

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра жилищно-коммунального хозяйства

**«Расчет показателей надежности  
газораспределительной сети»**

*Методические указания  
к выполнению курсовой работы  
для студентов всех форм обучения  
направление 08.04.01 «Строительство» (квалификация «Магистр»)*

*Воронеж 2017*

УДК 621.644(07)  
ББК 38.763я7

*Составитель М.С.Кононова*

**Расчет показателей надежности газораспределительной сети:** метод. указания к вып. курсовой работы / ВГТУ, сост.: М.С.Кононова – Воронеж, 2017. - 16 с.

Приведены рекомендации по расчету показателя надежности газораспределительных систем. Изложены содержание и объем курсовой работы. Приведены методики и примеры расчета тупиковых ответвлений и кольцевых распределительных газопроводов.

Предназначены для студентов всех форм обучения: направление 08.04.01 «Строительство» (квалификация «Магистр»).

Ил. 4. Табл. 7. Библиогр.: 2 назв.

**УДК 621.644(07)**  
**ББК 38.763я7**

*Печатается по решению учебно-методического совета  
ВГТУ*

*Рецензент – Э.В.Сазонов, д-р техн. наук, профессор кафедры  
жилищно-коммунального хозяйства ВГТУ*

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Схема газораспределительной сети представляет собой комбинацию кольцевой (резервированной) части (рис.1.1) и тупиковых ответвлений (рис.1.2).

Для расчетов требуются следующие исходные данные:

- длины участков (указаны в задании к курсовой работе или определяются по схеме сети с учетом масштаба);
- расчетный расход газа на сеть  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч;
- расчетный период времени  $t$ , лет.
- параметры потока отказов:

- для газопроводов -  $\omega_2 = 0,0025 \frac{1}{\text{км} \cdot \text{год}}$  ;

- для задвижек -  $\omega_3 = 0,0005 \frac{1}{\text{год}}$  .

## 2. РАСЧЕТ ТУПИКОВЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Расчет проводится по методике, изложенной в [1,2].

Перед началом расчета формируем эквивалентированные зоны сети, объединяющие элементы, соединенные по надежности последовательно, т.е. отказ любого из элементов, входящих в зону, приводит к необходимости отключения одних и тех же потребителей.

Параметр потока отказов каждого участка газопроводов  $\omega_{2i}$ , 1/год, рассчитывается по формуле

$$\omega_{2i} = \omega_2 \times l, \quad (2.1)$$

где  $\omega_2$  – параметр потока отказов газопроводов,  $\frac{1}{\text{км} \cdot \text{год}}$ , (см. исходные данные);

$l$  - длина участка, км.

Сумма параметров потоков отказа расчетного ответвления  $\omega_T$  рассчитывается по формуле:

$$\omega_T = \Sigma \omega_{2i} + \omega_3 \times n_3, \quad (2.2)$$

где  $\Sigma \omega_{2i}$  – сумма параметров потока отказов всех участков газопроводов, 1/год, см. ф (2.1);

$\omega_3$  – параметр потока отказов для задвижек, (1/год) (см. исходные данные);

$n_3$  – количество задвижек.

Вклад в ненадежность расчетным тупиковым ответвлением определяем

по формуле:

$$\sigma_T = \sum \Delta Q_j \times \omega_{zi} + \sum \omega_3 \times \Delta Q_{zi} , \quad (2.3)$$

где  $\Delta Q_j$  – количество недоданного газа отключенным потребителям при отказе  $i$ -того участка газопровода, м<sup>3</sup>/ч;  $\Delta Q_{zi}$  – количество недоданного газа отключенным потребителям при отказе  $i$ -той задвижки, м<sup>3</sup>/ч;  $\omega_{zi}$  – см. формулу (2.1);  $\omega_3$  – то же, что в ф.(2.2).

Показатель надежности ответвления определяется по формуле:

$$R = 1 - \frac{1 - e^{-t \cdot \omega_T}}{Q_o \cdot \omega_T} \sigma_T , \quad (2.4)$$

где  $Q_o$  – общий расход газа на ответвление, м<sup>3</sup>/ч;

$\omega_T$  – сумма параметров потоков отказа всех участков и задвижек расчетного ответвления, определяемая по формуле (2.2).;  $t$  – расчетный период, лет.

Так как рассматриваемая тупиковая сеть является ответвлением от кольцевой, то при расчетах её заменяют эквивалентированным ответвлением с параметрами  $\omega_T$ , вычисленным по формуле (2.2) и  $\Delta Q_{эkvj}$ , определяемым по формуле:

$$\Delta Q_{эkv.j} = \frac{\sigma_T}{\omega_T} , \quad (2.5)$$

где  $\sigma_T$  – см. формулу (2.3);  $\omega_T$  – см. формулу (2.2);

**Пример 2.1.** Рассчитать показатель надежности тупикового ответвления, схема которого приведена на рис.2.1. Длины участков приведены в табл.2.1. Суммарный расход газа на ответвление  $Q_I = 600$  м<sup>3</sup>/ч.

Таблица 2.1.

Длины участков тупикового ответвления

№ участка	Длина участка, $l$ , км	№ участка	Длина участка, $l$ , км
0 - 1	0,6	1 - 2	0,9
1 - 7	1,05	2 - 6	1,3
1 - 4	0,85	2 - 3	0,8
4 - 9	0,65	3 - 5	1,0
4 - 8	2,15	3 - 10	0,65

**Решение:**

Разбиваем ответвление на эквивалентированные зоны с учетом расположения задвижек. Схема ответвления с указанием границ эквивалентных зон приведена на рис.2.2.

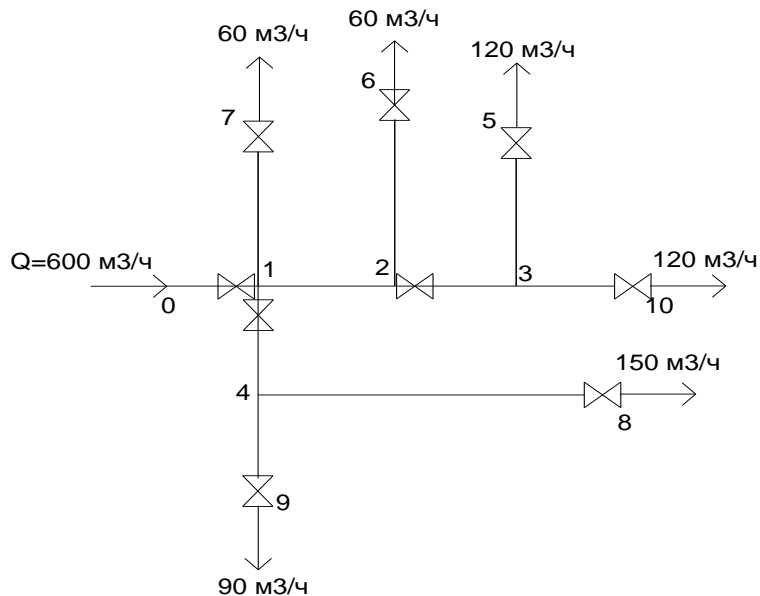


Рисунок 2.1. - Схема тупикового ответвления

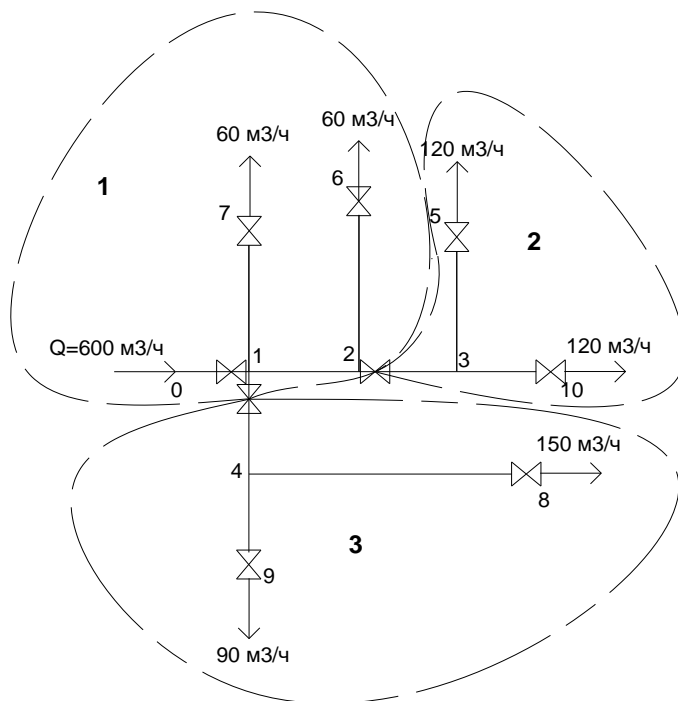


Рисунок 2.2. - Схема ответвления с указанием границ эквивалентных зон.

Расчет параметров надежности участков газопроводов тупикового ответвления сводим в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Расчет параметров надежности участков газопроводов тупикового ответвления.

№ участ- стков- ков	Длина участ- ка, $l$ , км	Парамет- ров потока отказов га- зопроводов $\omega_{zi}$ , 1/год	$\frac{\omega_{zi}}{\Sigma\omega_{zi}}$	Количество недоданного газа отклю- ченным по- требителям $\Delta Q_j$ , м <sup>3</sup> /ч	$\frac{\Delta Q_j}{Q_0}$	$\Delta Q_j \times \omega_{zi}$	$\frac{\Delta Q_j * \omega_{zi}}{Q_0 * \Sigma\omega_{zi}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
0 - 1	0,6	0,0015	0,051	600	1,0	0,9	0,051
1 - 7	1,05	0,0026	0,0884	600	1,0	1,56	0,0884
1 - 4	0,85	0,0021	0,0714	240	0,4	0,504	0,0286
4 - 9	0,65	0,0016	0,0544	240	0,4	0,384	0,0218
4 - 8	2,15	0,0054	0,1837	240	0,4	1,296	0,0735
1 - 2	0,9	0,0023	0,0782	600	1,0	1,38	0,0782
2 - 6	1,3	0,0033	0,1122	600	1,0	1,98	0,1122
2 - 3	0,8	0,002	0,0680	240	0,4	0,48	0,0272
3 - 5	1,0	0,0025	0,0850	240	0,4	0,6	0,0340
3 - 10	0,65	0,0016	0,0544	240	0,4	0,384	0,0218

$$\Sigma\omega_{zi} = 0,0294$$

$$\Sigma\Delta Q_j \times \omega_{zi} = 7,488$$

Параметр потока отказов каждого участка  $\omega_{zi}$ , 1/год, (графа 3 табл.2.2) рассчитывается по формуле(2.1).

Сумма параметров потоков отказа расчетного ответвления рассчитывается по формуле (2.2):

$$\omega_T = 0,0249 + 0,0005 \times 9 = 0,0294 \text{ (1/год)}.$$

Количество недоданного газа отключенным потребителям  $\Delta Q_j$  (графа 5 табл.2.2) определяем по схеме с учетом расположения задвижек при отказе участков, входящих в  $j$ -ую эквивалентную зону:

$$\Delta Q_1 = 600 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta Q_2 = 240 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta Q_3 = 240 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчет параметров надежности задвижек сведем в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Расчет параметров надежности задвижек

№ задвижки	Количество недоданного газа отключенным потребителем* $\Delta Q_{zi}$ , М <sup>3</sup> /ч	$\frac{\Delta Q_{zi}}{Q_o}$	$\omega_{zi} \times \Delta Q_{zi}$
0 – 1	600	1,0	0,3
1 – 7	600	1,0	0,3
4 – 9	240	0,4	0,12
2 - 6	600	1,0	0,3
2 – 3	600	1,0	0,3
3 – 5	240	0,4	0,12
3 – 10	240	0,4	0,12
1 – 4	600	1,0	0,3
4 – 8	240	0,4	0,12

\*Примечание: При выходе из строя задвижки отключаются потребители двух смежных с ней эквивалентированных зон

$$\sum \omega_{zi} \times \Delta Q_{zi} = 1,98$$

Вклад в ненадежность расчетным тупиковым ответвлением определяем по формуле (2.3):

$$\sigma_T = 7,488 + 1,98 = 9,468.$$

Определим показатель надежности ответвления по формуле (2.4):

$$R = 1 - \frac{1 - e^{-10 \cdot 0,0294}}{600 \cdot 0,0294} 9,468 = 0,91367$$

По формуле (2.5) определяем параметр эквивалентированного ответвления:

$$\Delta Q_{эkv.j} = \frac{9,468}{0,0249} = 322,04$$

### 3. РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВОЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.

Формируем несколько вариантов расстановки задвижек на кольцевой распределительной сети и для каждого из них рассчитаем показатель надежности.

На схеме кольцевой газораспределительной сети указываем границы эквивалентированных зон (рис. 3.1.).

Параметр потока отказов для газопроводов каждой зоны  $\omega_j$ , 1/год, рассчитывается по формуле:

$$\omega_{zi} = \omega_z \times \Sigma l, \quad (3.1)$$

где  $\omega_z$  – параметр потока отказов для газопроводов,  $\omega_z = 0,0025$  1/(км\*год);

$\Sigma l$  – сумма длин участков газопровода, входящих в  $j$ -ую зону, км.

Вклад в ненадежность системы газопроводами каждой зоны  $\sigma_j$  рассчитывается по формуле:

$$\sigma_j = \omega_j \times \Delta Q_j, \quad (3.2)$$

где  $\omega_j$  – параметр потока отказов для газопроводов каждой зоны  $\omega_j$ ;

$\Delta Q_j$  – отключаемая нагрузка в  $j$ -ой зоне, м<sup>3</sup>/ч, определяемая по схеме;

$j$  – номер зоны по схеме.

Вклад задвижек в ненадежность системы определяем по формуле

$$\Sigma \sigma_z = \Sigma \omega_z \times \Delta Q_{z(i,j)} = \omega_z \times \Sigma \Delta Q_z, \quad (3.3)$$

где  $\Delta Q_z$  – суммарный недодаваемый газ, м<sup>3</sup>/ч;

$\omega_z$  – параметр потока отказа задвижки,  $\omega_z = 0,0005$  1/год.

Суммарный параметр потока отказов всех элементов системы (кольцевой и тупиковой) определяется по формуле

$$\Omega = \Sigma \omega_j + \omega_z \times N_z + \Sigma \omega_{экр}, \quad (3.4)$$

где  $N_z$  – количество секционирующих задвижек кольцевой газораспределительной сети,  $N_z = 26$  шт.;

$\Sigma \omega_{экр}$  – сумма параметров потока отказов эквивалентированных ответвлений,

Показатель надежности для всей сети определяется по формуле



$$R = 1 - \frac{1 - e^{-t \cdot \Omega_T}}{Q_0 \cdot \Omega_T} \sigma_\tau \times (\Sigma \sigma_j + \Sigma \sigma_3 + \Sigma \sigma_{mi}), \quad (3.5)$$

где  $Q_0$  – суммарный расход газа сети, м<sup>3</sup>/час;

$\Omega$  – суммарный параметр потоков отказов всех элементов системы, 1/км×год;

$\Sigma \sigma_j$  – суммарный вклад в ненадежность системы газопроводами кольцевой сети;

$\Sigma \sigma_3$  – суммарный вклад в ненадежность системы задвижками;

$\Sigma \sigma_{mi}$  – суммарный вклад в ненадежность системы тупиковыми ответвлениями.

В курсовой работе по вышеприведенным формулам рассчитываются не менее двух вариантов кольцевой сети, отличающихся количеством колец и установленных задвижек.

**Пример 3.1.** Рассчитать показатель надежности кольцевой газораспределительной сети. Схема сети с местами установок задвижек и указанием границ эквивалентированных зон приведена на рис. 3.1

**Решение:**

Рассчитаем параметр потока отказов для газопроводов каждой зоны по формуле (3.1):

$$\omega_{z1} = 0,0025 \times (4,6 + 3,0) = 0,0175 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z2} = 0,0025 \times (3,5 + 3,1 + 3,0) = 0,024 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z3} = 0,0025 \times (2,0 + 3,7 + 2,0 + 2,0 + 1,7) = 0,0285 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z4} = 0,0025 \times (3,4 + 2,0 + 1,5 + 3,7 + 1,7 + 1,7) = 0,035 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z5} = 0,0025 \times (2,1 + 1,4) = 0,00875 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z6} = 0,0025 \times (2,0 + 1,6 + 2,1 + 1,4) = 0,01775 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z7} = 0,0025 \times 1,6 = 0,004 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z8} = 0,0025 \times (3,7 + 1,7 + 1,5 + 2,0 + 3,7) = 0,0315 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z9} = 0,0025 \times (1,3 + 5,4) = 0,01675 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z10} = 0,0025 \times (3,6 + 3,5) = 0,01775 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z11} = 0,0025 \times 1,5 = 0,00375 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z12} = 0,0025 \times (1,6 + 3,7 + 1,9 + 2,0) = 0,023 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z13} = 0,0025 \times (2,0 + 1,4 + 3,7) = 0,01775 \text{ (1/год);}$$

$$\omega_{z14} = 0,0025 \times (2,0 + 1,4 + 3,8 + 1,9 + 5,6) = 0,03675 \text{ (1/год).}$$

Суммарный параметр потоков отказа для газораспределительной сети (сумма вышеприведенных значений):

$$\Sigma \omega_i = 0,28275 \text{ (1/год).}$$

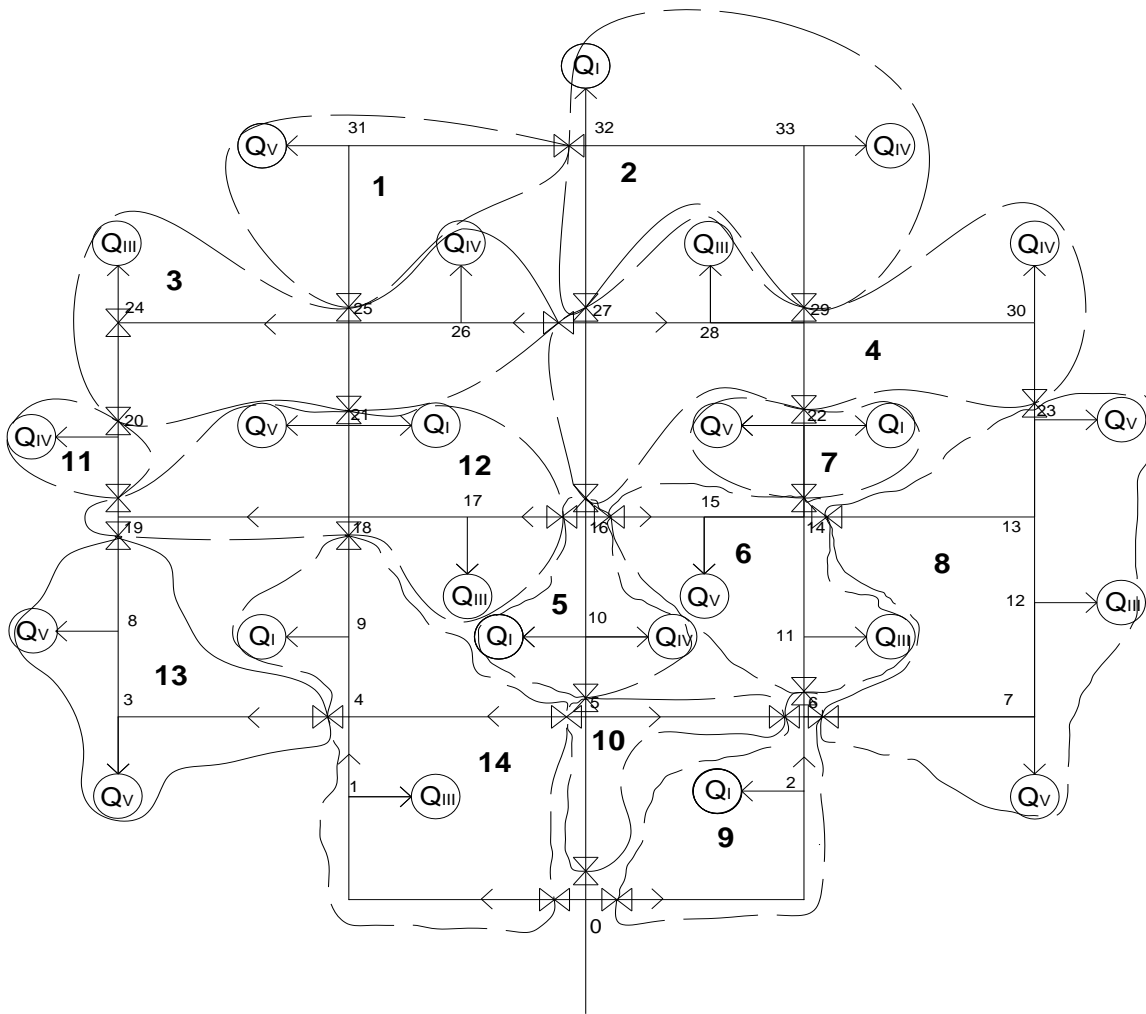


Рисунок 3.1 - Схема кольцевой газораспределительной сети с указанием границы эквивалентных зон (вариант 1).

Определяем вклад в ненадежность системы газопроводами каждой зоны  $\sigma_j$ , м<sup>3</sup>/час, рассчитывается по формуле (3.2):

$$\sigma_1 = 0,0175 \times 700 = 12,25;$$

$$\sigma_2 = 0,024 \times (600 + 650) = 30;$$

$$\sigma_3 = 0,0285 \times (620 + 650) = 36,195;$$

$$\sigma_4 = 0,035 \times (620 + 650) = 44,45;$$

$$\sigma_5 = 0,00875 \times (600 + 650) = 10,94;$$

$$\sigma_6 = 0,01775 \times (620 + 700) = 23,43;$$

$$\sigma_7 = 0,004 \times (600 + 700) = 5,2;$$

$$\sigma_8 = 0,0315 \times (2 \times 700 + 620) = 63,63;$$

$$\begin{aligned} \sigma_9 &= 0,01675 \times 600 = 10,05; \\ \sigma_{10} &= 0,01775 \times 0,0 = 0,0; \\ \sigma_{11} &= 0,00375 \times 650 = 2,4375; \\ \sigma_{12} &= 0,023 \times (700+600+620) = 39,56; \\ \sigma_{13} &= 0,01775 \times (700+700) = 24,85; \\ \sigma_{14} &= 0,03675 \times (600+620) = 37,485. \end{aligned}$$

Определяем суммарный вклад в ненадежность системы газопроводами кольцевой сети:  $\sum \sigma_j = 340,4775$ .

При отказе секционирующей задвижки отключаются две смежные с ней зоны. Определим количество отключаемых потребителей по схеме (рис. 3.1), результаты заносим в табл.3.1.

Таблица 3.1.

Расчет задвижек на кольцевой сети.

№ задвижки	$\Delta Q_{\pm i}, \text{ м}^3/\text{ч}$	№ задвижки	$\Delta Q_{\pm i}, \text{ м}^3/\text{ч}$
0 - 1	1220	13 - 14	3340
8 - 19	3220	14 - 22	2620
0 - 2	600	16 - 27	2520
0 - 5	0	19 - 20	2570
5 - 6	600	20 - 24	1920
6 - 7	2620	21 - 25	3190
6 - 11	1920	22 - 29	2570
5 - 10	1250	23 - 30	3290
5 - 4	1220	26 - 27	2540
3 - 4	2620	25 - 31	1970
9 - 18	3140	27 - 32	2520
16 - 17	3140	29 - 33	2520
15 - 16	2570	32 - 31	1950

Вклад в ненадежность системы задвижками определяем по формуле (3.3):

$$\sum \sigma_z = 0,0005 \times 57770 = 28,889.$$

Рассчитаем суммарный параметр потока отказов всех элементов системы (кольцевой и тупиковой) по формуле (3.4):

$$\Omega = 0,2828 + 0,0005 \times 26 + 0,1068 = 0,4026 \text{ (1/км} \times \text{год)}.$$

Определим показатель надежности по формуле (3.5):

$$R = 1 - \frac{1 - e^{-10 \times 0,4026}}{16170 \times 0,4026} \times (340,4775 + 28,889 + (9,468 + 16,0813 + 8,032 + 13,7813)) = 0,9371.$$

#### 4. РАСЧЕТ ТУПИКОВОГО ВАРИАНТА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.

На основе заданного варианта кольцевой распределительной сети в курсовой работе формируем вариант тупиковой распределительной сети (убирая в нескольких местах резервирующие переемы между основными направлениями).

Далее расчет аналогичен расчету кольцевой части, за исключением определения величины отключаемой нагрузки  $\Delta Q_j$ , м<sup>3</sup>/ч, которая определяется с учетом того, что при отключении  $j$ -той зоны отключаются также потребители всех зон, расположенных далее по ходу движения газа.

**Пример 4.1.** Рассчитать показатель надежности тупиковой распределительной сети. Схема сети с указанием границ эквивалентированных зон приведена на рис. 4.1.

Длины участков приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Длины участков тупиковой распределительной сети.

№ участка	Длина участка, км	№ участка	Длина участка, км	№ участка	Длина участка, км
0 - 1	5,6	0 - 9	5,0	2 - 5	1,3
1 - 4	1,9	9 - 26	2,1	5 - 10	1,4
3 - 4	3,7	12 - 26	2,0	10 - 22	3,7
3 - 7	1,4	13 - 26	2,0	22 - 23	4,7
7 - 14	3,5	18 - 26	3,4	5 - 6	3,7
14 - 15	2,0	18 - 19	2,0	6 - 11	2,0
4 - 8	1,4	18 - 20	2,0	11 - 24	3,2
8 - 16	3,6	18 - 21	3,1	24 - 25	1,7
16 - 17	4,7	0 - 2	5,4		

Рисунок 4.1 – Схема тупиковой газораспределительной сети с указанием границ эквивалентированных зон.

### Решение:

Рассчитаем параметр потока отказов для газопроводов каждой зоны по формуле (3.1):

$$\begin{aligned}\omega_{r1} &= 0,0025 \times (3,1 + 2,0 + 2,0 + 3,4) = 0,0263 && (1/\text{год}); \\ \omega_{r2} &= 0,0025 \times (2,0 + 2,0 + 2,1 + 5,0) = 0,0278 && (1/\text{год}); \\ \omega_{r3} &= 0,0025 \times (5,4 + 1,3 + 1,4 + 3,7) = 0,0295 && (1/\text{год}); \\ \omega_{r4} &= 0,0025 \times (3,7 + 4,7) = 0,021 && (1/\text{год}); \\ \omega_{r5} &= 0,0025 \times (2,0 + 3,2 + 1,7) = 0,0173 && (1/\text{год}); \\ \omega_{r6} &= 0,0025 \times (5,6 + 1,9 + 1,4 + 3,7) = 0,0315 && (1/\text{год}); \\ \omega_{r7} &= 0,0025 \times (3,6 + 4,7) = 0,0208 && (1/\text{год}); \\ \omega_{r8} &= 0,0025 \times (2,0 + 3,5 + 1,4) = 0,0173 && (1/\text{год}).\end{aligned}$$

Рассчитаем суммарный параметр потоков отказа для газораспределительной сети:

$$\sum \omega_j = 0,1915 \text{ (1/год)}.$$

Определяем вклад в ненадежность системы газопроводами каждой зоны  $\sigma_j$ , м<sup>3</sup>/час, рассчитывается по формуле (3.2):

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 0,0263 \times 1870 = 49,181; \\ \sigma_2 &= 0,0278 \times 2600 = 72,28; \\ \sigma_3 &= 0,0295 \times 1920 = 56,64; \\ \sigma_4 &= 0,021 \times 1950 = 40,95; \\ \sigma_5 &= 0,0173 \times 1970 = 34,081; \\ \sigma_6 &= 0,0315 \times 1920 = 60,48; \\ \sigma_7 &= 0,0208 \times 2000 = 41,6; \\ \sigma_8 &= 0,0173 \times 1970 = 34,081.\end{aligned}$$

Определяем суммарный вклад в ненадежность системы газопроводами тупиковой распределительной сети:

$$\sum \sigma_j = 389,923.$$

При отказе секционирующей задвижки отключается одна зона, расположенная до задвижки (по ходу движения газа), а также все зоны, расположенные после расчетной задвижки.

Отключаемая мощность определяется по схеме (рис. 4.1.), результаты заносим в табл.4.1.

Расчет задвижек на кольцевой сети.

№ задвижки	$\Delta Q_{з, i}, \text{м}^3/\text{ч}$	№ задвижки	$\Delta Q_{з, i}, \text{м}^3/\text{ч}$
0 – 1	1920	18 - 26	4470
3 - 7	3890	0 - 2	1920
8 – 16	3920	10 - 22	3870
0 - 9	2600	6 - 11	3890

Определяем вклад в ненадежность задвижками по формуле (3.3):

$$\Sigma \sigma_z = 0,0005 \times 26480 = 13,24.$$

Рассчитаем суммарный параметр потока отказов всех элементов системы по формуле (3.4):

$$\Omega = 0,1915 + 0,0005 \times 8 + 0,1068 = 0,3023 \text{ (1/км} \times \text{год)}.$$

Определим показатель надежности по формуле (3.5):

$$R = 1 - \frac{1 - e^{-10 \times 0,3023}}{16170 \times 0,3023} \times (389,293 + 13,24 + (9,468 + 16,0813 + 8,032 + 13,7813)) = 0,9124.$$

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе сравнения показателя надежности рассматриваемых вариантов газовой распределительной сети выбирается вариант с наибольшим значением показателя надежности.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. – М.: Минрегион России, 2012 – 96с.
2. Ионин А.А. Газоснабжение: Учеб. для вузов/А.А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989.– 439с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	3
2. РАСЧЕТ ТУПИКОВЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.....	3
3. РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВОЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.....	8
4. РАСЧЕТ ТУПИКОВОГО ВАРИАНТА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.....	6
Библиографический список .....	15

### **«Расчет показателей надежности газораспределительной сети»**

*Методические указания  
к выполнению курсовой работы  
для студентов всех форм обучения  
направление 08.04.01 «Строительство» (квалификация «Магистр»)*

Составитель Кононова Марина Сергеевна

Подписано в печать 2017. Формат 60×84 1/16. Уч.-изд. л. 1,8  
Усл.-печ. л. 2. Бумага писчая. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_\_.

---

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии  
издательства учебной литературы и учебно-методических пособий  
ВГТУ  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84