

УДК 614.844.5:614.844.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОРОСИТЕЛЕЙ НА КРАТНОСТЬ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ

Камлюк А.Н., Лихоманов А.О.

Проведены экспериментальные исследования процесса образования воздушно-механической пены низкой кратности в розеточных оросителях с целью установления влияния отдельных элементов их конструкции на кратность получаемой пены. Проведен анализ полученных экспериментальных данных и определены наиболее перспективные направления повышения эффективности тушения пенными оросителями в автоматических установках пожаротушения.

Ключевые слова: автоматические установки пожаротушения, воздушно-механическая пена, предварительная аэрация, кратность пены, оросители, труба Вентури, розетка оросителя, эффективность тушения.

(Поступила в редакцию 5 апреля 2017 г.)

Введение. Автоматические установки пожаротушения (далее – УП) являются наиболее эффективными средствами противопожарной защиты зданий и сооружений. Высокая эффективность обеспечивается тем, что огнетушащее вещество в УП при возгорании автоматически подается в защищаемый объем и позволяет ликвидировать пожар на ранней стадии. По данным крупных зарубежных организаций [1, 2], занимающихся вопросами обеспечения пожарной безопасности, УП срабатывают, локализуют либо ликвидируют пожар в 93 % случаев. Причинами остальных 7 % неэффективности систем являются: 66 % – УП на момент возникновения пожара находились в отключенном состоянии, 16 % – были отключены либо выведены из строя путем ручного вмешательства, 10 % – некачественное обслуживание систем, 6 % – вид УП и/или огнетушащего вещества не соответствовали данному типу помещений и/или пожарной нагрузки, 2 % – были повреждены элементы систем. По представленной статистике видно, что в подавляющем большинстве случаев причиной невыполнения своих функций УП является человеческий фактор. Следовательно, можно утверждать, что при корректном проектировании, монтаже и обслуживании УП их эффективность может достигать 99 %. В различные годы данными системами было ликвидировано от 70 до 90 % пожаров при срабатывании не более чем 10 оросителей [3].

В настоящее время объем производства оросителей растет с большой интенсивностью как на территории Беларуси, так и за рубежом. Общемировой рост потребления оросителей для автоматических установок пожаротушения связан как с их высокой эффективностью, так и с предоставлением льгот при страховании при оборудовании помещений данными системами. Так, по данным [3] в Китайской Народной Республике внутренний рынок спринклеров за последние 10 лет вырос от единичных случаев установки до около 15 млн штук ежегодно устанавливаемых оросителей.

Наиболее применяемыми огнетушащими веществами в автоматических установках пожаротушения являются вода и пена [4]. Пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из ячеек с газом, разделенных пленками жидкости, содержащей пенообразователь. Пенные установки получили широкое применение практически во всех странах мира при обеспечении пожарной безопасности зданий и сооружений, где тушение пеной будет наиболее эффективным, а именно: на химических, нефтехимических и металлургических предприятиях, в складских помещениях, общественных и образовательных учреждениях, учреждениях здравоохранения и общественного питания. По данным МЧС Беларуси доля пенных УП составляет более 15 % от всех эксплуатируемых на территории страны систем [5].

Для получения воздушно-механической пены в современных автоматических уста-

новках пожаротушения используется два типа пенообразующих устройств: 1) механические пенообразующие устройства для получения пены низкой кратности (оросители розеточные, центробежные (эвольвентные), диафрагменные (каскадные), винтовые, шелевые, струйные, лопаточные и др.); 2) устройства для получения пены средней кратности (сеточные генераторы) типа ГПСС-200, ГПСС-600, ГПСС-2000, ГЧСМ. Под кратностью пены K понимается величина, равная отношению объема пены к объему раствора пенообразователя, содержащегося в ней. Иными словами, кратность показывает количество газа в пене, полученной из определенного количества пенообразователя. Различают пены низкой ($K < 20$), средней ($K = 20 \div 200$) и высокой ($K > 200$) кратности [6]. Безродным И.Ф., Меркуловым В.А., Кучером В.М., а также рядом других ученых и специалистов, занимавшихся исследованием процессов разрушения огнетушащих пен, определено, что пены низкой кратности обладают наибольшей проникающей способностью, растекаемостью по поверхности и эффективностью охлаждения по сравнению с пенами средней и высокой кратности [7-11].

Для получения пены низкой кратности наибольшей популярностью (до 90 % от общего числа пенных оросителей) пользуются розеточные оросители универсальные [4, 12]. Оросители в зависимости от наличия теплового замка либо привода для срабатывания подразделяются на спринклерные, дренчерные, с управляемым приводом, а также комбинированные [6]. В большинстве случаев применяются спринклерные либо дренчерные оросители. Спринклерный ороситель имеет запорное устройство выходного отверстия, вскрываемым при срабатывании теплового замка при определенной температуре. Дренчерный ороситель отличается отсутствием запорного устройства и теплового замка. Универсальными являются оросители, которые допускают применение для тушения очага пожара в УП как воды, так и водных растворов, в том числе пенных [6]. При этом оросители универсальные всех марок производителей имеют схожую конструкцию, характеристики для гидравлического расчета и принцип действия. При работе оросителей розеточного типа во время пожара водный раствор пенообразователя, проходя через выходное отверстие оросителя, формируется в коническую струю и подается на специальную перфорированную розетку, которая реализует механизм дезинтеграции потока пенообразователя и его вспенивание. Принцип работы розеточных пенных оросителей заключается в эжекции воздуха за счет скорости струи пенообразователя [5].

Популярность данного типа оросителей можно объяснить относительной простотой конструкции, что значительно уменьшает стоимость их производства и эксплуатации, однако, по декларируемой сопроводительной документации на изделия кратность воздушно-механической пены при их использовании не превышает 5–7.

Для повышения эффективности тушения розеточными оросителями в работе [13] была предложена конструкция пенного оросителя с предварительной аэрацией огнетушащей рабочей среды, состоящая из эжектора и оросителя универсального. Наибольший интерес в данной конструкции представляет эжектор, установленный перед оросителем, предназначенный для предварительной аэрации (газонасыщения) раствора пенообразователя. Эжектор имеет конфузорный и диффузорный участки, участок узкого сечения и выполнен по типу трубы Вентури с отверстиями для эжекции воздуха. Принцип действия данной конструкции заключается в подсосе окружающего воздуха через отверстия в корпусе оросителя за счет создаваемого в узком сечении эжектора разрежения. Благодаря предварительной аэрации образуемый на выходе газожидкостный поток, проходя через ороситель универсальный и попадая на его розетку, не способен сопротивляться растягивающим усилиям и легко дробится, образуя воздушно-механическую пену кратностью 10–14 [13]. В работе [15] также было подтверждено положительное влияние аэрации огнетушащего вещества на кратность получаемой пены при разработке конструкции водопенного насадка для пожарного ствола.

Недостатком конструкции эжектора [13] является сложность ее изготовления, при

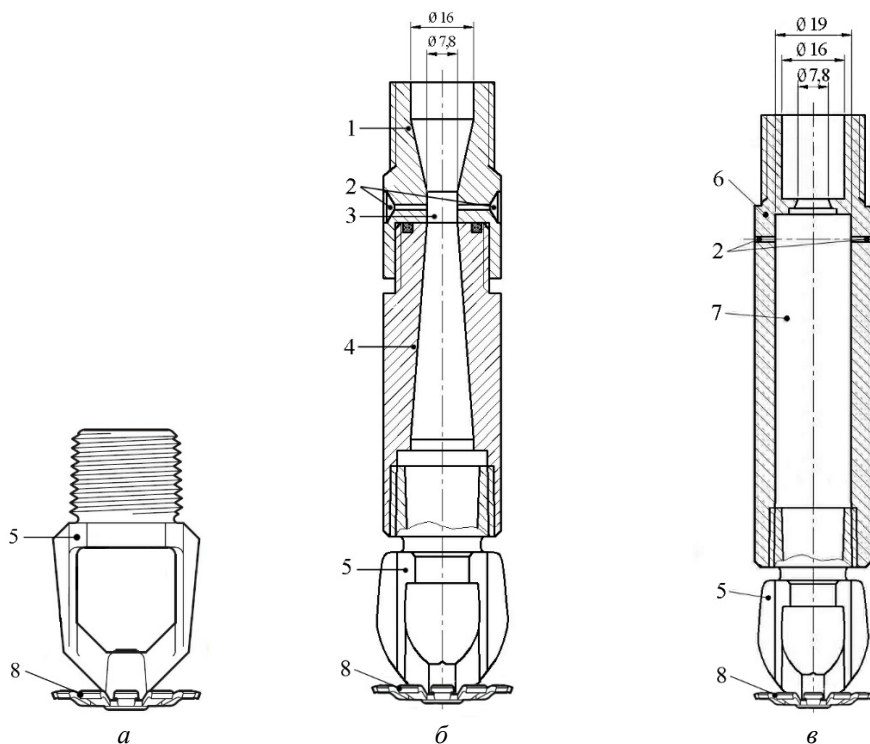
этом выполненный по типу трубы Вентури эжектор создающий гидродинамические условия для подсосывания воздуха, приводит к возникновению дополнительных потерь энергии. Также следует отметить ограниченный диапазон давлений, при которых в конструкции эжектора [13] будет проявляться эффект Вентури и производиться эжекция воздуха в поток раствора пенообразователя. С целью снижения технологических затрат на изготовление эжектора в [14] предлагается выполнить его проточный тракт цилиндрической формы, где подводящий и отводящий участки разделены диафрагмой с коническим проходным отверстием. За диафрагмой по ходу движения раствора пенообразователя располагаются отверстия для подсоса воздуха. Эжекция окружающего воздуха через отверстия в корпусе оросителя, по утверждению авторов, будет происходить за счет возникновения вихревых зон с нулевым давлением в их центрах за диафрагмой по ходу движения огнетушащего вещества. Однако характеристики получаемой в данном случае воздушно-механической пены в патенте не указываются, а также отсутствуют экспериментальные данные, доказывающие образование вихревых зон в полости эжектора, обеспечивающих подсос воздуха через отверстия в его корпусе.

Для получения воздушно-механической пены кратностью $K = 10\text{--}15$ можно использовать не только различные конструкции эжекторов, но и розеток, на которых происходит механическое разбиение газожидкостного потока. Благодаря активному внедрению аддитивных технологий в промышленности в перспективе можно изготавливать розетки любой геометрической формы, в том числе из металла. Геометрическая форма таких розеток может быть рассчитана и оптимизирована путем 3D-моделирования, а также точно воспроизведена посредством 3D-печати.

В настоящее время отсутствуют теоретические и экспериментальные данные о вкладе конструктивных пенообразующих факторов на значение кратности получаемой воздушно-механической пены, а именно влияние эжектора и розетки. Путем дифференциации влияния каждого из указанных факторов на кратность пены можно определить наиболее перспективное направление повышения эффективности тушения пенными оросителями в автоматических установках пожаротушения.

Описание экспериментальной установки и методики эксперимента. В рамках решения поставленной цели, заключающейся в проведении анализа экспериментальных данных о вкладе отдельных элементов конструкции современных оросителей в увеличение кратности получаемой воздушно-механической пены, были проведены исследования процесса образования пены низкой кратности в розеточных оросителях различной конструкции.

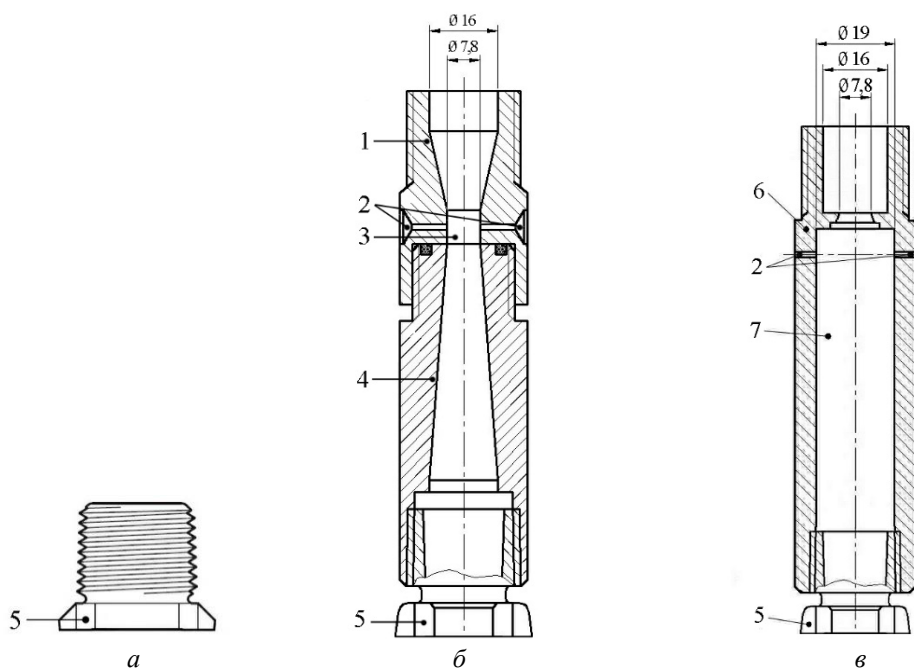
При выполнении серии экспериментов определялась кратность воздушно-механической пены, получаемой через оросители шести типов конструктивного исполнения (оросители № 1 – № 6, рисунки 1 и 2). Стандартный ороситель универсальный ТУСО 3251 принят в качестве экспериментального образца оросителя № 1 (рисунок 1, а). Конструкция оросителя № 2 аналогична предложенной в [13, 14] и представляет собой эжектор с 6-ю отверстиями, выполненный по принципу трубы Вентури, с оросителем универсальным ТУСО 3251 (рисунок 1, б). Конструкция оросителя № 3 выполнена согласно [14] и имеет цилиндрическую форму проточного тракта эжектора с шестью отверстиями для подсоса воздуха, разделенного диафрагмой с проходным отверстием, и ороситель универсальный ТУСО 3251 (рисунок 1, в). Конструкции оросителей № 4, № 5 и № 6 представляют собой соответственно оросители № 1, № 2 и № 3, но только со срезанной розеткой (рисунок 2, а–в).



а – ороситель № 1; б – ороситель № 2; в – ороситель № 3;

1 – конфузор; 2 – отверстия для эжекции воздуха; 3 – узкое сечение; 4 – диффузор; 5 – ороситель универсальный; 6 – корпус эжектора; 7 – отверстие для подачи огнетушащего веществ; 8 – розетка

Рисунок 1. – Схемы экспериментальных конструкций оросителей № 1 – № 3

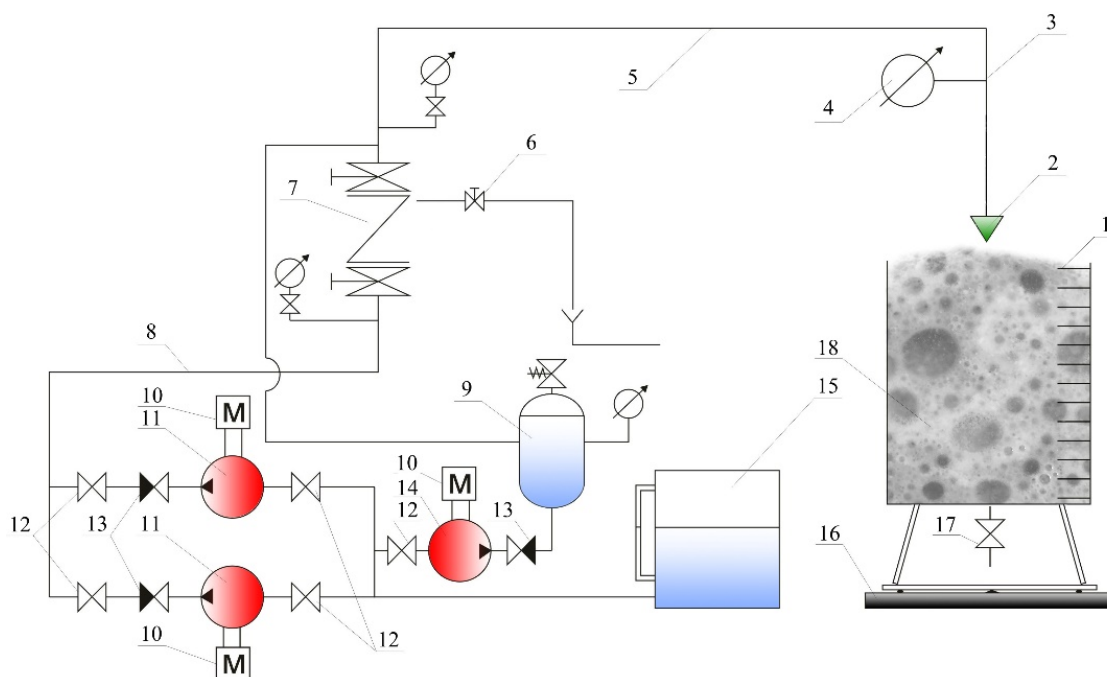


а – ороситель № 4; б – ороситель № 5; в – ороситель № 6;

1 – конфузор; 2 – отверстия для эжекции воздуха; 3 – узкое сечение; 4 – диффузор; 5 – ороситель универсальный; 6 – корпус эжектора; 7 – отверстие для подачи огнетушащего веществ

Рисунок 2. – Схемы экспериментальных конструкций оросителей № 4 – № 6

Экспериментальные исследования проводились на установке, гидравлическая схема которой представлена на рисунке 3.



- 1 – шкала; 2 – ороситель; 3 – распределительный трубопровод; 4 – манометр; 5 – питающий трубопровод; 6 – кран ручного пуска; 7 – клапан запорный универсальный; 8 – подводящий трубопровод; 9 – пневмобак; 10 – электроприводы насосов; 11 – основной и резервный насосы; 12 – регулирующие вентили; 13 – обратный клапан; 14 – жокей-насос; 15 – емкость для раствора пенообразователя; 16 – электронные весы; 17 – сливной кран; 18 – мерная емкость

Рисунок 3. – Схема экспериментальной установки для исследования влияния конструктивных элементов оросителя на кратность воздушно-механической пены

В ходе эксперимента применялись средства измерений и оборудование, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. – Средства измерений и оборудование для обеспечения экспериментальных исследований

Наименование	Диапазон измерений	Цена деления	Класс точности
Весы (электронные) для статического взвешивания типа ВЛК-500	(0–50) кг	–	средний (по ГОСТ 24104)
Секундомер СОПр-2а-3-000	(0–30) мин	0,2 сек	3
Термометр лабораторный по ГОСТ 28498	(–30 ÷ +70) °С	1°С	2
Манометр МПТИ-УЗ	(0–0,25) МПа	0,005 МПа	0,4
Прямоугольная емкость для сбора пены (H = 0,5 м; V = 50 дм ³)	–	–	–

Получение воздушно-механической пены низкой кратности осуществлялось при использовании водного раствора пенообразователя (ПО) марки «Синтек». Для этого емкость 15 заполняли 470 л воды и 30 л пенообразователя. При помощи термометра лабораторного определялась температура полученной смеси, которая должна находиться в диапазоне 10÷30 °С. Далее производилась циркуляция смеси воды и пенообразователя по замкнутому контуру экспериментальной установки с целью равномерного перемешивания ее компонентов и получения шестипроцентного раствора пенообразователя. Процесс перемешивания осуществлялся следующим образом: включали насосы 11, открывали вентили 12 и вентиль обводной линии 19, затем путем поднятия рычага клапана запорного универсального 7 в положение «Открыто» активировался ток смеси воды и ПО по обводной линии обратно в емкость 15. Перемешивание осуществлялось в течение 20 мин. После этого вентиль 19 закрывали. Далее для подачи раствора пенообразователя к оросителю открывался кран ручного пуска 6, устанавливалось рабочее давление $(0,2 \pm 0,01)$ МПа в трубопроводах 3, 5 и 8, определяемое по манометру 4.

После установления равномерного потока пены из оросителя (5–10 с, по секундомеру), осуществлялся ее сбор при помощи мерной емкости 18. Сбор пены выполнялся следующим образом: в начальный момент емкость 18 устанавливалась таким образом, что розетка оросителя (для оросителей № 1 – № 3, рисунок 1) либо его выходное отверстие (для оросителей № 4 – № 6, рисунок 2) находилось на расстоянии (5 ± 1) см от дна мерной емкости, после чего она постепенно опускалась вниз по мере наполнения и убиралась из-под потока огнетушащего вещества при достижении верхней кромки емкости. Затем определяли массу емкости с пеной путем взвешивания на электрических весах 16.

При заданном давлении для каждого оросителя производилось не менее 5 измерений. После проведения эксперимента закрывали рычаг КЗУ 7, вентили 12, кран ручного пуска 6 и выключали насосы 11.

Определение кратности пены, получаемой из оросителей № 1 – № 6, производилось объемным методом. Определив массу емкости 15, полностью наполненной пеной, кратность рассчитывали по формуле [6]:

$$K = \frac{V_{\text{м.е.}}}{m_2 - m_1} \cdot \rho_p, \quad (1)$$

где $V_{\text{м.е.}}$ – объем мерной емкости, м^3 ;

m_2 – масса мерной емкости, заполненной пеной, кг;


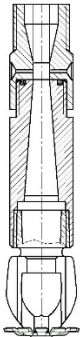

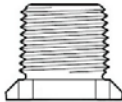
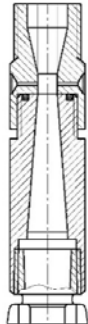
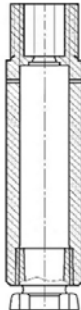
m_1 – масса мерной емкости, кг;

ρ_p – плотность раствора пенообразователя, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Обработка полученных экспериментальных данных производилась в соответствии с [16].

Результаты экспериментальных исследований и выводы. В результате проведенных экспериментальных исследований были получены численные значения кратности воздушно-механической пены, получаемой при использовании шести различных конструкций оросителей. Экспериментальные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты экспериментальных исследований

Наименование параметра	Значение параметра для оросителя					
Номер схемы оросителя	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Схема оросителя						
Предварительная аэрация за счет эффекта Вентури	–	+	–	–	+	–
Предварительная аэрация за счет вихревых зон	–	–	+	–	–	+
Механическое разбиение о розетку	+	+	+	–	–	–
Создание распыленной струи	+	+	+	–	–	–
Кратность пены	6,5	12,2	10,9	2,9	4,5	3,9

Проводя сравнение полученных значений кратности воздушно-механической пены при использовании оросителей с наличием розетки, т. е. оросителей № 1 – № 3 (таблица 2), необходимо отметить подтверждение опытных данных, представленных в работе [13], о значительном увеличении кратности пены при использовании эжектора, выполненного по принципу трубы Вентури, по сравнению со стандартными универсальными розеточными оросителями (K увеличена на 88 % по сравнению с оросителем № 1). Также высокую эффективность в повышении кратности пены показал ороситель № 3, осуществляющий предварительную аэрацию раствора пенообразователя по механизму, описанному в [14] (K увеличена на 68 % по сравнению с оросителем № 1). Кратность пены при использовании оросителя № 3 меньше оросителя № 2 всего на 12 %. Это подтверждает тот факт, что конструкция эжектора [14] способна осуществлять предварительную аэрацию огнетушащего вещества практически с одинаковой эффективностью в сравнении с конструкцией эжектора, представленной в работе [13]. В этом случае отпадает необходимость в сложной конструкции проточного тракта в виде трубы Вентури.

Положительный эффект от предварительной аэрации сохраняется и в случае, когда розетка отсутствует (оросители № 4 – № 6, таблица 2).

Сопоставляя значения кратности пены, полученные при использовании оросителей № 1 и № 4, № 2 и № 5, № 3 и № 6 (таблица 2), видно, что механическое разбиение потока раствора пенообразователя о розетку не только способствует его существенному повышению (на 124 %, 171 % и 179 % соответственно), но и обеспечивает создание распыленной струи огнетушащего вещества, орошающей необходимую для защиты площадь, чего не происходит при отсутствии розетки оросителя.

В ходе проведения экспериментальных исследований было замечено, что положение мерной емкости при сборе пены в серии опытов с оросителями без розетки (оросители № 4 – № 6) оказывает влияние на кратность получаемой пены. Ввиду этого была проведена дополнительная серия экспериментов, при выполнении которых была незначительно изменена методика их проведения в части осуществления сбора пены. Изменение заключалось в следующем: в начальный момент сбора пены мерная емкость 18 подносилась таким образом, что его выходное отверстие (для оросителей № 4 – № 6) находилось на одном уровне с верхней кромкой емкости, при этом расстояние до ее дна составляло около 50 см. Результаты проведенной серии дополнительных экспериментов приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Результаты дополнительных экспериментальных исследований

Наименование параметра	Значение параметра для оросителя		
	№ 4	№ 5	№ 6
Номер схемы оросителя			
Схема оросителя			
Предварительная аэрация за счет эффекта Вентури	–	+	–
Предварительная аэрация за счет вихревых зон	–	–	+
Кратность пены	6,2	14,2	12,2

Увеличение расстояния до дна мерной емкости при сборе пены показали значительное увеличение кратности пены при использовании оросителей № 4 – № 6 по сравнению с

полученными данными для данных оросителей в первом случае (на 114 %, 207 % и 162 % соответственно). Данный факт говорит о том, что увеличение скорости струи за счет ускорения свободного падения и удар о препятствие, в данном случае в виде дна мерной емкости, создает настолько мощный эффект дезинтеграции потока огнетушащего вещества, что кратность в случае применения эжекторов для предварительной аэрации превышает значения, полученные при их использовании с оросителями универсальными с розеткой, установленной, как правило, на расстоянии 3–4 диаметра выходного отверстия оросителя.

Выводы. Таким образом, по результатам анализа полученных экспериментальных данных установлено влияние отдельных конструктивных элементов современных оросителей на кратность воздушно-механической пены. Подтверждена эффективность предварительной аэрации огнетушащего вещества, при этом показано, что простые конструкции эжектора (например, ороситель № 3) не уступают по своим аэрационным способностям эжекторам, выполненным по принципу трубы Вентури (например, ороситель № 2). Кроме того, установлено, что наибольший вклад в увеличение кратности приносит разбиение потока раствора пенообразователя о розетку оросителя. Следовательно, путем моделирования поверхности розетки, способа ее крепления (например, в оросителе № 1 газожидкостный поток сначала ударяется о винт оросителя, где теряет скорость, после чего достигает поверхности розетки) и расположения можно добиться значений кратности пены $K = 10\text{--}15$ даже без эффекта предварительной аэрации. За счет подсоединения к оросителю эжектора можно дополнительно повысить эффективность его использования. Для определения влияния геометрии розетки, способа ее крепления и расположения по отношению к оросителю требуются дополнительные теоретические и экспериментальные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sprinkler Reliability. Information file // BAFSA [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа : <http://www.bafsa.org.uk/pdfs/publications/9/00000109.pdf>. – Дата доступа : 07.03.2017.
2. John, R. Hall. JR. NFPA USA. U.S. Experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment [Text]. – 2013. – P. 81.
3. Развитие спринклерных пожарных систем. История и тенденции // Журнал «Сантехника». – 2011. – № 1. – С. 58-61.
4. Собурь, С.В. Установки пожаротушения автоматические : учебно-справочное пособие. – 9-е изд., перераб [Текст] / С.В. Собурь. – М. : ПожКнига, 2014. – 320 с.
5. Павлюков С.Ю. Ороситель автоматической установки пенного пожаротушения с предварительной аэрацией огнетушащей рабочей среды : дисс. к.т.н. : 05.26.03 – Минск, 2016. – 160 л.
6. Государственный стандарт Республики Беларусь. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний [Текст] : СТБ ГОСТ Р 50588-99 – Введ. 30.12.1999 г. – Мн. : Госстандарт Республики Беларусь, 1999. – 18 с.
7. Изучение процессов тушения пламени нефтепродуктов низкократными пенами [Текст] / В.М. Кучер, В.А. Меркулов, В.В. Жуков, В.Н. Кучер, В.М. Понимасов. Пожаротушение: Сб. науч. тр. – М. : ВНИИПО, 1984 – С. 29–37.
8. Безродный, И.Ф. Разрушение пены на поверхности горючей жидкости [Текст]. И.Ф. Безродный, В.Ч. Реутт. / Исследования в области обеспечения пожарной безопасности на предприятиях авиационной промышленности / Сборник научных трудов. – М. : МАИ, 1983. – С.25-29.
9. Безродный, И.Ф. Разрушение воздушно-механической пены в факеле пламени [Текст] / И.Ф. Безродный, А.С. Бобков. Пожарная техника и тушение пожаров: Сб. тр. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1982. – С. 70–73.
10. Лебедев, С.Ю. Влияние температуры растворителей на разрушение пен [Текст] // Пожаротушение: Сб. научн. тр. – М.: ВНИИПО, 1985. – С. 51-54.
11. Шароварников, А.Ф. Исследование кинетики разрушения пен водорастворимыми смесями [Текст] // Средства и способы пожаротушения: Сб. тр. – М.: ВНИИПО, 1980. – С. 8-14.
12. Мешман, Л.М. Оросители водяных и пенных автоматических установок пожаротушения [Текст] / Л.М. Мешман, С.Г. Цариченко, В.А. Былинкин. – М. : ВНИИПО, 2002. – 315 с.
13. Качанов, И.В. О влиянии предварительного газонасыщения пенообразующего раствора на ха-

рактеристики пены, генерируемой в автоматических установках пожаротушения / И.В. Качанов, В.В. Кулебякин, С.Ю. Павлюков // Вестник Командно-инженерного института. – 2015 – № 2 (22). – С. 52-61.

14. Ороситель с предварительной аэрацией огнетушащего раствора: пат. 10277 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) А 62С 31/00. / И.В. Карпенчук, И.И. Полевода, И.В. Качанов, С.Ю. Павлюков, Я.С. Волчек, С.М. Палубец; заявитель КИИ МЧС. – № u 20140830; заявл. 10.01.14; опубл. 02.06.14 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 5. – С. 175.
15. Экспериментальные исследования опытных образцов водопенного насадка / А.Н. Камлюк [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2015. – № 2 (22). – С. 61–68.
16. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения [Текст] : ГОСТ 8.207–76. – Введ. 01–01–77. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 9 с. – (Государственная система обеспечения единства измерений).

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE INFLUENCE OF THE STRUCTURAL ELEMENTS OF SPRINKLERS ON THE EXPANSION RATE OF AIR-MECHANICAL FOAM

Andrei Kamluk, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

Aliaksei Likhmanau

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. Differentiation of constructive foam-forming factors, namely the ejector and the sprinkler deflector, influencing the expansion rate of the obtained air-mechanical foam in automatic firefighting installations.

Methods. Conducting an experimental study of the process of formation of low expansion air-mechanical foam with sprinklers of various designs.

Findings. The design of the sprinkler ejector with a cylindrical flowing path performs a preaeration of the extinguishing agent by only 12 % less efficient than the ejector made on the Venturi principle.

It was found that the mechanical disintegration of the foaming solution flow on the sprinkler deflector has the greatest effect on increasing the expansion rate of the air-mechanical foam (the expansion rate increases by an average of 158 % in various sprinkler designs in the presence of the deflector).

It is determined that as the distance of the element is increased, which ensures the splitting of the jet of the foaming solution, the expansion rate of the foam is increased. Thus, when the disintegration element of the flow (the bottom of the measuring container) was installed at a distance of about 50 cm from the deflector, the expansion rate increased by an average of 161 % compared to the values obtained when this element was installed at a distance of 3-4 diameters of the deflector of the sprinkler.

Application field of research. The obtained results of experimental study can be used to improve the efficiency of firefighting with sprinklers in foam automatic firefighting installations.

Conclusions. The effectiveness of preaeration of the extinguishing agent has been confirmed. The effect of individual structural elements of modern sprinklers on the expansion rate of air-mechanical foam is established. It is determined that the greatest contribution to the increase of expansion rate is brought by the desintegration of the flow of the foaming solution on the sprinkler deflector. Consequently, by modeling the surface of the deflector, the way it is fastened and positioned, it is possible to achieve values of the foam expansion rate $K = 10-15$ even without the effect of preaeration. To determine the influence of the geometry of the deflector, the method of its fastening and positioning with respect to the sprinkler, additional theoretical and experimental studies are required.

Keywords: automatic firefighting installations, air-mechanical foam, preaeration, foam expansion rate, sprinklers, Venturi principle, deflector, fire-extinguishing efficiency.

(The date of submitting: April 5, 2017)

REFERENCES

1. *Sprinkler Reliability. Information file.* BAFSA, available at: <http://www.bafsa.org.uk/pdfs/publications/9/00000109.pdf> (accessed : March 07, 2017). (eng)
2. John R. Hall. JR. NFA USA. U.S. Experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment [Text]. 2013. P. 81. (eng)
3. Razvitiye sprinklernykh pozharnykh sistem. Istoriya i tendentsii [Development of sprinkler fire systems. History and trends]. *Journal «Santekhnika»*. 2011. No. 1. Pp. 58-61. (rus)
4. Sobur' S.V. *Ustanovki pozharotusheniya avtomaticheskoye : uchebno-spravochnoye posobie* [Automatic firefighting installations. Tutorial]. Moscow : PozhKniga, 2014. 320 p. (rus)
5. Pavlyukov S.Yu. *Orositel' avtomaticheskoy ustanovki pennogo pozharotusheniya s predvaritel'noy aeratsiyey ognnetushashchey rabochey sredy* [Sprinkler of the foam automatic firefighting installations with pre-aeration of extinguishing working substance]. PhD diss. Minsk, 2016. 160 p. (rus)
6. National standard of the Republic of Belarus. *Penoobrazovateli dlya tusheniya pozharov. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy* [Foaming agents for firefighting. General technical requirements and test methods]. STB GOST R 50588-99. Minsk : Gosstandart Respubliki Belarus', 1999. 18 p. (rus)

7. Kucher V.M., Merkulov V.A., Zhukov V.V., Kucher V.N., Ponimasov V.M. Izuchenie protsessov tusheniya plameni nefteproduktov nizkokratnymi penami [Study of the processes of extinguishing the flame of petroleum products with low expansion foams]. *Pozharotusheniye* : Sb. nauch. tr. Moscow : VNIPO, 1984. Pp. 29-37. (rus)
8. Bezrodnyy I.F., Reutt V.Ch. Razrushenie peny na poverkhnosti goryuchey zhidkosti [Foam destruction on the surface of a combustible liquid]. *Issledovaniya v oblasti obespecheniya pozharnoy bezopasnosti na predpriyatiyakh aviatsionnoy promyshlennosti*. Moscow : MAI, 1983. Pp. 25-29. (rus)
9. Bezrodnyy I.F. Bobkov A.S. Razrushenie vozdušno-mekhanicheskoy peny v fakele plameni [Destruction of air-mechanical foam in a flame]. *Pozharnaya tekhnika i tushenie pozharov* : Sb. tr. Moscow : VNIPO MVD SSSR, 1982. Pp. 70-73. (rus)
10. Lebedev S.Yu. Vliyaniye temperatury rastvoriteley na razrusheniye pen [The effect of solvent temperature on the destruction of foams]. *Pozharotusheniye*: Sb. nauchn. tr. Moscow : VNIPO, 1985. Pp. 51-54. (rus)
11. Sharovarnikov A.F. Issledovanie kinetiki razrusheniya pen vodorastvorimymi smesyami [Investigation of kinetics of destruction of foams by water-soluble mixtures]. *Sredstva i sposoby pozharotusheniya*: Sb. tr. Moscow : VNIPO, 1980. Pp. 8-14. (rus)
12. Meshman L.M., Tsarichenko S.G., Bylinkin V.A. *Orositeli vodyanykh i pennnykh avtomaticheskikh ustanovok pozharotusheniya* [Sprinklers for water and foam automatic firefighting installations]. Moscow : VNIPO, 2002. 315 p. (rus)
13. Kachanov I.V., Kulebyakin V.V., Pavlyukov S.Yu. O vliyaniy predvaritel'nogo gazonasysyshcheniya penoobrazuyushchego rastvora na kharakteristiki peny, generiruyemoy v avtomaticheskikh ustanovkakh pozharotusheniya [On the effect of the preliminary gas saturation of the foaming solution on the characteristics of the foam generated in automatic firefighting installations]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2015. No. 2 (22). Pp. 52-61. (rus)
14. Karpenchuk I.V., Polevoda I.I., Kachanov I.V., Pavlyukov S.Yu., Volchek Ya.S., Palubets S.M. *Orositel' s predvaritel'noy aeratsiyei ognetyushashchego rastvora* [Sprinkler with pre-aeration of the extinguishing solution]. Pat. 10277 Resp. Belarus', MPK (2006.01) A 62S 31/00. Zayavitel' KII MChS. № u 20140830. Zayavl. 10.01.14. Opubl. 02.06.14. National center of the intellectual property. 2014. No. 5. 175 p. (rus)
15. Kamlyuk A.N. [et al.]. Eksperimental'nye issledovaniya opytnykh obraztsov vodopennogo nasadka [Experimental studies of prototypes of water-foam nozzle]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2015. No. 2 (22). Pp. 61-68. (rus)
16. *Pryamyie izmereniya s mnogokratnymi nablyudeniyami. Metody obrabotki rezul'tatov nablyudeniya. Osnovnyie polozeniya* [Direct measurements with multiple observations. Methods for processing the results of observations. Basic provisions]. GOST 8.207–76. Enter 01.01.77. Moscow : Izd-vo standartov, 1976. 9 p. (Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy). (rus)