

УДК 614.84

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И КОНСТРУИРОВАНИЕ НАСАДОК ПОЖАРНЫХ СТВОЛОВ
ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИМИ СОСТАВАМИ**

С. В. Росоха

Частное предприятие «Предприятие пожарно-технического обеспечения «СПЕЦПОЖТЕХНИКА»»
ул. Кокчетавская, 37, 61017, г. Харьков, Украина. E-mail: hr@brandmaster.org.ua

Ю. Н. Сенчихин, К. М. Остапов

Национальный университет гражданской защиты Украины
ул. Баварская, 7, г. Харьков, 61039, Украина. E-mail: ostarovk_90@ukr.net

Ю. Ю. Дендаренко

Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля
ул. Оноприенко, 8, г. Черкассы, 18034, Украина. E-mail: chipb@mns.gov.ua

В настоящем исследовании предпринята попытка подойти к решению задачи дистанционной подачи гелеобразующих составов на очаги пожара, обеспечивающей более эффективное пожаротушение. Получены эмпирические зависимости дальности и ширины фронта подачи плоскорадиальной водяной струи от геометрии прямоугольника выходного сечения истечения воды. Проведена их структурная и параметрическая идентификация, осуществлена проверка на адекватность по критерию Фишера и по критерию минимума квадратичного отклонения. Выбранные линейные модели достаточно точно соответствуют результатам экспериментов. Сформулирована и осуществлена постановка задачи линейного двухфакторного моделирования процессов подачи плоскорадиальных струй на относительно большие расстояния с помощью специально сконструированного насадка к стандартным стволам-распылителям. Определена чувствительность выходных характеристик к изменению входных параметров.

Ключевые слова: пожар; бинарная, гелеобразующие, моделирования, дистанционно, эксперимент, насадок.

**ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ І КОНСТРУЮВАННЯ НАСАДОК ПОЖЕЖНИХ СТВОЛІВ
ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИМИ СКЛАДАМИ**

С. В. Росоха

Приватне підприємство «Підприємство пожежно-технічного забезпечення «СПЕЦПОЖТЕХНІКА»»
вул. Кокчетавська, 37, м. Харків, 61017, Україна. E-mail: hr@brandmaster.org.ua

Ю. М. Сенчихін, К. М. Остапов

Національний університет цивільного захисту України
вул. Баварська, 7, м. Харків, 61039, Україна. E-mail: ostarovk_90@ukr.net

Ю. Ю. Дендаренко

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
вул. Оноприєнко, 8, м. Черкаси, 18034, Україна. E-mail: chipb@mns.gov.ua

У цьому дослідженні зроблено спробу підійти до вирішення завдання дистанційного подання гелеутворюючих складів на осередки пожежі, що забезпечує більш ефективне пожежогасіння. Отримано емпіричні залежності дальності і ширини фронту подачі плоско-радіальних водяних струменів від геометрії прямокутника вихідного перетину витікання води. Проведено їх структурну і параметричну ідентифікації, здійснено перевірку на адекватність за критерієм Фішера і за критерієм мінімуму квадратичного відхилення. Вибрані лінійні моделі досить точно відповідають результатам експериментів. Сформульовано і здійснено постановка задачі лінійного двухфакторного моделювання процесів подачі плоско-радіальних струменів на відносно великі відстані за допомогою спеціально сконструйованого насадка до стандартних стволів-розпилювачів. Визначено чутливість вихідних характеристик до зміни вхідних параметрів.

Ключові слова: пожежа, бінарна, гелеутворюючі, моделювання, дистанційно, експеримент, насадок.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Развивая идеи исследований [1] в части тушения пожаров класса «А» гелеобразующими составами (ГОС) [2] с применением автономных установок тушения гелеобразующими составами АУТГОС приходится констатировать, что требуемое количество огнетушащего вещества (ОВ), попадающего в очаг, не всегда обеспечивает локализацию и ликвидацию пожара.

В связи с этим, при ликвидации возникающих и распространяющихся возгораний (в частности, горения древесины и/или ее заменителей, которые с избытком имеются на складах пиломатериалов, в жилых и офисных помещениях и др.), требуется не только увеличивать количество подаваемых на очаг пожара огнетушащих веществ, задействовав по крайней мере два пожарных ствола, но и применять

при этом соответствующее тактическое обеспечение. То есть, ко всему прочему, необходимо иметь и квалифицированно использовать научно обоснованные рекомендации о том каким наиболее эффективным образом работать с пожарно-техническим оснащением. В терминах теории принятия решений в пожарном деле это значит – принимать рациональные (оптимальные) решения при тушении пожаров.

В литературе по пожарному делу достаточно полно исследованы вопросы пожаротушения с подачей компактных и раздробленных (распыленных) струй воды в очаг пожара [3, 4] с помощью лафетных и ручных пожарных стволов. Разработаны методы и методики моделирования процессов тушения пожаров [5]. Однако вопросы, связанные с дистанционной подачей бинарных потоков ГОС для пожа-

ротушения, исследования модифицированным методом имитационного моделирования движения их составляющих с целью создания тактического обеспечения рассматриваются по нашему мнению впервые.

Исследования сложных систем, к которым можно отнести работу подразделений пожарных спасателей, так или иначе связаны с системным подходом, основной принцип которого заключается в стремлении учесть как можно большее число параметров и характеристик, оказывающих решающее влияние на достоверность получаемых результатов, особенно в случаях систем типа «ЧЕЛОВЕК – ТЕХНИКА – ПОЖАР».

Цель работы – в настоящем исследовании предпринята попытка подойти к решению задач дистанционной подачи ГОС на очаги пожара, обеспечивающей более эффективное пожаротушение.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. К числу путей практической реализации системного подхода относятся методы теории планирования и проведения экспериментов, таких как анализ данных многофакторного эксперимента. В наиболее общем виде такие задачи математически формулируются следующим образом [6]:

$$\eta_j = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i), \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, k; \quad j = 1, 2, \dots, l;$$

где η_j – исследуемые переменные, зависящие критично от параметров процесса; $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i$ – параметры, изменяемые в экспериментах.

Для изучения подобных систем разработаны математические методики, которые получили общее название «планирование эксперимента» или «теории оптимального эксперимента», которые позволяют активно вмешиваться в проводимые опыты. В нашем случае под планированием эксперимента понимается реализация определенного числа опытов и выбор условий их проведения, необходимых для решения стоящих в работе задач.

Предварительная оценка эффективности оперативных действий при тушении пожаров с использованием плоскорadiaльных веерных струй гелеобразующих составов (ГОС) уже проводилась модифицированным методом имитационного моделирования пожаротушения на испытательном полигоне НУЦЗУ в условиях, близких к реальным [7]. Цель этой части экспериментальных исследований – проверка адекватности рассматриваемых моделей подачи растворов огнетушащего состава плоскорadiaльными струями на очаг для подтверждения положений и выводов, полученных ранее в экспериментально-теоретической части.

Натурный образец ствола-распылителя, подающего раствор подкрашенной воды плоскорadiaльными веерными струями, орошающими условный очаг пожара в виде мишени-экрана, был изготовлен таким образом, чтобы в процессе испытаний можно было варьировать некоторые конструктивные параметры его дефлектора, о чем будет идти речь в

дальнейшем. При помощи установок АУТГОС и АУТГОС-П через стволы-распылители подавались подкрашенные струи воды, которые дистанционно направлялись на мишень-экран прицельно под соответствующими эйлеровыми углами возвышения и рыскания. Для измерений и регистрации исследуемых параметров и характеристик использовались стандартные приборы и оборудование.

Очевидно, что такой подход, связанный с имитацией подачи ГОС на условный очаг пожара плоскорadiaльными веерными струями воды, гидродинамические характеристики которой достаточно близки по своим свойствам водным растворам гелеобразующих составляющих, вполне приемлем для исследовательских целей.

На основании известного принципа суперпозиций при изучении баллистики «орошения» стволами-распылителями условного очага пожара струями подкрашенной воды можно воспользоваться данными рассмотрения траекторий движения только одной из составляющих ГОС. То есть, сначала исследовать в плоскости наведения траектории движения водной струи, как это осуществлялось в работе [9, 10] при традиционной подаче воды на тушение. Затем, – тоже в двух плоскостях их прицельного движения. После чего совместить материалы исследований, полученные с применением математического аппарата теории планирования экспериментов, считая, что подача ГОС осуществляется по обоим прицельным направлениям одновременно.

На примере исследований работоспособности нового насадка к стандартным стволам-распылителям: ручного типа РС-70 и лафетного – ПЛС-20П (ПЛС-20С), в работе обобщены основные особенности применения теории планирования экспериментов в подобных случаях.

Конструкторское решение ствола-распылителя с дефлекторным насадком плоскорadiaльных веерных струй водных растворов.

1) Подача плоскорadiaльных струй при пожаротушении на значительные расстояния.

На рис. 1 (а, б, в) приведена конструкция устройства нового насадка к стандартному стволу-распылителю РС-70 или ПЛС-20П для создания плоскорadiaльных веерных струй. Из рисунков видно, что отличительной чертой модернизированного насадка является использование в его конструкции дополнительно одной или нескольких цилиндрических перегородок со многими отверстиями малого диаметра в качестве водоуспокоителей и для фильтрации потока воды, который распыляется на выходе и создает плоскорadiaльную веерную струю.

Насадок (рис. 1, а) состоит из следующих элементов: входного цилиндрического конца 1, который может присоединяться к пожарному стволу с помощью цилиндрического резьбового соединения; корпуса 2, выполненного в виде плоского раструба из двух, соединенных между собой половин, образующих выходной конец в виде параллельных направляющих, образующих прямоугольное сечение 4; одной или нескольких цилиндрических перегородок 3 для фильтрации и возмущения жидкости со

многими отверстиями малого диаметра 5, что соединены с корпусом 2 резьбовым соединением того же диаметра.

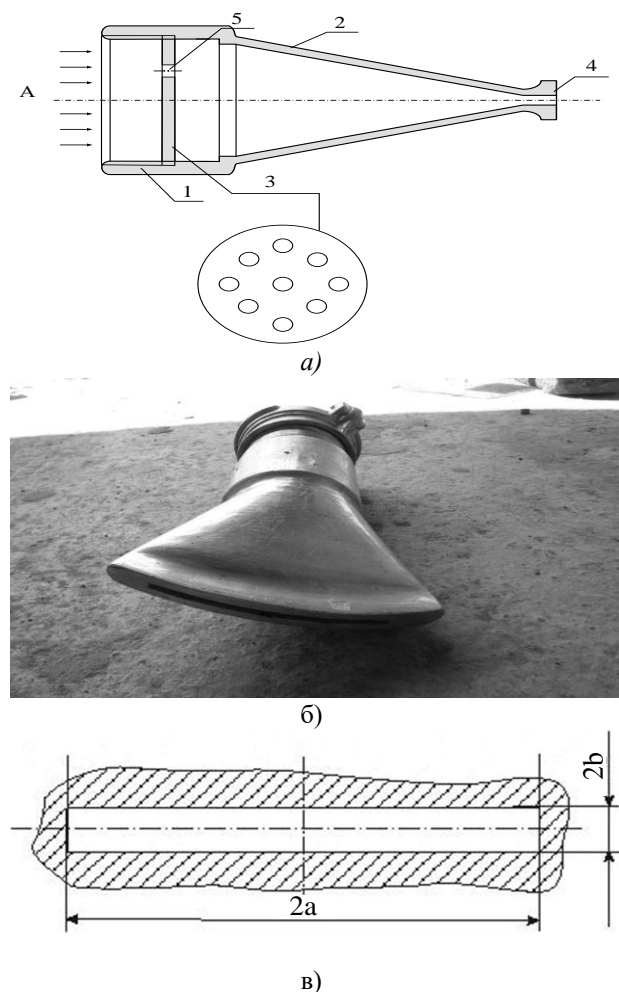


Рисунок 1 – Общий вид насадка-дефлектора для создания веерной струи: а) – вид устройства в разрезе; б) – фото устройства со стороны щелевого проема; в) размеры выходного сечения одного из натуральных образцов ствола-распылителя радиальных веерных струй: $2a = 140$ мм; $2b = 3$ мм

Усовершенствованное таким образом устройство никак не усложняет саму конструкцию насадка, однако позволяет активно трансформировать водяные цилиндрические потоки в плоские радиальные веерные струи, которые могут использоваться для пожаротушения с образованием плоскорadiaльных струй компонентов ГОС над/перед очагом пожара. Кроме того, такая модернизация дает возможность повысить прочностную надежность насадка, его ремонтопригодность, и эффективность применения.

Толщина стенок насадка примерно такая же, как и высота прямоугольного сечения его распылителя: около 3 мм (рис. 2, в). Основные варьируемые геометрические параметры насадка: ширина $2a$ и высота $2b$ уточнялись в ходе исследований, проводимых в соответствии с методикой двухфакторного планирования экспериментов.

2) Ствол-распылитель для подачи плоскорadiaльных струй при пожаротушении на относительно не большие расстояния.

Для решения аналогичных задач подачи ОС плоскорadiaльными веерными струями в закрытых помещениях на соразмерные с ними расстояния предложено использовать менее мощные (по производительности) стволы-распылители, которые тоже могут создавать плоскорadiaльные струи. Причем, именно так, что распыленные струи потоков двух растворов-составляющих ГОС непосредственно в пространстве над/перед очагом пожара будут одновременно образовывать гелеобразную смесь, которая осаждаясь, накроет горящие поверхности затвердевающим гелем, тем самым способствуя более эффективному прекращению горения объекта пожаротушения. На рис. 2 представлено фото конструкции ствола-распылителя пистолетного типа, пара которых использовалась при предварительных испытаниях процесса подачи компонентов ГОС плоскорadiaльными струями в замкнутом пространстве складского помещения.

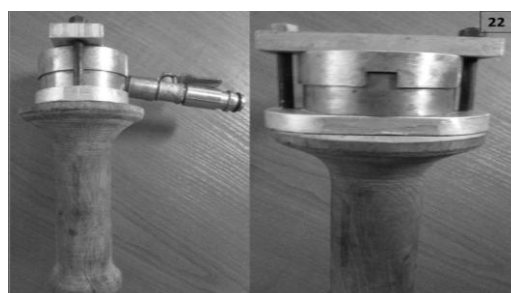


Рисунок 2 – Фото ствола-распылителя пистолетного типа

Экспериментально-теоретические исследования параметров подачи одиночной радиальной веерной струи.

Из баллистики водных незатопленных струй известно, что для заданных начальных скоростей истечения водных растворов из стволов-распылителей (V_0) траектории движения компактных или раздробленных струй можно аппроксимировать в декартовой системе координат параболой в соответствующих плоскостях наведения их на объект пожаротушения:

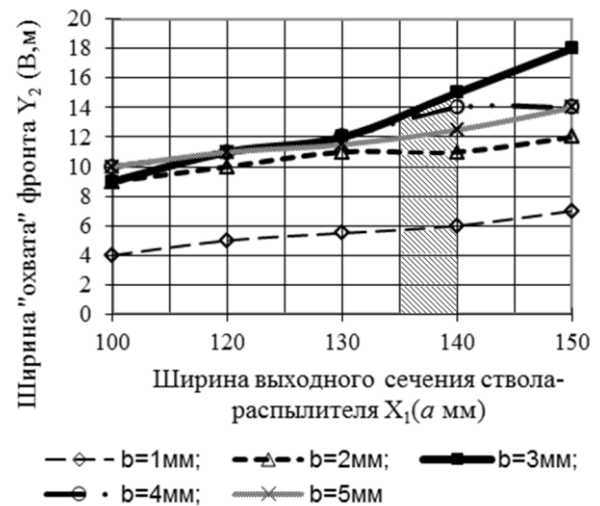
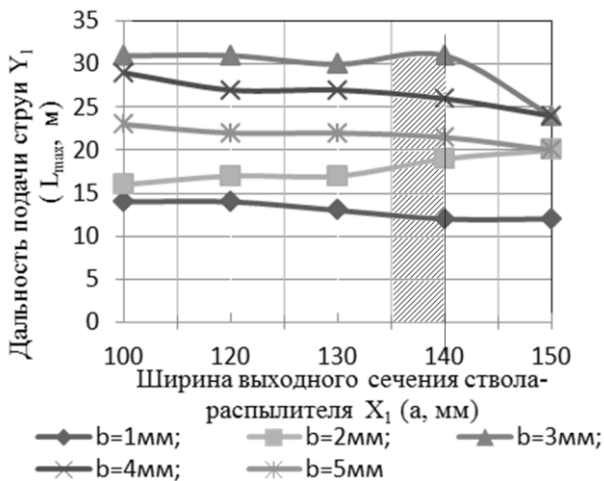
$$z = ytg\alpha - y^2g(1 + KV_0^2L_{max}) / 2V_0^2 \cos\alpha \quad (2)$$

где α – угол возвышения ствола-распылителя водного раствора над горизонтом; K – эмпирический коэффициент, определяемый для данного водного раствора подачей струи на максимальную дальность L_{max} при $\alpha = 30^\circ$; V_0 – начальная скорость истечения ОС из среза ствола-распылителя; z и y – текущие координаты траектории движения ОС в воздухе; g – ускорение свободного падения.

Из данных табл. 1 следует, что среди значений конструктивных параметров (ширина a и высота b) выходного сечения насадка ствола-распылителя водных растворов ОС конкурентно способными, с точки зрения экстремальной дальности и ширины «охвата» по фронту пожара, являются параметры по опыту № 14, где они приближаются к максимумам при $\alpha = 30^\circ$, что видно так же и из графиков рис. 2, а и рис. 2, б.

Таблиця 1 – Данні к оцінці оптимальності параметрів конструкції нового насадкк к стволу-распылителю РС-70 / ПЛС-20П

Опыт № п/п	Давление в стволе-распылителе, насадке, кПа	Варьируемые параметры		Полученные результаты	
		Высота вых. сечения ствола-распылителя 2b, мм	Ширина вых. сечения ствола-распылителя 2a, мм	Дальность подачи струи L_{max} , м	Охват по фронту В верной струей, м
1	700	1,0	100	14	4
2			120	14	5
3			130	13	5,5
4			140	12	6
5			150	12	7
6		2,0	100	16	9
7			120	17	10
8			130	17	11
9			140	19	11
10			150	20	12
11		3,0	100	31	9
12			120	31	11
13			130	30	12
14			140	31	15
15			150	24	18
16		4,0	100	29	10
17			120	27	11
18			130	27	12
19			140	26	14
20			150	24	14
21		5,0	100	23	10
22			120	22	11
23			130	22	11,5
24			140	21,5	12,5
25			150	20	14



Рисунку 2,а – Семейство зависимостей изменения дальности подачи струи (L_{max}) от размера a выходного сечения насадкк при конкретных X_2 (b мм)

Рисунку 2,б – Семейство зависимостей изменения ширины «охвата» фронту (В) от размера a выходного сечения насадкк при конкретных X_2 (b мм)

Уточним главную особенность решаемой задачи. Критериями рациональности варьируемой геометрии насадкк-дефлектора в наших исследованиях являются дальность подачи, и ширина плоскорадиальной верной струи, которая способна «накрыть» очаг пожара. В этой связи результаты проведенных

экспериментов и представлены графиками изменений искомых функций Y_1 и Y_2 от варьируемых параметров X_1 и X_2

Из графиков рис. 2, а и рис. 2, б видно, что оба экстремума дальности подачи струй и ширины охвата ими фронта пожара (функции Y_1 и Y_2) достигаются почти одновременно, когда ширина выходного сечения истечения струй находится в диапазоне изменений $a = (135 - 140 \text{ мм})$ при высоте сечения $b = 3 \text{ мм}$. Тогда дальность подачи струй и ширина охвата фронта пожара приближаются к своим максимально возможным значениям $L_{\text{max}} = 33 \text{ м}$ и $B = 15 \text{ м}$.

Таким образом, результаты экспериментов, полученные в условиях близких к реальности, подтвердили работоспособность устройства для образования плоскорадиальных веерных струй огнетушащих растворов воды. Этот тип стволов-распылителей на наш взгляд можно рекомендовать к применению не только при тушении пожаров на значительных расстояниях открытых площадок хранения лесо-пиломатериалов, но и в закрытых помещениях зданий и сооружений с соответствующими конструктивными изменениями. А также, – при защите соседних объектов от теплового воздействия опасных факторов пожара.

ВЫВОДЫ.

1. Полученные эмпирические зависимости дальности и ширины фронта подачи плоскорадиальной водяной струи от геометрии прямоугольника выходного сечения истечения воды позволяют установить следующее:

– при увеличении высоты прямоугольника выходного сечения распыления воды (b) на 1 % ширина плоскорадиальной водяной струи увеличивается на 0,18 % ($b = 1 \text{ мм}$), и возрастает до 0,53 % при $b = 5 \text{ мм}$. Это свидетельствует о том, что исследуемый ствол-распылитель более чувствителен к относительно большим изменениям значений b ;

– тоже можно сказать и о том, что при увеличении параметра b выходного сечения на 1 % дальность подачи плоскорадиальной водяной струи (L_{max}) увеличивается на 0,16 % ($b = 1 \text{ мм}$), и до 0,49 % при $b = 5 \text{ мм}$. Это также свидетельствует о том, что характеристика дальности L_{max} более восприимчива к изменениям значений ширины струи a ;

– однако ее увеличение на 1 % приводит к увеличению ширины фронта плоскорадиальной водяной струи (B) в среднем на 1,09 %. Это дает основание считать зависимость параметра B от изменений параметра a линейной функцией с коэффициентом пропорциональности, равным 1;

– При увеличении ширины прямоугольника выходного сечения распыления воды (a) на 1 % дальность подачи (L_{max}) уменьшается в среднем на 0,25 %, то есть является обратно пропорциональной зависимостью от параметра a , хотя и слабо коррелируемой.

2. Таким образом, сформулирована и осуществлена постановка задачи линейного двухфакторного (второго порядка) моделирования процессов подачи плоскорадиальных струй на относительно большие расстояния с помощью специально сконструированного насадка к стандартным стволам-распылителям.

3. Проведена их структурная и параметрическая идентификация. Выбранные линейные модели достаточно точно соответствуют результатам экспериментов.

4. Рассчитаны рациональные значения входных параметров, указаны особенности применения разработанной модели, а также определена чувствительность выходных характеристик к изменению входных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение показателя огнетушащей способности гелеобразующих огнетушащих составов при тушении модельного очага пожара Ia / А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв, А.В. Савченко // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – Вып. 28 – С. 74–80.

2. Jones, J.C. (2005) "Commentary on the chemical action of halogenated extinguishants", *J. Fire Science*, vol. 23, no. 6, pp. 449–450.

3. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі: навчальний посібник. – Харків: АЦЗУ, 2004. – 252 с.

4. Chow, W.K., Li, Y.F. (2002-2003), "A review on studying extinguishing room fires by water mist", *Journal of Applied Fire Science*, vol.11, no. 4, pp. 367–403.

5. Горбань Ю.И. Пожарные работы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. – М.: Пожнаука, 2013. – 352 с.

6. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. – М.: Наука, 2012. – 399 с.

7. Анализ процесса подачи и траектории потока струй огнетушащего вещества установкой АУТГОС / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, А.А. Киреев, К.М. Остапов // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – Вып. 38. – С. 146–155.

8. Мосьпан Д.В. Постановка общего задания оптимального пластического, термического или термомеханического нагружения при обработке заготовок для изделий металлургии и транспорта // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – КрНУ, 2015. – Вып. 2/2015(91). – С. 131–136.

9. Шеренков И.А., Дендаренко Ю.Ю. Веерные свободные водяные струи для теплозащиты при пожарах // Науковий вісник будівництва. – 2015. – Вып. 18. – С. 293–297.

10. Решение задачи конструирования пожарного ствола-распылителя / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, К.М. Остапов, Ю.Ю. Дендаренко // Науковий вісник будівництва. – 2016. – Вып. 83. – С. 228–233.

PLANNING THE EXPERIMENT AND ENGINEERING THE NOZZLE OF FIRE BARRELS
FOR REMOTE FIRE FIGHTING

S. Rosocha

Private enterprise «Enterprise of Fire and logistics «SPETSPOZHTEHNIKA»»
vul. Cockhetavskaya, 37, Kharkov, 61017, Ukraine. E-mail: hr@brandmaster.org.ua

Yu. Senchihin, K. Ostapov

National University of Civil Protection of Ukraine
vul. Bavarska, 7, Kharkiv, 61039, Ukraine. E-mail: ostapovk_90@ukr.net

Yu. Dendarenko

Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes
vul. Onopriyenkostr, 8, Cherkassy, 18034, Ukraine. E-mail: chipb@mns.gov.ua

Purpose. The purpose of this part of experimental research is to check the adequacy of the models considered filing solutions extinguishing agents (EA) with flat radial on the fire hearth to accept the terms and conclusions of earlier experimental and theoretical studies of extinguishing fires. Although the methods and techniques of modeling processes of extinguishing fires in principle are designed, but issues related to the remote supply of binary gelling compositions (GC) for fire extinguishing, study of a modified method of a simulation modeling the movement of their components in order to create a tactical software considered in our opinion for the first time. The present study attempted to approach the remote supply problems of gelling compositions on pockets of fire, providing a more effective fire fighting. **Methodology.** To explore these issues we developed the mathematical techniques that are collectively known as "experimental design" or "optimal experimental theory" that can actively intervene in ongoing experiments. In our case, under the design of experiments refers to the realization of a certain number of trials and the selection of the conditions of their implementation, necessary to meet the challenges in the work tasks. **Findings.** Empirical dependences of range and width of the front feed flat radial water jet on the geometry of the outlet section of the expiry of the water box **Originality.** It was formulated and implemented two-factor linear formulation of the problem (second order) simulation flow processes of flat radial jets at a relatively long distance with the help of a specially designed nozzle for standard trunks spray. **Practical value.** Designed rational values of the input parameters are specified features of the application of the developed model, as well as to determine the sensitivity to a change in the output characteristics of the input parameters. **Conclusions.** We spend their structural and parametric identification, carried out checks on the adequacy of the Fisher criterion and the criterion of minimum deviation. It was selected the linear model that accurately corresponds to the experiments results. References 10, figures 2.

Key words: Fire; binary, gel-forming, simulation, remote, experiment, the nozzle.

REFERENCES

1. Kireev, A.A., Zhernoklyov, K.V., Savchenko, A.V. (2010), "Determination of extinguishing ability of gelling extinguishing agents in extinguishing the fire model", *National University of Civil Protection of Ukraine*, no. 28, pp. 74–80.
2. Jones, J.C. (2005), "Commentary on the chemical action of halogenated extinguishants", *J. Fire Science*, vol. 23, no. 6, pp. 449–450.
3. Rudolph, S., Braun, U. (2002), "Shaum und Wasser", *Braundwatsh*, iss. 57, no. 2, pp. 58–59.
4. Chow, W.K., Li, Y.F., (2002–2003), "A review on studying extinguishing room fires by water mist", *J. Appl. Fire Sci.*, vol.11, no. 4, pp. 367–403.
5. Gorban, Yu.I. (2013), *Pozharnyye roboty i stvolnaya tehnika v pozharной avtomatike i pozharнойohrane* [Fire robots and receiver equipment in the fire automation and fire protection], Moscow, Russia.
6. Sidnyaev, N.I. (2012), *Teoriya planirovaniya eksperimenta i analiz statisticheskikh dannyih* [The theory of experimental design and analysis of statistical data], Moscow, Russia.
7. Rosoha, S.V., Senchihin, Yu.N., Kireev, A.A., Ostapov, K.M. (2015), "Analysis of the application process and the flow path of the jets of extinguishing agent installation AUTGOS", *Fire Safety Issues*, no. 38, pp. 146–155.
8. Mos'pan, D. (2015), "General statement of job optimum plastic, thermal or thermomechanical loading during machining for products metalurg and transport", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, vol. 6, no. 91, pp. 131–136.
9. Sherenkov, I.A., Dendarenko, Yu.Yu. (2002), "The rolling-free water jets for thermal protection during fires", *Scientific bulletin of construction*, no. 18, pp. 293–297.
10. Rosoha, S.V., Senchihin, Yu.N., Ostapov, K.M., Dendarenko, Yu.Yu. (2016), "Meeting the challenge of designing a fire spray barrel", *Scientific bulletin of construction*, no. 83, pp. 228–233.

Стаття надійшла 26.08.2016.