

УДК 621.2

М.Н. Мурин

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОПОЛОГИИ

*Предложена новая методика определения геометрических параметров кольцевых и тупиковых распределительных сетей автоматических установок водяного пожаротушения на базе единого подхода к их гидравлическому расчету.*

**Ключевые слова:** автоматические установки водяного (пенного) пожаротушения, распределительная сеть, «диктующий» ороситель, гидравлический расчет.

### Введение

**Постановка проблемы.** Стремительное развитие новых строительных объектов и реконструкции старых, таких как торговые и развлекательные центры, гостиницы, дома повышенной этажности и другие, требуют к себе повышенного внимания с точки зрения обеспечения пожарной безопасности.

Для обеспечения безопасности таких объектов используются различные технические системы – системы пожарной сигнализации, автоматические установки пожаротушения, системы дымоудаления, системы оповещения и управления эвакуацией [1, 2, 3].

Наиболее эффективными средствами выявления и тушения пожара на ранней стадии считаются системы автоматического пожаротушения. В качестве огнетушащего вещества могут использоваться газовые, порошковые, аэрозольобразующие огнетушащие составы. Но их применение ограничено для объектов с массовым пребыванием людей (более 50 человек). Поэтому, наиболее широкое применение нашли установки водяного пожаротушения.

**Анализ предыдущих исследований и публикаций.** Процесс моделирования гидравлических распределительных сетей начинается с изучения конструктивных особенностей защищаемого помещения и распределения пожарной нагрузки в нем, определения класса помещения по пожарной опасности. При этом учитываются ограничения, накладываемые нормативными документами на элементы системы [1 – 3].

Моделирование автоматических установок водяного (пенного) пожаротушения (АУВПТ) как дренчерных, так и спринклерных начинается с размещения оросителей. На этапе составления расчетной схемы, как правило, решение принимает ответственный за выполнение проекта (ЛПР – лицо принимающее решение). На этом этапе учитываются

требования нормативных документов к элементам системы.

Расчетная схема АУВПТ может проектироваться как кольцевой, так и тупиковой. Выбор схемного решения влияет на последующие расчеты системы.

Гидравлический расчет АУВПТ позволяет обосновать выбранные диаметры оросителей, рассчитать диаметры трубопроводов, определить узлы управления, определить параметры основного насоса-повысителя. Этот расчет, как для кольцевой схемой подачи огнетушащего вещества (ОВ), так и для тупиковой, необходимо начинать с определения «диктующего» оросителя (ДО). «Диктующим» считается ороситель, который находится в «наихудших условиях» с точки зрения обеспечения допустимых значений напора и интенсивности подачи ОВ. Для кольцевых расчетных схем, в которых ветви распределительной сети одинаковы, «диктующим» является, как правило, ороситель, равно удаленный от точки ввода питающего трубопровода. Для тупиковых расчетных схем с одинаковыми ветвями ДО – наиболее удаленный ороситель от точки ввода.

На настоящий момент вопросы моделирования и расчета установок пожаротушения, сформулированы в [4, 5]. Там же приведены и рекомендуемые методики расчета. Методика определения параметров ветви с несимметричной топологией рассмотрены [6].

**Целью статьи** является получение аналитических зависимостей между параметрами гидравлических распределительных сетей произвольной топологии на базе единого подхода.

### Основная часть

Рассмотрим кольцевую расчетную схему.

Если ветви, которые присоединены к кольцевому трубопроводу распределительной сети (рис. 1)

имеют различную топологию, то выбор ДО, а соответственно, и «диктующей» ветви, нельзя определить по геометрическим параметрам распределительной сети в явном виде, и решение, предложен-

ное в [2, 3], необходимо выполнять методом последовательно-одиночных приближений. В работе предлагается метод аналитического определения выбора ДО.

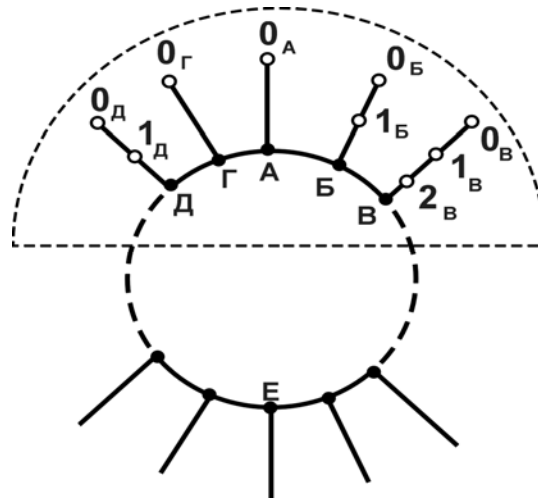


Рис. 1. Пример кольцевой распределительной сети

Количество оросителей в одной ветви может варьироваться в диапазоне от 1 до 6 в зависимости от диаметра оросителя.

В задаче рассматривается распределительная сеть спринклерной установки водяного пожаротушения (рис. 1), где точка E является точкой присоединения питающего трубопровода к распределительной сети. Для определения ДО необходимо выделить расчетную площадь пожаротушения в соответствии с классом помещения по пожарной опасности (рекомендации [2, 3]).

Для помещений в зависимости от класса пожарной опасности существуют нормы интенсивности подачи ОБ, а для фиксированных диаметров оросителей задается диапазон напора H от минимального до максимального значения. Поэтому, на ДО необходимо выполнение двух условий:

– первое

$$H_{ДО} = \left( \frac{Q_{\min}}{k} \right)^2,$$

где

$$H_{\min} \leq H_{ДО} \leq H_{\max}, \tag{1}$$

– второе

$$Q_{ДО} = k\sqrt{H_{\min}},$$

где

$$Q_{ДО} \geq Q_{\min}, \tag{2}$$

k – коэффициент расхода оросителя.

В пределах одного защищаемого помещения необходимо устанавливать оросители одного типа-размера (требование [1 – 3]).

Для определения параметров ветви используются следующие зависимости:

–расход на участке

$$Q_{(n-1) \div n} = \sum_{i=0}^{n-1} Q_i \quad (\text{л/с}), \tag{3}$$

где  $Q_i$  – расход через i-й ороситель;

– расход и напор через n-й ороситель:

$$Q_n = M_n Q_0 \quad (\text{л/с}); \tag{4}$$

$$H_n = M_n^2 H_0 \quad (\text{м}). \tag{5}$$

где  $Q_0$  – расход через диктующий ороситель;

$H_0$  – напор через диктующий ороситель;

$M_n$  – геометрический коэффициент участка гидравлической сети.

$$M_n = \sqrt{M_{n-1}^2 + \left( \sum_{i=0}^{n-1} M_i \right)^2 \cdot \frac{k^2}{k_{l(n-1) \div n}} \cdot l_{(n-1) \div n}} \tag{6}$$

где k – коэффициент расхода оросителя;

$k_l$  – удельный коэффициент потерь напора на рассматриваемом участке, который зависит от диаметра трубопровода;

l – длина участка, для которого рассчитывается геометрический коэффициент.

Для рассматриваемого схемного решения (рис. 1) с известными геометрическими размерами равно удаленным от точки ввода E есть ороситель с индексом  $0_A$ .

В зависимости от выбранного условия определяются параметры в точке присоединения ветви в точке A. При этом, напор  $H_A$  в окрестности точки A справа и слева будет одинаков, а расход может варьироваться справа и слева таким образом, что

$$Q_A = q_{A-B} + q_{A-G} = L \cdot Q_A + (1-L) \cdot Q_A \quad (\text{л/с}), \tag{7}$$

где  $L$  – коэффициент распределения потока жидкости, который меняется в диапазоне от 0 до 1.

Напор в точке Б определяется как:

$$H_B = H_A + \frac{l_{A-B} \cdot (L \cdot Q_A)^2}{k_{l_{A-B}}} \cdot (м) \quad (8)$$

Так как необходимо определить минимальные значения параметров на оросителе  $\theta_B$ , то это достигается при условии  $L=0$ . Тогда, исходя из (4), получаем

$$H_B = H_A \cdot (9)$$

Воспользовавшись методикой определения параметров ветви, изложенной в [6],  $H_{0B}$  определяется как

$$H_{0B} = H_B / M_{2B}^2 \cdot (л/с) \quad (10)$$

Если выполняются условия

$$H_{0B} \geq H_{0A} \text{ и } Q_{0B} \geq Q_{0A}, \quad (11)$$

то ороситель с индексом  $\theta_A$  является «диктующим» по отношению к оросителю с индексом  $\theta_B$  и аналогичный расчет проводится для ветви Г. При этом, минимальное значение на оросителе с индексом  $\theta_G$  достигается при значении коэффициента распределения потока жидкости  $L=1$ .

Если условия (11) не выполняются, то ороситель с индексом  $\theta_B$  будет «диктующим» по отношению оросителя с индексом  $\theta_A$  и тогда необходимо провести аналогичные расчеты с права от точки Б.

Расчет считается законченным, когда условие (11) выполняется с обеих сторон проверяемого оросителя. Для тупиковых схем с одинаковыми ветвями распределительной сети, как симметричных, так и несимметричных, гидравлический расчет начинается с наиболее удаленной точки от точки ввода. Однако, из-за сложной конфигурации защищаемого помещения топология распределительной сети может быть не одинакова (рис. 2).

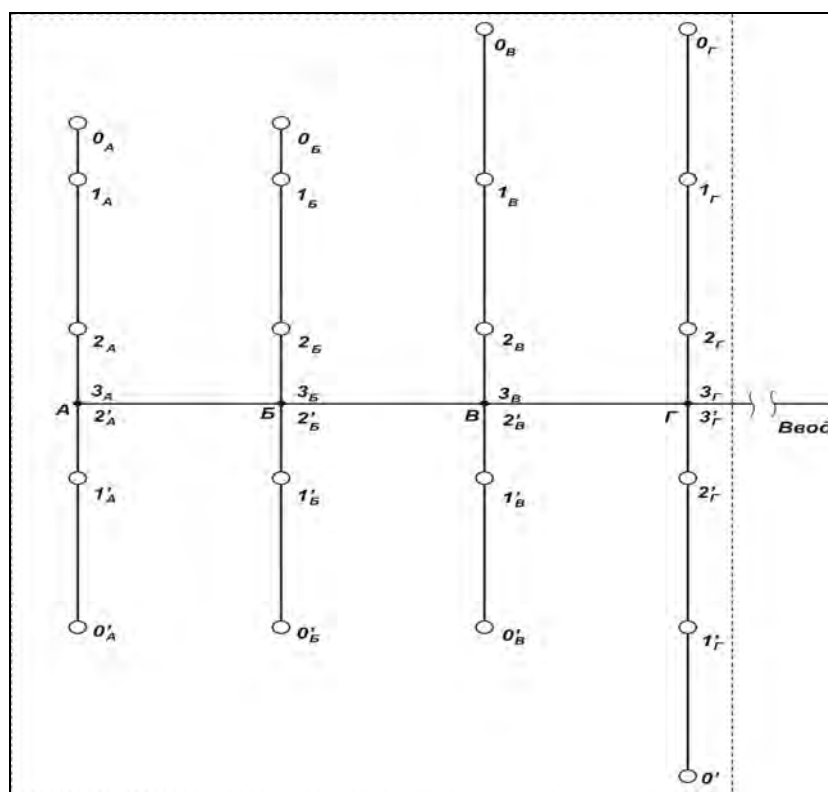


Рис. 2. Пример тупиковой распределительной сети

Наиболее удаленный ороситель от точки ввода является ороситель с индексом  $\theta_A$ . Если предположить, что он является «диктующим», то расчеты начинаются с него. Определение параметров ДО проводится аналогично кольцевым схемам и требуется выполнение условий (1) и (2). Для каждого участка ветви распределительной сети определяется коэффициент  $M_n$ . Напор в точке А определяется по формуле:

$$H_{3A} = M_{3A}^2 \cdot H_{0A} \cdot (м) \quad (12)$$

Исходя из условия, что  $H_{A(3)} = H_{A(2')}$ , используя зависимости (4) и (5) определяются параметры оросителей с индексом  $\theta'$  и  $\theta$ . Суммарное значение расхода в точке А будет равно

$$Q_A = q_{2-3} + q_{1'-2'} \cdot (л/с). \quad (13)$$

Поскольку ветви А и Б одинаковы, то используя характеристику рядка можно определить параметры в точке Б.

$$\theta = Q_A^2 / H_A \quad (14)$$

Напор в точке Б определяется как

$$H_B = H_A + \frac{l_{A-B} \cdot q_{A-B}^2}{k_{l_{A-B}}} \quad (15)$$

Расход в точке Б будет равен

$$Q_B = \sqrt{\theta \cdot H_B} \quad (16)$$

Аналогично проводятся расчеты для участка Б-В и определяются параметры в точке В. Поскольку геометрические размеры ветви в рядке В отличаются от размеров рядка А, необходимо рассчитать геометрический коэффициент для рядка В и определить параметры в точке  $\theta_B$ .

$$H_{3B} = M_{3B}^2 \cdot H_{0B}$$

Если выполняется условие

$$H_{0B} \geq H_{0A} \quad \text{и} \quad Q_{0B} \geq Q_{0A}, \quad (17)$$

то ороситель с индексом  $\theta_A$  является диктующим по отношению оросителя с индексом  $\theta_B$ .

Если условие (17) не выполняется, то диктующим оросителем является ороситель с индексом  $\theta_B$  и все гидравлические расчеты необходимо начинать с него.

Из вышеизложенного материала можно сформулировать определение:

«Диктующим» называется такой ороситель распределительной сети установок водяного пожаротушения, для которого значения напора и расхода будут наименьшими во всей сети и для которого будут выполняться условия ограничения (1, 2).

После определения минимального напора и расхода в распределительной сети ЛПР выбирает диаметры трубопроводов согласно рекомендациям [2]. При этом необходимо чтобы скорость движения жидкости в трубопроводе не превышала 10 м/с:

$$v_{(n-1) \div n} = \frac{4 \cdot q_{(n-1) \div n} \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot d_{(n-1) \div n}^2} \quad (18)$$

Расчет распределительной сети заканчивается определением напора и суммарного расхода в точке ввода в защищаемое помещение.

## Выводы

В работе был рассмотрен вопрос моделирования гидравлических распределительных сетей АУВПТ с учетом требований нормативных документов.

Предложен аналитический подход к определению начальной точки для последующих гидравлических расчетов, что позволяет уменьшить время на проведение проекторочных и проверочных вычислений и получения более точных данных.

Формализовано определение «диктующий» ороситель.

## Список литературы

1. ДБН В.2.5-56:2010 Системи протипожежного захисту. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 137 с.
2. ДСТУ Б EN 12845:2011 Стаціонарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтажування та технічне обслуговування (EN 12845:2004+A2:2009, IDT). – К.: Мінрегіон України, 2012. – 220 с.
3. ДСТУ Б CEN/TS 14816:2008. Дренчерні системи. Проектування, монтажування та технічне обслуговування (ICS 13.220.20). – К.: Мінрегіон України, 2013. – 52 с.
4. Китайцева Е.Х. Гидравлический расчет стальных и полиэтиленовых газопроводов / Е.Х. Китайцева. – М.: Полимергаз, 2000. – 120 с.
5. Мешман Л.М. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения / Л.М. Мешман, С.Т. Цариченко, В.А. Былинкин, В.В. Аleshin, Р.Ю. Губин; под общ. ред. Н.П. Копылова – М.: ВНИИПО МЧС РФ, 2002. – 413 с.
6. Мури́н М.М. Определение параметров распределительной сети установок водяного пожаротушения при их несимметричной топологии / М.М. Мури́н // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: УГЗУ, 2008. – Вып. 24. – С. 116-119.

Поступила в редколлегию 26.06.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.В. Бетин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ АВТОМАТИЧНИХ УСТАНОВОК ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ ДОВІЛЬНОЇ ТОПОЛОГІЇ

М.М. Мурін

Запропонована нова методика визначення геометричних параметрів кільцевих та тупикових розподільчих мереж автоматичних установок водяного пожежогасіння на базі єдиного підходу до їх гідравлічного розрахунку.

**Ключові слова:** автоматичні установки водяного (пінного) пожежогасіння, розподільча мережа, «диктуючий» зрошувач, гідравлічний розрахунок.

## MODELING OF DISTRIBUTION NETWORKS OF AUTOMATIC UNITS FOR WATER-BASED FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS WITH ARBITRARY TOPOLOGY

M.N. Murin

A new methodology has been proposed for determining geometric parameters of circular and buffer automatic water-based fire extinguishing distribution networks grounded on a uniform approach to hydraulic calculations.

**Keywords:** automatic fire extinguishing systems (water and foam), distribution network, “dictating” sprinkler, hydraulic calculations.