

*С.А. Виноградов, к.т.н., ст. преподаватель, НУГЗУ,  
И.Н. Грицына, к.т.н., доцент, зам. нач. каф., НУГЗУ,  
А.М. Семко, д.т.н., профессор, ДонНУ*

## **ЭМПИРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ВОДЯНОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ГАЗОВЫХ ФОНТАНОВ**

(представлено д-ром техн. наук Басмановым А.Е.)

В статье получены эмпирические зависимости, позволяющие определить основные размеры водяной системы пожаротушения импульсного действия в зависимости от его дебита на основе проведенных экспериментальных исследований по распространению высокоскоростной струи водяного огнетушащего вещества и известных теоретических зависимостей основных размеров факела пламени фонтана от его расхода.

**Ключевые слова:** газовый фонтан, пожаротушение, водяная система пожаротушения импульсного действия, эмпирическая зависимость.

**Постановка проблемы.** Использование высокоскоростных струй водяного огнетушащего вещества является перспективным направлением повышения эффективности тушения газовых фонтанов [1]. Для получения таких струй используются водяные системы пожаротушения импульсного действия (ВСПИД), принцип работы которых базируется на вытеснении жидкости из замкнутого объема через малое отверстие под большим давлением.

Основной проблемой, возникающей при моделировании ВСПИД для тушения газовых фонтанов и полета ее струи, является отсутствие адекватных моделей, описывающих эти процессы. Поэтому первичной актуальной задачей является разработка эмпирических зависимостей, позволяющих определить геометрические размеры ВСПИД для тушения газовых фонтанов.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работе [1] разработан и создан экспериментальный образец водяной системы пожаротушения импульсного действия для тушения макетного очага пожара класса С, обоснованы его параметры и проведены экспериментальные исследования его применения. Однако параметры ВСПИД для тушения реальных газовых фонтанов определены не были и формулы, позволяющие их определить, не были получены. Авторами также разработаны общие принципы работы такой установки без указания ее геометрических размеров [2].

Для моделирования процессов, протекающих в полости пожарных стволов и на участке доставки огнетушащего вещества, принято

использовать зависимости, приведенные в [3]. Однако для высокоскоростных струй эти зависимости не могут быть применены [4].

**Постановка задачи и ее решение.** Задачей данной статьи является получение эмпирических зависимостей, позволяющих определить основные размеры ВСПИД для тушения реальных газовых фонтанов на основе проведенных экспериментальных и теоретических исследований.

Рассматривая схему горения газового фонтана (рис. 1) отметим, что опыт тушения таких возгораний показывает [5], что для успешного тушения газового факела водяными составами, струи должны быть направлены в зону зажигающего кольца, которая находится на расстоянии  $H_T$  от устья скважины

$$H_m = (0,15 \div 0,25) \cdot H_\phi. \quad (1)$$

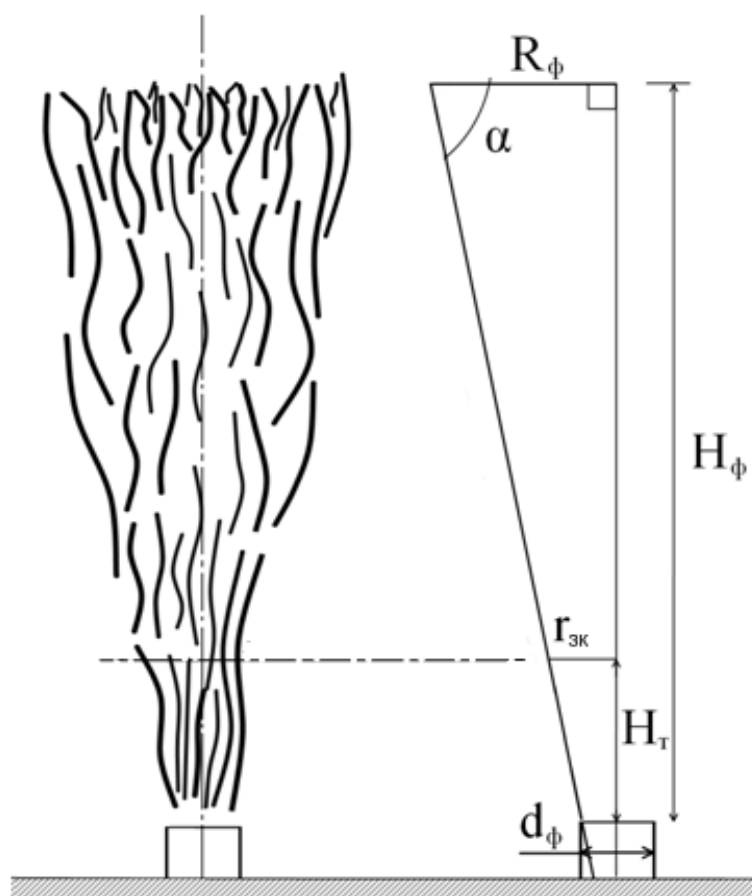


Рис. 1. Схема горения газового фонтана

Известно [5], что максимальный диаметр в верхней части турбулентного диффузионного факела можно определить

$$D_\phi = 0,12 \cdot H_\phi, \quad (2)$$

где  $H_\phi$  – высота газового факела.

По схеме на рис. 1 размер зоны зажигающего кольца газового фонтана

$$d_{зк} = 2r_m = 2(R_\phi - (H_\phi - H_m)/\text{tg}\alpha) \quad (3)$$

Подставляя (1)-(2) в (3) и выполнив преобразования, получим

$$d_{зк} = 0,024 \cdot H_\phi \quad (4)$$

По данным [6], высота газового фонтана  $H_\phi$  зависит от его дебита  $\omega$

$$H_\phi = 24 \cdot \omega^{0,4} \quad (5)$$

где  $\omega$  – дебит газового фонтана, млн. м<sup>3</sup>/сутки.

С учетом (5), размер зоны зажигающего кольца

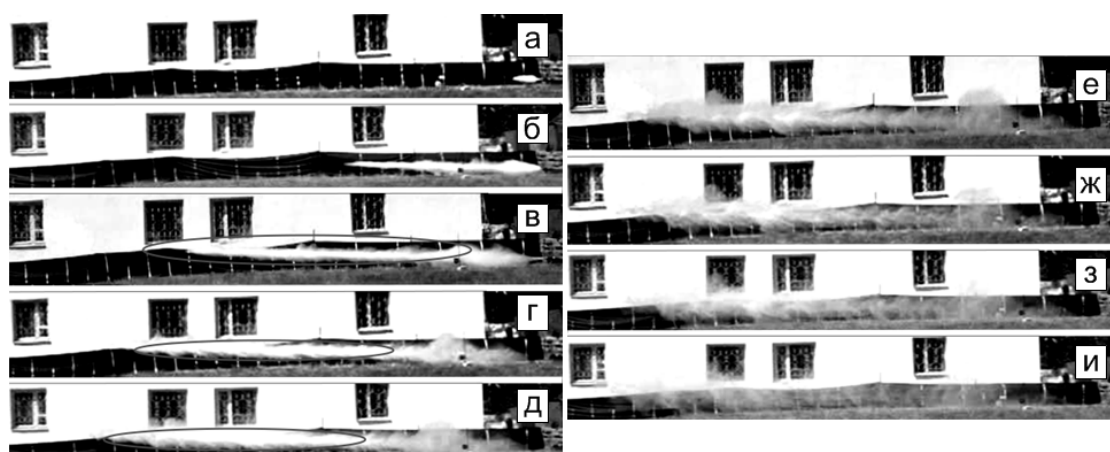
$$d_{зк} = 0,576 \cdot \omega^{0,4} \quad (6)$$

Для успешного тушения газового фонтана необходимо, чтобы поперечное сечение струи перед входом в газовый факел  $S_j$  было вдвое больше размера зоны зажигающего кольца. Исходя из этого,

$$S_j \approx 1,15 \cdot \omega^{0,4} \quad (7)$$

В [1] проведены экспериментальные исследования по изучению характера распространения высокоскоростной струи водяного огне-тушащего вещества, которые показали, что высокоскоростная струя распространяется в пространстве неравномерно. Характер распространения струи не зависит от начальных параметров.

Рассмотрим полет высокоскоростной струи (рис. 2). Струя вылетает из ВСПИД со скоростью, которая возрастает со временем.



**Рис. 2. Видеограмма полета высокоскоростной струи водяного огне-тушащего вещества**

Из видеограммы на рис. 2 (в) видно окончание выстрела, которое сопровождается отрывом струи от сопла. Длина вытянутого ядра

струи при этом составляет около 5 м. Далее за ядром на длину порядка 1,5 м следует капельное облако, которое образовалось вследствие обдирки головной части струи и отбрасывания капель на периферию.

Около 60 % всего расстояния, которое пролетает струя, она преодолевает, имея выраженное плотное ядро (рис. 2, а-в). На этом участке скорость полета струи возрастает и достигает своего максимума.

По мере отдаления струи от сопла, длина и плотность ядра резко уменьшается (рис. 2, г-д). На рис. 2 (д) струя еще имеет ядро, однако скорость струи уже меньше, чем на рис. 2 (в).

При последующем движении струи, на расстоянии порядка 80 % всего расстояния, которое пролетает струя, происходит замедление скорости ее головы. Ядро струи разрушается, принимая очертания капельного облака (рис. 2, г-и). При этом диаметр струи  $S_f \approx 1$  м, что соответствует  $S_f = (65 \div 70) \cdot d_s$ , где  $d_s$  – диаметр сопла ВСПИД, м. На этом участке энергии струи достаточно для тушения макетного очага пожара класса С.

Таким образом, с учетом (7), диаметр сопла  $d_s$  ВСПИД должен составлять

$$d_s = 0,017 \cdot \omega^{0,4}. \quad (8)$$

В [7] установлено, что при соотношении радиуса ствола  $r_c$  и радиуса сопла  $r_s$  ВСПИД  $\frac{r_c}{r_s} \geq 3$  наблюдается максимально возможное увеличение скорости  $u_s$  истечения струи водяного огнетушащего вещества.

Таким образом, диаметр ствола  $d_c$  ВСПИД для тушения газовых фонтанов может быть определен из зависимости

$$d_c = 0,051 \cdot \omega^{0,4}. \quad (9)$$

**Выводы.** На основании проведенных экспериментальных и теоретических исследований получены эмпирические зависимости, которые позволяют определить диаметр ствола водяной системы пожаротушения импульсного действия для тушения газовых фонтанов и диаметр ее сопла в зависимости от дебита фонтана, описывающиеся уравнениями (9) и (8), соответственно. Количество жидкости, необходимое для тушения, может быть установлено при проведении дополнительных экспериментальных исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов С.А. Підвищення ефективності гасіння газових фонтанів: дис. ... канд. техн. наук: 21.06.02 / Виноградов Станіслав Андрійович. – Х., 2012. – 168 с.

2. Пат. 66434 Україна, МПК (2011.01) А 62 С 27/00. Установка для гасіння пожеж / Ларін О.М., Семко О.М., Грицина І.М., Виноградов С.А.; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. - № u 201103022, заяв. 15.03.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. №1.

3. Абрамов Ю.А. Моделирование процессов в пожарных стволах / Абрамов Ю.А., Росоха В.Е., Шаповалова Е.А. – Харьков: Фолио, 2001. – 195 с.

4. Виноградов С.А. Расчет длины сплошного участка ультраструи / Виноградов С.А., Грицына И.Н., Быченко С.Н. // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів: наук.-техн. конф., грудень 2010. – Харків: НУЦЗУ. – с. 17-19.

5. Абдурагимов И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. – М. ВИПТШ МВД СССР, 1980. – 255 с.

6. Повзик Я.С. Пожарная тактика: учебное пособие / Повзик Я.С. – М.: ЗАО «Спецтехника», 2000. – 413 с.

7. Грицына И.Н. Имитационное моделирование изменения максимальной скорости истечения струи установки импульсного действия для тушения газовых фонтанов / Грицына И.Н., Виноградов С.А., Пономаренко Р.В. // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2012. – Вып. 31. – С. 48-54.

С.А. Виноградов, І.М. Грицина, О.М. Семко

**Емпіричні залежності визначення основних розмірів водяної системи пожежогасіння імпульсної дії для гасіння газових фонтанів**

У статті отримані емпіричні залежності, що дозволяють визначити основні розміри водної системи пожежогасіння імпульсної дії в залежності від його дебіту на основі проведених експериментальних досліджень з розповсюдження високошвидкісного струменя водної вогнегасної речовини і відомих теоретичних залежностей основних розмірів факела полум'я фонтана від його витрати.

**Ключові слова:** газовий фонтан, пожежогасіння, водна система пожежогасіння імпульсної дії, емпірична залежність.

S.A. Vinogradov, I.N. Gritsyna, A.N. Semko

**Empirical relationships determine the main dimensions of impulse action water fire-fighting system to extinguish the gas blowouts**

In this paper the empirical dependence for determining the basic dimensions of action water fire-fighting system depending on its flow rate on the basis of experimental studies of the distribution of high-speed jet of water and extinguishing agent known theoretical dependence of the size of the flame fountain of his expenses.

**Keywords:** gas blowout , fire fighting , water fire extinguishing system impulse actions empirical relationship.