

УДК 621.3

*Литвяк А.Н., канд. техн. наук, доцент, НУГЗУ,  
Деревянко А.А., канд. техн. наук, доцент, УГЗУ*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

Представлена обобщенная математическая модель распределительной сети автоматической системы водяного пожаротушения для выполнения гидравлических расчетов распределительных сетей со сложной топологией.

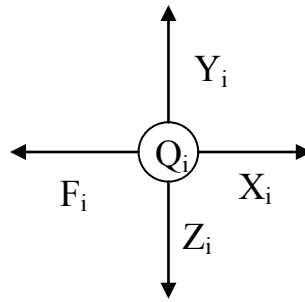
**Ключевые слова:** математическая модель, кольцевая распределительная сеть, автоматическая система водяного пожаротушения.

**Постановка проблемы.** При расчете кольцевых участков распределительных сетей автоматических систем водяного пожаротушения (АСВПТ) обычно предполагают, что течение симметричное и тогда расчет можно выполнить для одной половины кольцевого участка, используя методы расчета тупиковых сетей [1]. Однако при несимметричном течении в кольцевом питающем трубопроводе определенные трудности вызывает определение положения диктующего оросителя и согласование производительности рядков. Задача еще более усложняется при установке дополнительных систем орошения (ручные стволы). В несимметричных кольцевых сетях происходит перераспределения потоков жидкости, и применение методов расчета тупиковых участков оказывается затруднительным, вследствие необходимости многократного применения метода последовательных приближений для уточнения напора в точках разветвления.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Методика расчета кольцевых систем водоснабжения с заданными параметрами водопотребления известна и хорошо изложена в [2]. Однако для расчета кольцевых распределительных сетей АСВПТ пожаротушения, когда расходы жидкости через оросители неопределенны, такая методика расчета неприменима.

**Постановка задачи и ее решение.**

Для выполнения гидравлических расчетов сети произвольной конфигурации необходимо располагать ее формализованной математической моделью. Каждую характерную точку сети (ороситель, разветвление, поворот) будем рассматривать как «источник» расходов жидкости  $X, Y, Z, F, Q$ , рис.1.



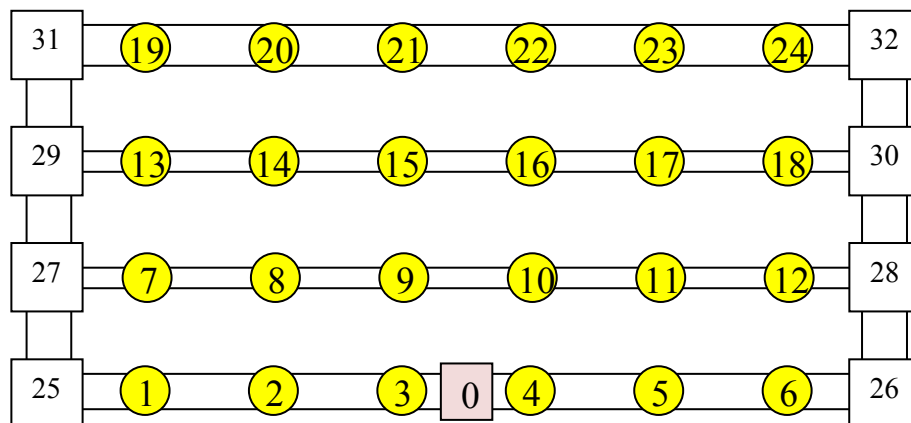
**Рис.1 – Система координат «источника»**

$X_i$  – расход жидкости, вытекающий из точки вправо;  
 $Y_i$  – расход жидкости, вытекающий из точки вверх;  
 $Z_i$  – расход жидкости, вытекающий из точки вниз;  
 $F_i$  – расход жидкости, вытекающий из точки влево;  
 $Q_i$  – расход жидкости, вытекающий из точки через ороситель.

Примем в расчетах расходы  $X, Y, Z, F, Q$ , в качестве независимых переменных. При этом независимую переменную будем считать положительной (источник), если поток направлен от точки и отрицательной, если поток направлен к точке (сток).

Как видно из рис.1, каждую характерную точку сети, можно представить в виде источника (или стока) с пятью независимыми переменными. Таким образом, любую сеть можно представить в виде  $n$  характерных точек, связанных между собою уравнениями неразрывности, энергии, условиями непротекания сплошных стенок и начальными условиями.

В качестве примера была рассмотрена кольцевая сеть, схема которой показана на рис.2.



**Рис.2 – Расчетная схема кольцевой сети**

На схеме под номером «0» показана точка ввода, под номерами 1-24 показаны оросители, под номерами 25-32 угловые точки и точки разветвления.

Уравнения связи для характерных точек имеют вид:

1. Уравнения неразрывности:

уравнения баланса расходов в точках:

$$X_i + Y_i + Z_i + F_i + Q_i = 0, \quad i = 0..32 \quad (1)$$

уравнения попарного баланса расходов между точками:

$$\begin{aligned} X_i + F_i &= 0, \quad i = 0..24; \\ X_{25} + F_1 &= 0, \quad X_6 + F_{26} = 0; \\ X_{27} + F_7 &= 0, \quad X_{12} + F_{28} = 0; \\ X_{29} + F_{13} &= 0, \quad X_{18} + F_{30} = 0 \\ X_{31} + F_{19} &= 0, \quad X_{24} + F_{32} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

2. Уравнения энергии:

- уравнения энергии для смежных точек:

$$H_i - (H_{i+1} - \Delta H_{i-(i+1)}) = 0, \quad i = 0..24; \quad (3)$$

- уравнения энергии для смежных рядков:

$$\begin{aligned} H_1 - (H_7 - \Delta H_{1-25} - \Delta H_{25-27} - \Delta H_{27-7}) &= 0; \\ H_6 - (H_{12} - \Delta H_{6-26} - \Delta H_{26-28} - \Delta H_{28-12}) &= 0; \\ H_7 - (H_{13} - \Delta H_{7-27} - \Delta H_{27-29} - \Delta H_{29-13}) &= 0; \\ H_{12} - (H_{18} - \Delta H_{12-28} - \Delta H_{28-30} - \Delta H_{30-18}) &= 0; \\ H_{13} - (H_{19} - \Delta H_{13-29} - \Delta H_{29-31} - \Delta H_{31-19}) &= 0; \\ H_{18} - (H_{24} - \Delta H_{18-30} - \Delta H_{30-32} - \Delta H_{32-24}) &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где:  $H_i$  – давление в  $i$ -той точке;

$\Delta H_{i-j}$  – линейные потери давления в трубопроводе на участке  $i-j$

Значения  $H_i$  и  $\Delta H_{i-(i+1)}$  определяются согласно требований нормативных документов по известным значениям независимых переменных [3].

3. Условия непротекания:

$$\begin{aligned} Z_i &= 0, \quad Y_i = 0, \quad i = 0..24; \\ Q_{25} &= 0, \quad Q_{26} = 0, \quad Q_{31} = 0, \quad Q_{32} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

#### 4. Начальные условия:

$$Q_i = Q_{\text{изв}} \quad (6)$$

Получили систему нелинейных алгебраических уравнений, которая может быть решена известными численными методами.

На рис.3 показаны результаты расчетов тестовой задачи, выполненные для симметричной кольцевой сети (рис.2).

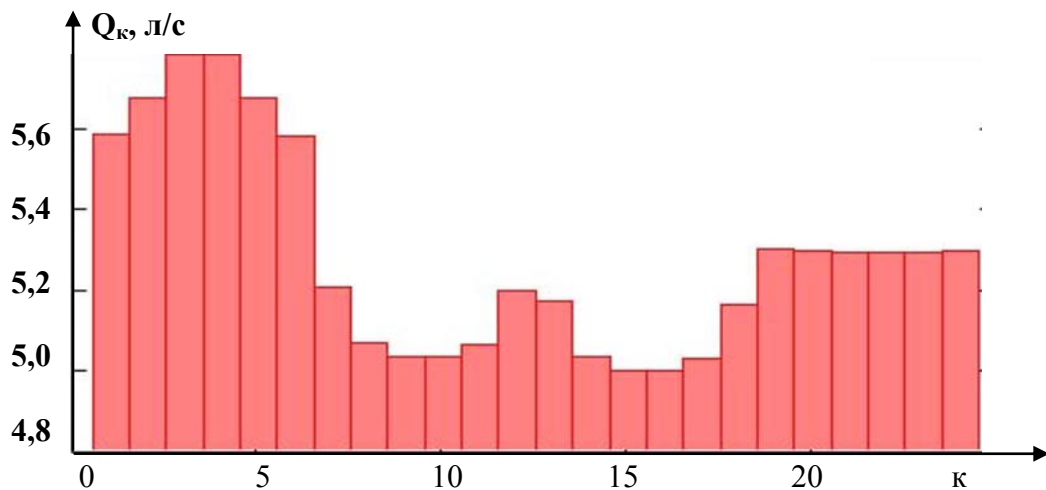


Рис. 3 – Симметричное течение

На рис.4 показаны результаты расчетов тестовой задачи, выполненные для несимметричной кольцевой сети (рис.2) с теми – же исходными данными, но с вводом, расположенным между точками 1-2.

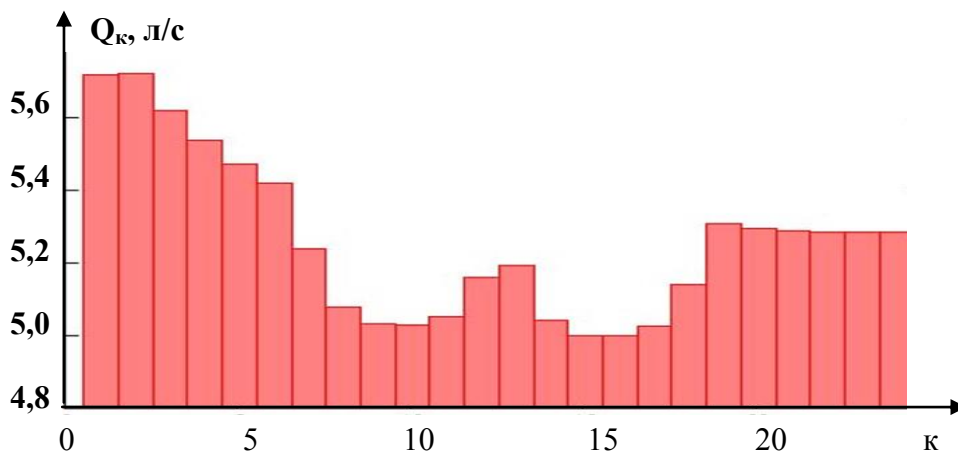


Рис. 4 – Несимметричное течение

В расчетах были приняты следующие данные:

- диаметр трубы кольцевого трубопровода 100мм;
- диаметр трубопровода рядка 50мм;

- диаметр выходного отверстия оросителя 15мм,
- расстояние между оросителями 3м.

**Выводы.** Получена формализованная математическая модель кольцевой распределительной сети, позволяющая выполнять гидравлический расчет при заданных геометрических параметрах и несимметричном течении в питающем трубопроводе. Представлены результаты расчетов тестовой задачи кольцевой сети с симметричным и несимметричным течением.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5–56–2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 280 с.
2. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М. и др. Расчет водопроводных сетей. М. Стройиздат. 1983. –278с.

Литвяк А.Н., Деревянко А.А.

### **Математическое моделирование распределительных сетей автоматических систем водяного пожаротушения**

Представлена обобщенная математическая модель распределительной сети автоматической системы водяного пожаротушения для выполнения гидравлических расчетов распределительных сетей со сложной топологией.

**Ключевые слова:** математическая модель, кольцевая распределительная сеть, автоматическая система водяного пожаротушения.

Litvyak A.N., Derevyanko A.A.

### **Mathematical modeling of the distribution networks of automatic fire extinguishing systems**

A generalized mathematical model of the distribution network of automatic fire extinguishing system to perform hydraulic calculations of distribution networks with complex topology.

**Keywords:** mathematical model, the ring distribution network, water installation of fire-fighting.