omega$  - 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:

$$F(t) = 1 - e^{-\omega t},$$

При расчете надежности принимается:

11401.ОМ-ПСТ.001.006



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:  $P_{\text{с}} = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n$  - вероятности безотказной работы каждого элемента.

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

$$P_{\text{с}} = \prod_{i=1}^n P_i$$

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 -  $P_{\text{ТС}}=0,9$  (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.

11401.ОМ-ПСТ.001.006

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

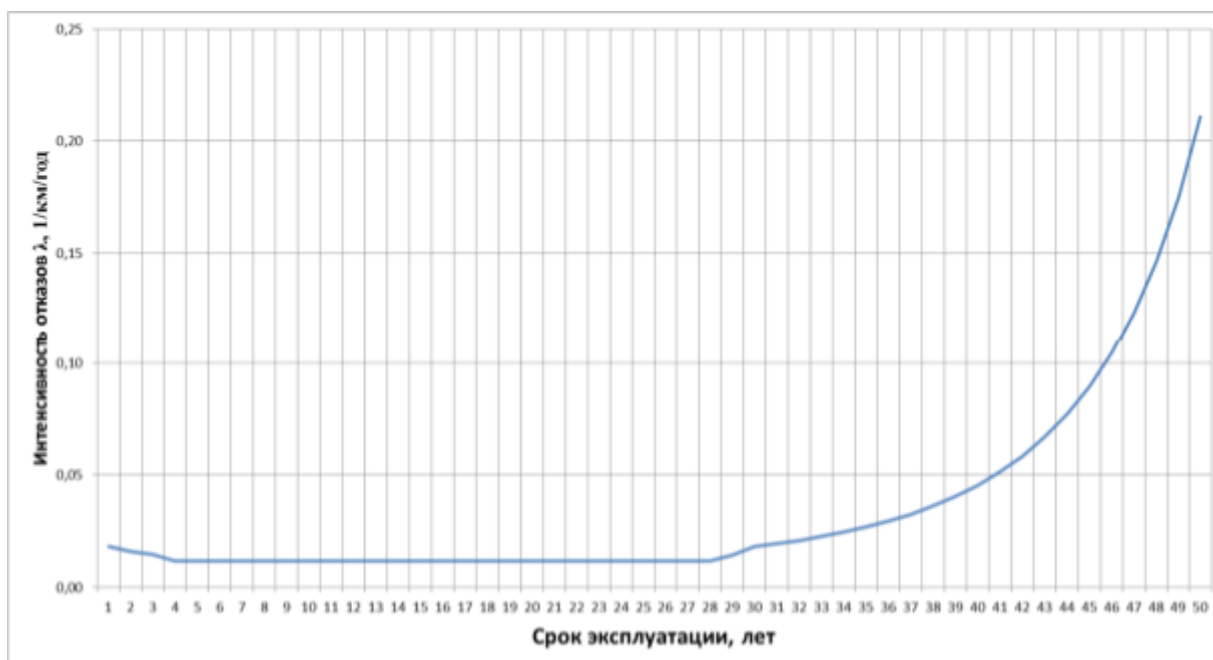
Для данной зависимости использовались следующие эмпирические коэффициенты:

$$0,8, \text{ при } 0 < \tau \leq 3$$

$$=$$

$$0,5 \qquad \qquad \qquad 28$$

На рис. 1.1 приведена зависимость интенсивности отказов от срока эксплуатации участка тепловой сети для систем теплоснабжения города Архангельска.



**Рисунок 1.1 – 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°С при отключении систем теплоснабжения. Расчет проводился для каждой повторяемости температур наружного воздуха при коэффициенте аккумуляции β=40 часов. Данные расчеты приведены в таблице 1.1.

**Таблица 1.1– 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.

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.

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 1.1 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.

## 2 РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ТЭЦ НА ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД 2012/2013 ГОДА

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 2.1

**Таблица 2.1– 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

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

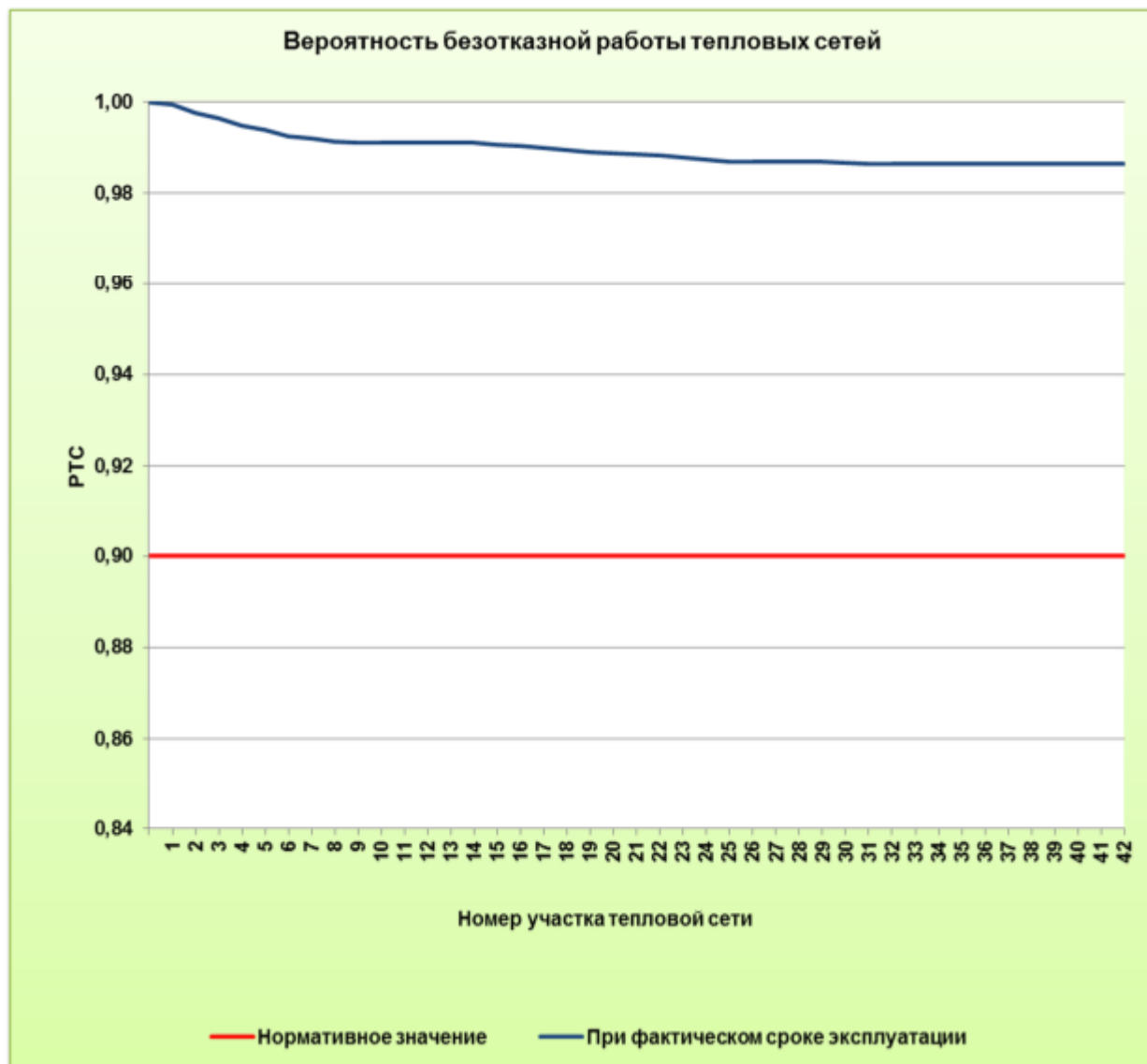
На рисунке 2.1 представлен расчетный путь №1 от ТК-45 до тепловой камеры С-28п-16.



**Рисунок 2.1 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от ТК-45 до С-28п-16**

На рисунке 2.2 и в таблице 2.2 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТК-45 до С-28п-16 при фактическом сроке эксплуатации.





**Рисунок 2.2** Вероятность безотказной работы тепловых сетей от ТК-45 до С-28п-16

Как видно из рисунка 2.2 при фактическом сроке эксплуатации тепловых сетей надёжность теплоснабжения потребителей обеспечивается на всей протяженности данной магистрали.

**Таблица 2.2 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
1	ТК-45	ID 21989	66,9	636,6	0,5	2	1977	36	0,00197	9,1	0,00059	0,00059	0,999
2	ID 21989	С-1	569,7	636,6	0,5	1	1977	36	0,01680	7,2	0,00187	0,00247	0,998
3	С-1	С-2	130	130	0,5	2	1977	36	0,00383	9,4	0,00115	0,00361	0,996
4	С-2	С-3	178	178	0,5	2	1977	36	0,00525	9,6	0,00157	0,00519	0,995
5	С-3	С-4	119	119	0,5	2	1977	36	0,00351	9,4	0,00105	0,00624	0,994
6	С-4	С-5	145	145	0,5	2	1977	36	0,00428	9,5	0,00128	0,00752	0,993
7	С-5	С-6	45	45	0,5	2	1977	36	0,00133	9	0,00040	0,00792	0,992
8	С-6	С-7	101	101	0,5	2	1977	36	0,00298	9,3	0,00089	0,00881	0,991
9	С-7	С-8	23	23	0,5	2	2002	11	0,00027	8,9	0,00008	0,00889	0,991
10	С-8	С-9	40	40	0,5	1	2002	11	0,00046	5,1	0,00001	0,00890	0,991
11	С-9	ID 26629	12	117	0,5	2	2002	11	0,00014	8,9	0,00004	0,00894	0,991
12	ID 26629	С-10	105	117	0,5	1	2002	11	0,00122	5,4	0,00003	0,00897	0,991
13	С-10	С-11	142	142	0,5	1	2001	12	0,00164	5,5	0,00004	0,00901	0,991
14	С-11	С-12	130	130	0,5	1	2001	12	0,00150	5,5	0,00004	0,00905	0,991
15	С-12	С-15	80	80	0,5	2	1999	14	0,00093	9,2	0,00028	0,00932	0,991
16	С-15	С-16	124	124	0,5	2	1999	14	0,00144	9,4	0,00043	0,00975	0,990
17	С-16	С-17	135	135	0,5	2	1999	14	0,00156	9,4	0,00047	0,01022	0,990
18	С-17	С-18	87	87	0,5	2	1999	14	0,00101	9,2	0,00030	0,01052	0,990
19	С-18	С-19	150	150	0,5	2	1999	14	0,00174	9,5	0,00052	0,01104	0,989

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА  
 ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕДАЧИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

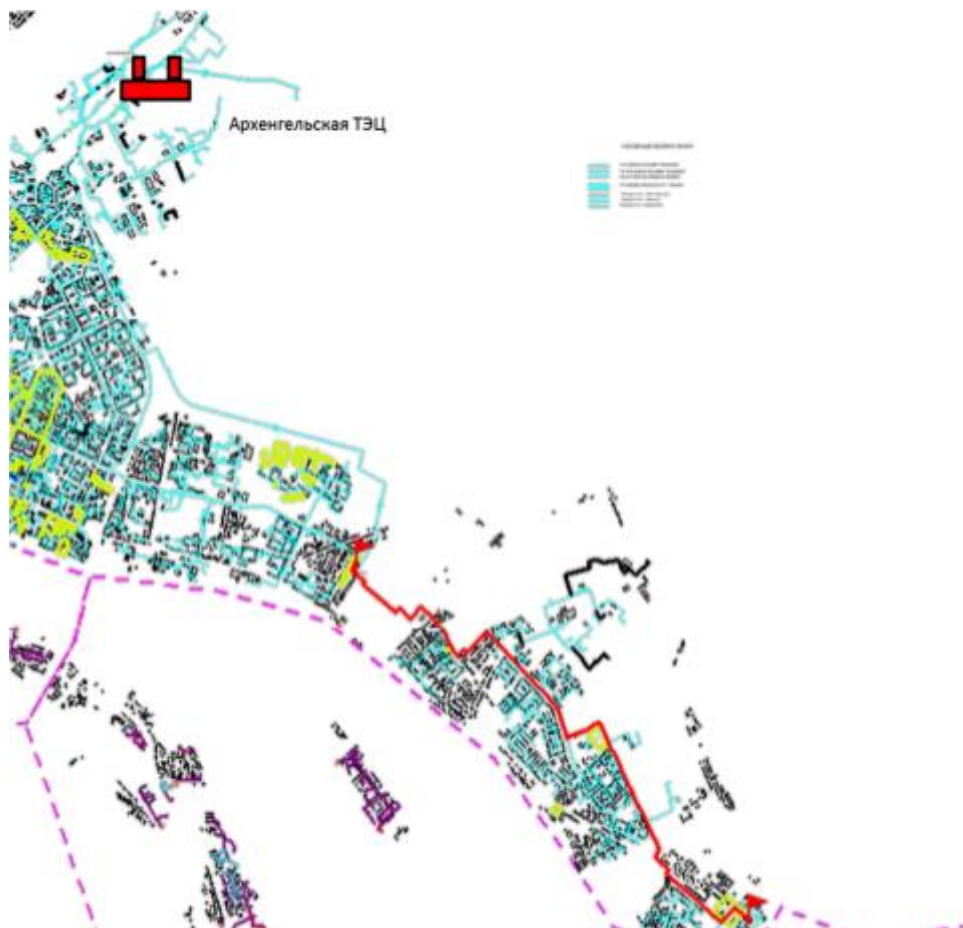
№ уч-ка	Нач. узел	Кон. узел	Длина участка, м	Расстояние между секционирующими задвижками, м	Диаметр участка, м	Тип прокладки(1-надземная,2-подземная)	Год последней реконструкции	Продолжительность эксплуатации	Частота интенсивность отказа	Среднее время восстановления уч-ка	Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год	Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год	ВБР
20	C-19	C-20	60	60	0,5	2	1997	16	0,00069	9,1	0,00021	0,01125	0,989
21	C-20	C-20а	40	40	0,3	2	1978	35	0,00107	8,1	0,00018	0,01143	0,989
22	C-20а	C-21	57	57	0,3	2	1978	35	0,00153	8,1	0,00026	0,01169	0,988
23	C-21	C-22	115	115	0,3	2	1978	35	0,00309	8,3	0,00052	0,01221	0,988
24	C-22	C-23	121	121	0,3	2	1978	35	0,00325	8,3	0,00055	0,01276	0,987
25	C-23	C-24	79	79	0,3	2	1978	35	0,00212	8,2	0,00036	0,01312	0,987
26	C-24	C-25	129,1	129,1	0,3	1	2000	13	0,00149	4,3	0,00000	0,01312	0,987
27	C-25	C-27	257,11	257,11	0,3	1	2000	13	0,00298	4,6	0,00001	0,01313	0,987
28	C-27	C-28	31,5	31,5	0,3	2	1978	35	0,00085	8,1	0,00014	0,01327	0,987
29	C-28	C-28п	0,1	0,1	0,3	1	1970	43	0,00001	4,1	0,00000	0,01327	0,987
30	C-28п	C-28п-1	73	73	0,3	2	1992	21	0,00085	8,2	0,00014	0,01341	0,987
31	C-28п-1	C-28п-2	67	67	0,3	2	1992	21	0,00078	8,2	0,00013	0,01354	0,987
32	C-28п-2	C-28п-3	20	20	0,3	2	1992	21	0,00023	8	0,00004	0,01358	0,987
33	C-28п-3	C-28п-4	20	20	0,3	1	1992	21	0,00023	4,1	0,00000	0,01358	0,987
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
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
36	C-28п-4-2	C-28п-4-3	89	89	0,3	1	1970	43	0,00595	4,2	0,00000	0,01358	0,987
37	C-28п-4-3	C-28п-12	95,8	95,8	0,3	1	1970	43	0,00641	4,3	0,00000	0,01358	0,987
38	C-28п-12	C-28-19	71,6	71,6	0,3	1	1970	43	0,00479	4,2	0,00000	0,01358	0,987
39	C-28-19	C-28п-13	30	30	0,3	1	1970	43	0,00201	4,1	0,00000	0,01358	0,987
40	C-28п-13	C-28п-14	60	60	0,2	1	1970	43	0,00401	4	0,00000	0,01358	0,987
41	C-28п-14	C-28п-15	60	60	0,2	1	1970	43	0,00401	3,7	0,00000	0,01358	0,987

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА  
 ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕДАЧИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

<i>№ уч-ка</i>	<i>Нач. узел</i>	<i>Кон.узел</i>	<i>Длина участка, м</i>	<i>Расстояние между секционирующими задвижками, м</i>	<i>Диаметр участка, м</i>	<i>Тип прокладки(1-надземная,2-подземная)</i>	<i>Год последней реконструкции</i>	<i>Продолжительность эксплуатации</i>	<i>Частота интенсивность отказа</i>	<i>Среднее время восстановления участка</i>	<i>Параметр потока отказов теплоснабжения при отказе участка, 1/год</i>	<i>Параметр потока отказов теплоснабжения накопленным итогом, 1/год</i>	<i>ВБР</i>
42	С-28п-15	С-28п-16	100	100	0,2	1	1970	43	0,00669	3,8	0,00000	0,01358	0,987

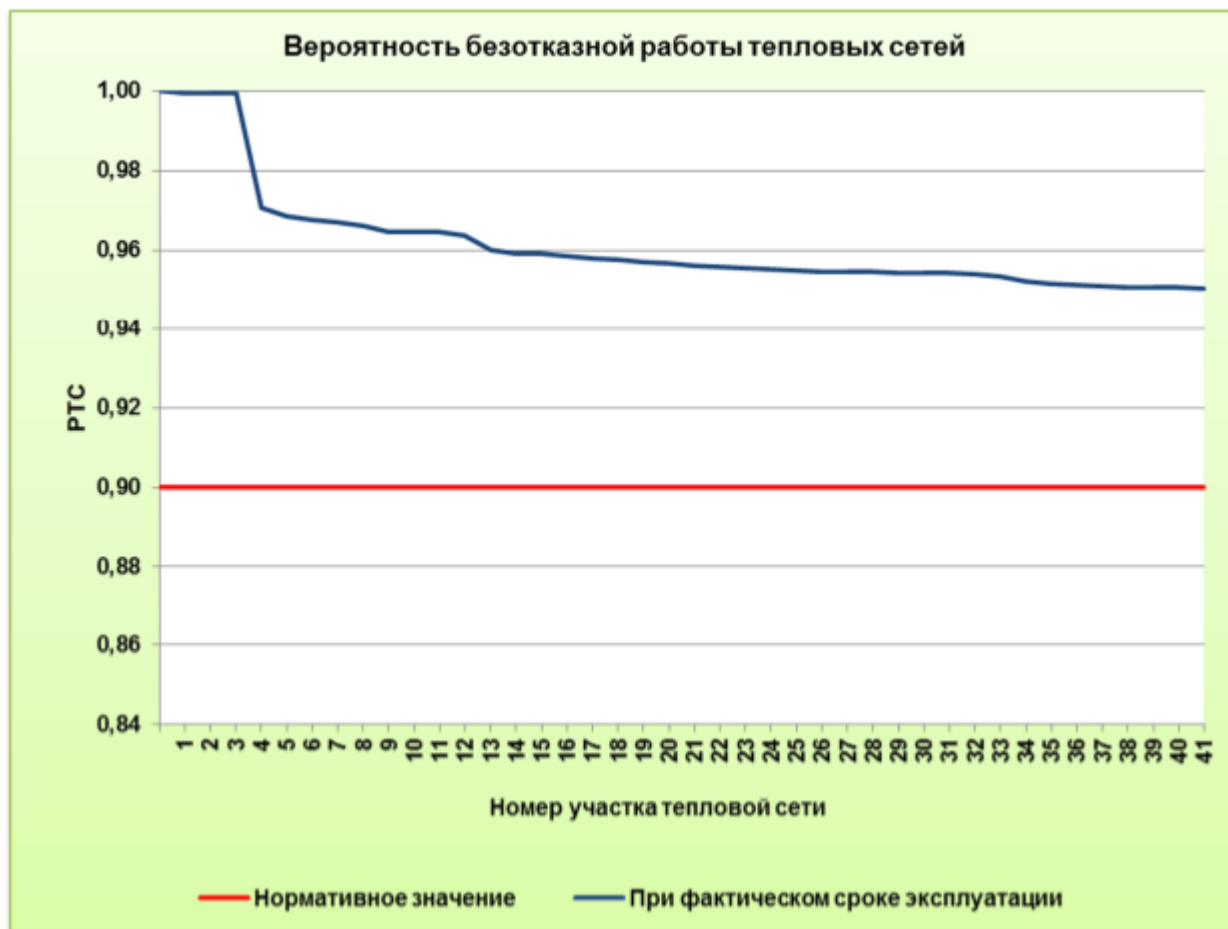
## 2.2 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь № 2)

На рисунке 2.3 представлен расчетный путь № 2 от тепловой камеры 55-7а до тепловой камеры 55-19-16-2.



**Рисунок 2.3 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2**

На рисунке 2.4 и в таблице 2.3 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от 55-7а до 55-19-16-2 при фактическом сроке эксплуатации.



**Рисунок 2.4** Вероятность безотказной работы тепловых сетей от 55-7а до 55-19-16-2

Как видно из рисунка 2.4 при фактическом сроке эксплуатации тепловых сетей надёжность теплоснабжения потребителей обеспечивается на всей протяженности данной магистрали.

**Таблица 2.3 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 на коплемном итогом, 1/год	ВБР
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
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
3	ПНС-1	ТК-55-8*	19	19	0,8	1	1976	37	0,00062	6,6	0,00007	0,00064	0,999
4	ТК-55-8*	55-9	1177	1177	0,8	1	1976	37	0,03835	14,5	0,02921	0,02985	0,971
5	55-9	КНС-10	396,9	396,9	0,7	1	1976	37	0,01293	8,3	0,00218	0,03203	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
7	55-10	55-10а	249,1	249,1	0,7	1	1976	37	0,00812	7,4	0,00091	0,03369	0,967
8	55-10а	55-11	185	185	0,7	1	1976	37	0,00603	7	0,00067	0,03437	0,966
9	55-11	Узел Е	285	285	0,7	1	1976	37	0,00929	7,6	0,00157	0,03593	0,965
10	Узел Е	55-12	51,8	51,8	0,7	1	1998	15	0,00060	6,2	0,00003	0,03596	0,965
11	55-12	55-13	150	150	0,7	1	1998	15	0,00174	6,8	0,00019	0,03616	0,964
12	55-12	55-13	378,1	378,1	0,7	1	1998	15	0,00438	8,2	0,00074	0,03690	0,964
13	55-13	55-14	279	279	0,7	2	1976	37	0,00909	11,6	0,00396	0,04086	0,960
14	55-14	55-15	96,5	96,5	0,7	2	1976	37	0,00314	10,4	0,00094	0,04180	0,959
15	55-15	ID 19742	0,3	155,3	0,6	2	1988	25	0,00000	10,2	0,00000	0,04180	0,959
16	ID 19742	ТК-55-16	155	155,3	0,6	2	1988	25	0,00179	10,2	0,00054	0,04234	0,959
17	ТК-55-16	ТК-55-17	150	150	0,6	2	1988	25	0,00174	10,1	0,00052	0,04286	0,958
18	ТК-55-17	ТК-55-18	158	158	0,6	2	1988	25	0,00183	10,2	0,00055	0,04341	0,958
19	ТК-55-18	55-19	157	157	0,6	2	1988	25	0,00182	10,2	0,00054	0,04395	0,957
20	55-19	55-19-1	98	98	0,6	2	1988	25	0,00113	9,8	0,00034	0,04429	0,957
21	55-19-1	55-19-2	163	163	0,6	2	1988	25	0,00189	10,2	0,00057	0,04486	0,956

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА  
 ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕДАЧИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

№ 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 теплоснабжениянакопленным итогом, 1/год	ВБР
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
23	55-19-3	Узел А	114	114	0,6	2	1988	25	0,00132	9,9	0,00040	0,04567	0,955
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
25	55-19-4	55-19-4а	223	223	0,6	1	1988	25	0,00258	6,5	0,00029	0,04604	0,955
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
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
28	55-19-5а	55-19-5а	81	81	0,6	1	1988	25	0,00094	5,8	0,00005	0,04660	0,954
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
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
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
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
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
34	55-19-8	55-19-9	273	273	0,6	2	1988	25	0,00316	10,8	0,00138	0,04904	0,952
35	55-19-9	55-19-10	143	143	0,6	2	1988	25	0,00166	10,1	0,00050	0,04954	0,952
36	55-19-10	55-19-11	150	150	0,6	2	1988	25	0,00174	10,1	0,00052	0,05006	0,951
37	55-19-11прям	55-19-15	124	124	0,3	2	1992	21	0,00144	8,3	0,00024	0,05030	0,951
38	55-19-15	55-19-16	123	123	0,3	2	1992	21	0,00142	8,3	0,00024	0,05054	0,951
39	55-19-16	ID 14673	100	130	0,2	1	1992	21	0,00116	3,8	0,00000	0,05054	0,951
40	ID 14673	55-19-16-1	30	130	0,15	1	1992	21	0,00035	3,7	0,00000	0,05054	0,951
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



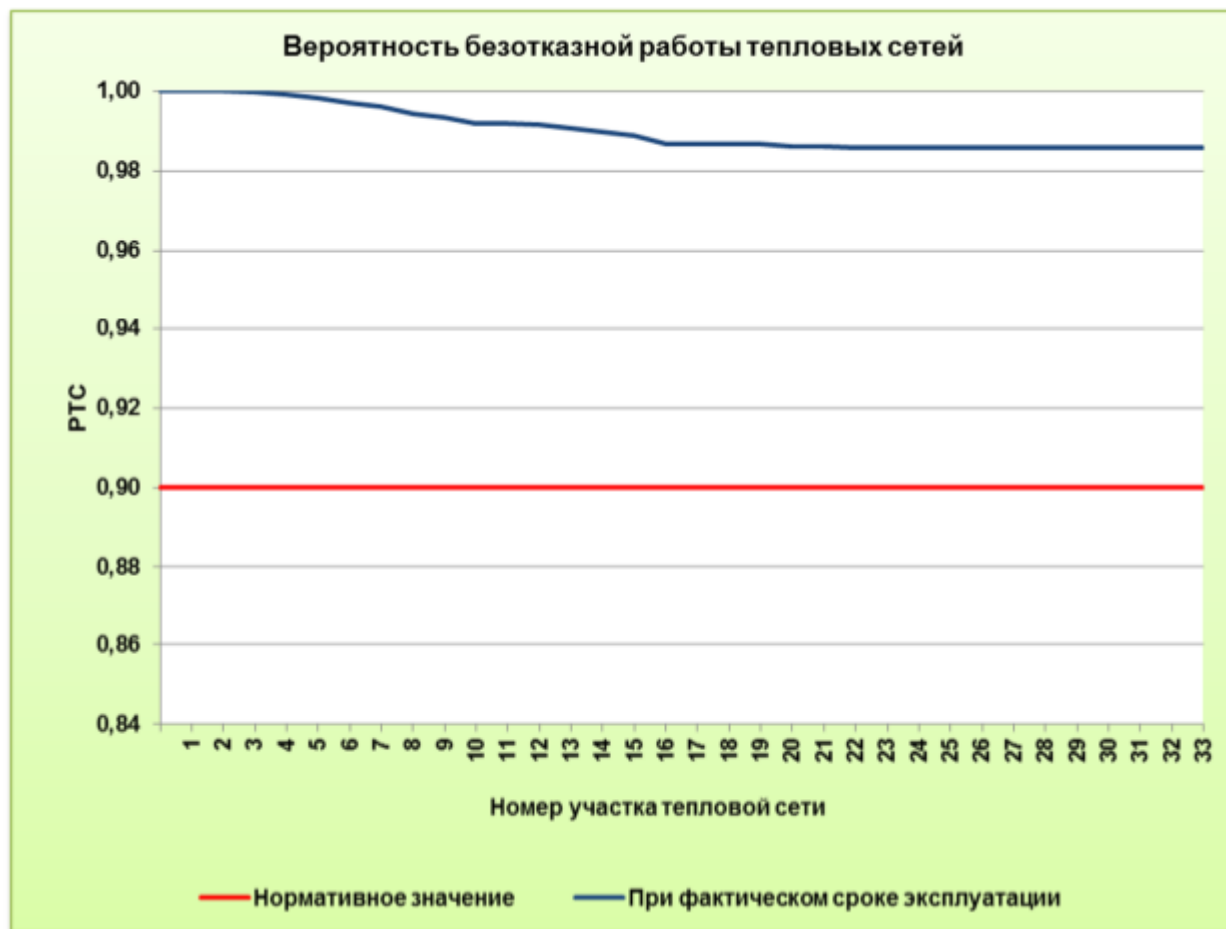
### 2.3 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь №3)

На рисунке 2.5 представлен расчетный путь № 3 от ТЭЦ до ТК-18т-4



**Рисунок 2.5 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4**

На рисунке 2.6 и в таблице 2.4 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТЭЦ до ТК-18т-4 при фактическом сроке эксплуатации.



**Рисунок 2.6** Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4

Как видно из рисунка 2.6 при фактическом сроке эксплуатации тепловых сетей надёжность теплоснабжения потребителей обеспечивается на всей протяженности данной магистрали.

**Таблица 2.4 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
1	3 вывод	ТК-1т	1	71	0,5	1	1990	23	0,00001	5,2	0,00000	0,00000	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
3	ТК-А-5	ТК 2т	362	362	0,5	1	1990	23	0,00419	6,4	0,00022	0,00024	1,000
4	ТК 2т	2т -1	150	1067	0,5	1	1990	23	0,00174	9,1	0,00052	0,00076	0,999
5	2т -1	2т -1а	250	1067	0,5	1	1990	23	0,00289	9,1	0,00087	0,00163	0,998
6	2т -1	2т -1а	377	1067	0,5	1	1990	23	0,00436	9,1	0,00131	0,00294	0,997
7	2т -1а	ТК-3т	290	1067	0,5	1	1990	23	0,00336	9,1	0,00101	0,00394	0,996
8	ТК-3т	ТК-4т	953,1	953,1	0,5	1	1990	23	0,01103	8,7	0,00186	0,00580	0,994
9	ТК-4т	ТК-5т	773	773	0,4	1	1990	23	0,00895	6,8	0,00100	0,00680	0,993
10	ТК-5т	ТК-6т	965,5	965,5	0,4	1	1990	23	0,01118	7,4	0,00125	0,00805	0,992
11	ТК-6т	ТК-6ат	187	187	0,4	1	1990	23	0,00216	5,1	0,00005	0,00810	0,992
12	ТК-6ат	ТК-7т	435	435	0,4	1	1990	23	0,00504	5,8	0,00027	0,00837	0,992
13	ТК-7т	ТК-8т	716	716	0,4	1	1990	23	0,00829	6,6	0,00092	0,00929	0,991
14	ТК-8т	ТК-9т	837	837	0,4	1	1990	23	0,00969	7	0,00108	0,01037	0,990
15	ТК-9т	ТК-10т	758,4	758,4	0,4	1	1990	23	0,00878	6,8	0,00098	0,01135	0,989
16	ТК-10т	ТК-11т	1065,9	1065,9	0,4	1	1990	23	0,01234	7,7	0,00208	0,01343	0,987
17	ТК-11т	ID 25602	160,4	200,4	0,3	1	1998	15	0,00186	4,5	0,00000	0,01343	0,987
18	ID 25602	ID 25604	25	200,4	0,35	1	1998	15	0,00029	4,8	0,00000	0,01343	0,987
19	ID 25604	ТК-12т	15	200,4	0,35	2	1998	15	0,00017	8,8	0,00005	0,01348	0,987
20	ТК-12т	ID 22006	187	261,2	0,35	2	1998	15	0,00216	9	0,00065	0,01413	0,986

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МО «ГОРОД АРХАНГЕЛЬСК» ДО 2028 ГОДА  
 ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕДАЧИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

№ 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
21	ID 22006	ID 22007	23,2	261,2	0,35	1	1998	15	0,00027	4,9	0,00000	0,01413	0,986
22	ID 22007	ID 22008	43	261,2	0,35	2	1998	15	0,00050	9	0,00015	0,01428	0,986
23	ID 22008	TK-14T	8	261,2	0,35	1	1998	15	0,00009	4,9	0,00000	0,01428	0,986
24	TK-14T	TK-15T	64,4	64,4	0,35	1	1998	15	0,00075	4,4	0,00000	0,01428	0,986
25	TK-15T	TK-16T	67	67	0,35	1	1998	15	0,00078	4,4	0,00000	0,01428	0,986
26	TK-16T	TK-16T-a	10	10	0,25	1	1998	15	0,00012	3,9	0,00000	0,01428	0,986
27	TK-16T-a	TK-17T	159	159	0,25	1	1998	15	0,00184	4,1	0,00000	0,01428	0,986
28	TK-17T	TK-18T	295,3	295,3	0,25	1	1998	15	0,00342	4,4	0,00000	0,01428	0,986
29	TK-18T	ID 20347	0,3	286,3	0,2	1	1998	15	0,00000	4	0,00000	0,01428	0,986
30	ID 20347	TK-18T-1	286	286,3	0,2	1	1998	15	0,00331	4	0,00000	0,01428	0,986
31	TK-18T-1	TK-18T-2	920	920	0,2	1	1998	15	0,01065	4,9	0,00005	0,01433	0,986
32	TK-18T-2	TK-18T-3	10	10	0,2	1	1998	15	0,00012	3,7	0,00000	0,01433	0,986
33	TK-18T-3	TK-18T-4	215	215	0,15	1	1998	15	0,00249	3,7	0,00000	0,01433	0,986

## 2.4 Магистральный теплопровод Архангельской ТЭЦ (расчетный путь № 4)

На рисунке 2.7 представлен расчетный путь №4 от ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин.



**Рисунок 2.7 – Путь для расчёта вероятности безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин**

На рисунке 2.8 и в таблице 2.5 представлено изменение расчётных показателей вероятности безотказной работы магистральной тепловой сети от ТЭЦ до потребителя ИП Зеленин при фактическом сроке эксплуатации.



**Рисунок 2.8** Вероятность безотказной работы тепловых сетей от Архангельской ТЭЦ до ТК-18т-4

Как видно из рисунка 2.8 при фактическом сроке эксплуатации тепловых сетей надёжность теплоснабжения потребителей обеспечивается на всей протяженности данной магистрали.

**Таблица 2.5 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	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
1	Вывод МКП-1	МКП-1	10	10	0,6	2	1984	29	0,00014	9,3	0,00004	0,00004	1,000
2	МКП-1	ПНС-SO4	3168	3168	0,6	1	1984	29	0,04538	20,9	0,04202	0,04207	0,959
3	ПНС-SO4	ЗУТ1-16л	0,3	0,3	0,5	1	1984	29	0,00000	5	0,00000	0,04207	0,959
4	ЗУТ1-16л	100	136	136	0,5	1	1984	29	0,00195	5,5	0,00005	0,04211	0,959
5	100	2УТ2-1	283	283	0,4	1	1984	29	0,00405	5,3	0,00010	0,04221	0,959
6	2УТ2-1	2УТ2-2	360	360	0,4	1	1984	29	0,00516	5,6	0,00012	0,04233	0,959
7	2УТ2-2	2УТ2-3	230	230	0,4	1	1984	29	0,00329	5,2	0,00008	0,04241	0,958
8	2УТ2-3	2УТ2-4/4-1	152	152	0,4	1	1984	29	0,00218	5	0,00001	0,04242	0,958
9	2УТ2-4/4-1	2УТ2-4	58	58	0,4	1	1984	29	0,00083	4,7	0,00000	0,04242	0,958
10	2УТ2-4	2УТ2-5	130	130	0,4	1	1984	29	0,00186	4,9	0,00001	0,04243	0,958
11	2УТ2-5	2УТ2-6	140	140	0,4	1	1984	29	0,00201	4,9	0,00001	0,04244	0,958
12	2УТ2-6	2УТ2-8	120	120	0,4	1	1984	29	0,00172	4,9	0,00001	0,04245	0,958
13	2УТ2-8	2УТ2-9	25	25	0,4	1	1984	29	0,00036	4,6	0,00000	0,04245	0,958
14	2УТ2-9	ИП Зеленин	2553,1	2553,1	0,3	1	1984	29	0,03657	9,5	0,01095	0,05340	0,948

### **3 ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТОВ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

Расчетная вероятность безотказной работы тепловых сетей от ТЭЦ города Архангельска находится в пределах нормативного значения при существующих сроках эксплуатации тепловых сетей на всех расчетных путях магистральных выводов. А значит, вся существующая зона действия Архангельской ТЭЦ находится в зоне нормативной надежности.