

**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ  
К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
СЕЛА ЕРМАКОВСКОЕ,  
ЕРМАКОВСКОГО РАЙОНА  
НА ПЕРИОД С 2013 ГОДА ДО 2028 ГОДА**

**Глава 9**

**Оценка надежности теплоснабжения**

## 9.1 Общие положения

Оценка надежности теплоснабжения разрабатываются в соответствии с подпунктом «и» пункта 18 и пункта 49 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  $[P]$ , коэффициент готовности  $[K_r]$ , 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  $P_{ит} = 0,97$ ;
- тепловых сетей  $P_{тс} = 0,9$ ;
- потребителя теплоты  $P_{пт} = 0,99$ ;
- СЦТ в целом  $P_{сцт} = 0,9 * 0,97 * 0,99 = 0,86$ .

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  $K_r$  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, необходимыми 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.

## *Методика расчета вероятности безотказной работы тепловых сетей*

### *9.2.1 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 теплоснабжения потребителя – 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 термины «повреждение» и «инцидент» будут употребляться только в отношении событий, к которым может быть применена процедура отложенного ремонта, потому что 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. Тем не менее, ремонтные работы по ликвидации свищей требуют прерывания теплоснабжения (если нет вариантов подключения резервных теплопроводов), и в этом смысле они аналогичны «отложенным» отказам.

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

## ***9.2.2 Методика расчета надежности теплоснабжения***

### ***9.2.2.1 Расчет надежности теплоснабжения не резервируемых участках тепловой сети***

В соответствии со СНиП 41-02-2003 расчет надежности теплоснабжения должен производиться для каждого потребителя, при этом минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать (пункт «6.28») для:

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

Расчет вероятности безотказной работы тепловой сети по отношению к каждому потребителю осуществляется по следующему алгоритму:

1. Определяется путь передачи теплоносителя от источника до потребителя, по отношению к которому выполняется расчет вероятности безотказной работы тепловой сети.
2. На первом этапе расчета устанавливается перечень участков теплопроводов, составляющих этот путь.
3. Для каждого участка тепловой сети устанавливаются: год его ввода в эксплуатацию, диаметр и протяженность.
4. На основе обработки данных по отказам и восстановлением (времени, затраченном на ремонт участка) всех участков тепловых сетей за несколько лет их работы устанавливаются следующие зависимости:

$\lambda_0$  - средневзвешенная частота (интенсивность) устойчивых отказов участков в конкретной системе теплоснабжения при продолжительности эксплуатации участков от 3 до 17 лет (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 от 17 и более лет;

средневзвешенная продолжительность ремонта (восстановления) участков тепловой сети;

средневзвешенная продолжительность ремонта (восстановления) участков тепловой сети в зависимости от диаметра участка.

Частота (интенсивность) отказов каждого участка тепловой сети измеряется с помощью показателя  $\lambda_i$ , который имеет размерность [1/км/год] или [1/км/час] (В соответствии с ГОСТ 27.002-89).

Интенсивность отказов всей тепловой сети (без резервирования) по отношению к потребителю представляется как последовательное (в смысле надежности) соединение элементов, при котором отказ одного из всей совокупности элементов приводит к отказу все системы в целом. Средняя вероятность безотказной работы системы, состоящей из последовательно соединенных элементов будет равна произведению вероятностей безотказной работы:

$$P_c = \prod_{i=1}^{i=N} P_i = e^{-\lambda_1 L_1 t} \times e^{-\lambda_2 L_2 t} \times \dots \times e^{-\lambda_n L_n t} = e^{-t \times \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i L_i} = e^{-\lambda_c t} \quad (9.1)$$

Интенсивность отказов всего последовательного соединения равна сумме интенсивностей отказов на каждом участке  $\lambda_c = L_1 \lambda_1 + L_2 \lambda_2 + \dots + L_n \lambda_n$ , [1/час], где  $L_i$  – протяженность каждого участка, [км]. И, таким образом, чем выше значение интенсивности отказов системы, тем меньше вероятность безотказной работы. Параметр времени в этих выражениях всегда равен одному отопительному периоду, т.е. значение вероятности безотказной работы вычисляется как некоторая вероятность в конце каждого рабочего цикла (перед следующим ремонтным периодом).

Интенсивность отказов каждого конкретного участка может быть разной, но самое главное, она зависит от времени эксплуатации участка (важно: не в процессе одного отопительного периода, а времени от начала его ввода в эксплуатацию). В нашей практике для описания параметрической зависимости интенсивности отказов мы применяем зависимость от срока эксплуатации, следующего вида, близкую по характеру к распределению Вейбулла:

$$\lambda(t) = \lambda_0 (0,1\tau)^{\alpha-1} \quad (9.2)$$

где  $\tau$  - срок эксплуатации участка [лет].

Характер изменения интенсивности отказов зависит от параметра  $\alpha$ : при  $\alpha < 1$ , она монотонно убывает, при  $\alpha > 1$  – возрастает; при  $\alpha = 1$  функция принимает вид  $\lambda(t) = \lambda_0 = Const$ . А  $\lambda_0$  - это средневзвешенная частота (интенсивность) устойчивых отказов в конкретной системе теплоснабжения.

Обработка значительного количества данных по отказам, позволяет использовать следующую зависимость для параметра формы интенсивности отказов:

$$\alpha = \begin{cases} 0,8 & \text{при } 0 < \tau \leq 3 \\ 1 & \text{при } 3 < \tau \leq 17 \\ 0,5 \times e^{(\tau/20)} & \text{при } \tau > 17 \end{cases} \quad (9.3)$$

На рисунке 2.1 приведен вид зависимости интенсивности отказов от срока эксплуатации участка тепловой сети. При ее использовании следует помнить о некоторых допущениях, которые были сделаны при отборе данных:

- она применима только тогда, когда в тепловых сетях существует четкое разделение на эксплуатационный и ремонтный периоды;
- в ремонтный период выполняются гидравлические испытания тепловой сети после каждого отказа.

5. По данным региональных справочников по климату о среднесуточных температурах наружного воздуха за последние десять лет строят зависимость повторяемости температур наружного воздуха (график продолжительности тепловой нагрузки отопления). При отсутствии этих данных зависимость повторяемости температур наружного воздуха для местоположения тепловых сетей принимают по данным СНиП 2.01.01.82 или Справочника «Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей».

6. С использованием данных о теплоаккумулирующей способности абонентских установок определяют время, за которое температура внутри отапливаемого помещения снизится до температуры, установленной в критериях отказа теплоснабжения. Отказ теплоснабжения потребителя – 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). Например, для расчета времени снижения температуры в жилом здании используют формулу:

$$t_b = t_n + \frac{Q_0}{q_0 V} + \frac{t'_b - t_n - \frac{Q_0}{q_0 V}}{\exp(z/\beta)} \quad (9.4)$$

где:

$t_b$  - внутренняя температура, которая устанавливается в помещении через время  $z$  в часах, после наступления исходного события, °С;

$z$  - время отсчитываемое после начала исходного события, ч;

$t'_b$  - температура в отапливаемом помещении, которая была в момент начала исходного события, °С;

$t_n$  - температура наружного воздуха, усредненная на периоде времени  $z$ , °С;

$Q_0$  - подача теплоты в помещение, Дж/ч;

$q_0 V$  - удельные расчетные тепловые потери здания, Дж/(ч\*°С)



$\beta$  - коэффициент аккумуляции помещения (здания), ч.

Для расчета времени снижения температуры в жилом здании до  $+12^{\circ}\text{C}$  при внезапном прекращении теплоснабжения эта формула при  $\left(\frac{q_0}{q_0V} = 0\right)$  имеет следующий вид:

$$z = \beta \times \ln \frac{(t_{в} - t_{н})}{(t_{в,а} - t_{н})} \quad (9.5)$$

где  $t_{в,а}$  – внутренняя температура, которая устанавливается критерием отказа теплоснабжения ( $+12^{\circ}\text{C}$  для жилых зданий);

Расчет проводится для каждой градации повторяемости температуры наружного воздуха.

Таблица 9.1. Темпы падения внутренней температуры здания при различных температурах наружного воздуха

Коэффициент аккумуляции, ч	Темп падения температуры, $^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ , при температуре наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$			
	$\pm 0$	-10	-20	-30
20	0,8	1,4	1,8	2,4
40	0,5	0,8	1,1	1,5
60	0,4	0,6	0,8	1,0

Коэффициент аккумуляции характеризует величину тепловой аккумуляции зданий и зависит от толщины стен, коэффициента теплопередачи и коэффициента остекления. Коэффициенты аккумуляции теплоты для жилых и промышленных зданий массового строительства приведены в Таблице 9.2.

Таблица 9.2. Коэффициенты аккумуляции для зданий типового строительства

Характеристика зданий	Помещения	Коэффициент аккумуляции, ч
1	2	3
1. Крупнопанельный дом серии 1-605А с трехслойными наружными стенами, с утепленными минераловатными плитами с железобетонными фактурными слоями (толщина стены 21 см, из них толщина утеплителя 12 см)	Угловые:	
	верхнего этажа	42
	среднего и первого этажей	46
2. Крупнопанельный жилой дом серии К7-3	средние	77
	Угловые:	

(конструкции инж. Лагутенко) с наружными стенами толщиной 16 см, с утепленными минераловатными плитами с железобетонными фактурными слоями	верхнего этажа	32
	среднего этажа	40
	средние	51
3. Дом из объемных элементов с наружными ограждениями из железобетонных вибропркатных элементов, утепленных минераловатными плитами. Толщина наружной стены 22 см, толщина слоя утеплителя в зоне стыкования с ребрами 5 см, между ребрами 7 см. Общая толщина железобетонных элементов между ребрами 30-40 мм	Угловые верхнего этажа	40
4. Кирпичные жилые здания с толщиной стен в 2,5 кирпича и коэффициентом остекления 0,18-0,25	Угловые	65-60
	Средние	100-65
5. Промышленные здания с незначительными внутренними тепловыделениями (стены в 2 кирпича, коэффициент остекления 0,15-0,3)		25-14

На основании приведенных данных определено время, имеющееся для ликвидации аварии или принятия мер по предотвращению лавинообразного развития аварий, т.е. замерзания теплоносителя в системах отопления зданий, в которые прекращена подача теплоты (Таблица 9.3).

Таблица 9.3. Расчет времени снижения температуры внутри отапливаемого помещения с коэффициентом аккумуляции 40 ч.

Температура наружного воздуха, °С	Повторяемость температур наружного воздуха, час	Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12 °С
-50	0	0
-47,5	0	0
-42,5	26	5,6
-37,5	78	6,4
-32,5	172	7,4
-27,5	315	7,9
-22,5	458	9,7
-17,5	585	12,5

-12,5	718	24,0
-7,8	733	19,2
-2,5	741	60,0
2,5	848	24,0
7,5	750	24,0

7. На основании данных о частоте (потоке) отказов участков тепловой сети, повторяемости температур наружного воздуха и данных о времени восстановления (ремонта) элемента (участка, НС, компенсатора и т.д.) тепловых сетей определяют вероятность отказа теплоснабжения потребителя. В случае отсутствия достоверных данных о времени восстановления теплоснабжения потребителей используют эмпирическую зависимость для времени, необходимом для ликвидации повреждения, предложенную Е.Я. Соколовым:

$$z_p = a[1 + (b + c \cdot l_{с.з.}) \cdot D^{1,2}] \quad (9.6)$$

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;

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

D - условный диаметр трубопровода, м.

Расчет выполняется для каждого участка и/или элемента, входящего в путь от источника до абонента:

- по уравнению 9.5 вычисляется время ликвидации повреждения на  $i$ -том участке;
- по каждой градации повторяемости температур использованием уравнения 9.4 вычисляется допустимое время проведения ремонта;
- вычисляется относительная и накопленная частота событий, при которых время снижения температуры до критических значений меньше чем время ремонта повреждения;
- вычисляются относительные доли и **поток отказов** (уравнение 9.7) участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры в отапливаемом помещении до температуры в +12 °С.

$$\bar{z} = \left(1 - \frac{z_{i,j}}{z_p}\right) \times \frac{\tau_j}{\tau_{on}} \quad (9.7)$$

$$\bar{\omega}_i = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{j,i} \quad (9.8)$$

- вычисляется вероятность безотказной работы участка тепловой сети относительно абонента

$$p_i = \exp(-\bar{\omega}_i), \quad (9.9)$$

### 9.2.2.2 Расчет надежности теплоснабжения для резервированных участков тепловой сети

В системах теплоснабжения одним из самых распространенных способов повышения надежности является резервирование участков, суммы участков, целых магистральных выводов или насосных агрегатов, секционирующих задвижек и т.д. А наиболее часто применяемым способом расчета систем теплоснабжения с резервированием – приведение реальной системы теплоснабжения к эквивалентной модели параллельных или последовательно-параллельных соединений участков тепловой сети. Этот метод, конечно, является не единственным, но значительно более простым чем, например, «метод минимальных путей - минимальных сечений».

Однако, в любом случае, прежде чем решать задачу эквивалентирования схемы необходимо выполнить структурный анализ тепловой сети, который заключается в том, чтобы определить весь набор путей передачи теплоносителя от источника тепловой мощности к потребителю (узлу «сброса» (иногда «стока») тепловой нагрузки). Выявленные пути и их совместное рассмотрение позволяют свести схему к параллельному или последовательно-параллельному соединению участков тепловой сети.

Все эти приемы и методы хорошо известны и широко применяются при структурном анализе сложных схем электрических сетей и неоднократно апробированы при анализе надежности схем теплоснабжения. Алгоритм решения задачи расчета надежности резервированных тепловых сетей сводится к следующим простым шагам и вычислениям.

Шаг 1. Выделяется потребитель, относительно которого выполняется расчет надежности вероятности безотказной работы теплоснабжения

Шаг 2 . Выполняется структурный анализ тепловой сети, позволяющий выделить все пути, по которым можно осуществить передачу теплоносителя от источника до выделенного потребителя. В некоторых специализированных программных комплексах (например «Zulu») эта процедура осуществляется автоматически, что значительно сокращает время на структурный анализ тепловой сети.

Шаг 3. Составляется эквивалентная схема путей для расчета надежности теплоснабжения. Она будет состоять из параллельно-последовательных или последовательно-параллельных участков тепловой сети ( в смысле надежности).

Шаг 4. Для всех последовательных участков пути, также как для не резервированных участков, рассчитывается их вероятность безотказной работы, в соответствии с методом, приведенным в разделе 2.2.1. По результатам расчетов определяются:

вероятность безотказной работы эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути

$$p_{ej} = \prod_{i=1}^n p_i \quad , \quad (9.10)$$

вероятность отказа эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути

$$q_{ej} = 1 - \prod_{i=1}^n p_i \quad (9.11)$$

параметр потока отказов эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути

$$\overline{\omega}_{ej} = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \overline{z}_{i,k} \quad , \quad (9.12)$$

среднее время безотказной работы эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути

$$\overline{T}_{бр.ej} = 1 / \overline{\omega}_{ej} \quad (9.13)$$

среднее время восстановления (ремонта) эквивалентного нерезервированного  $j$ -того пути

$$\overline{T}_{вс.ej} = q_{ej} / \overline{\omega}_{ej} \quad (9.14)$$

при этом

$$q_{ej} = \lambda_{ej} \times \overline{T}_{вс.ej} \quad (9.15)$$

Шаг 5. После сведения всех показателей надежности нерезервированных участков пути к

эквивалентным значениям рассчитываются показатели надежности параллельных соединений участков пути, состоящих из эквивалентных последовательных:

вероятность безотказной работы эквивалентного резервированного  $k$ -того

пути

$$p_{ek} = 1 - \prod_{j=1}^m q_{ej} \quad (9.16)$$

вероятность отказа эквивалентного резервированного  $k$ -того пути

$$q_{ek} = \prod_{j=1}^m q_{ej} \quad (9.17)$$

параметр потока отказов эквивалентного резервированного  $k$ -того пути

$$\overline{\omega}_{ek} = \sum_{j=1}^m \omega_{ej} \cdot \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \cdot \overline{T}_{ej} \quad (9.18)$$

среднее время безотказной работы эквивалентного резервированного  $k$ -того пути

$$\overline{T}_{бр.ek} = \left[ \sum_{j=1}^m \omega_{ej} \cdot \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \cdot \overline{T}_{ej} \right]^{-1} \quad (9.19)$$

среднее время восстановления (ремонта) эквивалентного резервированного  $k$ -того пути

$$\overline{T}_{ek} = \frac{\prod_{j=1}^m \omega_{ej} \cdot \overline{T}_{ej}}{\left[ \sum_{j=1}^m \omega_{ej} \cdot \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \overline{T}_{ej} \right]} \quad (9.20)$$

Шаг 6. Процедура расчета повторяется для последовательных (в смысле надежности) эквивалентных путей.

## *Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей в зоне действия энергоисточников с. Ермаковское Ермаковского района Красноярского края*

### *9.3.1 Общие положения*

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

Вероятности безотказной работы рассчитываются для всех теплопроводов, реестр которых установлен в электронной модели теплоснабжения с. Ермаковское, в которой представлены внутриквартальные (распределительные) тепловые сети, находящиеся на обеспечении и обслуживании ООО «Топаз» и ООО «Тепловик-2».

Вероятности безотказной работы участков тепловой сети, обеспечивающих передачу тепловой энергии от источников теплоснабжения до конкретных потребителей, рассчитываются по всему «пути» теплоносителя относительно тепловых узлов потребителей.

Чтобы выявить потребителей тепловой энергии с явно наименьшими значениями вероятности безотказной работы всех участков тепловой сети от источника тепловой энергии до конечной точки «пути» теплоносителя (тепловых узлов или пунктов зданий-потребителей), необходимо провести анализ на максимальные значения условной материальной характеристики всех участков с подземной прокладкой и с наиболее старыми годами прокладки участков тепловой сети. Значения вероятности безотказной работы участков тепловой сети с подземной прокладкой при прочих равных условиях окажутся ниже, чем для участков с надземной прокладкой, так как среднее время восстановления поврежденного участка с подземной прокладкой больше, чем надземной.

Таким образом, наименьшие значения вероятности безотказной работы участков тепловой сети будут иметь те потребители тепловой энергии, у которых суммарная условная материальная характеристика участков с подземной прокладкой окажется максимальной при наличии в «пути» теплоносителя участков с наиболее старыми годами прокладок. В случае, если вероятность безотказной работы участков тепловой сети таких потребителей будет не менее нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже  $P_i \geq 0,9$ ), можно будет сделать вывод об общей удовлетворительной вероятности безотказной работы всей рассматриваемой тепловой сети от источника до потребителей тепловой энергии.

### 9.3.2. Теплопроводы зоны Центральная котельная до потребителей

В таблице 9.4 приведены данные расчета вероятности безотказной работы теплопроводов по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя, в соответствии с методикой, изложенной в разделе 2 настоящей главы».

Таблица 9.4 Результаты расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопроводов зоны Котельная до потребителей.

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Средняя интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
Гараж	Гараж МУК	38	0,04	2,3026	4,186508	0,238863	0,1200088
УП6'	Гараж адм. района	6	0,04	2,3026	4,190189	0,238653	0,1231621
ТК3	жилой дом	15	0,05	2,3026	4,581131	0,218287	0,1127225
ТК29	жилой дом	6	0,05	2,3026	4,574366	0,21861	0,133452
ТК29	Гв1	25	0,05	2,3026	4,574366	0,21861	0,1143832
ТК25	жилой дом	5	0,05	1,4531	4,582634	0,218215	2,18E-05
ТК26	жилой дом	12	0,05	1,4531	4,581582	0,218265	5,23E-05
пер. Солнечный, 4	жилой дом	19	0,05	1,4531	4,58053	0,218315	0,0002609
ТК22	жилой дом	11	0,05	2,3026	4,58068	0,218308	0,1263374
ТК22	Картинная галерея	7	0,05	2,0761	4,58068	0,218308	4,36E-05
ТК37	жилой дом	15	0,05	1,4531	4,581131	0,218287	0,000206
ТК24	жилой дом	31	0,05	2,3026	4,576471	0,218509	0,1278434
ТК30	жилой дом	12	0,05	2,3026	4,581582	0,218265	0,1269148
ТК36	жилой дом	10	0,05	1,4531	4,581882	0,218251	0,0001373
ТК23	Дом культуры	4	0,05	2,0761	4,582033	0,218244	2,49E-05
ТК23	Гараж	5	0,05	10,2564	4,582033	0,218244	0,0001538
ТК2	жилой дом	12	0,05	2,3026	4,577373	0,218466	0,1201697
ТК11	ТК12	10	0,05	2,3026	4,58053	0,218315	0,1484806
ТК12	жилой дом	5	0,05	2,3026	4,58053	0,218315	0,1342403



TK12	жилой дом	4	0,05	2,3026	4,58053	0,218315	0,1533922
TK2	жилой дом	19	0,05	2,3026	4,577373	0,218466	0,146102
TK31	жилой дом	37	0,05	1,7167	4,577824	0,218444	0,0005998
TK34	Аптека	16	0,05	1,7167	4,580981	0,218294	0,0002596
TK28	жилой дом	15	0,05	2,3026	4,581131	0,218287	0,1486427
TK10	жилой дом	12	0,05	2,0761	4,581582	0,218265	0,0003345
TK24	жилой дом	15	0,05	2,3026	4,576471	0,218509	0,1386339
УПЗ'	УПЗ	89	0,05	2,6022	4,563693	0,219121	0,0030974
TK21	Администрация сельсовета	34	0,05	2,3026	4,559033	0,219345	0,1586986
TK21	жилой дом	4	0,05	12,8	4,559033	0,219345	0,0832249
TK14	жилой дом	15	0,05	1,7167	4,581131	0,218287	0,0001136
УП20	жилой дом	5	0,05	1,4531	4,582634	0,218215	6,87E-05
TK21	жилой дом	50	0,05	12,8	4,559033	0,219345	0,0028107
TK7	жилой дом	12	0,05	2,0761	4,581582	0,218265	0,0003345
УПЗ	жилой дом	6	0,05	2,6022	4,563693	0,219121	0,0002088
TK19	Здание федер. Казначейства	34	0,05	10,2564	4,578275	0,218423	0,0015379
TK35	жилой дом	12	0,05	1,4531	4,581582	0,218265	0,0001648
TK20	Соц. защита	4	0,05	375	4,582784	0,218208	0,0066219
TK15	TK16	43	0,05	1,7167	4,568954	0,218868	0,0003249
TK16	жилой дом	48	0,05	1,7167	4,568954	0,218868	0,0003627
TK16	жилой дом	5	0,05	1,7167	4,568954	0,218868	3,78E-05
УП2	УПЗ'	25	0,05	2,6022	4,563693	0,219121	0,0008701
УП2	жилой дом	7	0,05	2,6022	4,563693	0,219121	0,0002436
УПЗ'	ИП Зайцев, маг Тайга	4	0,05	2,6022	4,563693	0,219121	0,0001392
УП22	жилой дом	35	0,05	2,3026	4,578124	0,21843	0,1301531
TK5	жилой дом	10	0,05	2,3026	4,581882	0,218251	0,1284831

пер. Солнечны й, 3	жилой дом	19	0,05	1,4531	4,58053	0,218315	0,0002609
УП23	жилой дом	104	0,05	2,3026	4,567752	0,218926	0,1597478
ТК22'	МФЦ	106,5	0,069	0,5515	5,348152	0,18698	0,0002615
УП15	УП19	90	0,069	1,4531	5,34959	0,18693	0,0014433
УП19	УП20	10	0,069	1,4531	5,34959	0,18693	0,0001604
ТК15	жилой дом	43	0,069	2,3026	5,362202	0,186491	0,1426895
ТК3	Реабилитаци онный центр	60	0,082	2,3026	5,921357	0,16888	0,1657782
ТК10	УП2	31	0,082	2,6022	5,896045	0,169605	0,0013939
ТК9	ТК10	9	0,082	2,0761	5,896045	0,169605	0,0003229
ТК8	ТК9	20	0,082	2,0761	5,896045	0,169605	0,0007175
ТК6	ТК7	17	0,082	2,0761	5,896045	0,169605	0,0006098
ТК23'	ТК23	34	0,082	2,0761	5,901761	0,169441	0,0002726
ТК29	ТК30	48,5	0,082	2,3026	5,924487	0,168791	0,1361392
ТК22'	ТК22	64	0,082	2,0761	5,901761	0,169441	0,0005132
ТК23'	ТК22'	34	0,082	2,0761	5,901761	0,169441	0,0002726
ТК28	ТК29	43,4	0,082	2,3026	5,899436	0,169508	0,1422023
ТК6	жилой дом	49	0,082	2,0761	5,896045	0,169605	0,0017578
ТК4	Овощехрани лище	38	0,082	2,3026	5,927345	0,16871	0,1417017
ТК7	ТК8	27	0,082	2,0761	5,896045	0,169605	0,0009686
ТК13'	жилой дом	10	0,082	2,3026	5,927617	0,168702	0,1309746
ТК13'	ТК13	27	0,082	2,3026	5,927617	0,168702	0,1696315
ТК18	Гостиница "Оя"	20	0,082	2,3026	5,932244	0,16857	0,1319664
ТК19	Зд.район. администрац ии	4	0,082	2,3026	5,936599	0,168447	0,1543965
УП8	Управление образования	37	0,1	2,3026	6,73833	0,148405	0,1313574
УП13	ТК33	98	0,1	1,7167	6,449612	0,155048	0,0022384
ТК32	Ростелеком	42	0,1	1,7167	6,449612	0,155048	0,0009593
ТК31	ТК32	38	0,1	1,7167	6,449612	0,155048	0,000868
ТК36	ТК37	36	0,1	1,4531	6,449612	0,155048	0,000696
ТК34	УП14	36	0,1	1,7167	6,449612	0,155048	0,0008223
ТК33	ТК34	9	0,1	1,7167	6,449612	0,155048	0,0002056
ТК31	УП13	35	0,1	1,7167	6,449612	0,155048	0,0007994

TK38	МОУ ДОД ДЮСШ "Ланс", "Колос"	5	0,1	2,3026	6,7183	0,148847	0,1262193
TK17	TK38	90	0,1	2,3026	6,7183	0,148847	0,1119468
УП7	TK23'	107	0,1	2,6022	6,714155	0,148939	0,0012234
TK31	TK17	240	0,1	1,4531	6,449612	0,155048	0,0046401
TK25	TK26	40	0,1	1,4531	6,737294	0,148428	0,0002563
УП14	УП15	45	0,1	1,4531	6,449612	0,155048	0,00087
TK36	УП15	199	0,1	1,4531	6,449612	0,155048	0,0038474
TK20	TK21	45	0,125	2,3026	7,888204	0,126772	0,1657204
TK31	жилой дом	24	0,125	1,7167	7,918899	0,12628	0,0006731
TK19	TK20	47	0,125	2,3026	7,888204	0,126772	0,1686413
УП22	TK24	40	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1443158
УП6	TK24	88	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1674949
TK25	УП6	43	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1476395
УП6	TK28	43	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1476395
УП23	УП22	40	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1443158
УП7	УП8	54	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1598264
УП8	МУК	10,5	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1216329
УП6'	УП7	192	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,2127161
TK28	УП6'	9	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1299711
TK11	TK13'	56	0,15	0,5515	8,994397	0,11118	0,0003404
TK5	TK11	110	0,15	0,5515	8,994397	0,11118	0,0006687
TK1	УП23	100	0,15	2,3026	8,808724	0,113524	0,1107896
TK5	TK6	71	0,15	12,8	8,95451	0,111676	0,0238486
TK4	TK5	50	0,15	0,5515	8,994397	0,11118	0,000304
TK15	TK13'	73	0,15	0,5515	8,994397	0,11118	0,0004438
TK18	TK19	112	0,207	2,3026	11,973906	0,083515	0,1482925
TK17	TK18	12	0,207	2,3026	11,973906	0,083515	0,1266028
TK15	TK14	20	0,207	1,7167	11,973906	0,083515	0,000396
TK17	TK15	12	0,207	2,3026	11,973906	0,083515	0,1466028
TK2	TK3	56	0,207	0,5515	11,980521	0,083469	0,0004535
TK3	TK4	34	0,207	0,5515	11,980521	0,083469	0,0002753
TK1	TK2	58	0,207	0,5515	11,980521	0,083469	0,0004697
Котельная	TK1	11	0,309	2,3026	17,761214	0,056302	0,1361722

Результаты расчета показывают, что вероятность отказа теплоснабжения потребителей, присоединенных к тепловым камерам некоторых участков, выше нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже  $P_i \geq 0,9$ ), что подтверждает необходимость замены участков сети со сроком эксплуатации, достигшим нормативного.

### 9.3.3. Теплопроводы зоны котельная «Детский сад № 2» до потребителей

В таблице 9.5 приведены данные расчета вероятности безотказной работы теплопроводов по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя, в соответствии с методикой, изложенной в разделе 2 настоящей главы».

Таблица 9.5 Результаты расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопроводов зоны Котельная до потребителей.

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Средняя интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
ТК9	Музей	40	0,04	2,5	4,186278	0,238876	0,0027344
ТК3	Церковь	60	0,05	5,1282	4,574366	0,21861	0,0058007
ТК7	жилой дом	12	0,05	12,1107	4,574727	0,218592	0,1287824
ТК6	ТК7	10	0,05	12,1107	4,574727	0,218592	0,1239854
ТК6	жилой дом	3,6	0,05	12,1107	4,574727	0,218592	0,1486347
УП2	жилой дом	7	0,05	1,9342	4,582333	0,218229	0,0002557
УП1	жилой дом	7	0,05	1,9342	4,582333	0,218229	0,0002557
ТК2	Магазин ИП Коломейцева	18	0,05	5,1282	4,58068	0,218308	0,0017426
ТК5	ТК6	32	0,05	12,1107	4,574727	0,218592	0,1767532
ТК1	Детский сад №2	23	0,082	12,1107	5,931428	0,168593	0,1715267
ТК4	ТК5	41	0,082	1,9342	5,926528	0,168733	0,0019369
ТК8	ТК9	65,5	0,125	12,1107	7,865634	0,127135	0,1701197
УП1	УП2	33,25	0,125	1,9342	7,869696	0,12707	0,0020859
ТК9	ЕСШ № 1	32	0,125	12,1107	7,865634	0,127135	0,1619669
УП3	УП4	33,25	0,125	1,9342	7,869696	0,12707	0,0020859
УП5	ТК8	44,5	0,125	12,1107	7,865634	0,127135	0,1635164
ТК2	УП1	33,25	0,125	1,9342	7,869696	0,12707	0,0020859
УП2	УП3	33,25	0,125	1,9342	7,869696	0,12707	0,0020859
ТК2	ТК3	17	0,15	1,9342	8,976139	0,111406	0,0012164
ТК4	УП5	129,5	0,15	1,9342	8,976139	0,111406	0,009266
ТК1	ТК2	71	0,15	1,9342	8,976139	0,111406	0,0050802
ТК3	ТК4	70	0,15	1,9342	8,976139	0,111406	0,0050087
Котельная	ТК1	34	0,15	1,9342	8,976139	0,111406	0,0024328

Результаты расчета показывают, что вероятность отказа теплоснабжения потребителей, присоединенных к тепловым камерам некоторых участков, выше нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже  $P_{\geq 0,9}$ ), что подтверждает необходимость замены участков сети со сроком эксплуатации, достигшим нормативного.

#### 9.3.4. Теплопроводы зоны котельная «ДОМ ДЕТСТВА» до потребителей

В таблице 9.6 приведены данные расчета вероятности безотказной работы теплопроводов по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя, в соответствии с методикой, изложенной в разделе 2 настоящей главы».

Таблица 9.6 Результаты расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопроводов зоны Котельная до потребителей.

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Средняя интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
Котельная "ДОМ ДЕТСТВА"	ТК 1	33,7	0,207	0,7666	12,075031	0,082816	0,0833876
ТК 1	УП 5	154	0,1	0,4016	6,697924	0,1493	0,0526426
ТК 26	Р6	5	0,05	1,0512	4,582634	0,218215	0,0030609
ТК 26	ТК 27	54	0,082	0,5176	5,92299	0,168834	0,0210383
ТК 27	жилой дом	21	0,05	0,5176	4,580229	0,21833	0,0063268
ТК 27	УП 8	44	0,069	0,5176	5,338528	0,187318	0,0154508
ТК 65	жилой дом	38	0,05	0,4449	4,577673	0,218452	0,009835
ТК 65	ТК 66	48	0,069	0,4449	5,338528	0,187318	0,014488
ТК 66	ТК 67	32	0,05	0,4449	4,557379	0,219424	0,0082454
ТК 67	жилой дом	25	0,05	0,4449	4,557379	0,219424	0,0064417
ТК 67	жилой дом	25	0,05	0,4449	4,557379	0,219424	0,0064417
ТК 66	ТСК-Люксор (ИП Ситников)	35	0,027	0,5587	3,707683	0,26971	0,0146027
ТК 66	ТК 68	60	0,05	0,4449	4,557379	0,219424	0,0154601
ТК 68	жилой дом	31	0,05	0,4449	4,557379	0,219424	0,0079877
ТК 68	ТК 69	63	0,027	0,9346	3,705551	0,269865	0,0382557
ТК 69	Строй Унив. (ИП Колосов Е.Н.)	1,7	0,027	0,9346	3,705551	0,269865	0,0010323
ТК 26	ТК 69а	26	0,1	0,7666	6,648537	0,150409	0,0816005
ТК 69а	Павильон (ИП Алексеева С.А.)	6	0,021	2,222	3,502212	0,285534	0,0075491
ТК 69а	ТК 28	107	0,1	0,7666	6,648537	0,150409	0,0888942
ТК 28	жилой дом	15	0,05	0,7666	4,581131	0,218287	0,0085867
ТК 28	ТК 64	164	0,1	0,5176	6,648537	0,150409	0,0017211
ТК 64	жилой дом	48	0,05	0,5176	4,573013	0,218674	0,0144384
ТК 64	жилой дом	21	0,05	0,4449	4,573013	0,218674	0,0054296
ТК 1	ТК 4	95	0,1	0,7666	6,638177	0,150644	0,0825124
ТК 4	Гвр 1	167	0,033	0,7666	3,912121	0,255616	0,0880015
ТК 4	ТК 6	150	0,1	0,4016	6,638177	0,150644	0,0283525
ТК 6	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,70962	0,269569	0,0029313

TK 6	TK 7	22	0,05	0,4016	4,580079	0,218337	0,0099527
TK 7	TK 8	42	0,033	0,4016	3,923534	0,254872	0,0162769
TK 8	TK 9	38	0,027	0,4016	3,706606	0,269789	0,0139125
TK 9	жилой дом	6	0,027	0,4016	3,706606	0,269789	0,0021967
TK 8	жилой дом	6	0,027	0,4016	3,706606	0,269789	0,0021967
TK 7	жилой дом	6	0,027	0,4016	3,709764	0,269559	0,0021986
TK 6	TK 10	42	0,1	0,4016	6,638177	0,150644	0,0275387
TK 10	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,70962	0,269569	0,0029313
TK 10	TK 11	40	0,1	0,4016	6,638177	0,150644	0,0262273
TK 11	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,70962	0,269569	0,0029313
TK 11	TK 12	40	0,082	0,4016	5,906115	0,169316	0,023335
TK 12	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,70962	0,269569	0,0029313
TK 12	TK 13	36	0,082	0,4016	5,906115	0,169316	0,0210015
TK 13	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,702013	0,270123	0,0029253
TK 13	TK 16	40	0,082	0,4016	5,906115	0,169316	0,023335
TK 16	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,70962	0,269569	0,0029313
TK 16	TK 17	44	0,069	0,4016	5,357113	0,186668	0,0232825
TK 13	TK 14	46	0,027	0,4016	3,702013	0,270123	0,0168206
TK 14	жилой дом	12	0,027	0,4016	3,702013	0,270123	0,004388
TK 14	TK 15	36	0,027	0,4016	3,702013	0,270123	0,0131639
TK 15	жилой дом	12	0,027	0,4016	3,702013	0,270123	0,004388
TK 17	жилой дом	10	0,027	0,4016	3,709477	0,26958	0,003664
TK 17	TK 18	22	0,069	0,4016	5,357113	0,186668	0,0116412
TK 18	TK 21	22	0,05	0,4016	4,573464	0,218653	0,0099383
TK 21	жилой дом	10	0,027	0,4016	3,709477	0,26958	0,003664
TK 21	TK 22	41	0,04	0,4016	4,183863	0,239014	0,0169436
TK 22	жилой дом	10	0,027	0,4016	3,709477	0,26958	0,003664
TK 22	TK 23	20	0,04	0,4016	4,183863	0,239014	0,0082652
TK 23	TK 24	46	0,027	0,4016	3,706176	0,26982	0,0168395
TK 24	жилой дом	10	0,027	0,4016	3,706176	0,26982	0,0036608
TK 18	TK 19	44	0,05	0,4016	4,573464	0,218653	0,0198767
TK 19	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,70553	0,269867	0,0029281
TK 19	TK 20	41	0,027	0,4016	3,70553	0,269867	0,0150065
TK 20	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,70553	0,269867	0,0029281
TK 20	жилой дом	8	0,027	0,4016	3,70553	0,269867	0,0029281
TK 1	TK 2	69	0,1	0,7666	6,716918	0,148878	0,0846993
TK 2	TK 3	30	0,1	0,7666	6,716918	0,148878	0,0759562
TK 3	P8	22	0,082	0,7666	5,923535	0,168818	0,09122
TK 3	P6	30	0,082	0,7666	5,923535	0,168818	0,0669845
TK 2	Гараж	10	0,05	0,7666	4,581882	0,218251	0,0172709
Котельная "ДОМ ДЕТСТВА"	УП 2	54	0,207		4,716945	0,148878	0,0846993
TK 29	TK 70	82	0,15	0,7666	9,085408	0,110067	0,0861843
TK 70	TK 71	63	0,069	0,9346	5,34605	0,187054	0,022554
TK 71	TK 72	53	0,069	0,9346	5,34605	0,187054	0,018974
TK 72	жилой дом	7	0,05	0,9346	4,572427	0,218702	0,0021434
TK 72	жилой дом	65,9	0,05	0,5587	4,572427	0,218702	0,0138561
TK 71	жилой дом	7	0,05	0,9346	4,582333	0,218229	0,002148
TK 70	TK 30	45	0,15	0,7666	9,085408	0,110067	0,0853451
TK 30	TK 31	11	0,1	0,7666	6,60295	0,151447	0,0837089
TK 31	жилой дом	6	0,05	0,7666	4,582484	0,218222	0,071404
TK 31	TK 32	69	0,1	0,7666	6,60295	0,151447	0,0832647
TK 32	жилой дом	6	0,05	0,7666	4,582484	0,218222	0,061404
TK 32	TK 33	81	0,082	0,7666	5,902033	0,169433	0,0844117
TK 33	P7	6	0,05	0,7666	4,582484	0,218222	0,081404
TK 33	TK 34	50	0,082	0,7666	5,902033	0,169433	0,0850689
TK 34	жилой дом	7	0,069	0,7666	5,370167	0,186214	0,0719195
TK 30	TK 35	43	0,1	0,7666	6,630579	0,150816	0,0776749
TK 35	жилой дом	8	0,05	0,7666	4,582183	0,218237	0,0822725

ТК 35	ТК 36	45	0,1	1,0512	6,630579	0,150816	0,0197745
ТК 36	жилой дом	8	0,05	0,7666	4,582183	0,218237	0,0722725
ТК 36	ТК 37	100	0,082	0,7666	5,908293	0,169254	0,0701698
ТК 37	жилой дом	8	0,082	0,7666	5,908293	0,169254	0,0824136
ТК 37	жилой дом	56	0,04	0,7666	4,184438	0,238981	0,0819656
ТК 36	ТК 38	32	0,1	1,0512	6,630579	0,150816	0,0140618
ТК 38	ТК 39	20	0,1	0,7666	6,630579	0,150816	0,0782209
ТК 39	жилой дом	8	0,05	1,0512	4,582183	0,218237	0,0024294
ТК 39	ТК 40	104	0,1	1,0512	6,630579	0,150816	0,045701
ТК 40	жилой дом	8	0,05	1,0512	4,582183	0,218237	0,0024294
ТК 40	ТК 41	50	0,1	1,0512	6,630579	0,150816	0,0219716
ТК 41	жилой дом	8	0,05	1,0512	4,582183	0,218237	0,0024294
ТК 29	ТК 73	140	0,207	3,0075	11,292572	0,088554	0,0004067
ТК 73	ТК 74	38	0,069	0,5587	5,363308	0,186452	0,000015
ТК 74	У Сергея (ИП Домнин)	8,5	0,05	0,5587	4,582108	0,21824	0,000003
ТК 73	ТК 46	360	0,207	1,1446	11,292572	0,088554	0,000398
ТК 41	ТК 42	55	0,1	1,0512	6,630579	0,150816	0,0241688
ТК 46	ТК 42	50	0,207	1,1446	11,681197	0,085608	0,0438329
ТК 42	ТК 43	50	0,207	1,1446	11,681197	0,085608	0,042147
ТК 43	жилой дом	5	0,04	1,1446	4,190304	0,238646	0,0015119
ТК 43	ТК 44	54	0,207	1,1446	11,681197	0,085608	0,0455188
ТК 44	ТК 45	52	0,207	1,1446	11,681197	0,085608	0,0438329
ТК 44	жилой дом	5	0,04	1,1446	4,190304	0,238646	0,0015119
ТК 45	жилой дом	5	0,04	1,1446	4,190304	0,238646	0,0015119
ТК 42	жилой дом	26	0,05	1,1446	4,579477	0,218366	0,0085921
ТК 46	ТК 47	20	0,15	3,0075	8,978105	0,111382	0,00005
ТК 47	Р4	43	0,021	2,222	3,500249	0,285694	0,00004
ТК 47	УП-33	60	0,05	1,0512	4,54821	0,219867	0,00002
УП-33	Р5	25	0,027	0,5176	3,7084	0,269658	0,00000
ТК 47	УП 35	60	0,15	3,0075	8,978105	0,111382	0,0001386
УП 35	УП 36	60	0,15	3,0075	8,978105	0,111382	0,0001386
УП 36	жилой дом	20	0,027	3,0075	3,708759	0,269632	0,00002
УП-33	ТК 68	40	0,05	1,0512	4,54821	0,219867	0,00002
ТК 68	УП 63	23	0,027	2,222	3,708544	0,269648	0,00002
УП 63	маг. Купава	4	0,021	2,222	3,502319	0,285525	0,00000
УП 63	Мебель (ИП Сысак Е.М.)	1		2,222	63,743969	0,015688	0,00002
ТК 68	ТК 48	30	0,05	1,0512	4,54821	0,219867	0,00001
ТК 48	Аптека (ИП Козикова Г.П.)	17	0,027	1,0512	3,708974	0,269616	0,00001
ТК 48	жилой дом	104	0,05	1,0512	4,54821	0,219867	0,00004
УП 36	ТК 49а	92	0,15	4,4231	8,978105	0,111382	0,137201
ТК 49а	ТК 49б	30	0,05	3,0075	4,575118	0,218574	0,00004
ТК 49б	Гараж (ИП Алиян У.Ш.)	4	0,033	0,5587	3,927003	0,254647	0,00000
ТК 49а	ТК 49	18	0,15	4,4231	8,978105	0,111382	0,1268437
ТК 49	ТК 50	68	0,15	4,4231	8,978105	0,111382	0,1314094
ТК 50	ТК 51	60	0,1	4,4231	6,730387	0,14858	0,1670774
ТК 51	жилой дом	25	0,05	4,4231	4,579628	0,218358	0,1190176
ТК 51	ТК 52	26	0,082	4,4231	5,930611	0,168617	10256128
ТК 52	жилой дом	16	0,05	4,4231	4,580981	0,218294	0,1512175
ТК 49	ТК 53	152	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,1461288
ТК 53	ТК 54	104	0,05	4,4231	4,567151	0,218955	0,1788975
ТК 54	жилой дом	4	0,05	4,4231	4,567151	0,218955	0,1530345
ТК 53	жилой дом	45	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,1432618
ТК 49	ТК 55	78	0,082	0,5176	5,78772	0,17278	0,00002
ТК 55	ТК 56	15	0,05	0,5176	4,581131	0,218287	0,00000
ТК 56	жилой дом	85	0,027	0,5176	3,701224	0,270181	0,00001
ТК 55	ТК 57	30	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,1288412

ТК 57	жилой дом	20	0,05	4,4231	4,580379	0,218323	0,1452166
ТК 56	жилой дом	40	0,027	0,5176	3,701224	0,270181	0,00001
ТК 57	УП 38	70	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,1672962
ТК 58	жилой дом	10	0,027	4,4231	3,709477	0,26958	0,1561617
УП 38	ТК 58	10	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,1496137
УП 38	жилой дом	10	0,027	4,4231	3,709477	0,26958	0,1561617
ТК 58	ТК 59	32	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,130764
ТК 59	жилой дом	10	0,027	4,4231	3,709477	0,26958	0,1361617
ТК 59	ТК 60	32	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,130764
ТК 60	жилой дом	10	0,027	4,4231	3,709477	0,26958	0,1361617
ТК 60	ТК 61	31	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,1298026
ТК 61	ТК 62	32	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,130764
ТК 62	жилой дом	9	0,027	4,4231	3,709549	0,269575	0,1255456
ТК 62	ТК 63	39	0,082	4,4231	5,78772	0,17278	0,1374936
ТК 63	жилой дом	44	0,027	4,4231	3,707037	0,269757	0,1270935
ТК 45	ТК (ЦРБ) 41	354	0,207	1,1446	11,681197	0,085608	0,0484007
ТК (ЦРБ) 41	УП 41	20	0,1	30	6,722789	0,148748	0,2543058
ТК (ЦРБ) 41	ТК (ЦРБ) 18	52	0,1	0,7666	6,722789	0,148748	0,0716715
ТК (ЦРБ) 18	Хирургия	10	0,1	0,4016	6,722789	0,148748	0,0017022
ТК (ЦРБ) 18	Роддом	111	0,05	0,4016	4,5667	0,218977	0,0128344
ТК (ЦРБ) 41	ТК (ЦРБ) 17	50	0,15	0,7666	9,128666	0,109545	0,0749976
ТК (ЦРБ) 17	ТК (ЦРБ) 19	195	0,1	0,7666	6,683764	0,149616	0,0713802
ТК (ЦРБ) 19	жилой дом	23	0,082	0,7666	5,925712	0,168756	0,0774643
ТК (ЦРБ) 19	УП 5	115	0,05	0,7666	4,554824	0,219547	0,0886874
УП 5	жилой дом	5	0,027	0,4016	3,709836	0,269554	0,0004149
УП 5	УП 6	15	0,05	0,4016	4,554824	0,219547	0,0015283
УП 6	жилой дом	5	0,027	0,4016	3,709836	0,269554	0,0004149
УП 6	УП 7	18	0,05	0,4016	4,554824	0,219547	0,0018339
УП 7	ТК (ЦРБ) 20	37	0,05	0,4016	4,554824	0,219547	0,0037697
ТК (ЦРБ) 20	П-3	5	0,05	0,4016	4,554824	0,219547	0,0005094
ТК (ЦРБ) 19	жилой дом	21	0,082	0,7666	5,925712	0,168756	0,0768152
ТК (ЦРБ) 17	ТК (ЦРБ) 1	12	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,0749639
ТК (ЦРБ) 1	Морг (котельная)	15	0,15	0,4016	8,97642	0,111403	0,0025343
ТК (ЦРБ) 1	ТК (ЦРБ) 2	10	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,0841366
ТК (ЦРБ) 2	Р1 (ЦРБ)	40	0,1	0,7666	6,737294	0,148428	0,072419
ТК (ЦРБ) 2	ТК (ЦРБ) 3	74	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,080611
ТК (ЦРБ) 3	Общежитие	19,7	0,05	0,9346	4,580424	0,21832	0,0054532
ТК (ЦРБ) 3	ТК (ЦРБ) 4	21	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,0786869
ТК (ЦРБ) 4	Поликлиника	8	0,1	0,7666	6,748346	0,148184	0,0724879
ТК (ЦРБ) 4	ТК (ЦРБ) 5	33	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,0736509
ТК (ЦРБ) 6	Бухгалтерия	13	0,05	0,7666	4,581431	0,218272	0,0727447
ТК (ЦРБ) 6	ТК (ЦРБ) 7	21	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,0786869
ТК (ЦРБ) 7	ТК (ЦРБ) 8	24	0,05	0,7666	4,56249	0,219179	0,0750461
ТК (ЦРБ) 8	Женская консультация	16	0,05	0,7666	4,56249	0,219179	0,0733641
ТК (ЦРБ) 8	Автоклавная	26	0,05	0,7666	4,56249	0,219179	0,0754666
ТК (ЦРБ) 8	ТК (ЦРБ) 9	30	0,05	0,7666	4,56249	0,219179	0,0763076
ТК (ЦРБ) 9	жилой дом	7	0,05	0,7666	4,56249	0,219179	0,0714718



ТК (ЦРБ) 9	Гараж	25	0,05	0,7666	4,56249	0,219179	0,0752564
ТК (ЦРБ) 7	Детское отделение	11	0,05	0,4016	4,56249	0,219179	0,0009446
ТК (ЦРБ) 7	ТК (ЦРБ) 10	18	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,0774459
ТК (ЦРБ) 10	Детское отделение	10	0,05	0,4016	4,581882	0,218251	0,0008624
ТК (ЦРБ) 10	ТК (ЦРБ) 11	30	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,0624099
ТК (ЦРБ) 11	ЦГСЭН	8	0,05	0,4016	4,574667	0,218595	0,0006888
ТК (ЦРБ) 11	ТК (ЦРБ) 13	167	0,1	0,7666	6,693434	0,1494	0,071512
ТК (ЦРБ) 13	жилой дом	14	0,05	0,7666	4,570157	0,218811	0,0729485
ТК (ЦРБ) 13	жилой дом	10	0,05	0,7666	4,570157	0,218811	0,0721061
ТК (ЦРБ) 13	ТК (ЦРБ) 14	58	0,05	2,222	4,570157	0,218811	0,0051189
ТК (ЦРБ) 14	жилой дом	6	0,05	0,7666	4,570157	0,218811	0,0712636
ТК (ЦРБ) 14	жилой дом	27,5	0,027	0,5587	3,708221	0,269671	0,0042319
ТК (ЦРБ) 11	ТК (ЦРБ) 12	48	0,05	0,4016	4,574667	0,218595	0,0041329
ТК (ЦРБ) 12	Инфекционное отделение	2	0,05	0,4821	4,574667	0,218595	0,0041329
ТК (ЦРБ) 11	УП 13	195	0,1	1,0512	6,661661	0,150113	0,0054557
УП 13	жилой дом	4	0,05	18,2291	4,582784	0,218208	0,1240243
УП 13	ТК (ЦРБ) 15	60	0,1	18,2291	6,661661	0,150113	0,2057925
ТК (ЦРБ) 15	жилой дом	25	0,027	18,2291	3,7084	0,269658	0,2709283
ТК (ЦРБ) 15	РЗ	4	0,1	18,2291	6,661661	0,150113	0,2203862
ТК (ЦРБ) 16	Детский сад №1	89	0,1	18,2291	6,716918	0,148878	0,2573547
ТК 49б	УП 38	25	0,05	3,0075	4,575118	0,218574	0,00003
УП 1	ТК (гвс) 1	31	0,069	0,7666	5,364857	0,186398	0,0626891
ТК (гвс) 1	ТК (гвс) 2	69	0,05	0,7666	4,565196	0,219049	0,0887355
ТК (гвс) 2	ТК (гвс) 3	30	0,05	0,7666	4,565196	0,219049	0,0716241
ТК (гвс) 3	Дом детства	22	0,05	0,7666	4,565196	0,219049	0,0778577
ТК (гвс) 1	ТК (гвс) 26	194,5	0,069	0,4016	5,287308	0,189132	0,0524844
ТК (гвс) 26	Дом ветеранов	10	0,05	0,5124	5,12786	0,189132	0,0528732
ТК (гвс) 26	ТК (гвс) 28	133	0,05	0,7666	4,536785	0,22042	0,0753986
ТК (гвс) 28	жилой дом	15	0,033	0,7666	3,925999	0,254712	0,0773588
ТК (гвс) 28	ТК (гвс) 64	167	0,05	0,5176	4,536785	0,22042	0,0098358
ТК (гвс) 64	жилой дом	21	0,033	0,4449	3,921068	0,255033	0,0046555
ТК (гвс) 64	жилой дом	48	0,033	0,5176	3,921068	0,255033	0,0023801
ТК (гвс) 26	ТК (гвс) 27	54	0,069	0,5176	5,287308	0,189132	0,0087804
ТК (гвс) 27	жилой дом	21	0,033	0,5176	3,925451	0,254748	0,0054223
ТК (гвс) 27	ТК (гвс) 65	102	0,069	0,5176	5,287308	0,189132	0,0054741
ТК (гвс) 65	жилой дом	38	0,033	0,4449	3,923899	0,254849	0,0084304
ТК (гвс) 65	ТК (гвс) 66	48	0,04	0,4449	4,185358	0,238928	0,0113584
ТК (гвс) 66	ТК (гвс) 67	32	0,05	0,4449	4,578575	0,218409	0,0082837
ТК (гвс) 67	жилой дом	25	0,033	0,4449	3,922803	0,25492	0,0055447
ТК (гвс) 67	жилой дом	25	0,033	0,4449	3,922803	0,25492	0,0055447
ТК (гвс) 66	ТК (гвс) 68	60	0,033	0,4449	3,893404	0,256845	0,0032077
ТК (гвс) 68	жилой дом	312	0,033	0,4449	3,893404	0,256845	0,0186798
УП 5	ТК 26	41	0,207	0,4016	12,068995	0,082857	0,0152541
УП 8	ТК 65	58	0,069	0,4449	5,338528	0,187318	0,0075063

ТК (ЦРБ) 5	ТК (ЦРБ) 6	37	0,15	0,7666	8,97642	0,111403	0,0853055
Р2	ТК (ЦРБ) 16	10	0,1	18,2291	6,716918	0,148878	0,1513882
УП 2	ТК 29	426	0,207	0,7666	4,570157	0,218811	0,0529485

Результаты расчета показывают, что вероятность отказа теплоснабжения потребителей, присоединенных к тепловым камерам некоторых участков, выше нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже  $P_i \geq 0,9$ ), что подтверждает необходимость замены участков сети со сроком эксплуатации, достигшим нормативного.

### 9.3.5. Теплопроводы зоны котельная «ДОМ ДЕТСТВА» до потребителей

В таблице 9.7 приведены данные расчета вероятности безотказной работы теплопроводов по отношению к тепловым камерам, входящим в «путь» по движению теплоносителя, в соответствии с методикой, изложенной в разделе 2 настоящей главы.

Таблица 9.7 Результаты расчета вероятности безотказной работы (далее – ВБР) теплопроводов зоны Котельная до потребителей.

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внутренний диаметр трубопровода, м	Средняя интенсивность отказов, 1/(км*ч)	Время восстановления, ч	Интенсивность восстановления, 1/ч	Вероятность отказа
Р5	жилой дом	28	0,027	13,3	3,708185	0,269674	0,4467546
УП4	жилой дом	9	0,05	13,3	4,572713	0,218689	0,00010
УП3	УП4	6	0,05	13,3	4,572713	0,218689	0,00006
ТК2	УП3	56	0,05	13,3	4,572713	0,218689	0,0005997
Р2	Столярный цех	70	0,05	13,3	4,572863	0,218681	0,3291194
Р1	жилой дом	78	0,069	13,3	5,354458	0,18676	0,4294151
ТК2	Школа №2	34	0,1	13,3	6,723722	0,148727	0,0005354
УП1	УП2	8,3	0,1	13,3	6,723722	0,148727	0,2573793
УП2	ТК2	37	0,1	13,3	6,723722	0,148727	0,0005826
Р1	УП1	8	0,15	13,3	9,149453	0,109296	0,2752579
ТК1	Р1	5	0,15	13,3	9,149453	0,109296	0,0001071

Результаты расчета показывают, что вероятность отказа теплоснабжения потребителей, присоединенных к тепловым камерам некоторых участков, выше нормативной величины, требуемой в СНиП 41-02-2003 (вероятность безотказной работы тепловых сетей относительно каждого потребителя не должна быть ниже  $P_i \geq 0,9$ ), что подтверждает необходимость замены участков сети со сроком эксплуатации, достигшим нормативного.