УДК 621.3

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

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ МЕТОДОМ ИСТОЧНИКОВ И СТОКОВ

(представлено д-ром техн. наук О.П. Алексеевим)

Получена обобщенная математическая модель кольцевой распределительной сети для выполнения гидравлических расчетов несимметричных кольцевых распределительных сетей автоматических установок водяного пожаротушения.

Ключевые слова: математическая модель, кольцевая распределительная сеть, установка водяного пожаротушения.

Постановка проблемы. При расчете кольцевых участков распределительных сетей автоматических установок водяного пожаротушения (УВПТ) 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 УВПТ 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. Такую модель можно получить используя подход [3]. Для этого каждую характерную точку сети (ороситель, разветвление, поворот) будем рассматривать как «источник» расходов жидкости X,Y,Z,F,Q, рис.1.

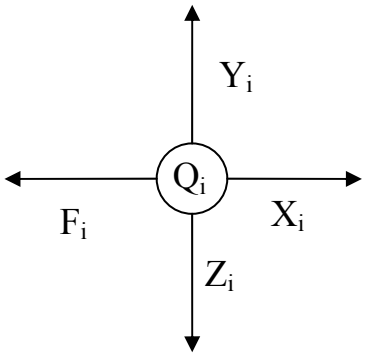

Рис. 1 – Система координат «источника»: X_i – расход жидкости, вытекающий из точки вправо; Y_i – расход жидкости, вытекающий из точки вверх; Z_i – расход жидкости, вытекающий из точки вниз; F_i – расход жидкости, вытекающий из точки влево; Q_i – расход жидкости, вытекающий из точки через ороситель

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

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.

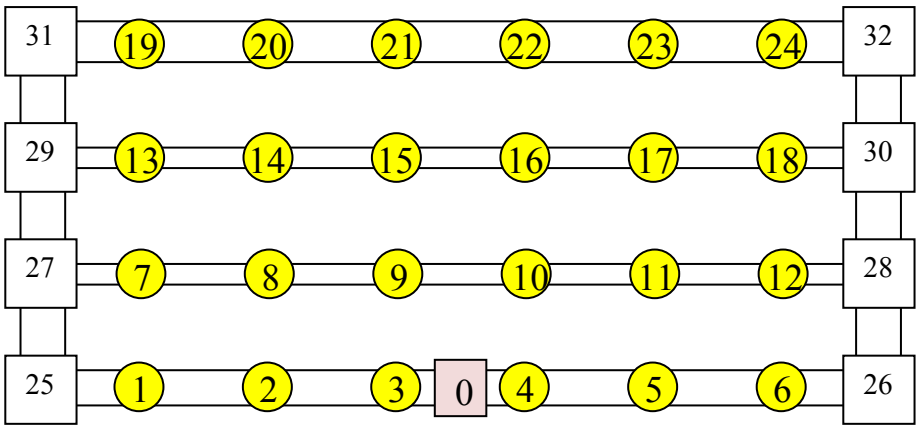

Рис. 2 – Расчетная схема кольцевой сети

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:

$$X_i + Y_i + Z_i + F_i + Q_i = 0, \quad i = 0..32 \tag{1}$$

уравнения попарного баланса расходов между точками:

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

2. Уравнения энергии:

- уравнения энергии для смежных точек:

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

- уравнения энергии для смежных рядков:

$$\begin{aligned} &H_1 - (H_7 - \Delta H_{1-25} - \Delta H_{25-27} - \Delta H_{27-7}) = 0; \\ &\text{Í}_6 - (\text{Í}_{12} - \Delta\text{Í}_{6-26} - \Delta\text{Í}_{26-28} - \Delta\text{Í}_{28-12}) = 0; \\ &\text{Í}_7 - (\text{Í}_{13} - \Delta\text{Í}_{7-27} - \Delta\text{Í}_{27-29} - \Delta\text{Í}_{29-13}) = 0; \\ &\text{Í}_{12} - (\text{Í}_{18} - \Delta\text{Í}_{12-28} - \Delta\text{Í}_{28-30} - \Delta\text{Í}_{30-18}) = 0; \\ &\text{Í}_{13} - (\text{Í}_{19} - \Delta\text{Í}_{13-29} - \Delta\text{Í}_{29-31} - \Delta\text{Í}_{31-19}) = 0; \\ &\text{Í}_{18} - (\text{Í}_{24} - \Delta\text{Í}_{18-30} - \Delta\text{Í}_{30-32} - \Delta\text{Í}_{32-24}) = 0, \end{aligned} \tag{4}$$

где: H_i – давление в i-той точке;

ΔH_{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:

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

4. Начальные условия:

$$Q_i = Q_{içàä}. \qquad (6)$$

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).

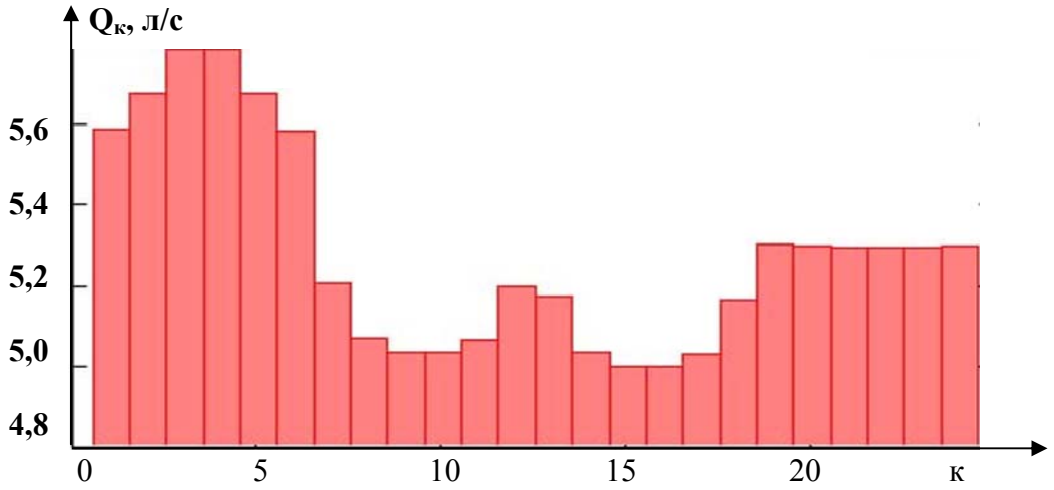

Рис. 3 – Симметричное течение

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.

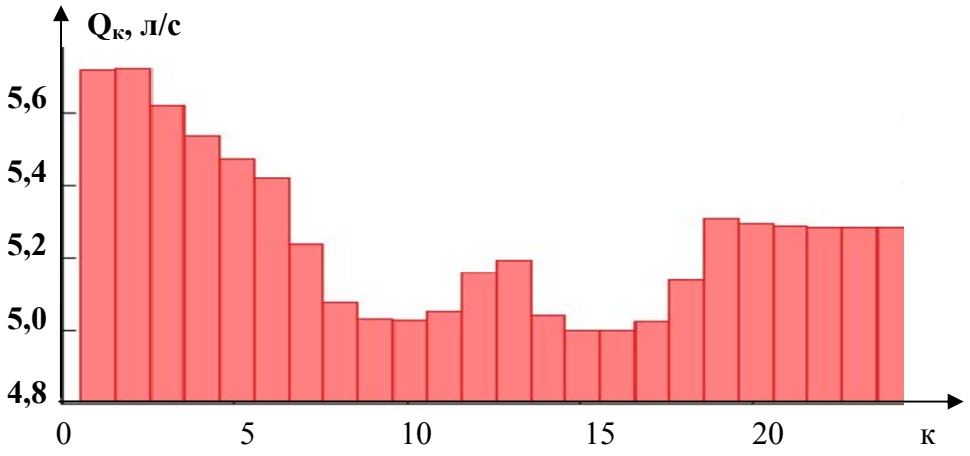

Рис. 4 – Несимметричное течение

В расчетах были принятии 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 кольцевой сети с симметричным и несимметричным течением.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5–13–98* Пожарная автоматика зданий и сооружений/ Госстрой Украины.– Киев: 2007.– 80 с.

2. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М. и др. Расчет водопроводных сетей. М. Стройиздат. 1983. –278с.

3. Литвяк А.Н., Дуреев В.А. Гидравлический расчет рядка кольцевой распределительной сети с заданными краевыми условиями методом источников и стоков. Проблеми пожежної безпеки. Зб. наук пр. УЦЗ України Вип. 24. – Харків: УЦЗУ. – 2008. – С. 96-99.
nuczu.edu.ua

О.М. Литвяк, О.А. Дерев'янко

Гідравлічній розрахунок кільцевих розподільчих мереж установок пожежогасіння методом джерел та стоків.

Отримана загальна математична модель кільцевої розподільчої мережі для виконання гідравлічних розрахунків несиметричних кільцевих розподільчих мереж автоматичних установок водяного пожежогасіння.

Ключові слова: математична модель, кільцева розподільча мережа, установка водяного пожежогасіння.

A.N. Litvyak, A.A. Derevyanko

Hydraulic calculation of ring distribution networks of fire extinguishing vehicles using sources and sinks.

A generalized mathematical model of the ring distribution network for the hydraulic calculations of asymmetric ring distribution network of automatic water fire-fighting vehicles is obtained.

Key terms: mathematical model, the ring distribution network, water fire-fighting vehicles.