УДК 621.3

А.Н. Литвяк канд. техн. наук, доцент, УГЗУ
В.А. Дуреев, канд. техн. наук, ст. преподаватель УГЗУ

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЯДКА КОЛЬЦЕВОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ЗАДАННЫМИ КРАЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ МЕТОДОМ ИСТОЧНИКОВ И СТОКОВ

Получена обобщенная математическая модель рядка кольцевой распределительной сети для выполнения гидравлических расчетов при несимметричном течении жидкости.

Постановка проблемы. При проведении гидравлических расчетов распределительной сети, в [1] предлагается использовать тупиковую топологию. Тогда, напор и расход на диктующем оросителе определяются в самом начале, а гидравлический расчет выполняется по достаточно подробно изложенной методике. В настоящее время, распределительные сети установок водяного пожаротушения для больших торговых площадей проектируются кольцевыми, гидравлический расчет которых в [1] не приводится.

Анализ последних исследований и публикаций. Методика расчета кольцевых систем водоснабжения с заданными параметрами водопотребления изложена в [2, 3]. Однако, для расчета рядков кольцевой распределительной сети, когда расходы и напоры жидкости через оросители не известны, методики [2, 3] не применимы. В этом случае, воспользовавшись методом последовательных приближений, можно выполнить гидравлический расчет по методике [1], при двухстороннем подводе воды в рядок. Тем не менее, увязка рядков в единую кольцевую сеть, оказывается чрезмерно трудоемкой.

Постановка задачи и ее решение. Для выполнения точных расчетов необходим формализованный подход с использованием современных математических методов. Рассмотрим рядок кольцевой сети, с расположенными на нем **n** оросителями (рис.1), с точками ввода «А» и «Б».

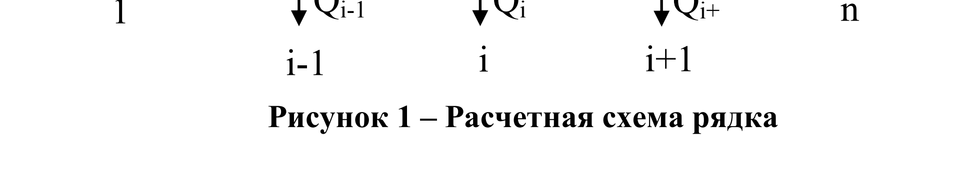

Рисунок 1 – Расчетная схема рядка

Будем считать, что напор в этих точках, вследствие перераспределения потоков жидкости в кольцевом питающем трубопроводе, различен и равен значениям $H_А$ и $H_Б$ соответственно.

Каждую точку установки оросителя будем рассматривать как источник (сток) расходов жидкости X,Y,Q:

X – расход, вытекающий из точки влево по трубопроводу [л/с];

Y – расход, вытекающий из точки вправо по трубопроводу [л/с];

Q – расход, вытекающий из точки через ороситель [л/с].

Расходы X,Y,Q примем в качестве независимых переменных в расчетах. При этом независимую переменную будем считать положительной, если поток направлен от точки, и такую точку по отношению к соседней точке будем называть расположенной вверху по потоку.

Независимую переменную будем считать отрицательной, если поток направлен к точке, и такую точку по отношению к соседней точке будем называть расположенной вниз по потоку. Все точки связаны между собой уравнениями неразрывности и энергии. Поскольку для каждой точки вводится три независимые переменные, то для **n** точек необходимо составить **3n** уравнений связи.

Для заданной геометрии распределительной сети, имеем:

Напор H_i на i-том оросителе, [Па]:

$$H_i = \frac{Q_i^2}{K^2}, \qquad (1)$$

где: К – коэффициент производительности оросителя [1].

Потери напора $\Delta H_{i-(i+1)}$ в трубах между оросителями, [Па]:

$$\Delta H_{i-(i+1)} = \frac{L_{i-(i+1)}}{K_1} \cdot X_i^2, \qquad (2)$$

где: $L_{i-(i+1)}$ – длина трубопровода на участке: i-(i+1), [м];

K_1 – коэффициент линейных потерь напора в трубопроводе [1].

Составим уравнения связи:

1) Уравнения неразрывности:

- баланс расходов в источниках:

$$X_i + Y_i + Q_i = 0; \qquad (3)$$

- баланс расходов на участках между источниками:

$$\begin{aligned} X_{i-1} + Y_i &= 0 \\ Y_i + X_{i+1} &= 0 \end{aligned} \qquad (4)$$

2) Уравнения энергии (попарного баланса давлений):

$$H_i = H_{i+1} - \Delta H_{i-(i+1)}\,, \tag{5}$$

где: H_i – давление в i-той точке;

$\Delta H_{i-(i+1)}$ – линейные потери давления в трубопроводе на участке i-(i+1).

Подставив (1) в (5),

$$\frac{Q_i^2}{K} = \frac{Q_{i+1}^2}{K} - \mathrm{sign}(X_{i+1}) \cdot \frac{L}{K_1} \cdot X_{i+1}^2\,. \tag{6}$$

Функция sign (X_{i+1}) – учитывает расположение точек относительно направления потока жидкости.

Замыкающими уравнениями будут требования равенства давления в крайних точках заданному значению:

$$\frac{Q_1^2}{K} - \mathrm{sign}(X_1) \cdot \frac{L}{K_1} \cdot X_1^2 = H_A\,; \tag{7}$$

$$\frac{Q_n^2}{K} - \mathrm{sign}(Y_n) \cdot \frac{L}{K_1} \cdot Y_n^2 = H_{\acute{A}}\,. \tag{8}$$

Таким образом, для рассмотренных 3**n** независимых переменных, рассмотренной расчетной схемы, получили **3n** уравнений связи (уравнения 3÷8), которые могут быть решены одним из известных численных методов, например методом Ньютона.

На рис.2 показаны результаты расчетов, выполненные для рядка кольцевой сети с диаметром трубы 50мм, пятью оросителями, с диаметром выходного отверстия 15мм, и расстоянием между оросителями 3м, для различных граничных давлений.

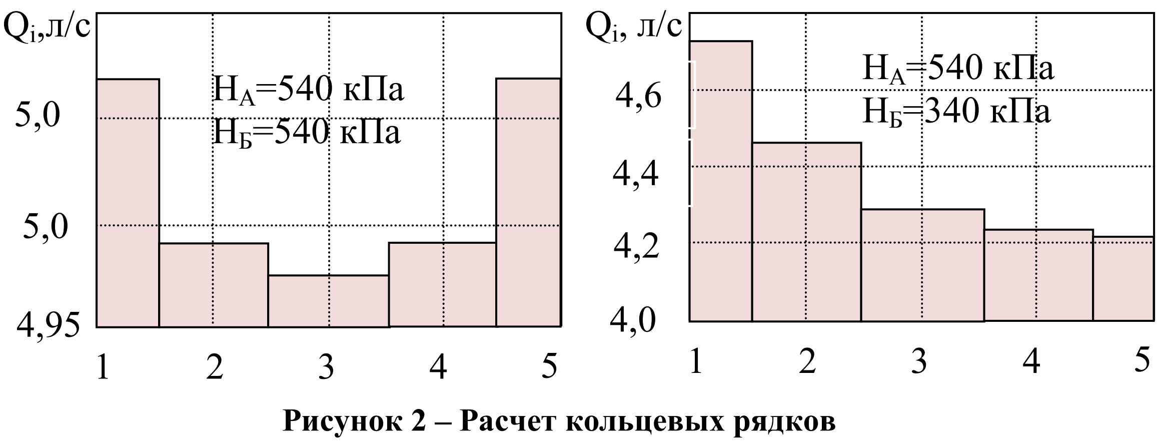

Рисунок 2 – Расчет кольцевых рядков

Если вместо уравнения 8, наложить условие «непротекания» трубы вправо по схеме:

$$Y_n = 0,$$

то получим модель тупикового рядка. Результаты расчета тупикового рядка и принятых ранее параметров представлены на рис.3.

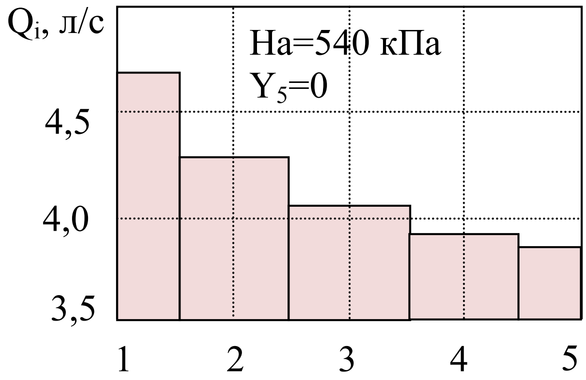

Рисунок 3 – Расчет тупикового рядка

Выводы. Получена формализованная математическая модель рядка кольцевой распределительной сети, позволяющая выполнять гидравлический расчет при несимметричных краевых условиях. Представлены результаты расчетов реального рядка с симметричным и несимметричным течением.

ЛИТЕРАТУРА

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

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

3. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Протипожежне водопостачання населеного пункту» – Харків: АПБУ, 2002р. – 53 с.