

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ОЗЕРСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА
НА ПЕРИОД ДО 2034 ГОДА
(АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2023 ГОД)**

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

**ГЛАВА 11
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Оценка надежности теплоснабжения	6
3. Методика расчета вероятности безотказной работы тепловых сетей	7
3.1. Термины и определения	7
3.2. Методика расчета надежности теплоснабжения.....	9
3.2.1. Расчет надежности теплоснабжения нерезервируемых участков тепловой сети.....	9
3.2.2. Расчет надежности теплоснабжения резервируемых участков тепловой сети	13
3.2.3. Оценка недоотпуска тепловой энергии потребителям	15
4. Результаты расчета показателей надежности	17
4.1. Магистраль от АТЭЦ в г. Озерск	17
4.2. ТС Медгородка.....	23
4.3. ТС п. Метлино	27
4.4. ТС п. Новогорный	31
4.5. Анализ результатов расчетов	35
5. Приложение А – Характеристики надежности теплоснабжения.....	36

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Оценка надежности теплоснабжения разрабатываются в соответствии с подпунктом 46 Требований к схемам теплоснабжения. Нормативные требования к надёжности теплоснабжения установлены в СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» СП 124.13330.2012 в части пунктов 6.25-6.30 раздела «Надежность».

В СП 124.13330.2012 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].

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 течение 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 Кг 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 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

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°C;
- промышленных зданий до 8°C.

Третья категория – остальные потребители.

При авариях (отказах) на источнике теплоты в течение всего ремонтно-восстановительного периода должны обеспечиваться:

- подача 100 % необходимой теплоты потребителям первой категории (если иные режимы не предусмотрены договором);
- подача теплоты на отопление и вентиляцию жилищно-коммунальным и промышленным потребителям второй и третьей категорий в соответствии с климатическими данными ($K = 0,86$);
- заданный потребителем аварийный режим расхода пара и технологической горячей воды;
- заданный потребителем аварийный тепловой режим работы неотключаемых вентиляционных систем;

- среднесуточный расход теплоты за отопительный период на горячее водоснабжение (при невозможности его отключения).

2. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Источниками теплоты в системах теплоснабжения, подлежащих расчёту показателей надёжности, расположенными в Озерске, являются АТЭЦ, ответвление АТЭЦ в п. Новогорный, котельная Медгородка и котельная Метлино.

Расчётная температура наружного воздуха: $t^{np} = -34^{\circ}\text{C}$, продолжительность отопительного периода: $\tau^{om} = 5592$ часов. Средняя температура отопительного периода: $t^{n.cp} = -5,5^{\circ}\text{C}$. Тепловая энергия подаётся по двухтрубным водяным тепловым сетям преимущественно в непроходных каналах. Из АТЭЦ, находящейся в п. Новогорный, выходит 3 магистрали, две из которых идут в г. Озерск и одна обеспечивает теплом п. Новогорный. В городе имеется пиковая котельная, работающая на одну тепловую сеть с АТЭЦ. Магистрали от пиковой котельной и АТЭЦ идут на наносные станции, которые полностью резервированы. В тепловых сетях г. Озерска имеется большое количество закольцованных участков, так что в случае аварии открываются соответствующие задвижки и происходит перераспределение потоков. Система теплоснабжения п. Новогорный также закольцована. Система теплоснабжения котельной Медгородка связана перемычками с сетью г. Озерска. Система теплоснабжения п. Метлино имеет небольшое кольцо на выходе из котельной, в целом же является тупиковой разветвлённой сетью. Расчёт показателей надёжности будет производиться на 2034 год с учётом перекладки всех трубопроводов. Время эксплуатации трубопроводов к 2034 году указаны в таблице 5-1, 5-3, 5-5, 5-7 приложения А.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

3.1. 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 и 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 и 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;

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 27.002-09 «Надежность в технике» 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 последствий его устранения. Все упомянутые в данном разделе термины устанавливают лишь градацию (шкалу) отказов.

3.2. Методика расчета надежности теплоснабжения

3.2.1. Расчет надежности теплоснабжения нерезервируемых участков тепловой сети

В соответствии со СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» СП 124.13330.2012 расчет надежности теплоснабжения должен производиться для каждого потребителя, при этом минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать (пункт «6.26») для:

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

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:

- λ_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 (в соответствии с ГОСТ 27.002-09 «Надежность в технике») каждого участка тепловой сети измеряется с помощью показателя λ_i , который имеет размерность [1/км/год] или [1/км/час]. 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 всей системы в целом. Средняя вероятность безотказной работы системы, состоящей из последовательно соединенных элементов, будет равна произведению вероятностей безотказной работы:

$$P_c = \prod_{i=1}^{i=N} P_i = e^{-\lambda_1 L_1 t} \times e^{-\lambda_2 L_2 t} \times \dots \times e^{-\lambda_n L_n t} = e^{-t \times \sum_{i=1}^{i=N} \lambda_i L_i} = e^{\lambda_c t}, \quad (3.1)$$

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 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 применяется зависимость от срока эксплуатации, следующего вида, близкая по характеру к распределению Вейбулла:

$$\lambda(t) = \lambda_0 (0,1\tau)^{\alpha-1}, \quad (3.2)$$

где τ – срок эксплуатации участка [лет].

Характер изменения интенсивности отказов зависит от параметра α : при $\alpha < 1$, она монотонно убывает, при $\alpha > 1$ – возрастает; при $\alpha = 1$ функция принимает вид $\lambda(t) = \lambda_0 = const$. А λ_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:

$$\alpha = \begin{cases} 0,8 \cdot n_{пу} \cdot 0 < \tau \leq 3 \\ 1 \cdot n_{пу} \cdot 3 < \tau \leq 17 \\ 0,5 \times e^{\left(\frac{\tau}{20}\right)} \cdot n_{пу} \cdot \tau > 17 \end{cases}, \quad (3.3)$$

На рисунке 3-1 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 01-01-82 «Строительная климатология и геофизика» или справочника «Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей».

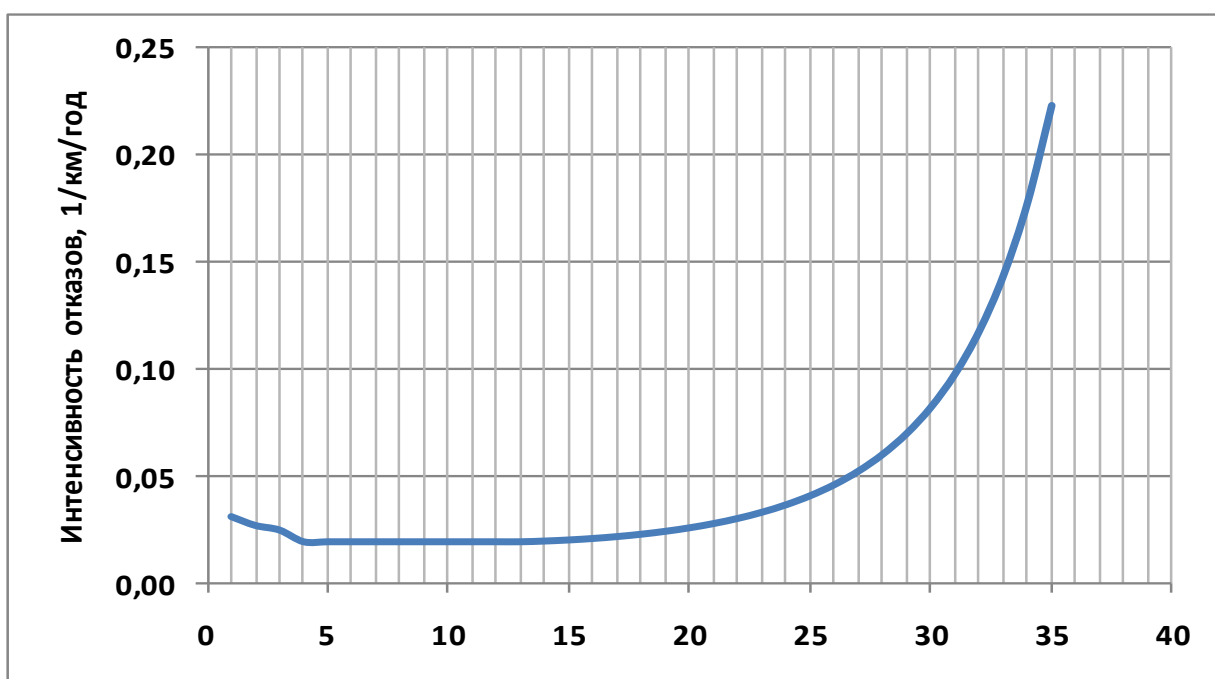


Рисунок 3-1 – Интенсивность отказов в зависимости от срока эксплуатации участка тепловой сети

б) 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°C, в промышленных зданиях ниже +8°C (СП 124.13330.2012. Свод правил. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003). Например, для расчета времени снижения температуры в жилом здании используют формулу:

$$t_{\text{с}} = t_{\text{н}} + \frac{Q_0}{q_0 V} + \frac{t'_{\text{с}} - t_{\text{н}} - \frac{Q_0}{q_0 V}}{\exp(z/\beta)}, \quad (3.4)$$

где t_g – внутренняя температура, которая устанавливается в помещении через время z в часах, после наступления исходного события, °C; z – время, отсчитываемое после начала исходного события, ч; t'_g – температура в отапливаемом помещении, которая была в момент начала исходного события, °C; t_n – температура наружного воздуха, усредненная на периоде времени z , °C; Q_o – подача теплоты в помещение, Дж/ч; $q_o V$ – удельные расчетные тепловые потери здания, Дж/(ч·°C); β – коэффициент аккумуляции помещения (здания), ч.

Для расчета времени снижения температуры в жилом здании до +12°C при внезапном прекращении теплоснабжения эта формула при $\left(\frac{Q_o}{q_o V} = 0\right)$ имеет следующий вид:

$$z = \beta \times \ln \frac{(t_g - t_n)}{(t_{g,a} - t_n)}, \quad (3.5)$$

где $t_{вд}$ – внутренняя температура, которая устанавливается критерием отказа теплоснабжения (+12 °C для жилых зданий);

Расчет проводится для каждой градации повторяемости температуры наружного воздуха для Озерского ГО (см. таблицу 3-1) при коэффициенте аккумуляции жилого здания $\beta = 40$ часов.

Таблица 3-1 – Расчет времени снижения температуры внутри отапливаемого помещения

Температура наружного воздуха, °C	Повторяемость температур наружного воздуха, час	Время снижения температуры воздуха внутри отапливаемого помещения до +12°C
-50	0	4,85
-47,5	0	5,05
-42,5	5	5,48
-37,5	19	5,99
-32,5	90	6,61
-27,5	170	7,38
-22,5	369	8,34
-17,5	580	9,60
-12,5	832	11,30
-7,5	910	13,75
-2,5	860	17,57
2,5	908	24,44
7,5	537	40,87

7) На основе 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, необходимого для ликвидации повреждения, предложенную Е.Я. Соколовым:

$$z_p = a[1 + (b + cl_{c.з})D^{1,2}], \quad (3.6)$$

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; $l_{c.з}$ – 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 (3.5) вычисляется время ликвидации повреждения на i -том участке;
- по каждой градации повторяемости температур с использованием уравнения (3.4) 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 (см. уравнение 3.7) и поток отказов (см. уравнение 3.8) участка тепловой сети, способный привести к снижению температуры в отапливаемом помещении до температуры в $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$\bar{z} = \left(1 - \frac{z_{i,j}}{z_p}\right) \times \frac{\tau_j}{\tau_{on}}, \quad (3.7)$$

$$\bar{\omega}_i = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{i,j}, \quad (3.8)$$

- вычисляется вероятность безотказной работы участка тепловой сети относительно абонента

$$p_i = \exp(-\bar{\omega}_i) \quad (3.9)$$

3.2.2. Расчет надежности теплоснабжения резервируемых 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 един-

ственным, 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, «Теплограф», «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 3.2.1. По результатам расчетов определяются:

- вероятность безотказной работы эквивалентного нерезервированного j -того пути:

$$p_{ej} = \prod_{i=1}^n p_i \quad (3.10)$$

- вероятность отказа эквивалентного нерезервированного j -того пути:

$$q_{ej} = 1 - \prod_{i=1}^n p_i \quad (3.11)$$

- параметр потока отказов эквивалентного нерезервированного j -того пути:

$$\bar{\omega}_{ej} = \lambda_i L_i \times \sum_{j=1}^{j=N} \bar{z}_{i,k}, \quad (3.12)$$

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

$$\bar{T}_{op.ej} = \frac{1}{\bar{\omega}_{ej}}, \quad (3.13)$$

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

$$\bar{T}_{ec.ej} = \frac{q_{ej}}{\bar{\omega}_{ej}}, \quad (3.14)$$

при этом

$$q_{ej} = \lambda_{ej} \times \bar{T}_{ec.ej}. \quad (3.15)$$

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:

$$p_{ek} = 1 - \prod_{j=1}^m q_{ej}, \quad (3.16)$$

- вероятность отказа эквивалентного резервированного k -того пути:

$$q_{ek} = \prod_{j=1}^m q_{ej}, \quad (3.17)$$

- параметр потока отказов эквивалентного резервированного k -того пути:

$$\bar{\omega}_{ek} = \sum_{j=1}^m \omega_{ej} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \bar{T}_{ej}, \quad (3.18)$$

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

$$\bar{T}_{op.ek} = \left[\sum_{j=1}^m \omega_{ej} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \bar{T}_{ej} \right]^{-1}, \quad (3.19)$$

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

$$\bar{T}_{ec.ek} = \left[\sum_{j=1}^m \omega_{ej} \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^{m-1} \omega_{el} \bar{T}_{ej} \right]^{-1}. \quad (3.20)$$

3.2.3. Оценка недоотпуска тепловой энергии потребителям

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».

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 (ΔQ_n , Гкал):

$$\Delta Q_n = \bar{Q}_{np} \times T_{on} \times q_{mn}, \quad (3.21)$$

где \bar{Q}_{np} – среднегодовая тепловая мощность теплопотребляющих установок потребителя (либо, по-другому, тепловая нагрузка потребителя), Гкал/ч; T_{on} – продолжительность отопительного периода, час; q_{mn} – вероятность отказа теплопровода.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

4.1. Магистраль от АТЭЦ в г. Озерск

Магистраль от АТЭЦ в г. Озерск включает 292 участка и 220 потребителей. Общая длина магистрали 56,478 км. Наиболее удалённым от ИТ является потребитель в узле 65 (25,428 км).

Интенсивности отказов участков сети определялись по приведенной выше методике при начальной интенсивности отказов теплопроводов $\lambda^{\text{нач}} = 5,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/км} \cdot \text{ч}$.

Результаты расчёта

1. Результаты расчёта интенсивности отказов, параметра потока отказов, среднего времени до восстановления, интенсивности восстановления и вероятности состояний сети, соответствующих отказу каждого из участков ТС, приведены в таблице 5-1 приложения А. На рисунке 4-1 представлены результаты расчёта интенсивности отказов участков ТС.

2. Распределение параметра потока отказов элементов ТС с учётом длины изображено на рисунке 4-2.

Как видно из данной диаграммы, высокие показатели потока отказов наблюдаются на участках с большой длиной трубопровода (1, 2, 3, 273), т.к. параметр зависит линейно от длины. Для уменьшения данного показателя, можно применить секционирование к данным участкам ТС.

3. Значение стационарной вероятности рабочего состояния сети составляет 0,98374.

Вероятности состояния, соответствующие отказам одного из элементов ТС приведены на рисунке 4-3 и в таблице 5-1 приложения А.

4. В случае аварии в тепловых сетях, происходит перераспределение потоков, открывают задвижки на перемычках. Проведя гидравлические расчёты при авариях в программном пакете Zulu, были получены расходы теплоносителя у потребителей относительно расчётного уровня. В тупиковых ответвлениях, при аварии на участке, отключается теплоснабжения всех потребителей, находящихся за этим участком.

5. Коэффициенты готовности относительно расчетного уровня теплоснабжения потребителей (K_j) определяются в соответствии с коэффициентом готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения j -го потребителя, при этом для каждого потребителя в множество F_j включаются все элементы сети, кроме входящих в путь его снабжения.

6. Для определения величин P_j – вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню сначала рассчитываются температуры наружного воздуха $t_{j,f}^{\text{пав}}$, при которых время восстановления f -го элемента равно временному резерву j -го потребителя. В соответствующих формулах учитываются относительные

расходы тепла у потребителей при отказе элементов, полученные из гидравлических расчётов. Затем рассчитаем продолжительности стояния этих температур $\tau_{j,f}^{\text{рав}}$.

Для расчёта $t_{j,f}^{\text{рав}}$ использованы следующие значения: коэффициент аккумуляции здания $\beta=40$ ч, расчётная температура в здании $t^{\text{вп}}=20^{\circ}\text{C}$, минимально допустимая внутренняя температура $t_{\text{min}}^{\text{в}}=12^{\circ}\text{C}$.

7. Значения рассчитанных показателей надёжности теплоснабжения приведены в таблице 5-2 приложения А.

8. Сопоставление полученных значений показателей надёжности с нормативными значениями показывает, что коэффициент готовности (K_j) и вероятность безотказного теплоснабжения (P_j) для всех потребителей намного выше нормативного значения (рисунок 4.4-4.5).

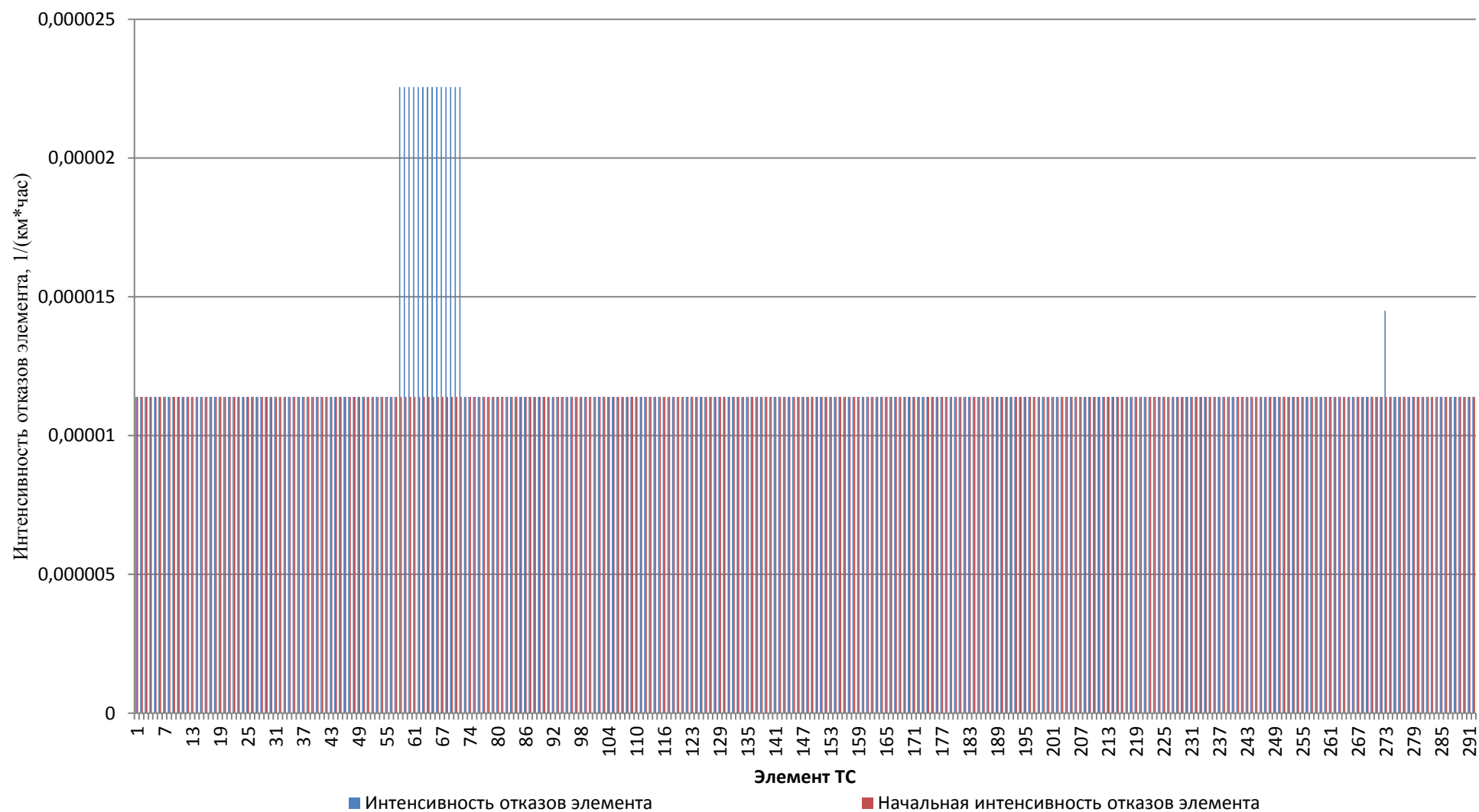


Рисунок 4-1 – Интенсивность отказов элемента ТС (АТЭЦ) на 2034 год

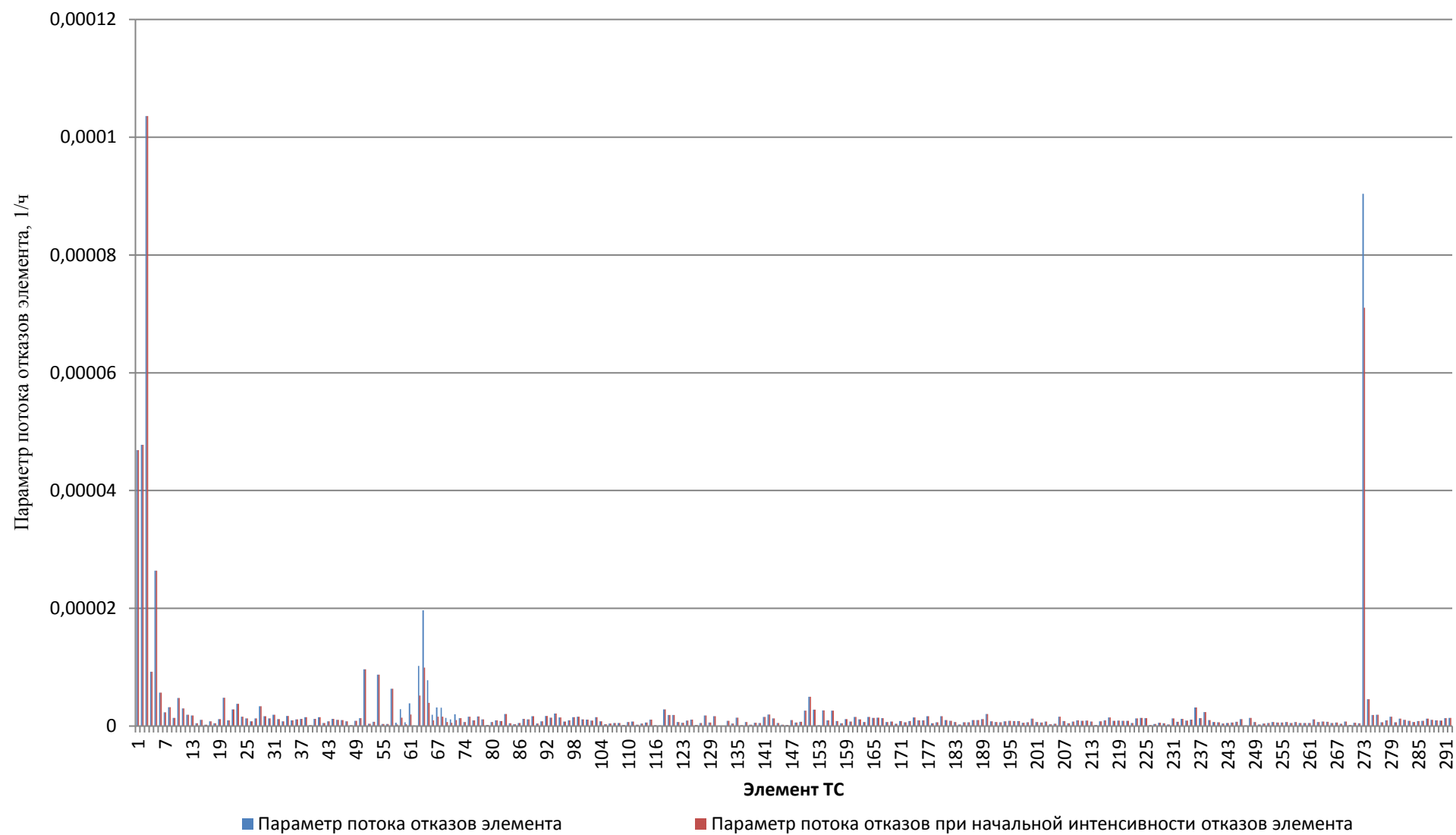


Рисунок 4-2 – Параметр потока отказов элемента ТС (магистраль №1) на 2034 год

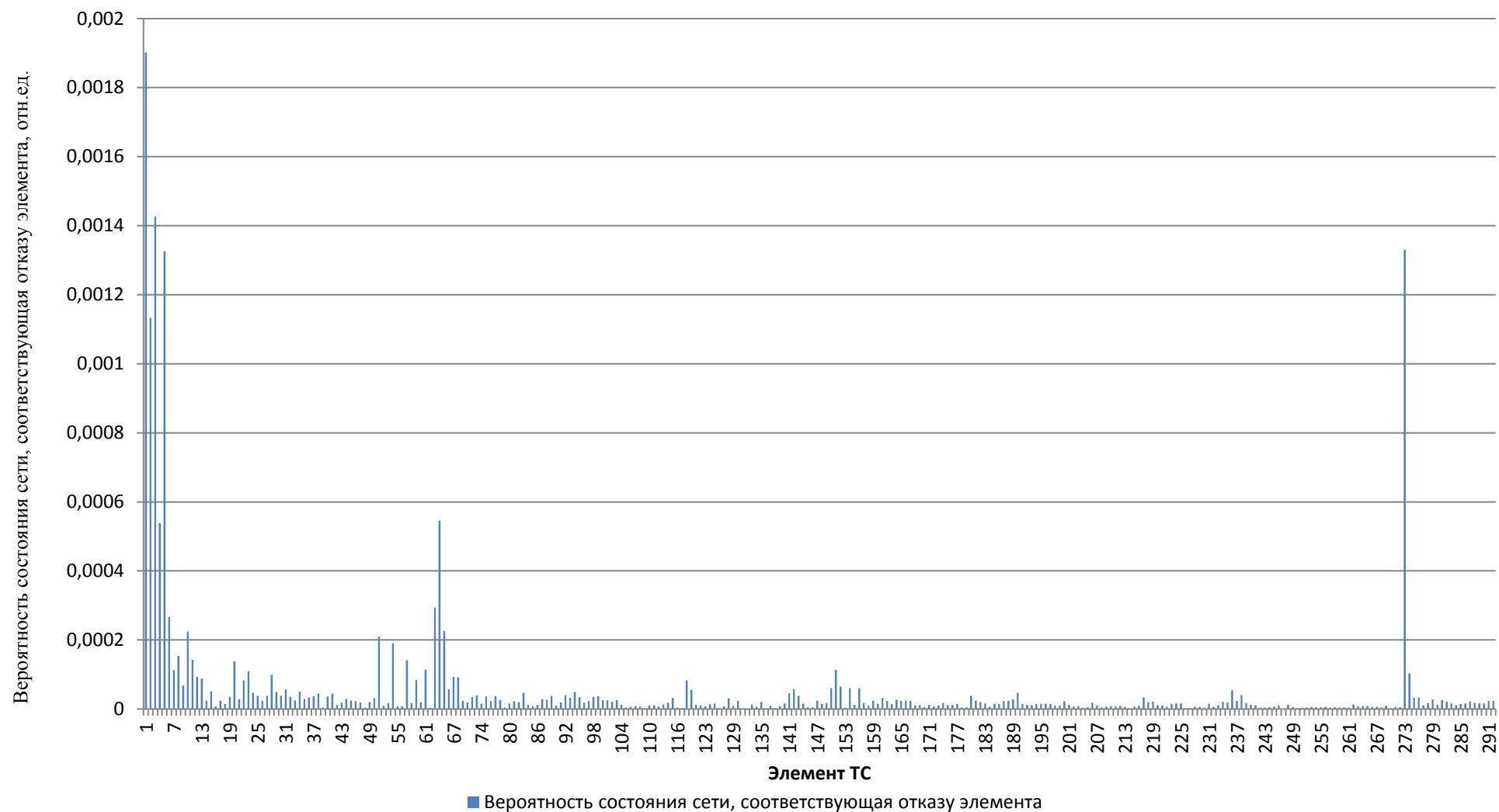


Рисунок 4-3 – Вероятности состояния ТС, соответствующие отказам её элементов (магистраль №1) на 2034 год

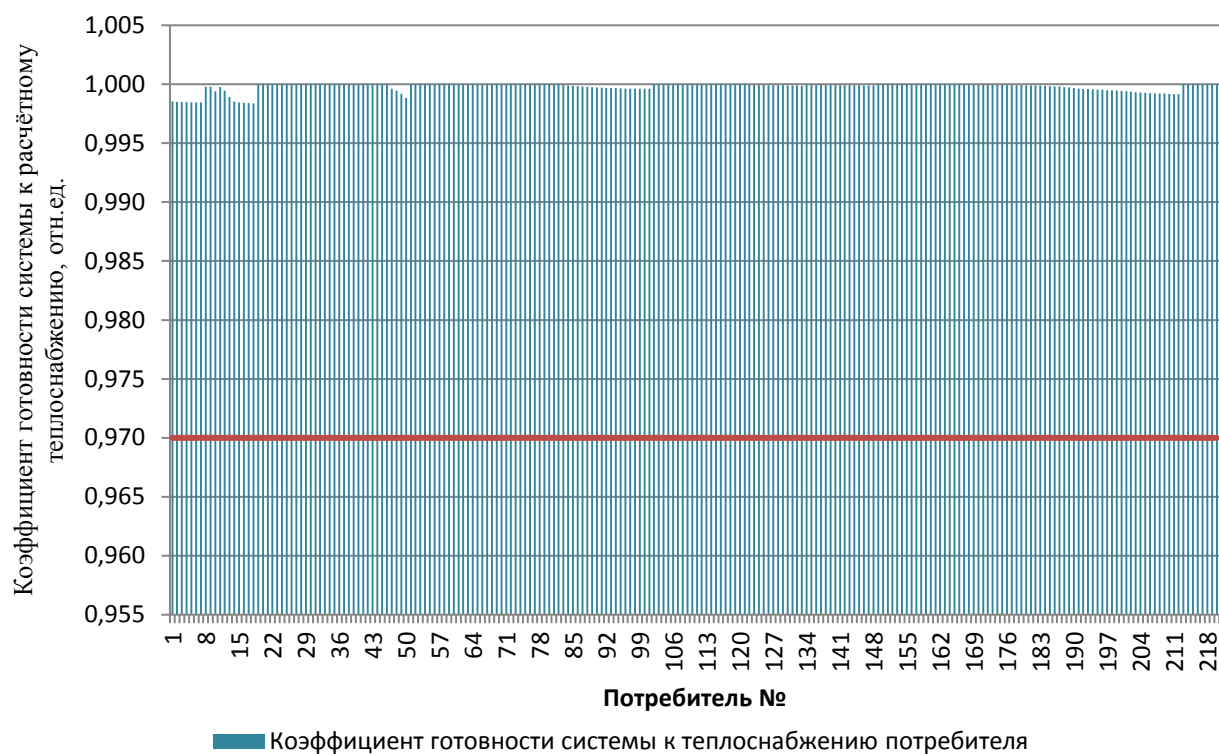


Рисунок 4-4 – Сопоставление коэффициентов готовности (K_j) с нормативным значением (магистраль №1) на 2034 год

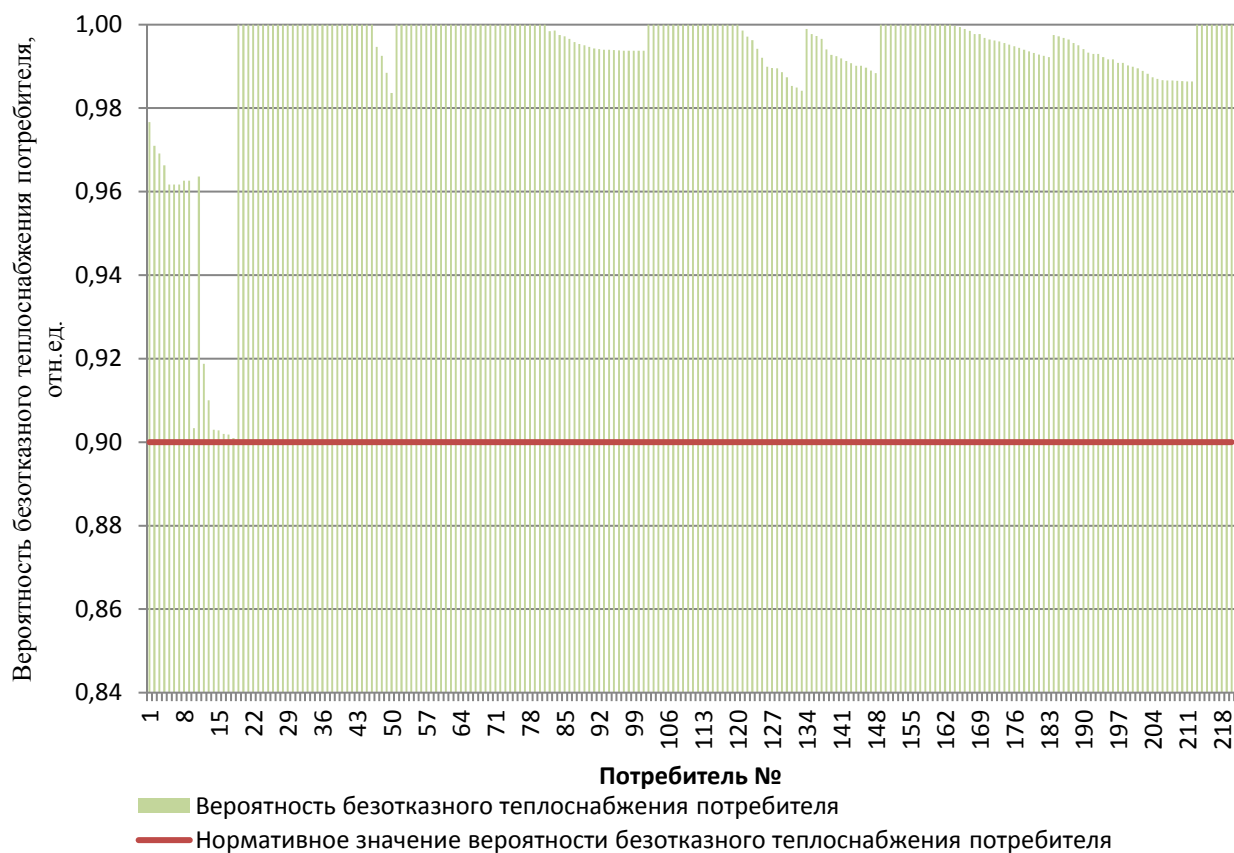


Рисунок 4-5 – Сопоставление вероятностей (P_j) с нормативным значением (магистраль №1) на 2034 год

4.2. ТС Медгородка

Тепловые сети Медгородка включают 27 участков и 12 потребителей. Общая длина магистрали 1,642 км. Наиболее удалённым от ИТ является потребитель в узле 7 (0,761 км).

Интенсивности отказов участков сети определялись при начальной интенсивности отказов теплопроводов $\lambda^{\text{нач}} = 5,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/км} \cdot \text{ч}$.

Результаты расчета

1. Результаты расчёта интенсивности отказов, параметра потока отказов, среднего времени до восстановления, интенсивности восстановления и вероятности состояний сети, соответствующих отказу каждого из участков ТС, приведены в таблице 5-3 приложения А. На рисунке 4-6 представлены результаты расчёта интенсивности отказов участков ТС.

2. Распределение параметра потока отказов элементов ТС с учётом длины изображено на рисунке 4-7.

Как видно из данной диаграммы, высокие показатели потока отказов наблюдаются на участках с большой длиной трубопровода (5, 6), т.к. параметр зависит линейно от длины. Для уменьшения данного показателя, можно применить секционирование к данным участкам ТС.

3. Значение стационарной вероятности рабочего состояния сети составляет 0,99941.

Вероятности состояния, соответствующие отказам одного из элементов ТС приведены на рисунке 4-8 и в таблице 5-3 приложения А.

4. Расчет послеаварийных гидравлических режимов в данном случае проводить не требуется, так как данная сеть связана с сетью г. Озерска, и в случае любой аварии, путём открытия перемычек, у всех потребителей будет поддерживаться расчётный расход теплоносителя.

5. Коэффициенты готовности относительно расчетного уровня теплоснабжения потребителей (K_j) определяются в соответствии с коэффициентом готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения j -го потребителя при этом для каждого потребителя во множество F_j включаются все элементы сети, кроме входящих в путь его снабжения.

6. Для определения величин P_j – вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню сначала рассчитываются температуры наружного воздуха $t_{j,f}^{\text{пав}}$, при которых время восстановления f -го элемента равно временному резерву j -го потребителя. В расчете учитываются относительные расходы тепла у потребителей при отказе элементов, полученные из гидравлических расчётов. Затем рассчитывается продолжительности стояния этих температур $\tau_{j,f}^{\text{пав}}$.

Для расчёта $t_{j,f}^{pav}$ использованы следующие значения: коэффициент аккумуляции зданий $\beta=40$ ч, расчётная температура в здании $t^{ep}=20^{\circ}\text{C}$, минимально допустимая внутренняя температура $t_{min}^e=12^{\circ}\text{C}$.

7. Значения рассчитанных показателей надёжности теплоснабжения приведены в таблице 5-4 приложения А.

8. Сопоставление полученных значений показателей надёжности с нормативными значениями показывает, что коэффициент готовности (K_j) и вероятность безотказного теплоснабжения (P_j) для всех потребителей намного выше нормативного значения (рисунок 4-9 – 4-10).

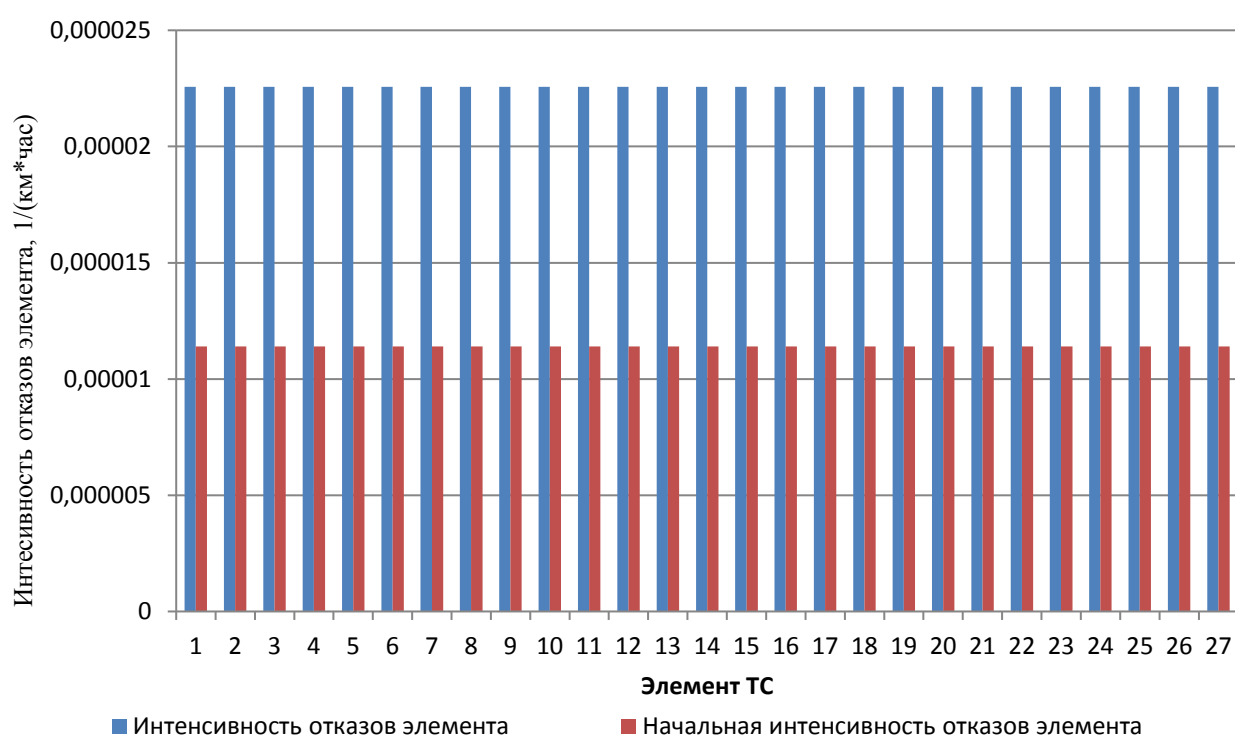


Рисунок 4-6 – Интенсивность отказов участков (Медгородок) на 2034 год

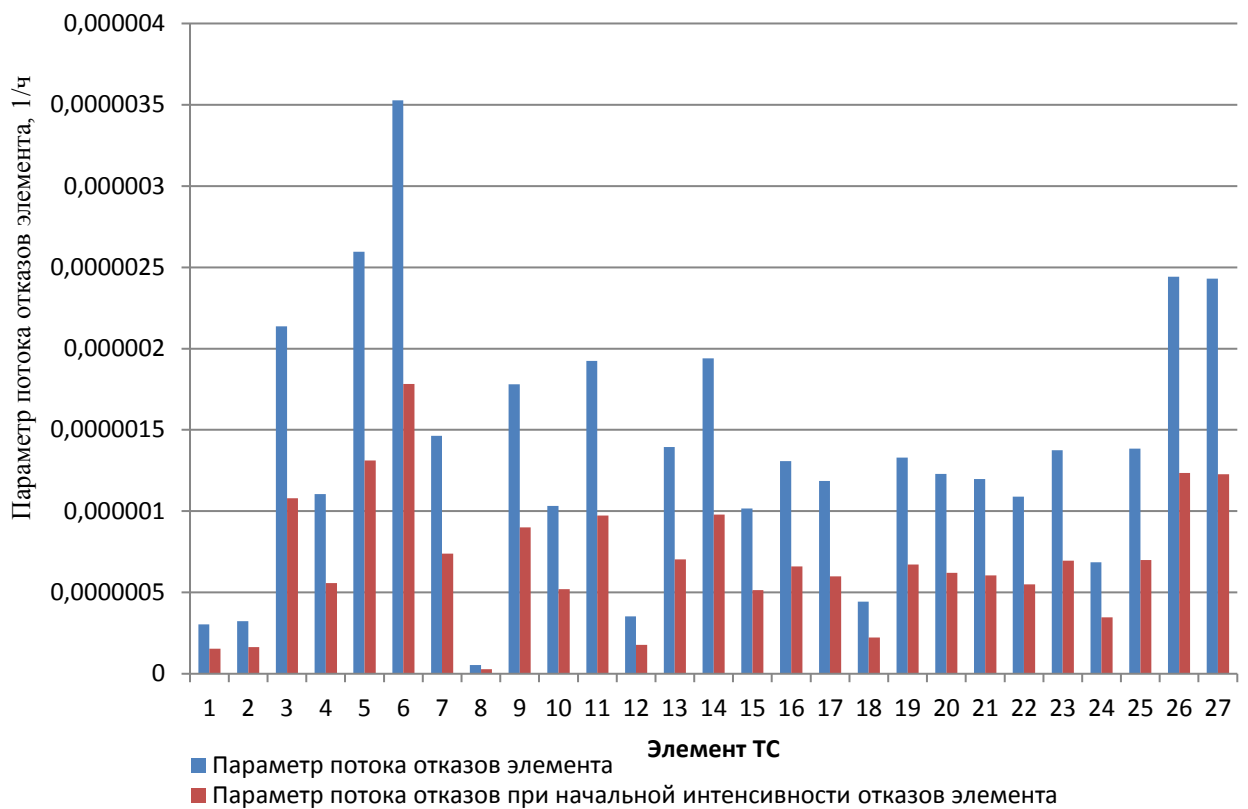


Рисунок 4-7 – Параметр потока отказов элемента ТС (Медгородок) на 2034 год

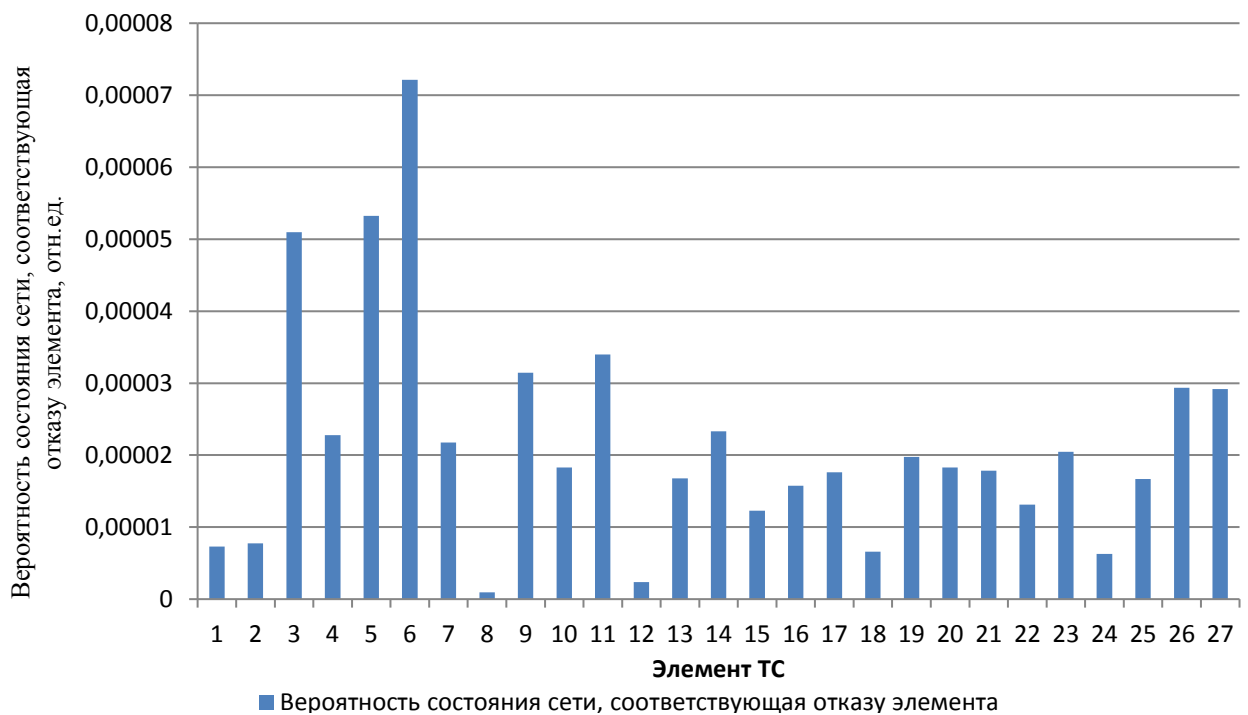


Рисунок 4-8 – Вероятности состояния ТС, соответствующие отказам её элементов (Медгородок) на 2034 год

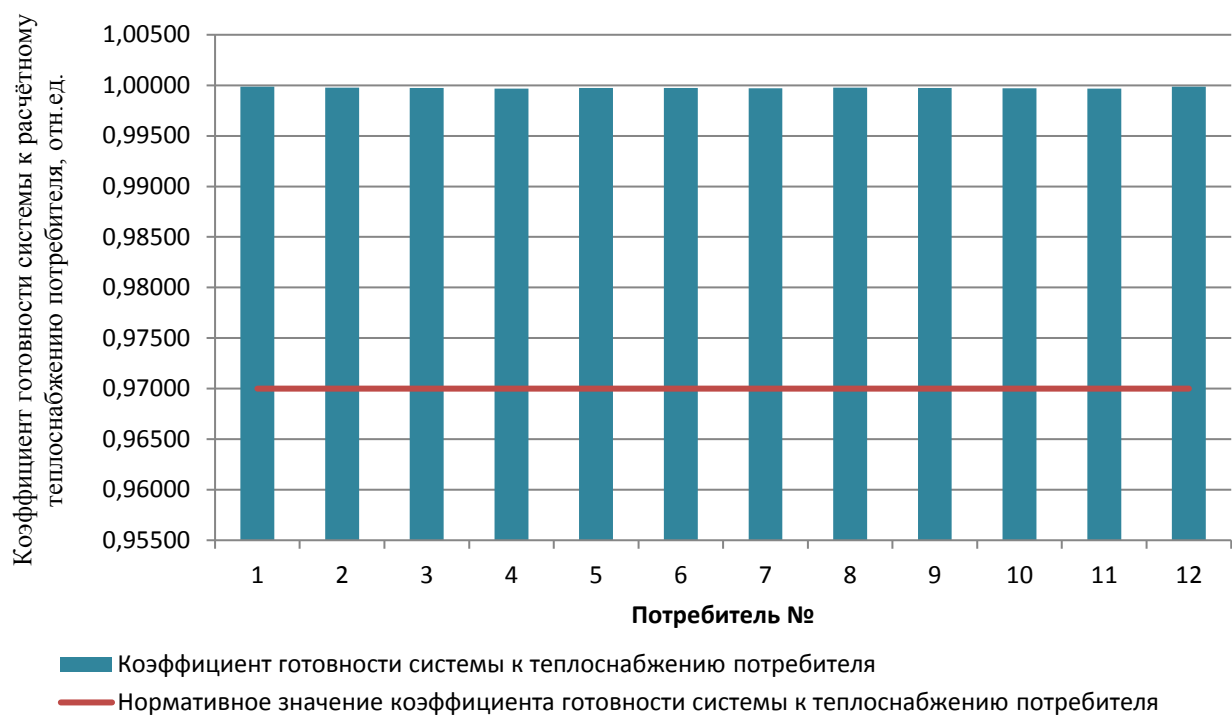


Рисунок 4-9 Сопоставление коoeffициентов готовности (K_j) с нормативным значением (Медгородок) на 2034 год



Рисунок 4-10 – Сопоставление вероятностей (P_j) с нормативным значением (Медгородок) на 2034 год

4.3. ТС п. Метлино

Система теплоснабжения котельной п. Метлино включает 18 участков и 10 потребителей. Общая длина магистрали 1,750 км. Наиболее удалённым от ИТ является потребитель в узле 10 (1,325 км).

Интенсивности отказов участков сети определялись при начальной интенсивности отказов теплопроводов $\lambda^{\text{нач}} = 5,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/км} \cdot \text{ч}$.

Результаты расчета

1. Результаты расчёта интенсивности отказов, параметра потока отказов, среднего времени до восстановления, интенсивности восстановления и вероятности состояний сети, соответствующих отказу каждого из участков ТС, приведены в таблице 5-5 приложения А. На рисунке 4-11 представлены результаты расчёта интенсивности отказов участков ТС.

2. Распределение параметра потока отказов элементов ТС с учётом длины изображено на рисунке 4-12.

Как видно из данной диаграммы, высокие показатели потока отказов наблюдаются на участках с большой длиной трубопровода (7, 15), т.к. параметр зависит линейно от длины. Для уменьшения данного показателя, можно применить секционирование к данным участкам ТС.

3. Значение стационарной вероятности рабочего состояния сети составляет 0,99972.

Вероятности состояния, соответствующие отказам одного из элементов, приведены на рисунке 4-13 и в таблице 5-5 приложения А.

4. Расчет послеаварийных гидравлических режимов в данном случае проводить не требуется, так как рассматриваемая ТС не имеет кольцевой части. В этом случае очевидно, что при выходе из строя одного из элементов ТС полностью прекращается теплоснабжение потребителей, путь снабжения которых разрывается, а теплоснабжение остальных потребителей не нарушается.

5. Коэффициенты готовности относительно расчетного уровня теплоснабжения потребителей (K_j) определяются в соответствии с коэффициентом готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения j -го потребителя, при этом для каждого потребителя в множество F_j включаются все элементы сети, кроме входящих в путь его снабжения.

6. Для определения величин P_j – вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню сначала рассчитываются температуры наружного воздуха $t_{j,f}^{\text{пав}}$, при которых время восстановления f -го элемента равно временному резерву j -го потребителя. В расчете учитываются относительные расходы тепла у по-

требителей при отказе элементов, полученные из гидравлических расчётов. Затем рассчитаем продолжительности стояния этих температур $\tau_{j,f}^{\text{рав}}$.

Для расчёта $t_{j,f}^{\text{рав}}$ будем использовать следующие значения: коэффициент аккумуляции зданий $\beta=40$ ч, расчётная температура в здании $t^{\text{вп}}=20^{\circ}\text{C}$, минимально допустимая внутренняя температура $t_{\text{min}}^{\text{с}}=12^{\circ}\text{C}$.

7. Значения рассчитанных показателей надёжности теплоснабжения приведены в таблице 5-6 приложения А.

8. Сопоставление полученных значений показателей надёжности с нормативными значениями показывает, что коэффициент готовности (K_j) и вероятность безотказного теплоснабжения (P_j) для всех потребителей намного выше нормативного значения (рисунок 4.14-4.15).

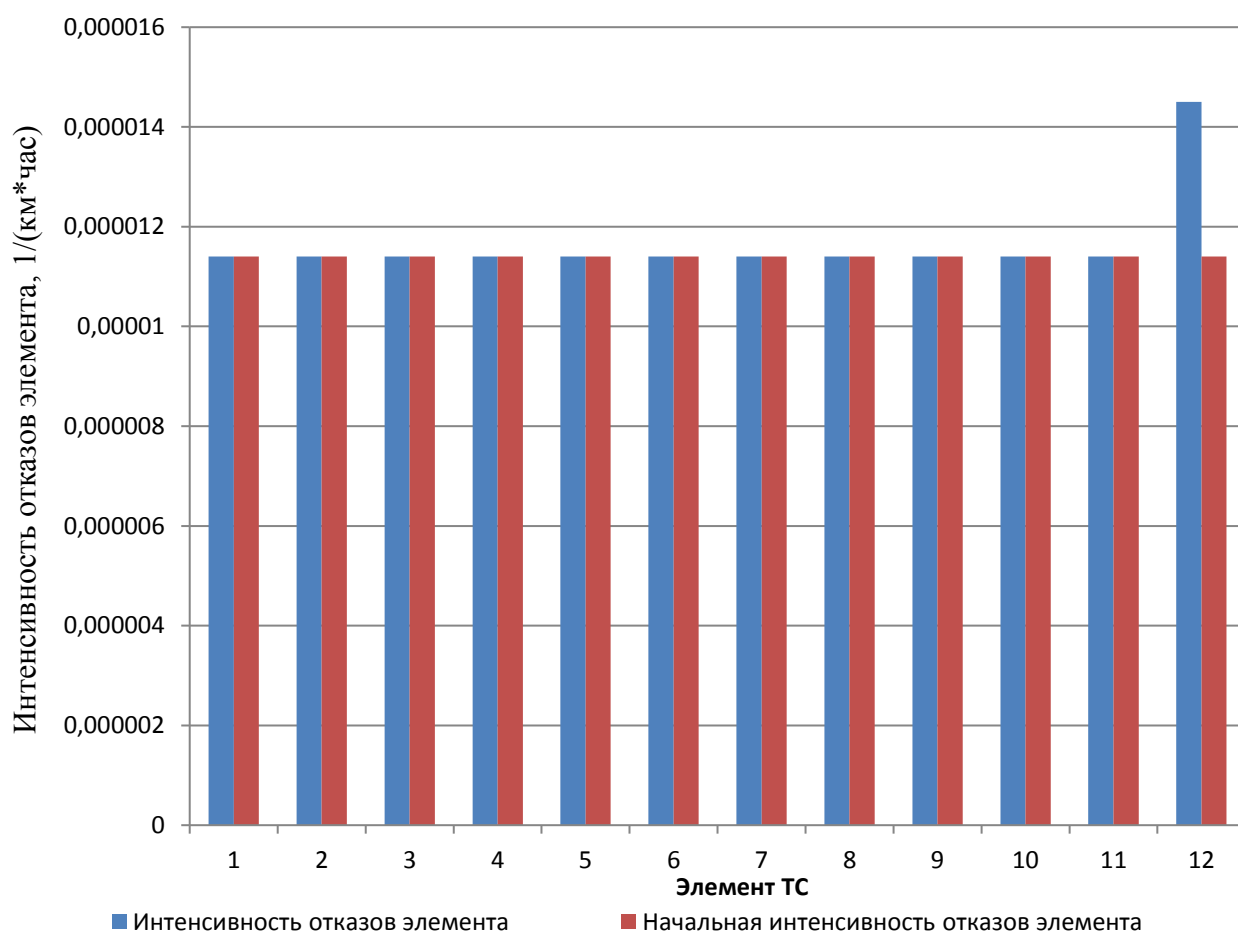


Рисунок 4-11 – Интенсивность отказов элементов ТС (п. Метлино) на 2034 год

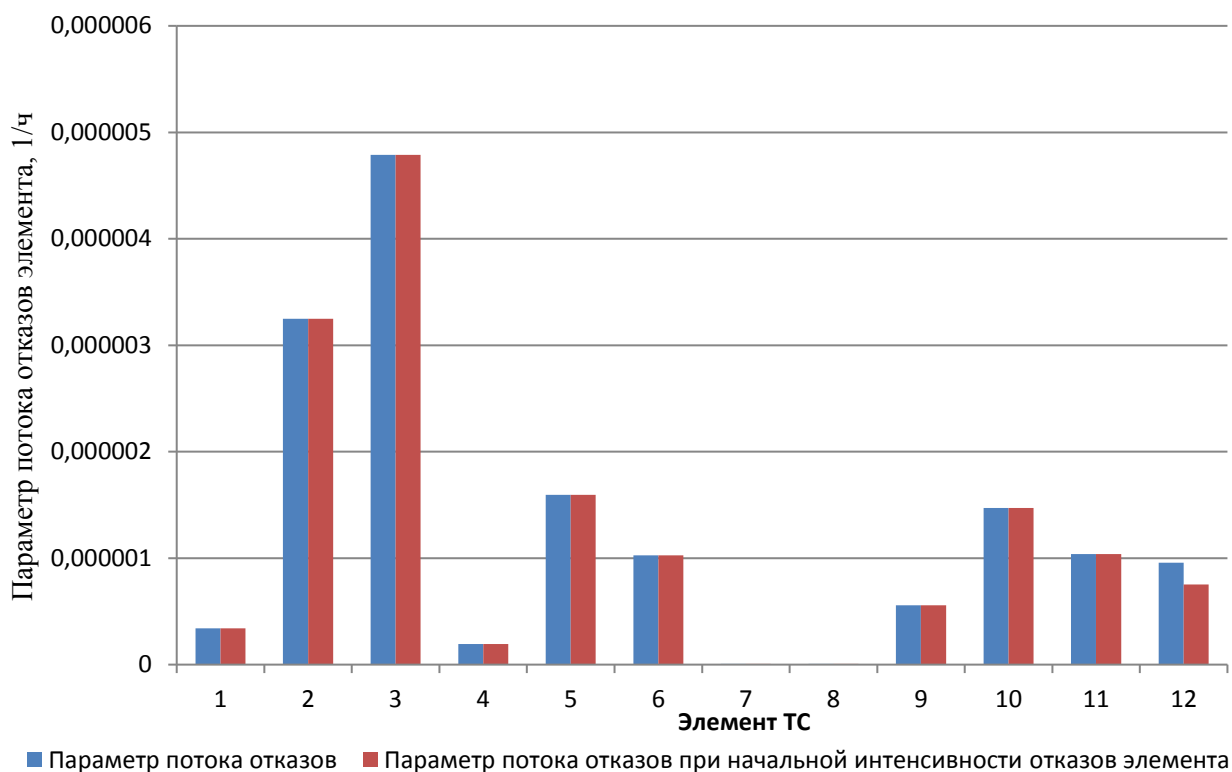


Рисунок 4-12 – Параметр потока отказов элементов ТС (п. Метлино) на 2034 год

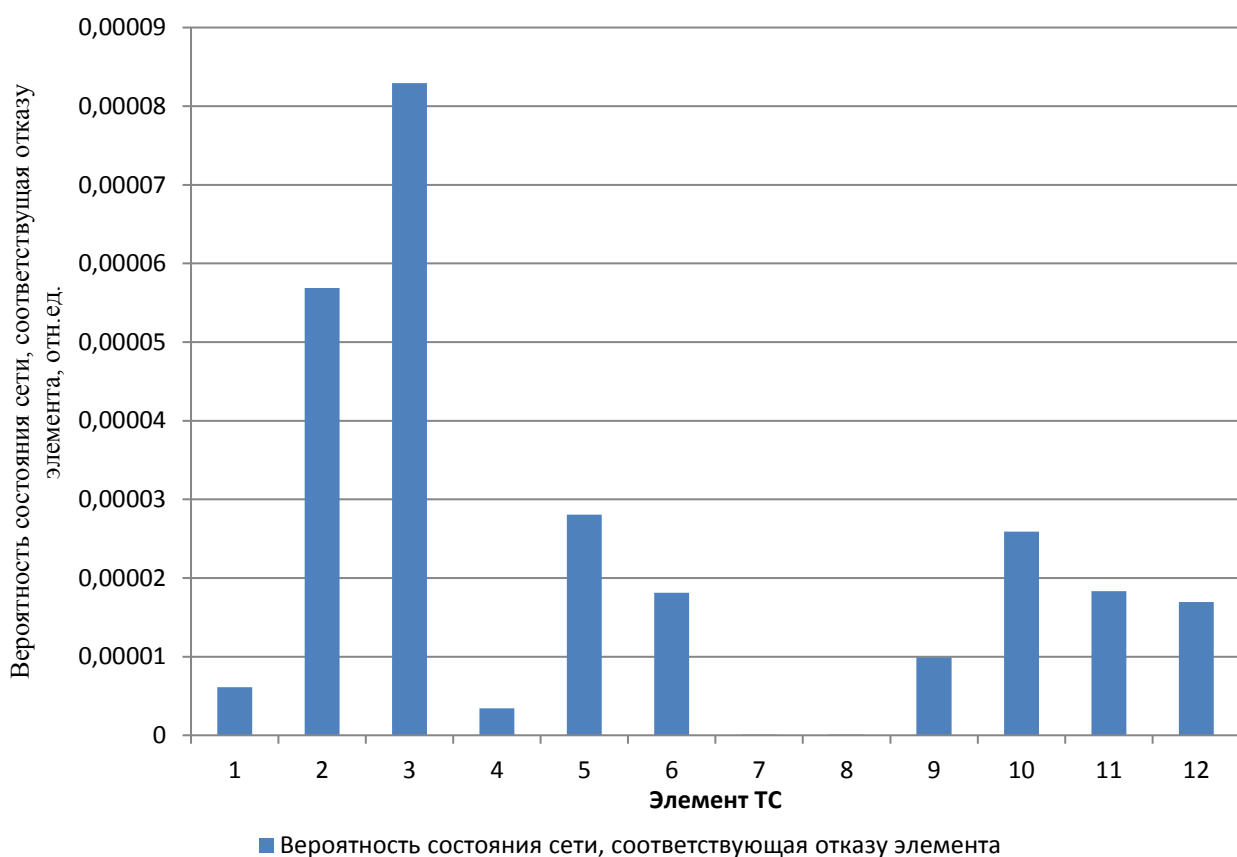


Рисунок 4-13 – Вероятности состояния ТС, соответствующие отказам её элементов (п. Метлино) на 2034 год

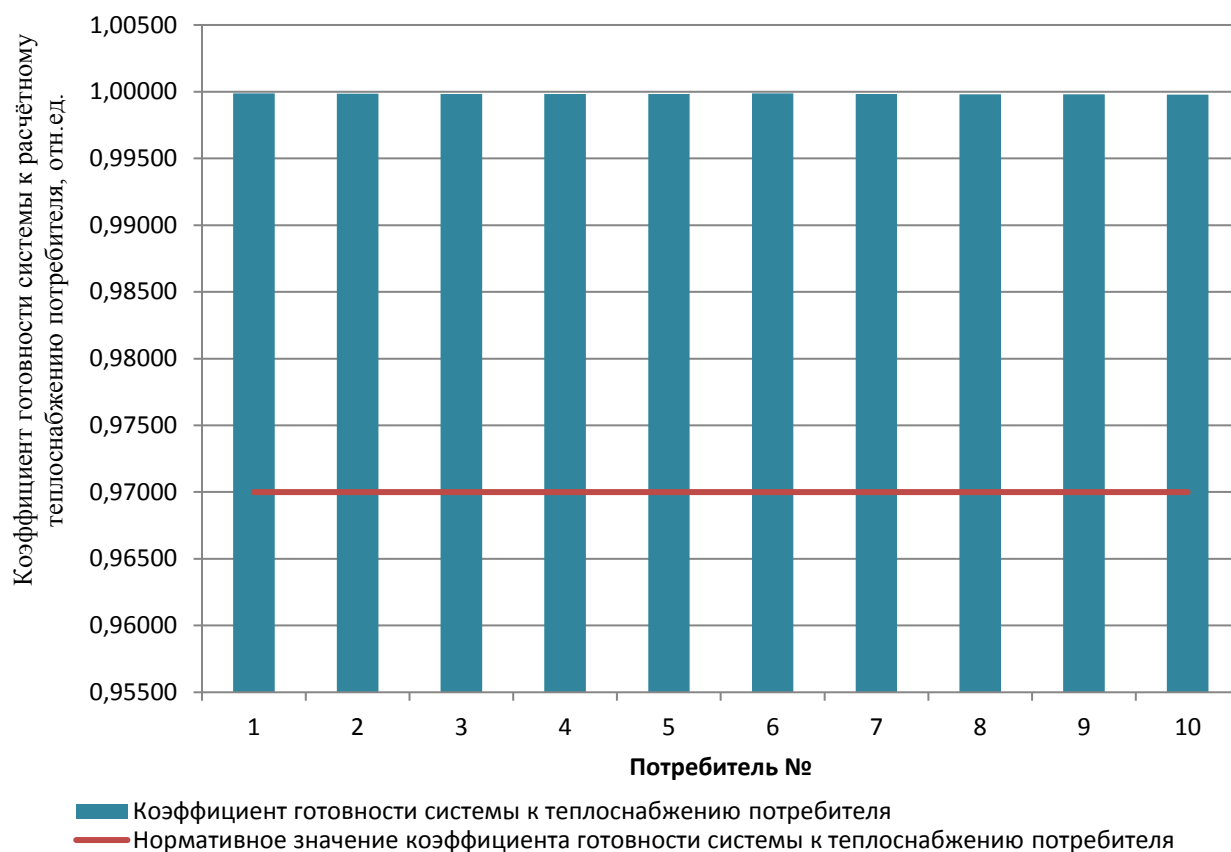


Рисунок 4-14 – Сопоставление коэффициентов готовности (K_j) с нормативным значением (п. Метлино) на 2034 год



Рисунок 4-15 – Сопоставление вероятностей (P_j) с нормативным значением (п. Метлино) на 2034 год

4.4. ТС п. Новогорный

Система теплоснабжения п. Новогорный включает 66 участка и 39 потребителей. Общая длина магистрали 9,459 км. Наиболее удалённым от ИТ является потребитель в узле 36 (3,470 км).

Интенсивности отказов участков сети определялись при начальной интенсивности отказов теплопроводов $\lambda^{\text{нач}} = 5,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/км} \cdot \text{ч}$.

Результаты расчёта

1. Результаты расчёта интенсивности отказов, параметра потока отказов, среднего времени до восстановления, интенсивности восстановления и вероятности состояний сети, соответствующих отказу каждого из участков ТС, приведены в таблице 5-7 приложения А. На рисунке 4-16 представлены результаты расчёта интенсивности отказов участков ТС.

2. Распределение параметра потока отказов элементов ТС с учётом длины изображено на рисунке 4-17.

Как видно из данной диаграммы, высокие показатели потока отказов наблюдаются на участках с большой длиной трубопровода (28, 29, 61, 63), т.к. параметр зависит линейно от длины. Для уменьшения данного показателя, можно применить секционирование к данным участкам ТС.

3. Значение стационарной вероятности рабочего состояния сети составляет 0,99799.

Вероятности состояния, соответствующие отказам одного из элементов ТС, приведены на рисунке 4-18 и в таблице 5-7 приложения А.

4. В случае аварии в тепловых сетях, происходит перераспределение потоков, открывают задвижки на перемычках. Проведя гидравлические расчёты при авариях в программном пакете Zulu, были получены расходы теплоносителя у потребителей относительно расчётного уровня. В тупиковых ответвлениях, при аварии на участке, отключается теплоснабжения всех потребителей, находящихся за этим участком

5. Коэффициенты готовности относительно расчетного уровня теплоснабжения потребителей (K_j) определяются в соответствии с коэффициентом готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения j -го потребителя, при этом для каждого потребителя в множество F_j включаются все элементы сети, кроме входящих в путь его снабжения.

6. Для определения величин P_j – вероятностей безотказного теплоснабжения потребителей по отношению к пониженному уровню сначала рассчитываются температуры наружного воздуха $t_{j,f}^{\text{пав}}$, при которых время восстановления f -го элемента равно временному резерву j -го потребителя. В расчете учитываются относительные расходы тепла у по-

требителей при отказе элементов, полученные из гидравлических расчётов. Затем рассчитываются продолжительности стояния этих температур $\tau_{j,f}^{\text{рав}}$.

Для расчёта $t_{j,f}^{\text{рав}}$ будем использовать следующие значения: коэффициент аккумуляции зданий $\beta=40$ ч, расчётная температура в здании $t^{\text{вп}}=20^{\circ}\text{C}$, минимально допустимая внутренняя температура $t_{\text{min}}^{\text{с}}=12^{\circ}\text{C}$.

7. Значения рассчитанных показателей надёжности теплоснабжения приведены в таблице 5-8 приложения А.

8. Сопоставление полученных значений показателей надёжности с нормативными значениями показывает, что коэффициент готовности (K_j) и вероятность безотказного теплоснабжения (P_j) для всех потребителей намного выше нормативного значения (рисунок 4-19 – 4-20).

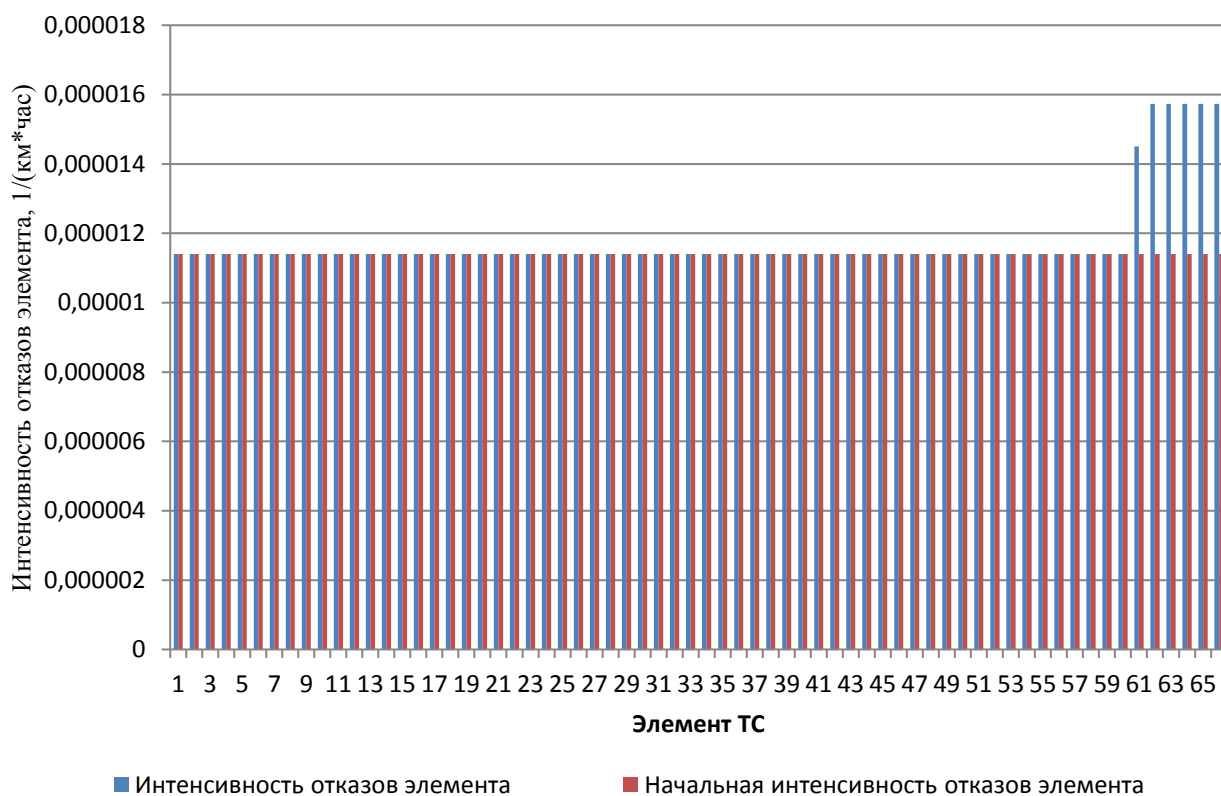


Рисунок 4-16 – Интенсивность отказов элементов ТС (п. Новогорный) на 2034 год

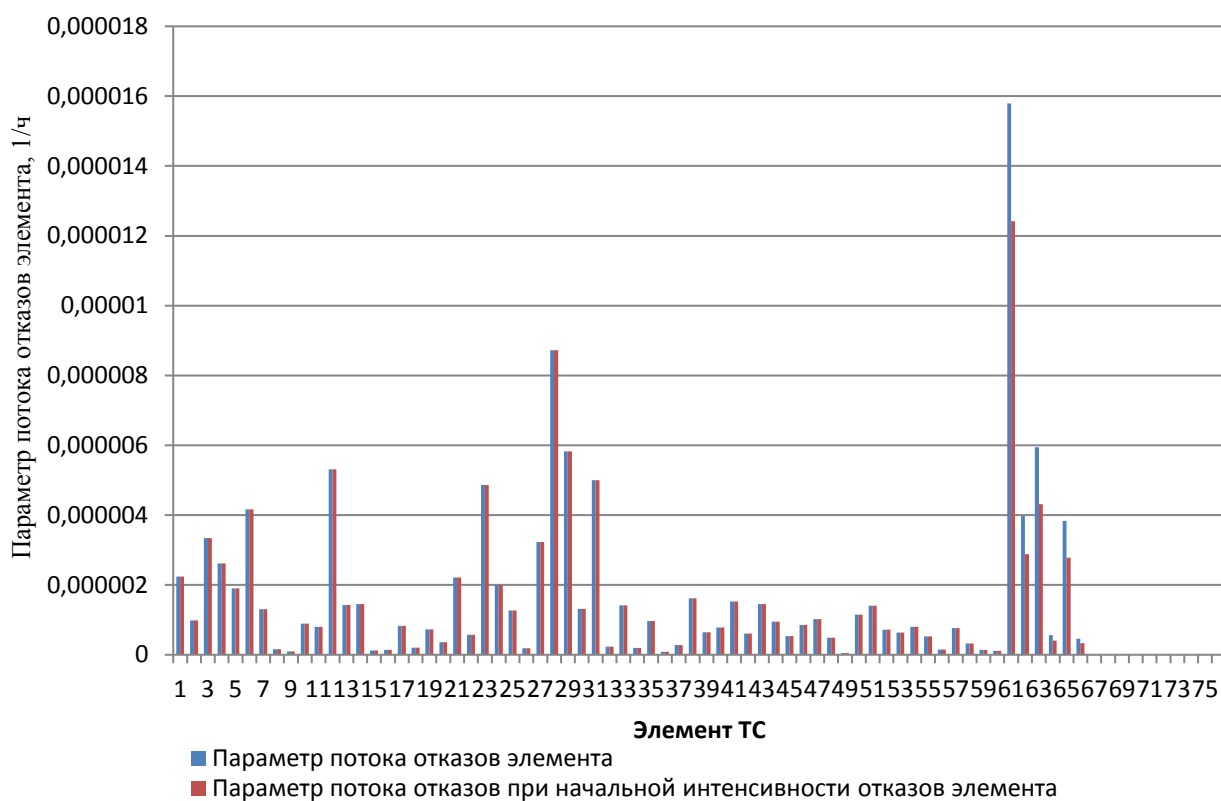


Рисунок 4-17 – Параметр потока отказов элементов ТС (п. Новогорный) на 2034 год

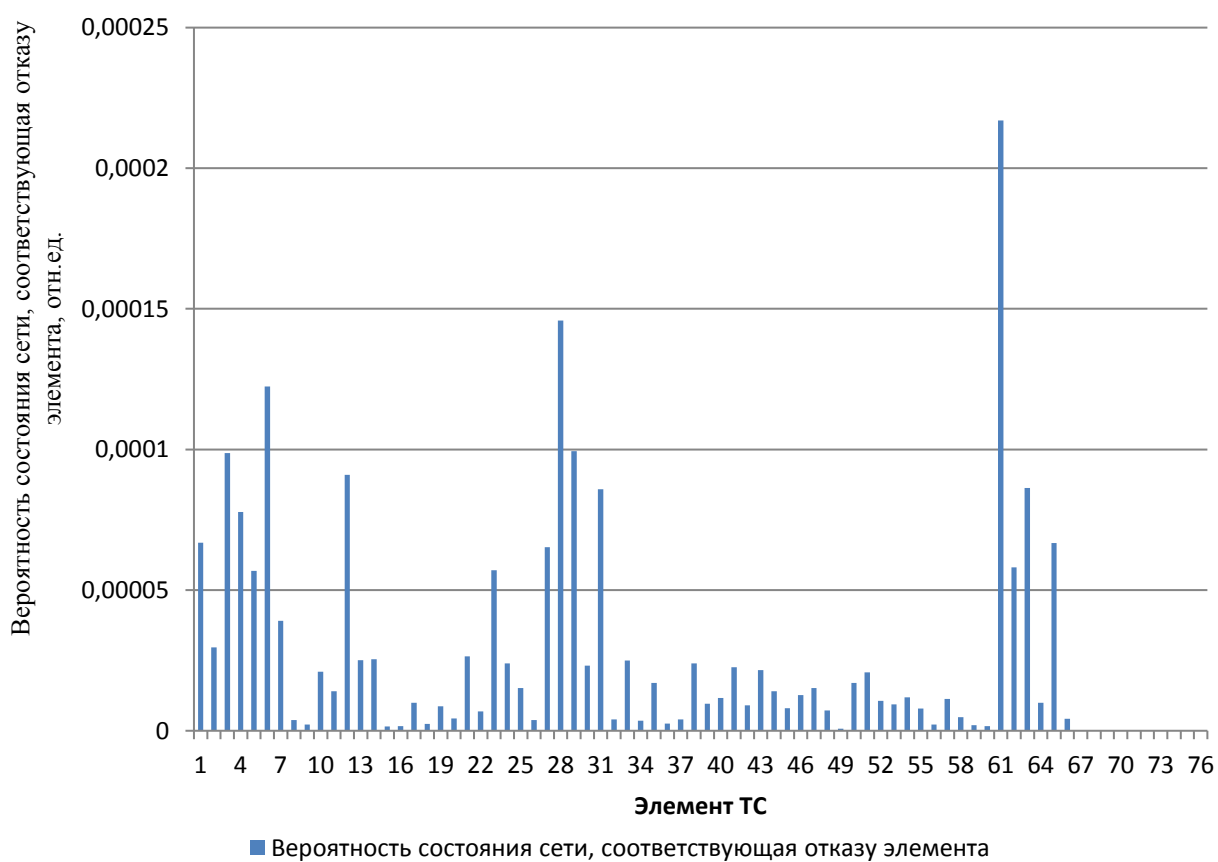


Рисунок 4-18 – Вероятности состояния ТС, соответствующие отказам её элементов (п. Новогорный) на 2034 год

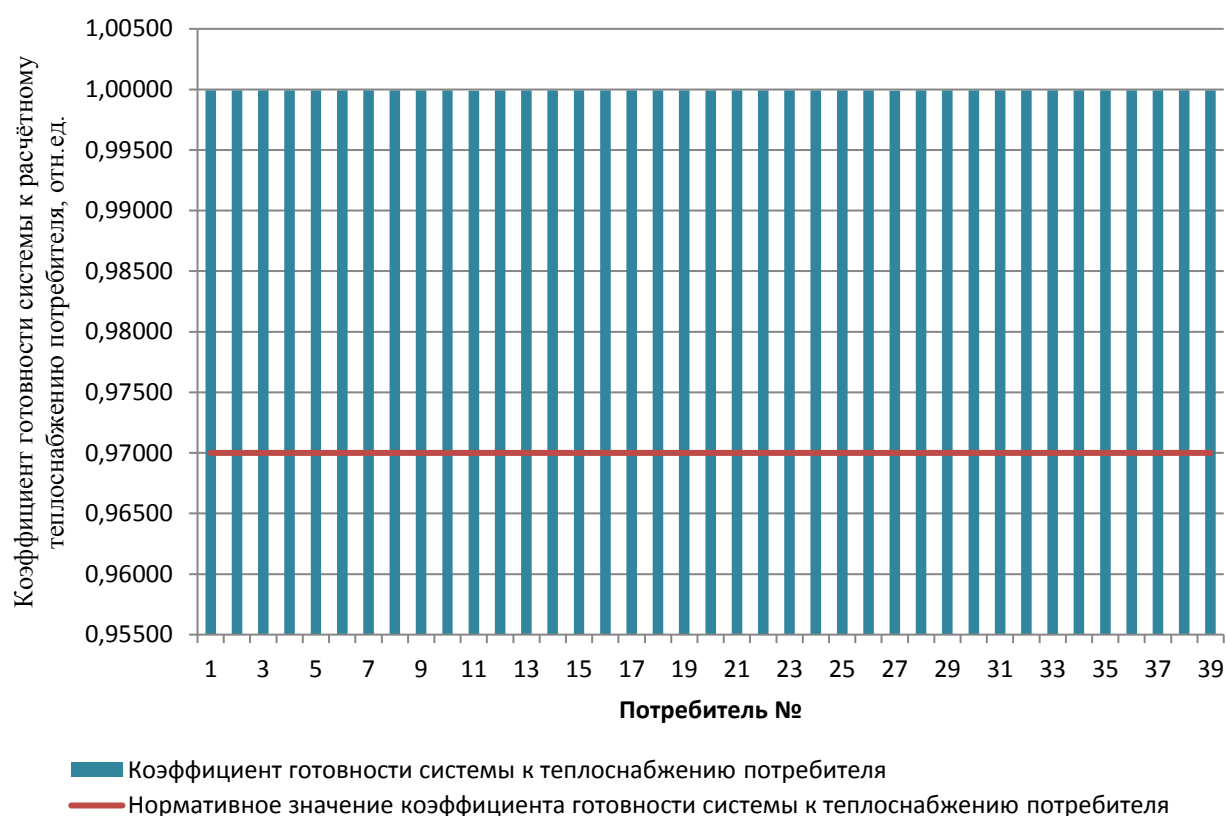


Рисунок 4-19 – Сопоставление коэффицентов готовности (K_j) с нормативным значением (п. Новогорный) на 2034 год

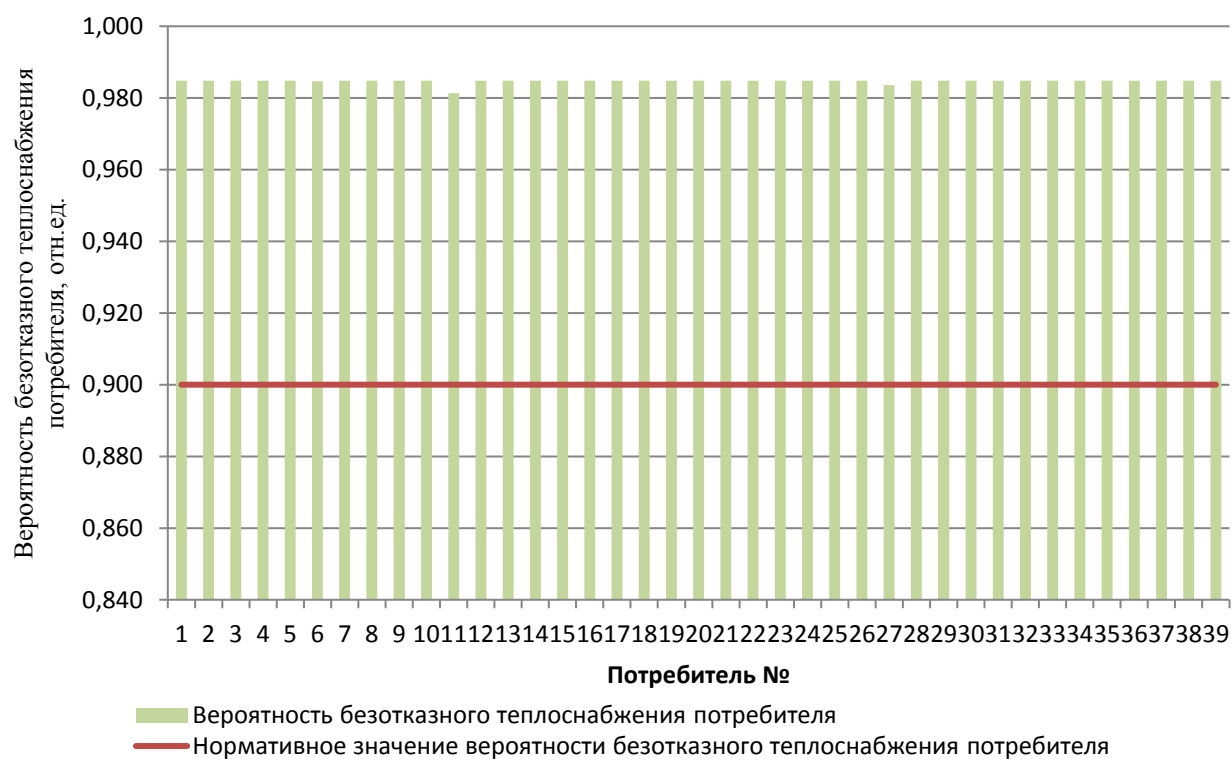


Рисунок 4-20 – Сопоставление вероятностей (P_j) с нормативным значением (п. Новогорный) на 2034 год.

4.5. Анализ результатов расчетов

Проведён расчёт показателей надёжности теплоснабжения потребителей от АТЭЦ, котельной Медгородка, котельной п. Метлино в перспективе на 2034 год. Расчёт проводился с учётом перекладки магистральных трубопроводов в течение 15 лет. В результате получены следующие данные:

- Коэффициенты готовности системы к теплоснабжению потребителей находятся намного выше нормативного значения.
- Вероятность безотказного теплоснабжения всех потребителей превышает нормативный показатель ($P=0,9$).

Таким образом, учитывая замену трубопроводов, надёжность теплоснабжения потребителей отвечает всем необходимым нормативам в перспективе на 2034 год.

5. ПРИЛОЖЕНИЕ А – ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Таблица 5-1 – Технические характеристики и показатели надёжности участков ТС (АТЭЦ) на 2034 год

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
1	4110,48	1	14	0,0000114	4,68595E-05	41,3	0,02423962	0,001901738
2	4191	0,616	13	0,0000114	4,77774E-05	24,1	0,041487403	0,001132884
3	9087,53	1	12	0,0000114	0,000103598	14,0	0,071437464	0,001426605
4	808,92	1	11	0,0000114	9,22169E-06	59,3	0,016853298	0,000538276
5	2314,38	1	11	0,0000114	2,63839E-05	51,1	0,019572916	0,00132606
6	499,13	0,804	10	0,0000114	5,69008E-06	47,6	0,020988201	0,0002667
7	205,98	0,804	10	0,0000114	2,34817E-06	48,9	0,020457651	0,000112915
8	281,83	0,804	10	0,0000114	3,21286E-06	48,6	0,020592337	0,000153485
9	122,41	0,804	10	0,0000114	1,39547E-06	49,2	0,020311282	6,75871E-05
10	417,45	0,804	10	0,0000114	4,75893E-06	48,0	0,020837629	0,000224667
11	261,52	0,804	10	0,0000114	2,98133E-06	48,6	0,020556099	0,000142675
12	168,83	0,804	10	0,0000114	1,92466E-06	49,0	0,020392325	9,28468E-05
13	159,1	0,804	10	0,0000114	1,81374E-06	49,1	0,020375284	8,7569E-05
14	43,55	0,804	10	0,0000114	4,9647E-07	49,6	0,02017507	2,42079E-05
15	91,97	0,804	10	0,0000114	1,04846E-06	49,4	0,020258487	5,09124E-05
16	21,44	0,515	10	0,0000114	2,44416E-07	30,3	0,03299888	7,28634E-06
17	70,3	0,515	10	0,0000114	8,0142E-07	30,2	0,033130813	2,37962E-05
18	42,76	0,515	10	0,0000114	4,87464E-07	30,3	0,033056319	1,45067E-05
19	105,06	0,515	10	0,0000114	1,19768E-06	30,1	0,033225316	3,54611E-05
20	421,6	0,515	10	0,0000114	4,80624E-06	29,3	0,034111378	0,000138607
21	84,33	0,515	10	0,0000114	9,61362E-07	30,1	0,033168892	2,85125E-05
22	248,24	0,515	9	0,0000114	2,82994E-06	29,7	0,033620337	8,28045E-05
23	331,15	0,515	9	0,0000114	3,77511E-06	29,5	0,033853403	0,0001097
24	138,34	0,515	9	0,0000114	1,57708E-06	30,0	0,033316302	4,65667E-05
25	113,74	0,515	9	0,0000114	1,29664E-06	30,1	0,033248999	3,83635E-05
26	71,02	0,515	9	0,0000114	8,09628E-07	30,2	0,033132765	2,40385E-05
27	113,37	0,515	9	0,0000114	1,29242E-06	30,1	0,033247989	3,82399E-05
28	296,24	0,515	9	0,0000114	3,37714E-06	29,6	0,033754876	9,84218E-05
29	145,57	0,515	9	0,0000114	1,6595E-06	30,0	0,033336135	4,89712E-05
30	115,48	0,515	9	0,0000114	1,31647E-06	30,1	0,03325375	3,89449E-05
31	169,43	0,515	9	0,0000114	1,9315E-06	29,9	0,033401753	5,6886E-05
32	104,19	0,515	9	0,0000114	1,18777E-06	30,1	0,033222944	3,517E-05

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
33	72,04	0,517	9	0,0000114	8,21256E-07	30,3	0,032996549	2,44844E-05
34	148,87	0,517	9	0,0000114	1,69712E-06	30,1	0,033205428	5,02785E-05
35	85,88	0,517	9	0,0000114	9,79032E-07	30,3	0,033033981	2,91551E-05
36	98,97	0,517	9	0,0000114	1,12826E-06	30,2	0,033069464	3,3563E-05
37	108,2	0,515	9	0,0000114	1,23348E-06	30,1	0,033233879	3,65115E-05
38	132,62	0,515	9	0,0000114	1,51187E-06	30,0	0,033300629	4,46623E-05
39	13,03	0,515	9	0,0000114	1,48542E-07	30,3	0,032976277	4,43126E-06
40	107,79	0,515	9	0,0000114	1,22881E-06	30,1	0,033232761	3,63744E-05
41	132,88	0,515	9	0,0000114	1,51483E-06	30,0	0,033301341	4,47489E-05
42	44,66	0,408	9	0,0000114	5,09124E-07	23,6	0,042404999	1,1811E-05
43	72,2	0,408	9	0,0000114	8,2308E-07	23,5	0,04249769	1,90527E-05
44	108,47	0,408	9	0,0000114	1,23656E-06	23,5	0,042620384	2,85415E-05
45	94,14	0,408	9	0,0000114	1,0732E-06	23,5	0,042571824	2,47991E-05
46	87,34	0,408	9	0,0000114	9,95676E-07	23,5	0,04254882	2,30202E-05
47	71,5	0,408	9	0,0000114	8,151E-07	23,5	0,042495329	1,8869E-05
48	13,35	0,408	9	0,0000114	1,5219E-07	23,6	0,04230011	3,53935E-06
49	78,07	0,408	9	0,0000114	8,89998E-07	23,5	0,042517499	2,05921E-05
50	116,72	0,408	9	0,0000114	1,33061E-06	23,4	0,04264839	3,06921E-05
51	846,84	0,408	9	0,0000114	9,65398E-06	22,1	0,045281753	0,000209731
52	33,25	0,408	9	0,0000114	3,7905E-07	23,6	0,042366715	8,80138E-06
53	64	0,408	9	0,0000114	7,296E-07	23,5	0,042470049	1,68998E-05
54	765,78	0,408	8	0,0000114	8,72989E-06	22,2	0,044973451	0,000190955
55	31,6	0,408	8	0,0000114	3,6024E-07	23,6	0,042361185	8,36571E-06
56	31,36	0,408	8	0,0000114	3,57504E-07	23,6	0,042360381	8,30233E-06
57	555,84	0,408	8	0,0000114	6,33658E-06	22,6	0,044194147	0,000141049
58	25,24	0,515	25	2,25652E-05	5,69545E-07	30,3	0,033009103	1,69736E-05
59	126,56	0,515	25	2,25652E-05	2,85585E-06	30,0	0,033284039	8,44069E-05
60	28,86	0,515	25	2,25652E-05	6,5123E-07	30,3	0,033018848	1,94022E-05
61	171,11	0,515	25	2,25652E-05	3,86112E-06	29,9	0,033406383	0,000113701
62	5,43	0,515	25	2,25652E-05	1,22529E-07	30,3	0,032955878	3,6575E-06
63	452,77	0,515	25	2,25652E-05	1,02168E-05	29,2	0,034201192	0,000293869
64	871,06	0,515	25	2,25652E-05	1,96556E-05	28,2	0,0354539	0,000545383
65	344,43	0,515	25	2,25652E-05	7,77212E-06	29,5	0,033891035	0,000225597
66	85,09	0,515	25	2,25652E-05	1,92007E-06	30,1	0,033170957	5,69427E-05
67	139,28	0,515	25	2,25652E-05	3,14288E-06	30,0	0,03331888	9,27932E-05
68	138,25	0,515	25	2,25652E-05	3,11963E-06	30,0	0,033316056	9,21147E-05
69	60,9	0,309	25	2,25652E-05	1,37422E-06	17,7	0,056501279	2,39264E-05

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
70	50,41	0,309	25	2,25652E-05	1,13751E-06	17,7	0,056456508	1,98208E-05
71	88,41	0,309	25	2,25652E-05	1,99499E-06	17,7	0,056619029	3,46622E-05
73	117,57	0,515	8	0,0000114	1,3403E-06	30,1	0,03325946	3,96429E-05
74	58,62	0,408	8	0,0000114	6,68268E-07	23,6	0,042451934	1,54858E-05
75	138,19	0,408	8	0,0000114	1,57537E-06	23,4	0,042721449	3,62756E-05
76	86,75	0,408	8	0,0000114	9,8895E-07	23,5	0,042546825	2,28658E-05
77	143,81	0,408	7	0,0000114	1,63943E-06	23,4	0,042740614	3,7734E-05
78	99,1	0,408	7	0,0000114	1,12974E-06	23,5	0,042588619	2,60954E-05
79	16,28	0,408	7	0,0000114	1,85592E-07	23,6	0,042309904	4,31515E-06
80	59,17	0,408	7	0,0000114	6,74538E-07	23,6	0,042453785	1,56304E-05
81	85,9	0,408	7	0,0000114	9,7926E-07	23,5	0,042543951	2,26433E-05
82	74,93	0,408	7	0,0000114	8,54202E-07	23,5	0,042506901	1,97688E-05
83	177,94	0,408	7	0,0000114	2,02852E-06	23,3	0,042857374	4,6562E-05
84	42,79	0,408	7	0,0000114	4,87806E-07	23,6	0,04239872	1,13181E-05
85	27,54	0,408	7	0,0000114	3,13956E-07	23,6	0,042347583	7,29322E-06
86	43,75	0,408	7	0,0000114	4,9875E-07	23,6	0,042401944	1,15711E-05
87	107,31	0,408	7	0,0000114	1,22333E-06	23,5	0,042616449	2,82388E-05
88	100,45	0,408	7	0,0000114	1,14513E-06	23,5	0,042593193	2,64481E-05
89	145,42	0,408	7	0,0000114	1,65779E-06	23,4	0,042746108	3,81515E-05
90	36,5	0,408	7	0,0000114	4,161E-07	23,6	0,042377613	9,65918E-06
91	70,47	0,408	7	0,0000114	8,03358E-07	23,5	0,042491856	1,85987E-05
92	152,02	0,408	7	0,0000114	1,73303E-06	23,4	0,042768643	3,9862E-05
93	124,71	0,408	7	0,0000114	1,42169E-06	23,4	0,04267555	3,27722E-05
94	188,22	0,408	7	0,0000114	2,14571E-06	23,3	0,042892667	4,92115E-05
95	129,73	0,408	7	0,0000114	1,47892E-06	23,4	0,042692631	3,40778E-05
96	68,16	0,408	7	0,0000114	7,77024E-07	23,5	0,042484068	1,79923E-05
97	87,01	0,408	7	0,0000114	9,91914E-07	23,5	0,042547704	2,29339E-05
98	133,82	0,408	7	0,0000114	1,52555E-06	23,4	0,042706558	3,51407E-05
99	139,02	0,408	7	0,0000114	1,58483E-06	23,4	0,042724278	3,64911E-05
100	98,68	0,408	7	0,0000114	1,12495E-06	23,5	0,042587196	2,59857E-05
101	95,29	0,408	7	0,0000114	1,08631E-06	23,5	0,042575717	2,50997E-05
102	80,81	0,408	7	0,0000114	9,21234E-07	23,5	0,042526752	2,13102E-05
103	132,94	0,309	7	0,0000114	1,51552E-06	17,6	0,056810672	2,62428E-05
104	71,97	0,259	7	0,0000114	8,20458E-07	14,9	0,067275105	1,19972E-05
105	26,44	0,259	7	0,0000114	3,01416E-07	14,9	0,06705276	4,4221E-06
106	39,26	0,259	7	0,0000114	4,47564E-07	14,9	0,067115217	6,56014E-06
107	46,19	0,259	7	0,0000114	5,26566E-07	14,9	0,067149028	7,71422E-06

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
108	45,58	0,259	7	0,0000114	5,19612E-07	14,9	0,06714605	7,61269E-06
109	14,65	0,259	7	0,0000114	1,6701E-07	14,9	0,066995423	2,45232E-06
110	61,23	0,259	7	0,0000114	6,98022E-07	14,9	0,067222523	1,02149E-05
111	66,22	0,259	7	0,0000114	7,54908E-07	14,9	0,067246943	1,10433E-05
112	21,5	0,515	7	0,0000114	2,451E-07	30,3	0,032999041	7,3067E-06
113	38,44	0,515	7	0,0000114	4,38216E-07	30,3	0,033044664	1,30457E-05
114	54,33	0,515	7	0,0000114	6,19362E-07	30,2	0,033087574	1,84145E-05
115	95,02	0,515	7	0,0000114	1,08323E-06	30,1	0,033197965	3,20987E-05
116	13,75	0,515	7	0,0000114	1,5675E-07	30,3	0,032978211	4,67584E-06
117	8,04	0,515	7	0,0000114	9,1656E-08	30,3	0,032962881	2,73536E-06
118	248,46	0,515	7	0,0000114	2,83244E-06	29,7	0,033620952	8,28763E-05
119	165,9	0,515	7	0,0000114	1,89126E-06	29,9	0,033392029	5,5717E-05
120	163,32	0,1	7	0,0000114	1,86185E-06	6,7	0,149340572	1,22644E-05
122	58,63	0,259	7	0,0000114	6,68382E-07	14,9	0,067209806	9,78298E-06
123	48,54	0,259	7	0,0000114	5,53356E-07	14,9	0,067160501	8,10531E-06
124	81,17	0,259	7	0,0000114	9,25338E-07	14,9	0,067320212	1,35218E-05
125	96,42	0,259	7	0,0000114	1,09919E-06	14,8	0,067395115	1,60444E-05
126	17,47	0,259	7	0,0000114	1,99158E-07	14,9	0,067009128	2,92377E-06
127	46,98	0,259	7	0,0000114	5,35572E-07	14,9	0,067152884	7,84571E-06
128	158,87	0,309	7	0,0000114	1,81112E-06	17,6	0,056922866	3,12996E-05
129	53,35	0,259	7	0,0000114	6,0819E-07	14,9	0,067183996	8,90538E-06
130	145,67	0,259	7	0,0000114	1,66064E-06	14,8	0,067638159	2,41525E-05
131	6,87	0,259	7	0,0000114	7,8318E-08	14,9	0,066957641	1,15064E-06
132	1,6	0,1	7	0,0000114	1,824E-08	6,8	0,1481046	1,21153E-07
133	78,12	0,259	7	0,0000114	8,90568E-07	14,9	0,067305251	1,30166E-05
134	39,82	0,259	7	0,0000114	4,53948E-07	14,9	0,067117948	6,65345E-06
135	123,74	0,259	7	0,0000114	1,41064E-06	14,8	0,067529721	2,05494E-05
136	12,26	0,259	7	0,0000114	1,39764E-07	14,9	0,066983812	2,0526E-06
137	58,33	0,259	7	0,0000114	6,64962E-07	14,9	0,067208339	9,73314E-06
138	18,27	0,259	7	0,0000114	2,08278E-07	14,9	0,067013017	3,05748E-06
139	48,56	0,259	7	0,0000114	5,53584E-07	14,9	0,067160599	8,10864E-06
140	45,99	0,515	7	0,0000114	5,24286E-07	30,2	0,033065039	1,55983E-05
141	135,19	0,515	6	0,0000114	1,54117E-06	30,0	0,033307669	4,55181E-05
142	172,32	0,515	6	0,0000114	1,96445E-06	29,9	0,033409718	5,78425E-05
143	113,23	0,515	6	0,0000114	1,29082E-06	30,1	0,033247606	3,81931E-05
144	45,31	0,517	6	0,0000114	5,16534E-07	30,4	0,032924492	1,54333E-05
145	19,04	0,414	6	0,0000114	2,17056E-07	24,0	0,041673434	5,12379E-06

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
146	17,59	0,414	6	0,0000114	2,00526E-07	24,0	0,041668648	4,73413E-06
147	88,57	0,414	6	0,0000114	1,0097E-06	23,9	0,041904208	2,37035E-05
148	53,8	0,414	6	0,0000114	6,1332E-07	23,9	0,041788486	1,44381E-05
149	64,33	0,414	6	0,0000114	7,33362E-07	23,9	0,041823464	1,72495E-05
150	231,34	0,408	6	0,0000114	2,63728E-06	23,2	0,043041342	6,02766E-05
151	435,35	0,414	6	0,0000114	4,96299E-06	23,2	0,04309444	0,000113293
152	246,18	0,414	6	0,0000114	2,80645E-06	23,6	0,04243691	6,50569E-05
153	12,85	0,408	6	0,0000114	1,4649E-07	23,6	0,042298439	3,40693E-06
154	233,03	0,408	6	0,0000114	2,65654E-06	23,2	0,04304719	6,07087E-05
155	85,23	0,207	6	0,0000114	9,71622E-07	12,0	0,083089641	1,15035E-05
156	229,92	0,408	6	0,0000114	2,62109E-06	23,2	0,04303643	5,99135E-05
157	74,53	0,359	6	0,0000114	8,49642E-07	20,6	0,048561417	1,72117E-05
158	42,32	0,359	6	0,0000114	4,82448E-07	20,6	0,04844005	9,79772E-06
159	103,16	0,359	6	0,0000114	1,17602E-06	20,5	0,048669805	2,37704E-05
160	66,24	0,359	6	0,0000114	7,55136E-07	20,6	0,048530122	1,53071E-05
161	137,59	0,359	6	0,0000114	1,56853E-06	20,5	0,048800794	3,16187E-05
162	99,73	0,359	6	0,0000114	1,13692E-06	20,6	0,048656794	2,29862E-05
163	59,79	0,359	6	0,0000114	6,81606E-07	20,6	0,048505801	1,38235E-05
164	136,76	0,309	6	0,0000114	1,55906E-06	17,6	0,056827173	2,6989E-05
165	119,69	0,309	6	0,0000114	1,36447E-06	17,6	0,056753513	2,3651E-05
166	124	0,309	6	0,0000114	1,4136E-06	17,6	0,056772093	2,44946E-05
167	117,76	0,309	6	0,0000114	1,34246E-06	17,6	0,056745197	2,3273E-05
168	60,8	0,259	6	0,0000114	6,9312E-07	14,9	0,06722042	1,01435E-05
169	68,72	0,259	6	0,0000114	7,83408E-07	14,9	0,067259184	1,14582E-05
170	34,06	0,259	6	0,0000114	3,88284E-07	14,9	0,06708987	5,6934E-06
171	73,33	0,259	6	0,0000114	8,35962E-07	14,9	0,067281769	1,22227E-05
172	56	0,207	6	0,0000114	6,384E-07	12,1	0,082923026	7,5735E-06
173	73,12	0,207	6	0,0000114	8,33568E-07	12,0	0,083020531	9,87722E-06
174	128,29	0,207	6	0,0000114	1,46251E-06	12,0	0,083336312	1,7264E-05
175	86,18	0,207	6	0,0000114	9,82452E-07	12,0	0,083095067	1,1631E-05
176	84,41	0,207	6	0,0000114	9,62274E-07	12,0	0,083084958	1,13935E-05
177	145,6	0,15	6	0,0000114	1,65984E-06	9,1	0,110168988	1,48213E-05
178	42,12	0,15	6	0,0000114	4,80168E-07	9,1	0,109467519	4,31506E-06
179	55,65	0,125	6	0,0000114	6,3441E-07	7,9	0,126480904	4,93429E-06
180	145,12	0,408	6	0,0000114	1,65437E-06	23,4	0,042745084	3,80737E-05
181	90,53	0,408	6	0,0000114	1,03204E-06	23,5	0,042559608	2,3855E-05
182	76,54	0,408	5	0,0000114	8,72556E-07	23,5	0,042512334	2,0191E-05

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
183	60,76	0,408	5	0,0000114	6,92664E-07	23,6	0,042459138	1,60484E-05
184	24,76	0,408	5	0,0000114	2,82264E-07	23,6	0,042338274	6,55845E-06
185	56,32	0,408	5	0,0000114	6,42048E-07	23,6	0,042444194	1,48809E-05
186	55	0,408	5	0,0000114	0,000000627	23,6	0,042439753	1,45336E-05
187	88,26	0,408	5	0,0000114	1,00616E-06	23,5	0,04255193	2,3261E-05
188	90,18	0,408	5	0,0000114	1,02805E-06	23,5	0,042558424	2,37634E-05
189	103,57	0,408	5	0,0000114	1,1807E-06	23,5	0,042603767	2,72628E-05
190	177,84	0,408	5	0,0000114	2,02738E-06	23,3	0,042857031	4,65363E-05
191	72,17	0,309	5	0,0000114	8,22738E-07	17,7	0,056549458	1,43124E-05
192	58,34	0,309	5	0,0000114	6,65076E-07	17,7	0,056490347	1,15818E-05
193	56,29	0,309	5	0,0000114	6,41706E-07	17,7	0,056481595	1,11766E-05
194	72,33	0,309	5	0,0000114	8,24562E-07	17,7	0,056550143	1,4344E-05
195	78,19	0,309	5	0,0000114	8,91366E-07	17,7	0,056575227	1,54992E-05
196	75,37	0,309	5	0,0000114	8,59218E-07	17,7	0,056563153	1,49434E-05
197	73,78	0,309	5	0,0000114	8,41092E-07	17,7	0,056556348	1,46299E-05
198	50,24	0,309	5	0,0000114	5,72736E-07	17,7	0,056455783	9,97988E-06
199	54,87	0,309	5	0,0000114	6,25518E-07	17,7	0,056475535	1,08958E-05
200	112,33	0,309	5	0,0000114	1,28056E-06	17,6	0,056721812	2,2209E-05
201	60,27	0,309	5	0,0000114	6,87078E-07	17,7	0,056498588	1,19632E-05
202	54,14	0,207	5	0,0000114	6,17196E-07	12,1	0,082912447	7,32289E-06
203	66,82	0,207	5	0,0000114	7,61748E-07	12,1	0,082984624	9,03011E-06
204	28,19	0,207	5	0,0000114	3,21366E-07	12,1	0,082765125	3,81972E-06
205	35,45	0,207	5	0,0000114	4,0413E-07	12,1	0,082806288	4,80106E-06
206	140,34	0,207	5	0,0000114	1,59988E-06	12,0	0,083405603	1,88699E-05
207	74,25	0,207	5	0,0000114	8,4645E-07	12,0	0,083026975	1,00291E-05
208	40,94	0,15	5	0,0000114	4,66716E-07	9,1	0,109459571	4,19448E-06
209	67,42	0,15	5	0,0000114	7,68588E-07	9,1	0,109638196	6,89622E-06
210	86,77	0,15	5	0,0000114	9,89178E-07	9,1	0,109769093	8,86489E-06
211	76,91	0,15	5	0,0000114	8,76774E-07	9,1	0,109702354	7,86232E-06
212	83,11	0,15	5	0,0000114	9,47454E-07	9,1	0,10974431	8,49289E-06
213	67,75	0,15	5	0,0000114	7,7235E-07	9,1	0,109640426	6,92983E-06
214	16,81	0,15	5	0,0000114	1,91634E-07	9,1	0,109297305	1,72481E-06
215	71,49	0,15	5	0,0000114	8,14986E-07	9,1	0,109665702	7,31069E-06
216	84,61	0,15	5	0,0000114	9,64554E-07	9,1	0,109754466	8,64537E-06
217	129,81	0,408	5	0,0000114	1,47983E-06	23,4	0,042692904	3,40986E-05
218	76,92	0,408	5	0,0000114	8,76888E-07	23,5	0,042513617	2,02906E-05
219	81,1	0,408	5	0,0000114	9,2454E-07	23,5	0,042527732	2,13862E-05

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
220	78,18	0,207	5	0,0000114	8,91252E-07	12,0	0,083049394	1,05571E-05
221	77,98	0,207	5	0,0000114	8,88972E-07	12,0	0,083048253	1,05302E-05
222	46,61	0,207	5	0,0000114	5,31354E-07	12,1	0,082869644	6,30765E-06
223	112,47	0,207	5	0,0000114	1,28216E-06	12,0	0,083245517	1,51516E-05
224	120,39	0,207	5	0,0000114	1,37245E-06	12,0	0,083290947	1,62098E-05
225	118,85	0,207	5	0,0000114	1,35489E-06	12,0	0,083282109	1,60041E-05
226	16,28	0,207	5	0,0000114	1,85592E-07	12,1	0,082697685	2,20773E-06
227	32,37	0,125	5	0,0000114	3,69018E-07	7,9	0,126312929	2,87395E-06
228	50,35	0,207	5	0,0000114	5,7399E-07	12,1	0,082890898	6,81203E-06
229	42,8	0,207	5	0,0000114	4,8792E-07	12,1	0,082848003	5,79356E-06
230	25,08	0,207	5	0,0000114	2,85912E-07	12,1	0,082747504	3,39904E-06
231	112,76	0,207	5	0,0000114	1,28546E-06	12,0	0,083247179	1,51904E-05
232	62,87	0,15	5	0,0000114	7,16718E-07	9,1	0,109607462	6,43261E-06
233	106,61	0,15	5	0,0000114	1,21535E-06	9,1	0,10990363	1,08785E-05
234	79,81	0,408	5	0,0000114	9,09834E-07	23,5	0,042523375	2,10481E-05
235	96,46	0,309	5	0,0000114	1,09964E-06	17,7	0,056653578	1,90943E-05
236	276,05	0,309	5	0,0000114	3,14697E-06	17,4	0,057435454	5,39004E-05
237	116,33	0,309	5	0,0000114	1,32616E-06	17,6	0,056739036	2,29929E-05
238	207,54	0,309	5	0,0000114	2,36596E-06	17,5	0,057134651	4,07367E-05
239	88,05	0,309	5	0,0000114	1,00377E-06	17,7	0,056617485	1,74407E-05
240	59,49	0,309	5	0,0000114	6,78186E-07	17,7	0,056495257	1,18091E-05
241	56,51	0,309	5	0,0000114	6,44214E-07	17,7	0,056482534	1,12201E-05
242	36,69	0,15	5	0,0000114	4,18266E-07	9,1	0,109430956	3,76003E-06
243	45,08	0,15	5	0,0000114	5,13912E-07	9,1	0,10948746	4,61746E-06
244	52,79	0,15	5	0,0000114	6,01806E-07	9,1	0,109539435	5,40462E-06
245	64,74	0,15	5	0,0000114	7,38036E-07	9,1	0,109620091	6,62318E-06
246	103,31	0,15	5	0,0000114	1,17773E-06	9,1	0,10988123	1,05439E-05
247	8,63	0,15	5	0,0000114	9,8382E-08	9,2	0,109242406	8,85938E-07
248	121,14	0,15	5	0,0000114	1,381E-06	9,1	0,110002369	1,23501E-05
249	59,61	0,15	5	0,0000114	6,79554E-07	9,1	0,109585452	6,10029E-06
250	22,06	0,15	5	0,0000114	2,51484E-07	9,1	0,109332569	2,26277E-06
251	38,23	0,15	5	0,0000114	4,35822E-07	9,1	0,109441323	3,91748E-06
252	45,59	0,15	5	0,0000114	5,19726E-07	9,1	0,109490896	4,66956E-06
253	59,06	0,15	5	0,0000114	6,73284E-07	9,1	0,109581739	6,04421E-06
254	54,28	0,15	5	0,0000114	6,18792E-07	9,1	0,109549485	5,55666E-06
255	51,7	0,15	5	0,0000114	5,8938E-07	9,1	0,109532084	5,29338E-06
256	61,24	0,15	5	0,0000114	6,98136E-07	9,1	0,109596456	6,26647E-06

№ участка	Длина участка	$d_{\text{вн}}$	$\tau_{\text{экспл}}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
257	46,26	0,15	5	0,0000114	5,27364E-07	9,1	0,109495411	4,73799E-06
258	59,09	0,15	5	0,0000114	6,73626E-07	9,1	0,109581942	6,04727E-06
259	44,74	0,15	5	0,0000114	5,10036E-07	9,1	0,109485169	4,58273E-06
260	46,04	0,15	5	0,0000114	5,24856E-07	9,1	0,109493929	4,71552E-06
261	45,77	0,15	5	0,0000114	5,21778E-07	9,1	0,109492109	4,68794E-06
262	98,45	0,207	5	0,0000114	1,12233E-06	12,0	0,083165217	1,32757E-05
263	60,12	0,207	4	0,0000114	6,85368E-07	12,1	0,08294647	8,1284E-06
264	66,47	0,207	4	0,0000114	7,57758E-07	12,1	0,08298263	8,98302E-06
265	63,22	0,207	4	0,0000114	7,20708E-07	12,1	0,082964119	8,54571E-06
266	45,18	0,207	4	0,0000114	5,15052E-07	12,1	0,08286152	6,11473E-06
267	51	0,207	4	0,0000114	5,814E-07	12,1	0,082894593	6,89966E-06
268	34,18	0,207	4	0,0000114	3,89652E-07	12,1	0,082799084	4,62946E-06
269	67,81	0,207	4	0,0000114	7,73034E-07	12,0	0,082990264	9,16327E-06
270	16,79	0,207	4	0,0000114	1,91406E-07	12,1	0,082700571	2,27681E-06
271	50,42	0,207	4	0,0000114	5,74788E-07	12,1	0,082891296	6,82147E-06
272	40,5	0,207	4	0,0000114	4,617E-07	12,1	0,082834945	5,48309E-06
273	6232,46	0,515	3	1,45038E-05	9,03941E-05	15,0	0,066827511	0,00133065
274	401,88	0,408	4	0,0000114	4,58143E-06	22,9	0,043639593	0,000103276
275	166,28	0,309	4	0,0000114	1,89559E-06	17,6	0,056955009	3,2741E-05
276	169,46	0,309	4	0,0000114	1,93184E-06	17,6	0,056968814	3,33591E-05
277	54,66	0,309	4	0,0000114	6,23124E-07	17,7	0,056474638	1,08543E-05
278	85,21	0,309	4	0,0000114	9,71394E-07	17,7	0,056605307	1,68817E-05
279	138,38	0,309	4	0,0000114	1,57753E-06	17,6	0,056834173	2,73054E-05
280	54,57	0,359	4	0,0000114	6,22098E-07	20,6	0,048486136	1,26218E-05
281	111,56	0,359	4	0,0000114	1,27178E-06	20,5	0,048701698	2,56891E-05
282	92,26	0,359	4	0,0000114	1,05176E-06	20,6	0,048628483	2,12768E-05
283	79,36	0,309	4	0,0000114	9,04704E-07	17,7	0,056580238	1,57297E-05
284	58,13	0,309	4	0,0000114	6,62682E-07	17,7	0,05648945	1,15403E-05
285	73,66	0,309	4	0,0000114	8,39724E-07	17,7	0,056555834	1,46062E-05
286	79,69	0,309	4	0,0000114	9,08466E-07	17,7	0,056581652	1,57947E-05
287	109,81	0,309	4	0,0000114	1,25183E-06	17,6	0,056710966	2,1715E-05
288	91,62	0,309	4	0,0000114	1,04447E-06	17,7	0,0566328	1,81429E-05
289	84,48	0,309	4	0,0000114	9,63072E-07	17,7	0,056602177	1,6738E-05
290	80,19	0,309	4	0,0000114	9,14166E-07	17,7	0,056583794	1,58932E-05
291	117,14	0,309	4	0,0000114	1,3354E-06	17,6	0,056742525	2,31516E-05
292	120,81	0,309	4	0,0000114	1,37723E-06	17,6	0,05675834	2,38703E-05

Таблица 5-2 – Показатели надёжности теплоснабжения потребителей (АТЭЦ) на 2034 год

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	—	—
1	15102,1	0,999	0,98
2	15271,56	0,998	0,97
3	15326,22	0,998	0,97
4	15411,43	0,998	0,97
5	15549,81	0,998	0,96
6	15549,81	0,998	0,96
7	15549,81	0,998	0,96
8	21392,4	0,9998	0,96
9	21392,4	0,9998	0,96
10	22840,98	0,999	0,90
11	20864,08	1,000	0,96
12	21322,28	0,999	0,92
13	22193,34	0,999	0,91
14	22762,14	0,999	0,90
15	22900,39	0,998	0,90
16	22961,29	0,998	0,90
17	23011,7	0,998	0,90
18	23100,11	0,998	0,90
19	20533,81	1,000	1
20	20626,58	1,000	1
21	20735,35	1,000	1
22	20909,52	1,000	1
23	21001,78	1,000	1
24	21081,14	1,000	1
25	20991,85	1,000	1
26	21333,33	1,000	1
27	21379,7	1,000	1
28	21391,66	1,000	1
29	21409,93	1,000	1
30	21726,55	1,000	1
31	21511,01	1,000	1
32	21550,83	1,000	1
33	21605,83	1,000	1
34	21674,57	1,000	1
35	22200,2	1,000	1

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	—	—
36	21882,5	1,000	1
37	21502,25	1,000	1
38	21674,57	1,000	1
39	21787,8	1,000	1
40	21833,11	1,000	1
41	21403,69	1,000	1
42	21546,06	1,000	1
43	21610,39	1,000	1
44	21841,73	1,000	1
45	22523,26	1,000	1
46	22769,14	1,000	1
47	21217,42	1,000	0,99
48	21499,25	0,999	0,99
49	22039,11	0,999	0,99
50	22672,11	0,999	0,98
51	22764,08	1,000	1
52	22898,58	1,000	1
53	23003,64	1,000	1
54	23003,64	1,000	1
55	23425,24	1,000	1
56	23509,57	1,000	1
57	23757,81	1,000	1
58	23757,81	1,000	1
59	24525,43	1,000	1
60	24525,43	1,000	1
61	24821,67	1,000	1
62	24967,24	1,000	1
63	24967,24	1,000	1
64	25252,15	1,000	1
65	25428,38	1,000	1
66	22934,39	1,000	1
67	23020,27	1,000	1
68	23227,44	1,000	1
69	23360,06	1,000	1
70	23373,09	1,000	1
71	23480,88	1,000	1
72	23613,76	1,000	1

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	—	—
73	23730,62	1,000	1
74	23839,09	1,000	1
75	23933,23	1,000	1
76	24020,57	1,000	1
77	24092,07	1,000	1
78	24183,49	1,000	1
79	24183,49	1,000	1
80	24300,21	1,000	1
81	20629,88	1,000	1
82	20715,11	0,999988497	1,00
83	20859,8	0,999940087	1,00
84	21079,81	0,999889307	1,00
85	21146,05	0,999874	1,00
86	21283,64	0,999842381	1,00
87	21443,16	0,999805571	1,00
88	21579,92	0,999778582	1,00
89	21699,61	0,999754931	1,00
90	21823,61	0,999730437	0,99
91	21941,37	0,999707164	0,99
92	22070,89	0,999685562	0,99
93	22178,28	0,999667646	0,99
94	22178,28	0,999667646	0,99
95	22307,4	0,999650195	0,99
96	22435,69	0,999632931	0,99
97	22521,87	0,9996213	0,99
98	22606,28	0,999609907	0,99
99	22606,28	0,999609907	0,99
100	22794	0,999609907	0,99
101	22849,65	0,999609907	0,99
102	20657,43	1	1
103	20747,96	1	1
104	20824,5	1	1
105	20910,02	1	1
106	20966,34	1	1
107	21199,78	1	1
108	21303,35	1	1
109	21481,19	1	1

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	—	—
110	21611,7	1	1
111	21611,7	1	1
112	21667,99	1	1
113	21740,32	1	1
114	21967,66	1	1
115	22072,77	1	1
116	22185,1	1	1
117	22375,18	1	1
118	22452,1	1	1
119	22533,2	1	1
120	22613,01	1	1
121	22611,38	1,000	1,00
122	22689,36	1,000	1,00
123	22735,97	1,000	1,00
124	22848,44	1,000	0,99
125	22968,83	1,000	0,99
126	23087,68	1,000	0,99
127	23103,96	1,000	0,99
128	23136,33	1,000	0,99
129	23186,68	1,000	0,99
130	23254,56	1,000	0,99
131	23367,32	1,000	0,99
132	23430,19	1,000	0,98
133	23536,8	1,000	0,98
134	22299,51	1,000	1,00
135	22366,33	1,000	1,00
136	22394,52	1,000	1,00
137	22429,97	1,000	1,00
138	22570,31	1,000	0,99
139	22644,56	1,000	0,99
140	22685,5	1,000	0,99
141	22752,92	1,000	0,99
142	22839,69	1,000	0,99
143	22916,6	1,000	0,99
144	22999,71	1,000	0,99
145	22999,71	1,000	0,99
146	23067,46	1,000	0,99

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	—	—
147	23155,76	1,000	0,99
148	23240,37	1,000	0,99
149	22343,82	1	1
150	22341,83	1	1
151	22403,94	1	1
152	22470,41	1	1
153	22533,63	1	1
154	22578,81	1	1
155	22629,81	1	1
156	22617,88	1	1
157	22663,99	1	1
158	22734,21	1	1
159	22748,59	1	1
160	22799,01	1	1
161	22839,51	1	1
162	22839,51	1	1
163	23145,8	1	1
164	22978,44	0,99999624	1,00
165	23023,52	0,999991623	1,00
166	23076,31	0,999986218	1,00
167	23141,05	0,999979595	1,00
168	23244,36	0,999969051	1,00
169	23252,99	0,999968165	1,00
170	23374,13	0,999955815	1,00
171	23433,74	0,999949714	1,00
172	23455,8	0,999947452	1,00
173	23494,03	0,999943534	1,00
174	23539,62	0,999938865	1,00
175	23598,68	0,99993282	1,00
176	23652,96	0,999927264	0,99
177	23704,66	0,99992197	0,99
178	23765,9	0,999915704	0,99
179	23812,16	0,999910966	0,99
180	23871,25	0,999904919	0,99
181	23915,99	0,999900336	0,99
182	23962,03	0,99989562	0,99
183	24007,8	0,999890933	0,99

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	—	—
184	21156,35	0,999861543	1,00
185	21231,8	0,999841598	1,00
186	21317,7	0,999818955	1,00
187	21392,63	0,999799186	1,00
188	21570,57	0,999752624	1,00
189	21684,65	0,999722441	1,00
190	21892,41	0,999667754	0,99
191	22074,33	0,999619944	0,99
192	22144,8	0,999601345	0,99
193	22144,8	0,999601345	0,99
194	22296,82	0,999561483	0,99
195	22421,53	0,999528711	0,99
196	22421,53	0,999528711	0,99
197	22609,75	0,999479499	0,99
198	22609,75	0,999479499	0,99
199	22739,48	0,999445421	0,99
200	22807,64	0,999427429	0,99
201	22894,65	0,999404495	0,99
202	23028,47	0,999369355	0,99
203	23167,49	0,999332864	0,99
204	23361,46	0,999281778	0,99
205	23442,27	0,999260468	0,99
206	23575,21	0,999234225	0,99
207	23673,62	0,999217806	0,99
208	23712,88	0,999211246	0,99
209	23759,07	0,999203531	0,99
210	23880,53	0,999183252	0,99
211	23946,75	0,999172208	0,99
212	23946,75	0,999172208	0,99
213	23730,9	1	1
214	23851,71	1	1
215	23177,37	1	1
216	23745,55	1	1
217	23935,05	1	1
218	24026,67	1	1
219	24111,15	1	1
220	24191,34	1	1

Таблица 5-3 – Технические характеристики и показатели надёжности участков ТС (Медгородок) на 2034 год

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
1	13,48	0,414	25	2,25652E-05	3,04178E-07	24,0	0,041655089	7,29803E-06
2	14,33	0,414	25	2,25652E-05	3,23359E-07	24,0	0,041657893	7,75769E-06
3	94,72	0,414	25	2,25652E-05	2,13737E-06	23,9	0,041924743	5,09513E-05
4	48,97	0,359	25	2,25652E-05	1,10502E-06	20,6	0,048465057	2,27869E-05
5	115,02	0,359	25	2,25652E-05	2,59544E-06	20,5	0,048714847	5,32471E-05
6	156,33	0,359	25	2,25652E-05	3,52761E-06	20,5	0,048872388	7,21377E-05
7	64,82	0,259	25	2,25652E-05	1,46267E-06	14,9	0,06724009	2,17402E-05
8	2,39	0,309	25	2,25652E-05	5,39307E-08	17,8	0,056252463	9,58164E-07
9	78,95	0,309	25	2,25652E-05	1,78152E-06	17,7	0,056578482	3,14691E-05
10	45,72	0,309	25	2,25652E-05	1,03168E-06	17,7	0,056436514	1,82696E-05
11	85,31	0,309	25	2,25652E-05	1,92503E-06	17,7	0,056605736	3,39878E-05
12	15,67	0,1	25	2,25652E-05	3,53596E-07	6,7	0,148211319	2,38436E-06
13	61,77	0,207	25	2,25652E-05	1,39385E-06	12,1	0,082955863	1,67925E-05
14	85,95	0,207	25	2,25652E-05	1,93948E-06	12,0	0,083093754	2,33271E-05
15	45,09	0,207	25	2,25652E-05	1,01746E-06	12,1	0,082861009	1,2272E-05
16	57,94	0,207	25	2,25652E-05	1,30743E-06	12,1	0,082934064	1,57554E-05
17	52,54	0,259	25	2,25652E-05	1,18557E-06	14,9	0,067180039	1,76374E-05
18	19,62	0,259	25	2,25652E-05	4,42728E-07	14,9	0,067019581	6,60208E-06
19	58,89	0,259	25	2,25652E-05	1,32886E-06	14,9	0,067211078	1,97599E-05
20	54,5	0,259	25	2,25652E-05	1,2298E-06	14,9	0,067189616	1,82927E-05
21	53,11	0,259	25	2,25652E-05	1,19844E-06	14,9	0,067182824	1,7828E-05
22	48,27	0,207	25	2,25652E-05	1,08922E-06	12,1	0,082879076	1,31346E-05
23	60,94	0,259	25	2,25652E-05	1,37512E-06	14,9	0,067221105	2,04447E-05
24	30,43	0,15	25	2,25652E-05	6,86658E-07	9,1	0,109388836	6,27354E-06
25	61,39	0,207	25	2,25652E-05	1,38528E-06	12,1	0,0829537	1,66896E-05
26	108,27	0,207	25	2,25652E-05	2,44313E-06	12,0	0,083221445	2,93398E-05
27	107,7	0,207	25	2,25652E-05	2,43027E-06	12,0	0,083218179	2,91864E-05

Таблица 5-4 – Показатели надёжности теплоснабжения потребителей (Медгородок) на 2034 год

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	–	–
1	286,52	0,99986	1,00
2	507,67	0,99976	1,00

3	589,01	0,99973	1,00
4	735,71	0,99968	1,00
5	571,83	0,99975	1,00
6	657,78	0,99972	1,00
7	760,81	0,99969	1,00
8	495,39	0,99977	1,00
9	628,4	0,99972	1,00
10	729,78	0,999693	1,00
11	742,45	0,999685	1,00
12	430,32	0,9999	0,96

Таблица 5-5 – Технические характеристики и показатели надёжности участков ТС (п. Метлино) на 2034 год

№ участка	Длина участка	$d_{вн}$	$\tau_{экспл}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
1	122,32	0,309	14	0,0000114	1,39445E-06	17,6	0,056764849	2,45584E-05
2	28,39	0,259	13	0,0000114	3,23646E-07	14,9	0,067062253	4,82469E-06
3	70,04	0,259	13	0,0000114	7,98456E-07	14,9	0,06726565	1,18668E-05
4	45,19	0,259	12	0,0000114	5,15166E-07	14,9	0,067144147	7,67038E-06
5	28,81	0,259	12	0,0000114	3,28434E-07	14,9	0,067064297	4,89592E-06
6	89,58	0,408	11	0,0000114	1,02121E-06	23,5	0,042556395	2,39899E-05
7	228,4	0,259	10	0,0000114	2,60376E-06	14,7	0,068050393	3,82515E-05
8	141,1	0,259	9	0,0000114	1,60854E-06	14,8	0,067615533	2,37828E-05
9	25,56	0,207	8	0,0000114	2,91384E-07	12,1	0,082750223	3,52026E-06
10	101,11	0,207	8	0,0000114	1,15265E-06	12,0	0,08318044	1,38534E-05
11	41,08	0,207	7	0,0000114	4,68312E-07	12,1	0,082838238	5,65174E-06
12	41,12	0,207	7	0,0000114	4,68768E-07	12,1	0,082838465	5,65723E-06
13	75,53	0,207	7	0,0000114	8,61042E-07	12,0	0,083034276	1,03668E-05
14	120,74	0,207	6	0,0000114	1,37644E-06	12,0	0,083292956	1,65206E-05
15	273,9	0,207	5	0,0000114	3,12246E-06	11,9	0,084181405	3,70816E-05
16	119,28	0,207	4	0,0000114	1,35979E-06	12,0	0,083284577	1,63225E-05
17	49,06	0,207	4	0,0000114	5,59284E-07	12,1	0,082883566	6,74593E-06
18	149,16	0,207	3	1,45038E-05	2,16338E-06	12,0	0,083456394	2,5915E-05

Таблица 5-6 – Показатели надёжности теплоснабжения потребителей (п. Метлино) на 2034 год

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	-	-
1	612,73	0,99988	0,99
2	753,83	0,99986	0,99
3	921,58	0,99984	0,98
4	962,7	0,99983	0,98
5	1038,23	0,99982	0,98
6	733,47	0,99987	0,99
7	1007,37	0,99983	0,98

8	1126,65	0,99981	0,98
9	1175,71	0,99981	0,98
10	1324,87	0,99978	0,98

Таблица 5-7 – Технические характеристики и показатели надёжности участков ТС (п. Новогорный) на 2034 год

№ участка	Длина участка	d _{вн}	τ _{экспл}	λ	ω	z ^в	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p _f
1	196,7	0,515	14	0,0000114	2,24238E-06	29,9	0,033477066	6,6848E-05
2	86,43	0,515	14	0,0000114	9,85302E-07	30,1	0,033174599	2,96408E-05
3	292,94	0,515	14	0,0000114	3,33952E-06	29,6	0,033745592	9,87627E-05
4	229,65	0,515	13	0,0000114	2,61801E-06	29,8	0,033568519	7,78333E-05
5	166,88	0,515	13	0,0000114	1,90243E-06	29,9	0,033394728	5,68535E-05
6	365,3	0,515	12	0,0000114	4,16442E-06	29,5	0,033950343	0,000122416
7	114,33	0,515	12	0,0000114	1,30336E-06	30,1	0,03325061	3,91194E-05
8	14,18	0,408	12	0,0000114	1,61652E-07	23,6	0,042302884	3,81362E-06
9	8	0,408	12	0,0000114	9,12E-08	23,7	0,042282239	2,1526E-06
10	78,54	0,408	11	0,0000114	8,95356E-07	23,5	0,042519086	2,10154E-05
11	70,04	0,309	11	0,0000114	7,98456E-07	17,7	0,056540346	1,40935E-05
12	466,12	0,309	11	0,0000114	5,31377E-06	17,2	0,058286812	9,09827E-05
13	125,06	0,309	11	0,0000114	1,42568E-06	17,6	0,056776665	2,50599E-05
14	127,12	0,309	10	0,0000114	1,44917E-06	17,6	0,056785551	2,54687E-05
15	11	0,207	10	0,0000114	1,254E-07	12,1	0,082667823	1,51387E-06
16	11,96	0,207	10	0,0000114	1,36344E-07	12,1	0,082673251	1,64588E-06
17	72,57	0,207	10	0,0000114	8,27298E-07	12,0	0,083017395	9,94533E-06
18	18,07	0,207	10	0,0000114	2,05998E-07	12,1	0,082707814	2,48567E-06
19	63,55	0,207	10	0,0000114	7,2447E-07	12,1	0,082965998	8,71458E-06
20	31,44	0,207	10	0,0000114	3,58416E-07	12,1	0,082783547	4,32085E-06
21	194,24	0,207	10	0,0000114	2,21434E-06	11,9	0,083716962	2,63971E-05
22	50,32	0,207	10	0,0000114	5,73648E-07	12,1	0,082890727	6,90662E-06
23	426,55	0,207	10	0,0000114	4,86267E-06	11,8	0,085085957	5,70352E-05
24	176	0,207	10	0,0000114	2,0064E-06	12,0	0,083611337	2,39485E-05
25	111,3	0,207	9	0,0000114	1,26882E-06	12,0	0,083238809	1,52125E-05
26	16,24	0,359	9	0,0000114	1,85136E-07	20,7	0,048342225	3,822E-06
27	283,3	0,359	9	0,0000114	3,22962E-06	20,3	0,049363045	6,52944E-05
28	765,24	0,309	8	0,0000114	8,72374E-06	16,8	0,059678961	0,000145884
29	511,04	0,309	6	0,0000114	5,82586E-06	17,1	0,058491718	9,94012E-05
30	115,56	0,309	6	0,0000114	1,31738E-06	17,6	0,05673572	2,3173E-05
31	438,76	0,309	6	0,0000114	5,00186E-06	17,2	0,05816271	8,5825E-05
32	20,06	0,309	5	0,0000114	2,28684E-07	17,8	0,056327374	4,05175E-06
33	124,43	0,309	5	0,0000114	1,4185E-06	17,6	0,056773947	2,49349E-05
34	17,53	0,309	5	0,0000114	1,99842E-07	17,8	0,056316636	3,54141E-06
35	84,6	0,309	5	0,0000114	9,6444E-07	17,7	0,056602692	1,70045E-05
36	7,25	0,515	5	0,0000114	8,265E-08	30,3	0,032960761	2,50249E-06
37	24	0,259	5	0,0000114	2,736E-07	14,9	0,067040886	4,07289E-06
38	142	0,259	5	0,0000114	1,6188E-06	14,8	0,067619987	2,38916E-05
39	56,65	0,259	5	0,0000114	6,4581E-07	14,9	0,067200125	9,59094E-06
40	68,92	0,259	5	0,0000114	7,85688E-07	14,9	0,067260164	1,16579E-05
41	134,11	0,259	5	0,0000114	1,52885E-06	14,8	0,067580954	2,25771E-05
42	53,23	0,259	5	0,0000114	6,06822E-07	14,9	0,06718341	9,01417E-06
43	127,7	0,259	5	0,0000114	1,45578E-06	14,8	0,067549276	2,15081E-05
44	83,06	0,259	4	0,0000114	9,46884E-07	14,9	0,067329486	1,40352E-05
45	47,2	0,259	4	0,0000114	5,3808E-07	14,9	0,067153958	7,99653E-06

№ участка	Длина участка	$d_{\text{вн}}$	$\tau_{\text{экспл}}$	λ	ω	z^B	μ	Вероятность состояния ТС с отказом элемента f
f	м	м	лет	1/(км*ч)	1/ч	ч	1/ч	p_f
46	75	0,259	4	0,0000114	0,000000855	14,9	0,067289954	1,26807E-05
47	89,74	0,259	4	0,0000114	1,02304E-06	14,8	0,067362285	1,51566E-05
48	42,63	0,259	4	0,0000114	4,85982E-07	14,9	0,067131655	7,22469E-06
49	4,58	0,259	4	0,0000114	5,2212E-08	14,9	0,066946529	7,78339E-07
50	100,93	0,259	4	0,0000114	1,1506E-06	14,8	0,067417299	1,70326E-05
51	122,92	0,259	4	0,0000114	1,40129E-06	14,8	0,067525673	2,07102E-05
52	63,07	0,259	4	0,0000114	7,18998E-07	14,9	0,067231526	1,06729E-05
53	55,54	0,259	4	0,0000114	6,33156E-07	14,9	0,067194699	9,40377E-06
54	70,33	0,259	4	0,0000114	8,01762E-07	14,9	0,06726707	1,18951E-05
55	46,48	0,259	4	0,0000114	5,29872E-07	14,9	0,067150443	7,87496E-06
56	13,33	0,259	4	0,0000114	1,51962E-07	14,9	0,06698901	2,2639E-06
57	66,76	0,259	4	0,0000114	7,61064E-07	14,9	0,067249587	1,12943E-05
58	28,18	0,259	4	0,0000114	3,21252E-07	14,9	0,06706123	4,7808E-06
59	11,93	0,259	4	0,0000114	1,36002E-07	14,9	0,066982209	2,02634E-06
60	9,72	0,259	4	0,0000114	1,10808E-07	14,9	0,066971477	1,65123E-06
61	1089,11	0,259	3	1,45038E-05	1,57962E-05	13,8	0,072657473	0,000216969
62	252,48	0,259	2	1,57289E-05	3,97124E-06	14,7	0,068171326	5,81367E-05
63	378,19	0,259	2	1,57289E-05	5,94852E-06	14,5	0,068809706	8,62751E-05
64	35,62	0,309	2	1,57289E-05	5,60264E-07	17,7	0,056393505	9,91494E-06
65	243,68	0,309	2	1,57289E-05	3,83282E-06	17,5	0,057292935	6,67643E-05
66	29,4	0,15	2	1,57289E-05	4,6243E-07	9,1	0,109381908	4,21917E-06

Таблица 5-8 – Показатели надёжности теплоснабжения потребителей (п. Новогорный) на 2034 год

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	-	-
1	972,6	0,99990	0,985
2	1337,9	0,99990	0,985
3	1474,4	0,99990	0,985
4	1553,0	0,99990	0,985
5	2341,3	0,99990	0,985
6	2352,3	0,99990	0,985
7	2298,7	0,99990	0,985
8	2316,8	0,99990	0,985
9	2380,3	0,99990	0,985
10	2411,8	0,99990	0,985
11	2606,0	0,99988	0,981
12	1603,3	0,99990	0,985
13	2029,8	0,99990	0,985
14	1729,0	0,99990	0,985
15	1840,3	0,99990	0,985

№ потребителя	Расстояние до источника	Коэффициент готовности	Вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя
j	м	-	-
16	1347,9	0,99990	0,985
17	1859,0	0,99990	0,985
18	2667,1	0,99990	0,985
19	2691,1	0,99990	0,985
20	2833,1	0,99990	0,985
21	2889,8	0,99990	0,985
22	2958,7	0,99990	0,985
23	3092,8	0,99990	0,985
24	3146,1	0,99990	0,985
25	3273,8	0,99990	0,985
26	3356,8	0,99990	0,985
27	3404,0	0,99990	0,984
28	2766,1	0,99990	0,985
29	2855,9	0,99990	0,985
30	2903,1	0,99990	0,985
31	3004,0	0,99990	0,985
32	3126,9	0,99990	0,985
33	3190,0	0,99990	0,985
34	3315,9	0,99990	0,985
35	3362,4	0,99990	0,985
36	3470,6	0,99990	0,985
37	1686,8	0,99990	0,985
38	2317,5	0,99990	0,985
39	2626,2	0,99990	0,985