

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

**Мартыненко Галина Николаевна.**

*доцент кафедры теплогаснабжения и нефтегазового дела, к.т.н.  
Воронежского государственного технического университета,*

**Китаев Дмитрий Николаевич.**

*доцент кафедры теплогаснабжения и нефтегазового дела, к.т.н.  
Воронежского государственного технического университета,*

**Рогачева Светлана Александровна.**

*магистрант кафедры теплогаснабжения и нефтегазового дела  
Воронежского государственного технического университета,*

**Здобников Игорь Анатольевич.**

*магистрант кафедры теплогаснабжения и нефтегазового дела,*

**Галдин Денис Андреевич**

*магистрант кафедры теплогаснабжения и нефтегазового дела,  
г. Воронеж*

В качестве критериев надежности газораспределения понимают бесперебойное транспортирование потребителям расчетных расходов газа с соблюдением задаваемых параметров при нормальных условиях эксплуатации в течение определенного периода времени. Характерной чертой распределительных газовых сетей является то, что износившиеся узлы и элементы заменяются новыми. Расчетное время, закладываемое при обосновании надежности, должно быть таким, чтобы в течение него не было существенной реконструкции систем [1].

Социальное значение отказов системы учитывается в первую очередь, потому что современные распределительные системы проектируют и строят как системы, подающие газ бытовым, коммунально-бытовым и промышленным потребителям в постоянном режиме.

Системы должны работать непрерывно и безотказно. Отсюда необходимо устанавливать высокий уровень надежности, который определяет структурное резервирование схемы газоснабжения. При отказах элементов система переходит на аварийный гидравлический режим, газ подают большинству потребителей, но, учитывая кратковременность аварийной ситуации, его количество может быть уменьшено по сравнению с расчетным значением. Ограниченная подача газа в аварийных ситуациях определяется резервом мощности (пропускной способностью) системы.

В теории надежности технических устройств основным понятием для оценки работоспособности элемента или системы является вероятностная оценка безотказной работы в течение заданного периода времени  $t$ .

Системы газоснабжения — ремонтируемые системы. В связи с этим они характеризуются ремонтпригодностью. Основным показателем ремонтпригодности системы газоснабжения является время за которое восстанавливают отказавший элемент.

Одной из важнейших характеристик надежности элементов является интенсивность отказов  $\lambda$ , которую определяют, как вероятность того, что элемент, проработавший безотказно время  $t$ , откажет в последующий момент  $dt$ .

Экспериментально определенная величина  $\lambda(t)$  представляет собой удельную частоту отказов. Многочисленные опытные данные показывают, что функция  $\lambda(t)$  для многих элементов систем имеет три характерных периода. Первый период от 0 до  $T_n$  является *периодом приработки*, когда отказывают те элементы, которые имели скрытые дефекты. Этот период характеризуется высокой интенсивностью отказов, которая, однако, быстро уменьшается, и после момента  $T_n$  сохраняется постоянной. Вторым периодом — это период *нормальной работы*. Он является основным и характеризуется постоянной интенсивностью отказов. После определенного периода эксплуатации, начиная с момента  $T_w$ , на отказах элементов начинают сказываться их износ и старение, и элемент переходит в третий период — *период старения*. В этот период интенсивность отказов элемента растет.

Рассмотренная зависимость  $\lambda$  от времени строго справедлива для неремонтируемых изделий. Элементы системы газоснабжения ремонтируемые. Но рассмотренная закономерность является справедливой для вновь запущенной системы, до первых отказов ее элементов [1]. Все элементы системы газоснабжения до пуска в эксплуатацию проходят испытания и наладку. В течение этого периода обнаруживают и устраняют все дефекты.

При величине  $\lambda = \text{const}$  вероятность безотказной работы элемента за время  $t$  определяется так:

$$\lambda dt = -\frac{dP(t)}{P(t)}; \lambda t = -\ln P(t),$$

так как при  $t=0$ ;  $P(t)=1$ .

Отсюда вероятность безотказной работы за время  $t$  равна:

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

Таким образом, можно считать, что функция надежности элементов систем газоснабжения подчиняется экспоненциальному закону.

Вероятность отказа элемента за время  $t$  (ненадежность) равна:

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

а плотность вероятности отказов

$$F'(t) = f(t) = \lambda e^{-\lambda t}.$$

Рассмотренные характеристики относятся к невосстанавливаемым элементам и используются при разработке оценок надежности ремонтируемых участков. При изучении надёжности газоснабжения отдельных потребителей за исходные данные используются результаты вычислительного эксперимента,

проведенного на ЭВМ (алгоритмический язык Delphi) для городской системы газоснабжения района г. Липецка, [2, 4, 5] оснащённой управляемыми дросселями на семи отдельных участках, установленными на ответвлениях к энергоузлам-стокам [3].

Отказ внутри сети приводит к необходимости отключения отдельных потребителей. Для оценки частоты отключения потребителя  $i$  от части сети следует рассчитать вероятность отключения в течении года. В соответствии с теорией вероятности, отключения  $i$ -го потребителя в течении года будет определяться по формуле

$$q_{\text{отк } i} = 1 - e^{-\sum_k w_k}$$

где  $e^{-\sum_k w_k}$ - сумма параметров потока отказов элементов, входящих в зону сети, отказ которой приводит к отключению потребителей.

Вероятность отключения нормируется. Нормативное значение определено как

$$q_{\text{отк } i}^{\text{норм}} = 0,005$$

Должно выполняться следующее условие:  $q_{\text{отк } i} \leq q_{\text{отк } i}^{\text{норм}}$

Если оно не выполняется, то вероятность отказа значительна, следовательно, необходимо уменьшить протяженность сетей в определенной зоне или количество оборудования. Суммарный поток отказов по сети определяется по формуле

$$\sum_k w_k = w_1 + \dots + w_k$$

где  $w_k$ - параметр потока отказов по каждому ответвлению.

Вероятность отказа на  $i$ -м участке определяется как

$$w_i = w_r \cdot l_r + w_{\text{об}}$$

где  $w_r$ - коэффициент отказа,  $l_r$ - длина ответвления,  $w_{\text{об}}$ -вероятность отказа оборудования на рассматриваемом ответвлении.

Для решения задачи используется графический пользовательский интерфейс прикладной программы [6] для оценки надежности газоснабжения отдельных потребителей. Блок-схема программы представлена на рис. 1.

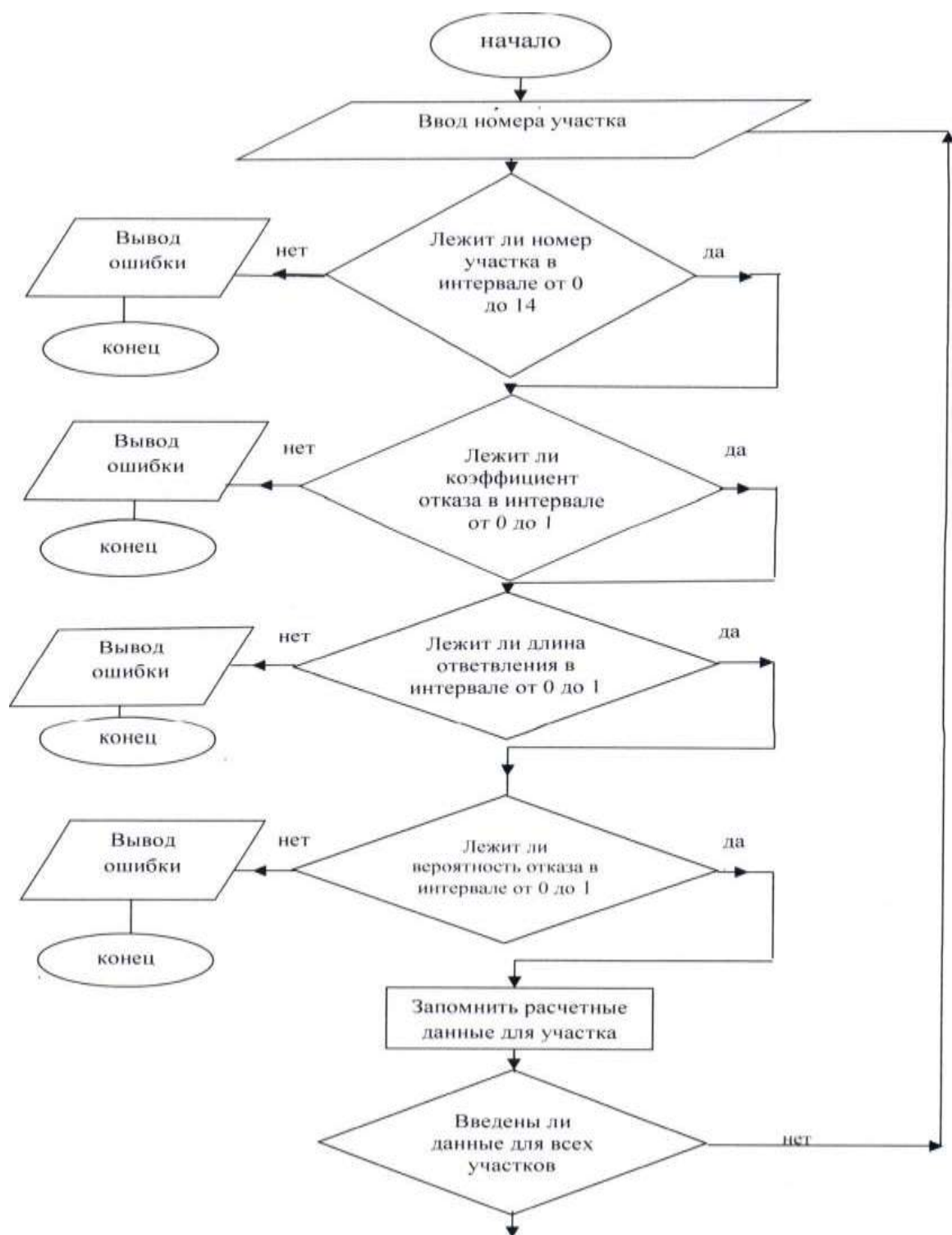
Для того, чтобы рассчитать вероятность отключения потребителя, необходимо в программе ввести соответствующие значения коэффициента отказа, длины ответвления и вероятности отказа оборудования для соответствующих участков. В таблице 1 приведены требуемые значения для определения вероятности отключения потребителей по сети города Липецка [2].

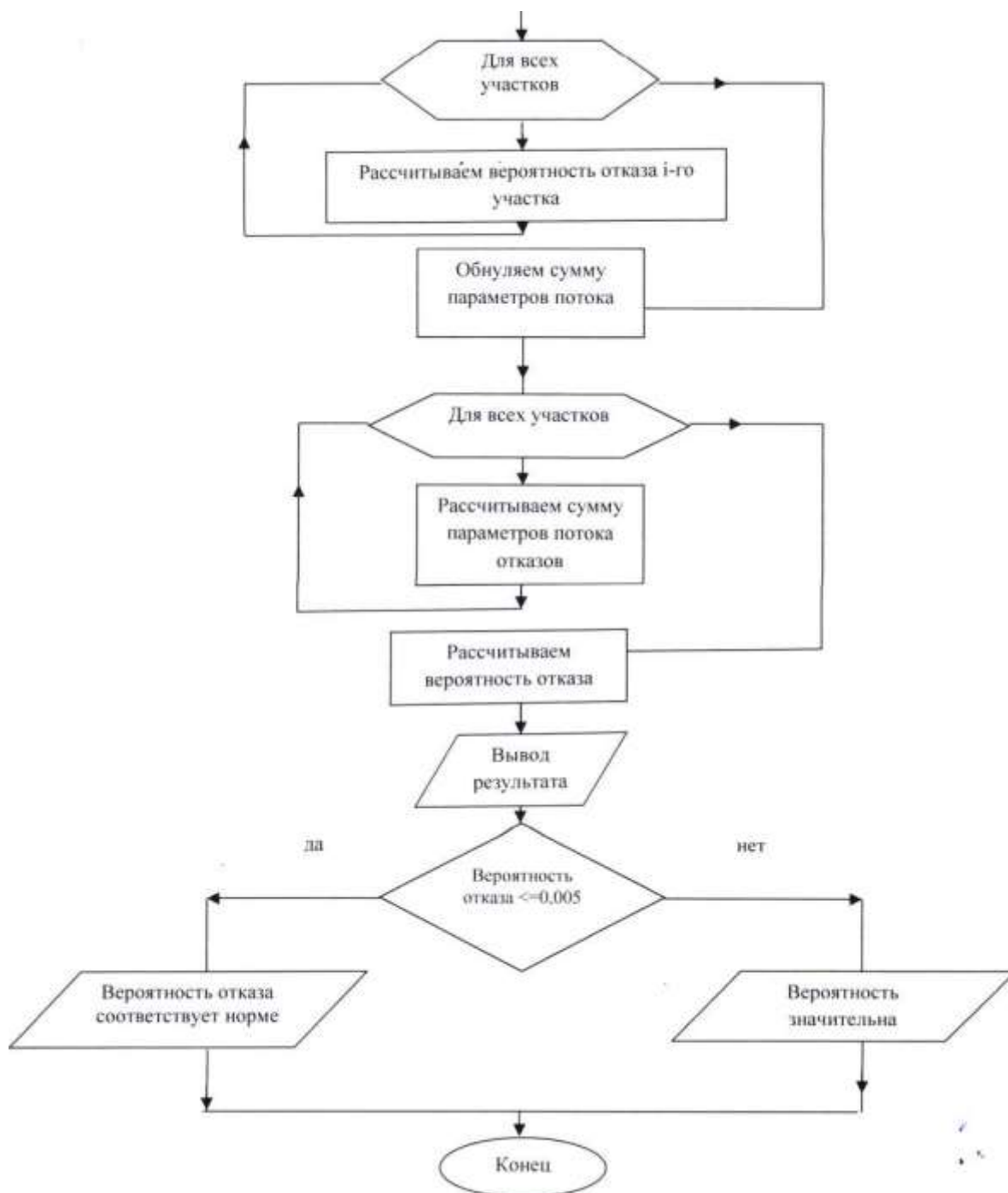
Таблица 1

**Данные по участкам**

Участок	Коэффициент отказа	Длина ответвления	Вероятность отказа оборудования
1-2	0,002	0,4	0
2-4	0,002	0,87	0,0003

2-3	0,002	0,08	0,0003
2-5	0,002	0,46	0
5-6	0,002	0,31	0,0003
5-8	0,002	0,49	0
8-7	0,002	0,15	0
8-14	0,002	1,05	0
14-9	0,002	0,92	0
9-10	0,002	0,37	0,0003
9-12	0,002	0,36	0
12-13	0,002	0,05	0,0003
12-11	0,002	0,79	0,0003
14-15	0,002	0,08	0,0003





*Рис. 1. Блок – схема прикладной программы вычислений*

По соответствующим данным с помощью программного продукта производим расчёт вероятности отключения потребителей для цепных ответвлений городской системы газоснабжения района г. Липецка. В таблице 2 приведены результаты вычислений.

**Результаты вычислений**

Ответвление	Вероятность отключения
1-2-3	0,0012
1-2-4	0,0028
1-2-5-8-7	0,0029
1-2-5-6	0,0026
1-2-5-8-14-15	0,0049
1-2-5-8-14-9-10	0,0076
1-2-5-8-14-9-12-13	0,0077
1-2-5-8-14-9-12-11	0,0089

Вероятность отключения потребителей в течении года по цепным направлениям 1-2-3; 1-2-4; 1-2-5-8-7; 1-2-5-6; 1-2-5-8-14-15 тупиковой сети составит менее нормируемого значения, а по направлениям 1-2-5-8-14-9-10; 1-2-5-8-14-9-12-13; 1-2-5-8-14-9-12-11 превышает нормируемый показатель. Следовательно, вероятность отказа не значительна по пяти направлениям, а значит можно утверждать, что эти цепные направления соответствуют требуемым нормам надёжности. Остальные направления в меньшей степени будут соответствовать требованиям надежного функционирования.

В результате исследований был разработан алгоритм оценки надежности газоснабжения отдельных предприятий и составлена блок-схема работы прикладной программы. Разработка программы производилась в среде Borland Delphi 7 на языке программирования Delphi Language. Был произведен расчет в соответствии с постулатами теории вероятности отключения потребителей. Результаты расчетов подтвердили адекватность разработанного алгоритма и прикладной программы.

**Список литературы**

1. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 415.
2. Мартыненко Г.Н. Моделирование процессов оперативного управления городскими системами газоснабжения на основе факторного анализа: дис. на соискание ученой степени к - та техн. наук. Воронеж, 2004.182с.
3. Оптимальный синтез гидравлических трубопроводных систем в области оперативного управления / Г.Н. Мартыненко, М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.П. Давыдова // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 2 (542). С. 78-83.
4. Панов М.Я., Мартыненко Г.Н., Дмитриев И.А. Алгоритм идентификации гидравлических характеристик управляемых дросселей на ветвях структурного графа абонентских подсистем // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2008. № 3 (11). С. 106-112.

5. Мартыненко Г.Н., Гнатюк С.Н. Оперативное управление газораспределительной системой на основе модели возмущённого состояния // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 1 (6). С. 36-42.

6. Мартыненко Г.Н., Стрижко С.В., Першин П.А. Создание оптимального режима газопотребления по средствам оперативного управления // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. № 1 (2). С. 105-108.