

*В.М. Комяк, д-р техн. наук, профессор, УГЗУ,  
А.Г.Коссе, канд.техн.наук, доцент, УГЗУ,  
Р.В. Романов, соискатель, УГЗУ*

## **ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В работе предлагается подход к определению надежности систем противопожарного водоснабжения. Данный подход позволит уменьшить ущерб от возможных пожаров за счет выбора оптимальных параметров систем противопожарного водоснабжения, с точки зрения надежности, при проектировании или обновлении районов городов.

**Постановка проблемы.** Успех в организации и тушении пожаров на промышленных предприятиях, общественных, жилых зданиях и сооружениях в значительной мере зависит от подготовки городов и населенных пунктов к тушению пожаров. Одним из основных элементов пожаротушения является наличие достаточного количества воды, которое обеспечивается отбором воды из искусственных и естественных источников водоснабжения.

Противопожарное водоснабжение в городах и населенных пунктах обеспечивается сетью водопровода с размещением на ней пожарных гидрантов (ПГ) для забора воды пожарными машинами.

**Анализ последних достижений и публикаций.** В настоящее время требования к проектированию централизованных постоянных внешних систем водоснабжения населенных пунктов и объектов народного хозяйства изложены в СНиП 2.04.02-84\* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» (далее СНиП 2.04.02-84\*) [1].

Однако в СНиПе 2.04.02-84\* отсутствует методика рационального размещения ПГ и обоснования их оптимального количества, не рассматриваются критерии оценки надежности систем противопожарного водоснабжения. В работе [2] построена модель и предложен подход оптимизации размещения ПГ на сети водопровода района города с учетом нормативной длины рукавных линий и наличия объектов запрета .

**Постановка задачи и ее решение.** Обеспечение надежности системы противопожарного водоснабжения, как и других систем, является одной из основных задач при их проектировании. Система должна быть спроектирована так, чтобы в процессе эксплуатации она работала без сбоев с заданной степенью надежности. За основной количественный показатель надежности принимаем вероятность безотказной работы пожарных гидрантов. Вероятность безотказной рабо-

---

---

ты - вероятность того, что в любой момент времени с помощью пожарного гидранта можно произвести отбор воды из системы водоснабжения.

Пусть вероятность того, что пожарный гидрант  $T_i$  будет исправен равна  $p_i$ .

Выдвинем гипотезу  $H_i (i = 1, \dots, n)$  о том, что пожар произошел в  $S_i$  здании, где  $n$  – количество зданий в районе, причем  $\sum_{i=1}^n P(H_i) = 1$ , а  $P(H_i)$  - вероятность пожара в  $S_i$  здании (вероятность, которая пропорциональна пожарной опасности здания). Пусть событие  $A$  состоит в том, что удалось произвести забор воды на пожаротушение в районе из системы водоснабжения. Обозначим вероятность того, что для тушения здания  $S_i$  будет подано расчетное количество воды из системы водоснабжения, как  $P(A/H_i)$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ . Тогда вероятность срабатывания системы водоснабжения в случае пожара в районе определяется, как

$$P(A) = P(H_1) \cdot P(A/H_1) + \dots + P(H_n) \cdot P(A/H_n) = \sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A/H_i) \quad (1)$$

Вероятность (надежность защиты с учетом пожарной опасности) забора воды для  $i$ -того здания можно оценить, как

$$P(A/H_i) = \frac{P(H_i) \cdot P(A/H_i)}{P(A)}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

При определении надежности противопожарной защиты района вероятность одновременного возникновения пожара в соседних зданиях можно не учитывать из-за ее малого значения ( $p = 10^{-6}$ ), а также возможности забирать воду из системы водоснабжения через один гидрант на тушение одновременных пожаров в соседних зданиях.

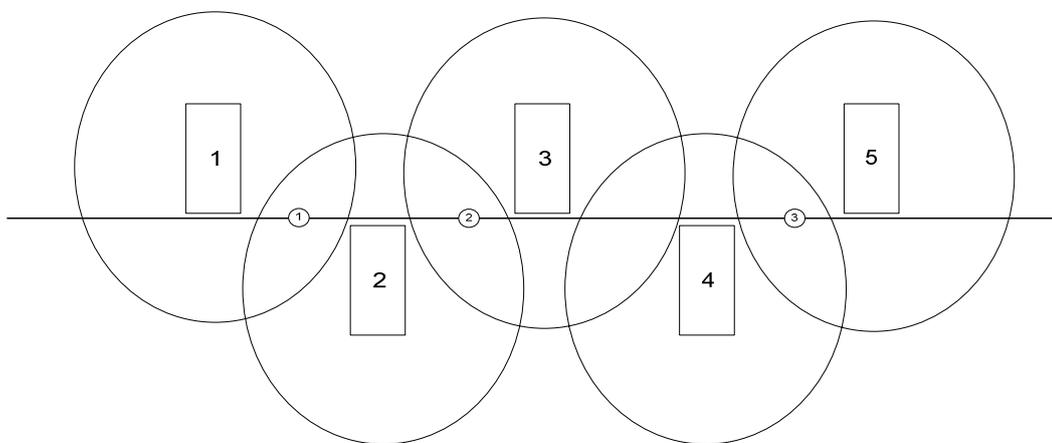
Пусть спроектирована система противопожарного водоснабжения района. Защиту зданий осуществляют ПГ, расположенных на сети водопровода в области допустимых размещений (ОДРПГ) [2], учитывающей требования к размещению ПГ с целью эффективного тушения. Защиту каждого здания  $S_i$  может осуществлять, как один, так два, три и т.д. ПГ. Оценим вероятность  $P(A/H_i)$  в каждом из вышеперечисленных случаев.

Если для противопожарной защиты здания необходим один пожарный гидрант, тогда при размещении одного пожарного гидран-

та в области допустимого размещения пожарных гидрантов (ОДРПГ) [2] этого здания вероятность того, что на пожаротушение будет подано достаточное количество воды  $P(A/H_i) = P_1$ . При размещении двух пожарных гидрантов в ОДРПГ этого здания эта вероятность равна  $P(A/H_i) = p_1 \cdot p_2 + \overline{p_1} \cdot p_2 + p_1 \cdot \overline{p_2}$  или  $1 \setminus \overline{p_1} \cdot \overline{p_2}$ . При размещении трех пожарных гидрантов в ОДРПГ этого здания эта вероятность равна  $P(A/H_i) = 1 \setminus \overline{p_1} \cdot \overline{p_2} \cdot \overline{p_3}$  и т.д.

Если для противопожарной защиты здания требуется расчетное количество два пожарных гидранта, тогда при размещении одного пожарного гидранта в ОДРПГ этого здания вероятность того, что на пожаротушение будет подано достаточное количество воды равно  $P(A/H_i) = \overline{p_1} \cdot \overline{p_2}$ . При размещении двух пожарных гидрантов в ОДРПГ этого здания эта вероятность равна  $p_1 \cdot p_2$ . При размещении трех пожарных гидрантов в ОДРПГ этого здания эта вероятность равна  $P(A/H_i) = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 + p_1 \cdot p_2 \cdot \overline{p_3} + \overline{p_1} \cdot p_2 \cdot p_3 + p_1 \cdot \overline{p_2} \cdot p_3$  и т.д.

Рассмотри группу зданий, показанных на рис.1. Пусть для противопожарной защиты каждого здания необходимо по одному пожарному гидранту, который размещается на сети водопровода. Оценим надежность системы протипожарного водоснабжения.



**Рисунок 1 – Группа зданий (прямоугольники) проектируемого района, а эллипсы – это границы ОДРПГ**

Пусть вероятность пожара на каждом из зданий одинакова, т.е.

$$P(H_1) = P(H_2) = P(H_3) = P(H_4) = P(H_5); \sum_{i=1}^5 P(H_i) = 1. \quad \text{Тогда}$$

$P(H_i) = \frac{1}{5}, i = 1, \dots, 5$ . Пусть надежность работы гидрантов (вероятность безотказной работы) одинакова, т.е.  $p_i = 0,9 (i = 1, \dots, 5)$ . Тогда

---

---

$$P(A/H_1) = P_1 = 0,9;$$

$$P(A/H_2) = p_1 \cdot p_2 + \overline{p_1} \cdot p_2 + p_1 \cdot \overline{p_2} = 0,91;$$

$$P(A/H_3) = P_2 = 0,9; P(A/H_4) = P(A/H_5) = P_3 = 0,9.$$

Определим надежность системы по формуле(1):

$$P(A) = 0,9 \cdot 0,2 + 0,91 \cdot 0,2 + 3 \cdot (0,9 \cdot 0,2) = 0,902$$

Оценим вероятность (по формуле(2))того, что пожар произойдет на каждом из зданий и система при этом сработает:

$$P(H_i/A) = 0,19956, i = 1,3,4,5; P(H_2/A) = 0,2018.$$

Подход к оценке надежности системы будет верен, если пожарная опасность зданий  $P(H_i)$  и надежность работы гидрантов  $P_i$  будут разными.

В качестве оценки противопожарной защиты группы зданий может быть использовано математическое ожидание надежности срабатывания системы:

$$M(P(A)) = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}. \quad (3)$$

Для рассматриваемого примера, математическое ожидание надежности системы будет равно 0,902.

**Выводы.** Предложенный подход к определению надежности систем противопожарного водоснабжения позволит уменьшить ущерб от возможных пожаров за счет выбора оптимальных, с точки зрения надежности, параметров систем противопожарного водоснабжения при проектировании или обновлении районов городов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985.

2. Комяк В.М. Подход к построению области допустимого размещения пожарных гидрантов / Комяк В.М., Романов Р.В.// Проблемы пожарной безопасности: сборник научных трудов. Вып. 18 – Харьков: Фолио, 2005. – С. 93-97.  
nuczu.edu.ua

Статья поступила в редакцию 18.03.2009 г.