

ПЕНОГЕНЕРИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ СО СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ – СРЕДСТВО ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Навроцкий О.Д.*, к.т.н., Заневская Ю.В.*, к.х.н, Емельянов В.К.*,
Камлюк А.Н.***, к.ф.-м.н., доцент, Карпенчук И.В.***, к.т.н, доцент, Грачулин А.В.***

*Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем
чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь,

**Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: mail@kii.gov.by

Описаны типы, тактико-технические характеристики пеногенерирующих систем со сжатым воздухом (ПССВ), преимущества их применения. В работе рассмотрена математическая модель движения газожидкостной смеси в случае осредненного одномерного движения. Представлены результаты исследований параметров пены, получаемой с помощью ПССВ модели 80-40-E WATEROUS. Приведено сравнение времени тушения, количества израсходованных огнетушащих веществ, интенсивности подачи раствора воды с пенообразователем при тушении модельного очага пожара класса А пеной, полученной с помощью ПССВ и ствола модели СВП-2.

Performance characteristics, advantages of application and variety of compressed air foam systems (CAFS) are given. The work describes the mathematical model of movement of gas-water mix at one-dimensional movement. The results of research of properties of foam generated by CAFS 80-40-E WATEROUS are submitted. The comparison of time of extinguishing, number of spent fire extinguishing agents, intensity of supply of the water solution of blowing agent to extinguish model fire source of class A by foam generated by CAFS 80-40-E WATEROUS and fire nozzle of type SVP-2 are presented.

(Поступила в редакцию 17 января 2012 г.)

ВВЕДЕНИЕ

Пеногенерирующие системы со сжатым воздухом (ПССВ) являются современной альтернативой традиционно применяемым средствам генерирования и подачи пены низкой кратности и широко используются в мировой практике. До недавнего времени на территории Республики Беларусь ПССВ не применялись. С целью разработки рекомендаций по использованию данных систем на территории республики Научно-исследовательским институтом пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь (НИИ ПБиЧС) осуществлен анализ научно-технической информации в данной области, совместно с Командно-инженерным институтом МЧС Республики Беларусь (КИИ) проведены исследования их огнетушащей эффективности с использованием одной из моделей.

ТИПЫ, ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕНОГЕНЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМ СО СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

ПССВ представляет собой комбинированную систему, состоящую из трех основных элементов: пожарного насоса, воздушного компрессора и системы дозирования пенообразователя. Пенообразователь, воздух и вода смешиваются непосредственно в системе. Управляет процессом смешения специальное устройство – контроллер, с помощью которого задаются и поддерживаются в автоматическом режиме при тушении давление на насосе, концентрация пенообразователя, кратность пены.

Пена, полученная с помощью таких систем, имеет высокую адгезионную способность, позволяющую эффективно применять ПССВ для тушения пожаров класса А. Изменяя соотношение «воздух – раствор поверхностно-активных веществ (ПАВ)» или концентрацию

ПАВ (в меньшей степени), можно получать пену различных типов. «Сухую» пену с кратностью 8–15 рекомендуется использовать преимущественно для нанесения защитного слоя для предотвращения возгорания горючих материалов, «влажную» пену с кратностью 4–8 рекомендуется использовать для тушения пожаров твердых веществ и материалов [1–3].

Выпускаются как портативные ПССВ со встроенным двигателем, так и безмоторные, работающие от двигателя пожарного автомобиля через коробку отбора мощности [4, 5].

Тактико-технические характеристики ПССВ, выпускаемых различными производителями, варьируются в широком диапазоне значений. Так, производительность систем по воде варьируется от 130 л/мин для портативных систем до 7500 л/мин для безмоторных агрегатов, по воздуху – от 0,9 м³/мин до 5,6 м³/мин соответственно [4, 5].

Применение ПССВ имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными технологиями тушения пожаров [1–11]:

- требуется меньшее количество воды для тушения пожаров, что снижает косвенный ущерб от ее пролива и позволяет в случае необходимости использовать шасси, меньшее по грузоподъемности;

- многофункциональность, так как система может использоваться для подачи пены, воды, раствора смачивателя или подачи воздуха для работы пневматического аварийно-спасательного инструмента;

- вес рукавной линии составляет около 50 % веса стандартного рукава с водой, что облегчает физическую нагрузку на пожарного и уменьшает количество персонала для работы на рукавных линиях;

- дальность подачи пены по сравнению с водой не уменьшается, а при одинаковой величине расхода даже выше, чем у воды. Это связано с пневматическим действием пенного потока на выходе из сопла и более низким коэффициентом трения пены в рукавных линиях;

- поданная на стенки и потолки помещения пена остается на месте и продолжает абсорбировать тепло от пожара, пока вся вода из пены не испарится.

В настоящее время на вооружении органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь находится ПССВ модели MiniCAFS 2.1a со встроенным двигателем (рис. 1). Производительность ее при давлении 0,7 МПа составляет 450 л/мин и 1415 л/мин для воды и воздуха соответственно, рабочее давление системы – 0,4–1,0 МПа.



Рисунок 1 – ПССВ модели MiniCAFS 2.1a со встроенным двигателем

Для применения в учебном процессе на пожарном автомобиле быстрого реагирования АБР-0,4/130 (4370) учебной части КИИ установлена ПССВ модели 80-40-E WATEROUS (рис. 2). Производительность ПССВ при давлении 0,7 МПа составляет не менее 300 л/мин и 1130 л/мин для воды и воздуха соответственно при их одновременной подаче.



Рисунок 2 – ПССВ модели 80-40-E WATEROUS

ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕНЫ, ПОЛУЧАЕМОЙ С ПОМОЩЬЮ ПССВ МОДЕЛИ 80-40-E WATEROUS

С целью исследования огнетушащей эффективности и разработки рекомендаций по использованию ПССВ при тушении пожаров НИИ ПБиЧС проведены исследования параметров пены, получаемой с помощью системы модели 80-40-E WATEROUS.

Для теоретического исследования движения пены по цилиндрическому каналу рассмотрим осредненное одномерное течение двухфазной жидкости при равномерном движении.

Выберем систему координат, как показано на рис. 3. Как известно, газосодержание ϕ определяется по формуле [12]:

$$\phi(x_0, t_0) = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} \phi'(x_0, t) dt, \quad (1)$$

где $\phi(x_0, t_0)$ – доля площади S_{x_0} , занятая газообразной фракцией в момент времени t ;

$\Delta t \gg 1/n$ (n – частота прохождения отдельных образований газообразной фракции через сечение S_{x_0}).

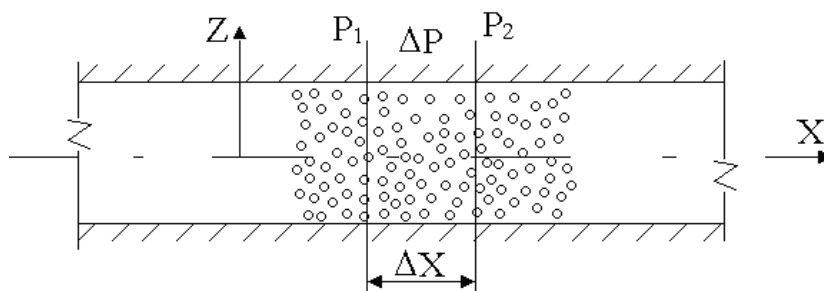


Рисунок 3 – Схема течения двухфазной жидкости

Рассмотрим проекции на ось Ox сил, действующих на элементарный участок магистрали, заключенный между сечениями S_x и $S_{x+\Delta x}$.

Проекция массовых сил на ось Ox [12]:

$$\bar{G}_x = g_x \left\{ \int_{x_0}^{x_0+\Delta x} [(\rho_2 - \rho_1)\phi + \rho_1] S d\tilde{x} \right\} = \left\{ \int_{x_0}^{x_0+\Delta x} \pi r^2 [(\rho_2 - \rho_1)\phi + \rho_1] d\tilde{x} \right\}, \quad (2)$$

где g_x – проекция ускорения свободного падения на ось Ox ;
 ρ_1, ρ_2 – плотность жидкой и газообразной фаз соответственно;
 \tilde{x} – координата промежуточного сечения между сечениями S_x и $S_{x+\Delta x}$;
 r – радиус поперечного сечения канала.

Проекция сил трения на ось Ox [12]:

$$\bar{T}_x = - \int_{x_0}^{x_0+\Delta x} 2\pi r \tau d\tilde{x}, \quad (3)$$

где τ – касательные напряжения на стенке канала.

Проекция сил реакции стенок на ось Ox [12]:

$$\bar{N}_x = \iint_{S_{бок}} \bar{\delta} dS = 0, \text{ т. к. } \bar{G} \perp Ox, \quad (4)$$

где δ – нормальные напряжения на стенке.

Определяем силы давления, действующие на площадки сечений S_x и $S_{x+\Delta x}$, ограничивающие участок Δx :

$$P = p(x,t)S - p(x + \Delta x,t)S_{x+\Delta x} = -S[p(x+\Delta x,t) - p(x,t)] = -\pi r^2 \int_{x_0}^{x_0+\Delta x} \frac{\partial p}{\partial x} d\tilde{x}, \quad (5)$$

где p – давления в перпендикулярных к оси Ox сечениях.

Осредненную по сечению скорость запишем следующим образом [12]:

$$\bar{v} = \frac{1}{\Delta t \sum_i S_i} \int_{\Delta t} \left(\sum_i \int_{S_i} v dS \right) dt, \Delta t \gg \frac{1}{n}, \quad (6)$$

где n – средняя частота прохождения отдельных образований данного компонента через данное сечение.

Для элементарного участка магистрали, заключенного между сечениями S_x и $S_{x+\Delta x}$ (т. е. $\Delta x \ll 1$, при этом заменяем Δx на dx), запишем закон изменения импульса (без учета взаимодействия на границе раздела фаз). Учитывая, что для непрерывной функции

$$\int_{x_0}^{x_0+\Delta x} f(\tilde{x}) dx = f(x) dx, \quad (7)$$

(с точностью до членов 3-го порядка малости), пренебрегая членами порядка малости больше единицы, запишем:

$$g_x \pi r^2 [(\rho_2 - \rho_1)\phi + \rho_1] dx - 2\pi r \tau dx - \pi r^2 \frac{\partial p}{\partial x} dx = \\ = (m_1 + dm_1)(v_1 + dv_1) + (m_2 + dm_2)(v_2 + dv_2) - m_1 v_1 - m_2 v_2, \quad (8)$$

где m_1, m_2 – соответственно массовые расходы жидкой и газообразной фаз;
 v_1, v_2 – скорости жидкой и газообразной фаз соответственно.

В правой части данного уравнения записано изменение импульса от сечения S_x и $S_{x+\Delta x}$, пренебрегая обменом между фазами (по Релею вследствие быстротечности процесса через поверхность пузырьков приток и отток массы практически не происходит).

Используем соотношения

$$dm_1 = \pi r^2 \left\{ -\frac{\partial \varphi \rho_1}{\partial t} dx + \frac{\partial}{\partial x} [(1-\varphi)\rho_1 v_1] dx \right\}, \quad (9)$$

$$\frac{dv_i}{dx} = \frac{1}{v_i} \frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{\partial v_i}{\partial x}, \quad (10)$$

$d(m_1+m_2) = 0$ (тождественно суммарного массового расхода), пренебрегая величинами 2-го и 3-го порядка малости, из (8) после преобразований получаем:

$$g_x [(\rho_2 - \rho_1)\varphi + \rho_1] - \frac{2\tau}{r} - \frac{\partial p}{x \partial x} = \varphi \rho_2 \left(\frac{\partial v_2}{\partial t} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) + (1-\varphi)\rho_1 \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) + (v_1 - v_2) \left\{ -\frac{\partial \varphi \rho_1}{\partial t} + \frac{1}{x^2} \frac{\partial}{\partial x} [(1-\varphi)\rho_1 x^2 v_1] \right\}. \quad (11)$$

К полученному уравнению добавим уравнение неразрывности, которое в данном случае имеет вид [12]:

$$\pi r^2 \left\{ \frac{\partial}{\partial t} [\rho_2 \varphi + (1-\varphi)\rho_1] + \frac{\partial}{\partial x} [\rho_2 \varphi v_2 + \rho_1 (1-\varphi)v_1] \right\} = 0. \quad (12)$$

В случае установившегося движения уравнения (11) и (12) примут вид

$$g_x [(\rho_2 - \rho_1)\varphi + \rho_1] - \frac{2\tau}{r} - \frac{\partial p}{x \partial x} = \varphi \rho_2 v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} + \quad (13)$$

$$+ (1-\varphi)\rho_1 v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + (v_1 - v_2) \frac{1}{x^2} \frac{\partial}{\partial x} [(1-\varphi)\rho_1 x^2 v_1],$$

$$\pi r^2 [\rho_2 \varphi v_2 + \rho_1 (1-\varphi)v_1] = \quad (14)$$

В результате получена незамкнутая система двух уравнений с семью неизвестными ($\tau, p, \varphi, v_1, v_2, \rho_1, \rho_2$), описывающих движение газожидкостной системы при течении пены в гидромагистралях.

При рассмотрении течения газожидкостной смеси в магистралях будем считать систему горизонтальной или пренебрегать значением геометрического напора вследствие его малости по сравнению с остальными членами системы уравнений, т. е. полагая, что $g_x = 0$.

В расчетах принимаем, что рабочей жидкостью является вода, в этом случае можем считать $\rho_1 = \text{const}$ и $\rho_1 \gg \rho_2$, а величины v_1 и v_2 , $\frac{dv_1}{dx}$ и $\frac{dv_2}{dx}$ одного порядка, поэтому:

$$(1-\varphi)\rho_1 v_1 \gg \rho_2 \varphi v_2, \quad (15)$$

$$(1-\varphi)\rho_1 v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \gg \varphi \rho_2 v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x}. \quad (16)$$

С учетом допущений (15) и (16) уравнения (13) и (14) примут вид

$$-\frac{2\tau}{r} - \frac{\partial p}{\partial x} = (1 - \varphi)\rho_1 v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x}, \quad (17)$$

$$\pi r(1 - \varphi)v_1 = Q, \quad (18)$$

где Q – расход двухфазной жидкости.

Из уравнения (17) получим:

$$\tau = -\frac{r}{2} \left[\frac{dp}{dx} + (1 - \varphi)\rho_1 v_1 \frac{dv_1}{dx} \right]. \quad (19)$$

Считая, что энергия давления в нормальных сечениях расходуется только на преодоление сил трения, исходя из общего закона распределения касательных напряжений, можно записать:

$$\tau = \frac{r}{2} \frac{dp}{dx}. \quad (20)$$

С учетом этого из выражений (19) и (20) получаем:

$$\frac{dp}{dx} = -\frac{1}{2} (1 - \varphi)\rho_1 v_1 \frac{dv_1}{dx}. \quad (21)$$

Таким образом, имеем систему из двух уравнений (18) и (21), связывающих три неизвестных p , φ и v_1 . Зная газосодержание φ (или задавая его), можно однозначно решить систему этих уравнений, определяя касательные напряжения и давления в соответствующих сечениях, т. е. полностью рассчитать гидросистему.

Учитывая, что двухфазный поток раствора пенообразователя является неньютоновской средой, касательное напряжение на стенке может быть определено по формуле [13]:

$$\tau = k \left(\frac{8v}{d} \right)^n, \quad (22)$$

где n – показатель неньютоновского поведения;

k – степень консистенции (аналог динамической вязкости для ньютоновских жидкостей) [12].

Тогда уравнения движения примут вид:

$$-\frac{2k}{r} \left(\frac{4v}{r} \right)^n - \frac{dp}{dx} = (1 - \varphi)\rho v \frac{dv}{dx}, \quad (23)$$

$$\pi r^2(1 - \varphi)v = Q. \quad (24)$$

Для интегрирования рассмотрим уравнения движения раствора пенообразователя (23) и (24). Из уравнения (24) выражаем скорость потока раствора пенообразователя:

$$v = \frac{Q}{\pi r^2(1 - \varphi)}. \quad (25)$$

Интегрируем уравнение (23) следующим образом:

$$-\frac{2k}{r} \left(\frac{4v}{r} \right)^n dx - \frac{dp}{dx} dx = (1-\varphi) \rho v \frac{dv}{dx} dx; \quad (26)$$

$$-\int_{x_1}^{x_2} \frac{2k}{r} \left(\frac{4v}{r} \right)^n dx - \int_{p_1}^{p_2} dp = \int_0^v (1-\varphi) \rho v dv; \quad (27)$$

$$-(p_2 - p_1) = (1-\varphi) \rho \frac{v^2}{2} + \frac{2k}{r} \left(\frac{4v}{r} \right)^n (x_2 - x_1). \quad (28)$$

Так как интегрирование проводится вдоль оси Ox по направлению течения, то выражение: $-(p_2 - p_1) = \Delta p$ – положительное. В результате получаем следующее уравнение:

$$\Delta p = (1-\varphi) \rho \frac{v^2}{2} + \frac{2kl}{r} \left(\frac{4v}{r} \right)^n. \quad (29)$$

Подставим в уравнение (29) скорость потока раствора пенообразователя из уравнения (25) и получим:

$$\Delta p = \frac{\rho Q^2}{2\pi^2 r^4 (1-\varphi)} + \frac{2kl}{r} \left(\frac{4Q}{\pi r^3 (1-\varphi)} \right)^n. \quad (30)$$

Полученное уравнение может быть использовано для расчета потерь давления в насосно-рукавных системах при работе с пеногенерирующей системой со сжатым воздухом.

Хотя полученные зависимости требуют детального уточнения, представленный метод может быть использован для оценки изменения пропускной способности рукавной системы при течении в ней растворов пенообразователей.

ПССВ позволяет получать растворы пенообразователей с концентрацией от 0,1 до 1 %. В связи с этим для получения пены необходимо использовать пенообразователи и другие огнетушащие составы, предназначенные для применения с рабочими концентрациями в указанном диапазоне.

По результатам проведенного ранее сравнительного анализа характеристик пены, полученной с помощью ПССВ с использованием пенообразователей и огнетушащих составов, разработанных НИИ ПБиЧС, при проведении исследований применялся огнетушащий пенообразующий состав ОПС-0.4 (далее – огнетушащий состав), предназначенный для тушения пожаров класса А и позволяющий получать рабочий раствор в указанном диапазоне концентраций.

Исследования основных параметров пены проводились в соответствии с разработанной НИИ ПБиЧС совместно с КИИ методикой проведения испытаний данной модели ПССВ.

Для подачи пены применялся перекрывной ствол модели Elkhart Brass ST-185A с насадком диаметром 1,27 см. Необходимая концентрация водного раствора огнетушащего состава и давление на насосе устанавливались с помощью рукояток и датчиков системы.

В ходе проведения исследований установлена зависимость предельной дальности подачи пены, полученной из водного раствора огнетушащего состава с концентрацией 0,4 %, от кратности. При проведении испытаний давление на насосе составляло 0,52 МПа. Как показывают результаты проведенных испытаний, при уменьшении кратности пены от 3 до 1,6 значение предельной дальности струи увеличивается от 22 до 31 м.

Исследовано влияние концентрации огнетушащего состава в водном растворе на значения кратности и устойчивости пены на вертикальной плоскости.

Кратность пены K рассчитывалась по формуле (31):

$$K = V_{\Pi} / V_{\text{P}}, \quad (31)$$

где V_{Π} – объем пены, дм^3 ;

V_{P} – объем раствора пенообразователя, дм^3 , численно равный массе пены.

Для определения устойчивости на вертикальной плоскости пена подавалась на полосу фанеры, установленную под углом 10° к вертикали, и замерялась скорость разрушения 75 % пены.

Как показали результаты испытаний, при значении расхода ствола, равном 1,2 л/с, при увеличении концентрации огнетушащего состава в водном растворе от 0,4 до 1 % значения кратности пены увеличиваются от 2,8 до 6,6, а устойчивости пены на вертикальной поверхности – от 150 до 420 с.

Проведены сравнительные исследования эффективности тушения модельного очага пожара класса А пеной, полученной из 1 %-го раствора огнетушащего состава с использованием ПССВ с присоединенным в первом случае перекрывным стволом модели Elkhart Brass ST-185A с насадком диаметром 1,27 см и во втором – стволом модели СВП-2 (без нагнетания воздуха). В первом случае пена образовывалась в ПССВ в результате принудительного введения воздуха в раствор огнетушащего состава с помощью компрессора, во втором – в стволе.

В соответствии с разработанной методикой для проведения исследований применялся модельный очаг пожара класса А, представляющий собой штабель, состоящий из автомобильных покрышек с типоразмером 175/65R14 (внешний диаметр – 0,583 м, ширина – 0,175 м, масса – 6,6 кг, площадь – $1,1 \text{ м}^2$) в количестве 15 шт. Размеры штабеля составляли: длина – 1,2 м, ширина – 1,2 м, высота – 0,9 м. Общая масса горючего материала составляла 99 кг. Это соответствует горючей нагрузке 240 кг мебели из древесины, либо 184 кг мебели из древесностружечной плиты. На штабель из автомобильных покрышек наносили 10 л горючей жидкости (смесь 8 л отработанного моторного масла и 2 л бензина) и поджигали. Время свободного горения – 5 минут.

Проведен сравнительный анализ огнетушащей эффективности пены, значений времени тушения, повторного воспламенения, количества использованной на тушение воды, интенсивности подачи раствора воды с огнетушащим составом при использовании для тушения ПССВ и традиционного средства пожаротушения. Определение указанных параметров осуществлялось при давлении на насосе 0,52 МПа.

Интенсивность подачи раствора воды с огнетушащим составом на 1 м^2 модельного очага рассчитывалась по формуле (32):

$$Q = Q_{\text{ствола}} / S_{\text{очага}}, \quad (32)$$

где $Q_{\text{ствола}}$ – расход ствола, $\text{дм}^3/\text{с}$;

$S_{\text{очага}}$ – площадь модельного очага, м^2 .

Результаты проведенных исследований представлены в таблице.

Таблица – Результаты сравнительных исследований эффективности тушения модельного очага пожара класса А пеной, полученной из 1 %-го раствора огнетушащего состава

Параметр	Ствол модели Elkhart Brass ST-185A	Ствол модели СВП-2
Время тушения, с	20	55
Время повторного воспламенения, с	Повторное воспламенение не наблюдается	
Количество использованного на тушение огнетушащего состава, л	0,7	1,5
Количество использованной на тушение воды, л	70	150
Интенсивность подачи раствора воды с пенообразователем, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$	0,21	0,17

Как видно из таблицы, при тушении с помощью ПССВ огнетушащая эффективность пены, определяемая количеством использованного на тушение огнетушащего вещества и значение показателя времени тушения в 2 раза меньше, чем в случае применения традиционных средств (ствол СВП-2), в то время как значение интенсивности подачи раствора воды с пенообразователем изменяется незначительно. Более высокое значение показателя огнетушащей эффективности объясняется особой структурой пены, полученной с помощью ПССВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование ПССВ наиболее целесообразно в случаях ограниченного количества воды на тушение пожара или в случаях, когда ее применение может нанести косвенный ущерб. В этой связи можно выделить следующие основные области применения ПССВ:

- тушение пожаров в зданиях повышенной этажности и на автотранспортных средствах. Для этих целей целесообразно использовать ПССВ со встроенным двигателем, установленные на автомобилях быстрого реагирования. Возможность подачи воздуха от ПССВ позволяет задействовать систему для работы пневматического аварийно-спасательного инструмента;
- тушение пожаров в сельской местности, а также в условиях ограниченного количества воды. Целесообразно использовать пожарные автомобили, укомплектованные безмоторными ПССВ высокой производительности с приводом от двигателя через коробку отбора мощности;
- тушение пожаров на иных объектах, на которых исходя из условий оперативной обстановки требуется подача пены на тушение и защиту строительных конструкций.

При использовании ПССВ более чем в 2 раза сокращается требуемое для тушения пожаров количество воды.

По результатам сравнительного анализа основных характеристик пены, полученной из водных растворов пенообразователей и огнетушащих составов, разработанных НИИ ПБиЧС, для получения пены с помощью ПССВ рекомендуется использовать огнетушащий пенообразующий состав ОПС-0.4 с концентрацией 0,4 %.

Значение предельной дальности струи пены по сравнению с водой не уменьшается и зависит от кратности пены: при уменьшении кратности пены дальность струи увеличивается.

Огнетушащая эффективность пены, определяемая количеством использованного на тушение огнетушащего вещества и значение показателя времени тушения в 2 раза меньше, чем в случае применения традиционных средств (ствол СВП-2), в то время как значение интенсивности подачи раствора воды с пенообразователем изменяется незначительно. Более высокое значение показателя огнетушащей эффективности объясняется особой структурой пены, полученной с помощью ПССВ.

На основании результатов проведенных исследований разработаны рекомендации по использованию ПССВ при тушении пожаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carey, W.M. National class A foam research project technical report: Structural fire fighting-room burn tests phase II / W.M. Carey // MA: National Fire Protection Research Foundation. – 1994.
2. Colletti, D.J. Class A foam for structure firefighting / D.J. Colletti // Fire Engineering, 145. – 1992. – P. 47–56.
3. Liebson, J. Introduction to class A foams and compressed air foam systems for the structural fire service / J. Liebson // MA: International Society of Fire Service Instructors. – 1991. – P. 45.
4. Colletti, D. J. Compressed air foam systems and fire hose / D. J. Colletti // Fire Engineering, 149. – 1996, July. – P. 50–52.
5. Murdock, J.I. Compressed air foam systems: A project pertaining to an adoption decision. (Executive Development Research Paper) / J.I. Murdock // Emmitsburg, MD : National Fire Academy. – 1997.
6. Promesis research project 2008 [Electronic resource]. – 2006. – Mode of access : <http://www.firetactics.com/CAFS.htm>. – Date of access : 06.03.2009.
7. Features and Benefits of Darley Auto Compressed Air Foam [Electronic resource]. – 2009. – Mode of access : <http://www.darley.com/pumps/cafs/features.html>. – Date of access : 06.03.2009.

8. Taylor, R.G. Technical Report 98: Compressed Air Foam Systems in Limited Staffing Conditions / R.G. Taylor. – Morristown, New Jersey, 1998. – P. 75–112.
9. Colletti, D.J. Testing CAFS in live burns / D.J. Colletti // Fire Engineering, 147. – 1994, July. – P. 74–76.
10. Fornell, D.P. Fire stream management handbook / D.P. Fornell // NJ: Fire Engineering. – 1991.
11. Интернет-портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.waterousco.com>.
12. Кутателадзе, С.С. Гидродинамика газожидкостных систем / С.С. Куталадзе, М.А. Стырикович. – М. : Энергия, 1976. – 296 с.
13. Уилкинсон, У.Л. Неньютоновские жидкости / У.Л. Уилкинсон. – М. : Мир, 1964.