

УДК 614.84

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ КЛАССА «А» БИНАРНЫМИ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИМИ СОСТАВАМИ

РОСОХА С. В.^{1*}, *д.т.н., доц.*,
ДЕНДАРЕНКО Ю. Ю.², *к.т.н., доц.*,
ШАЛОМОВ В. А.³, *к.т.н., доц.*,
ОСТАПОВ К. М.^{4**}, *соис.*

^{1*}ЧП «Предприятие пожарно-технического обеспечения «СПЕЦПОЖТЕХНИКА», ул. Кокчетавская, 37, 61017, Харьков, Украина, тел. +38 (057) 758-74-94, e-mail: hr@brandmaster.org.ua, ORCID ID: 0000-0002-8969-3792

²Кафедра организации реагирования на чрезвычайные ситуации, Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля, ул. Оноприенко, 8, 18034, Черкассы, Украина, тел. +38 (0472) 55-09-39, e-mail: chipb@mns.gov.ua, ORCID ID:0000-0002-8326-4129

³Кафедра безопасности жизнедеятельности, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

^{4**}Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Баварская, 7, 61039, Харьков, Украина, тел +38 (066) 459-05-06, e-mail: ostapovk_90@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-1275-741X

Аннотация. *Цель.* Проверка адекватности рассматриваемых моделей подачи растворов огнетушащих составов (ОС) плоскорadiaльными струями на очаг пожара для подтверждения положений и выводов, полученных ранее в экспериментально-теоретических исследованиях пожаротушения. Хотя методы и методики моделирования процессов тушения пожаров в принципе разработаны, однако вопросы, связанные с дистанционной подачей бинарных потоков гелеобразующих составов (ГОС) для пожаротушения, исследованные модифицированным методом имитационного моделирования движения их составляющих с целью создания тактического обеспечения рассматриваются по нашему мнению впервые. В настоящем исследовании предпринята попытка подойти к решению задач дистанционной подачи ГОС на очаги пожара, обеспечивающей более эффективное пожаротушение. *Методика.* Для изучения подобных вопросов 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. *Результаты.* Получены эмпирические зависимости дальности и ширины фронта подачи плоскорadiaльной 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. *Научная новизна.* Сформулирована и осуществлена постановка задачи линейного двухфакторного (второго порядка) моделирования процессов подачи плоскорadiaльных струй на относительно большие расстояния с помощью специально сконструированного насадка к стандартным стволам-распылителям. *Практическая значимость.* Рассчитаны рациональные значения входных параметров, указаны особенности применения разработанной модели, а также определена чувствительность выходных характеристик к изменению входных параметров.

Ключевые слова: тушение пожаров, бинарная подача гелеобразующих составов, дистанционное пожаротушение; планирование оптимального эксперимента, рациональные параметры насадка к стандартным стволам-распылителям

МОДЕЛЮВАННЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ «А» БІНАРНИМИ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИМИ СКЛАДАМИ

РОСОХА С. В.^{1*}, *д.т.н., доц.*,
ДЕНДАРЕНКО Ю. Ю.², *к.т.н., доц.*,
ШАЛОМОВ В. А.³, *к.т.н., доц.*,
ОСТАПОВ К. М.^{4**}, *здоб.*

^{1*}ПП «Підприємство пожежно-технічного забезпечення «СПЕЦПОЖТЕХНИКА», вул. Кокчетавська, 37, 61017, Харків, Україна, тел. +38 (057) 758-74-94, e-mail: hr@brandmaster.org.ua, ORCID ID: 0000-0002-8969-3792

²Кафедра організації реагування на надзвичайні ситуації, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля, вул. Оноприєнка, 8, 18034, Черкаси, Україна, тел. +38 (0472) 55-09-39, e-mail: chipb@mns.gov.ua, ORCID ID: 0000-0002-8326-4129

³Кафедра безпеки життєдіяльності, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

^{4**}Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Баварська, 7, 61039, Харків, Україна, тел. +38 (066) 459-05-06, e-mail: ostapovk_90@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-1275-741X

Анотація. Мета. Перевірка адекватності розглянутих моделей подачі розчинів вогнегасних складів (BC) плоско-радіальними струменями на вогнище пожежі для підтвердження положень і висновків, отриманих раніше в експериментально-теоретичних дослідженнях пожежогасіння. Хоча методи і методики моделювання процесів гасіння пожеж в принципі розроблені, проте питання, пов'язані з дистанційною подачею бінарних потоків гелеутворюючих складів (ГУС) для пожежогасіння, досліджені модифікованим методом імітаційного моделювання руху їх складових з метою створення тактичного забезпечення розглядаються на нашу думку вперше. У цьому дослідженні зроблено спробу підійти до вирішення завдань дистанційної подачі ГУС на осередки пожежі, що забезпечує більш ефективне пожежогасіння. **Методика.** Для вивчення подібних питань розроблені математичні методики, які отримали загальну назву «планування експерименту» або «теорії оптимального експерименту», які дозволяють активно втручатися в проведенні досліди. У нашому випадку під плануванням експерименту розуміється реалізація певного числа дослідів і вибір умов їх проведення, необхідних для вирішення поставлених в роботі завдань. **Результати.** Отримано емпіричні залежності дальності і ширини фронту подачі плоско-радіальним водяним струменем від геометрії прямокутника вихідного перетину витікання води. Проведена їх структурна і параметрична ідентифікація, здійснена перевірка на адекватність за критерієм Фішера і за критерієм мінімуму квадратичного відхилення. Вибрані лінійні моделі досить точно відповідають результатам експериментів. **Наукова новизна.** Сформульована і здійснена постановка задачі лінійного двухфакторного (другого порядку) моделювання процесів подачі плоско-радіальних струменів на відносно великі відстані за допомогою спеціально сконструйованого насадка до стандартних стоволів-розпилювачів. **Практична значимість.** Розраховані оптимальні значення вхідних параметрів, вказані особливості застосування розробленої моделі, а також визначена чутливість вихідних характеристик до зміни вхідних параметрів.

Ключові слова: гасіння пожеж, бінарна подача гелеутворюючих складів, дистанційне пожежогасіння; планування оптимального експерименту, раціональні параметри насадка до стандартних стоволів-розпилювачів

MODELING THE EXTINGUISHING FIRES OF CLASS «A» WITH GELLING BINARY COMPOSITIONS

ROSOCHA S. V. ^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
DENDARENKO Yu. Yu. ², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
SHALOMOV V. A. ³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
OSTAPOV K. M. ^{4**}, *P. G.*

^{1*}PE «Enterprise of Fire and logistics «SPETSPOZHTEHNKA», Cockhetavskaya str., 37, 61017, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (057) 758-74-94, e-mail: hr@brandmaster.org.ua, ORCID ID: 0000-0002-8969-3792

²Department of organization of emergency response, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes, Onopriyenko str., 8, 18034, Cherkasy, Ukraine Tel: +38 (0472) 55-09-39, e-mail: chipb@mns.gov.ua, ORCID ID: 0000-0002-8326-4129

³Department of Life Safety, SHEE«Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

^{4**}Department of fire tactics and rescue operations, the National University of Civil Protection of Ukraine, Bavarska str., 7, 61039, Kharkiv, Ukraine Tel: +38 (066) 459-05-06, e-mail: ostapovk_90@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-1275-741X

Annotation. Goal. 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 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 developed 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. **Results.** 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. Spend their structural and parametric identification, carried out checks on the adequacy of the Fisher criterion and the criterion of minimum deviation. Selected linear model accurately correspond to the results of experiments. **Scientific novelty.** 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 significance.** 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.

Keywords: fire fighting, binary flow of gel-forming compounds, simulation remote extinguishing process, optimal experiment, rational parameters of the nozzle to spray the standard trunks

Постановка проблемы

Развивая идеи исследований [1] в части тушения пожаров класса «А» гелеобразующими составами (ГОС) [12] с применением установок типа АУТГОС приходится констатировать, что требуемое количество огнетушащего вещества (ОВ), попадающего в очаг, не всегда обеспечивает локализацию и ликвидацию пожара.

Анализ последних исследований, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

В литературе по пожарному делу достаточно полно исследованы вопросы пожаротушения с подачей компактных и раздробленных (распыленных) струй воды в очаг пожара [13, 14] с помощью лафетных и ручных стволов. Разработаны методы и методики моделирования процессов тушения пожаров [2]. Однако вопросы, связанные с дистанционной подачей бинарных потоков ГОС для пожаротушения, исследования модифицированным методом имитационного моделирования движения их составляющих с целью создания тактического обеспечения рассматриваются по нашему мнению впервые. В настоящем исследовании предпринята попытка подойти к решению задач дистанционной подачи ГОС на очаги пожара, обеспечивающей более эффективное пожаротушение.

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. 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.

Изложение основного материала 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 [3]:

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

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

где η_j – исследуемые переменные, зависимые 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 боевых действий при тушении пожаров с использованием плоскорадialных веерных струй ГОС уже проводилась модифицированным методом имитационного моделирования пожаротушения на испытательном полигоне НУЦЗУ в условиях, близких к реальным [4]. Цель этой части экспериментальных исследований – проверка адекватности рассматриваемых моделей подачи растворов огнетушащего состава плоскорадialными струями на очаг для подтверждения положений и выводов, полученных ранее в экспериментально-теоретической части.

Натурный образец ствола-распылителя, подающего раствор подкрашенной воды плоскорадialными веерными струями, орошающими условный очаг пожара в виде мишени-экрана, был изготовлен таким образом, что 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 плоскорадialными 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 [5, 7] 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) [6, 8], в работе обобщены основные особенности применения теории планирования экспериментов в подобных случаях.

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

На рис. 1 приведена конструкция устройства нового насадка к стандартному стволу-распылителю РС-70 или ПЛС-20П для создания плоскорadiaльных веерных струй согласно патенту [6]. Из рисунков видно, что отличительной чертой модернизированного насадка является использование в его конструкции дополнительных 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.

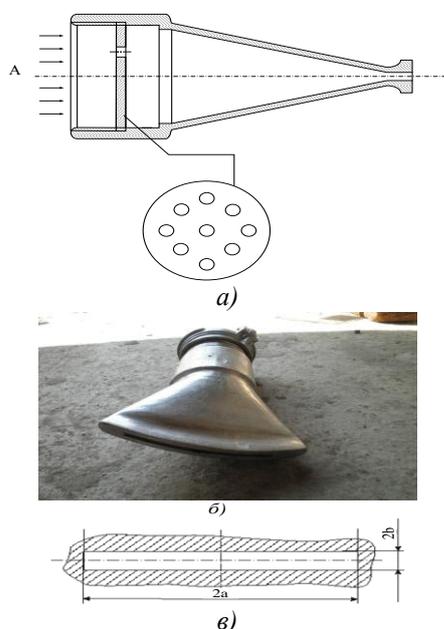


Рис. 1. Общий вид насадка-дефлектора для создания веерной струи: а) – вид устройства в разрезе; б) – фото устройства со стороны щелевого проема; в) размеры выходного сечения одного из натуральных образцов ствола-распылителя радиальных веерных струй: $2a = 140\text{ мм}$; $2b = 3\text{ мм}$

General view of the nozzle-deflector to create a fan pattern: a) - view of the device in section; b) - the device from the photoslit opening; c) the size of the output section of one of the natural samples of the spray arreel radial fan jets: $2a = 140\text{ mm}$; $2b = 3\text{ mm}$

Экспериментально-теоретические исследования параметров подачи одиночной радиальной веерной струи

Из баллистики водных незатопленных струй известно, что для заданных начальных скоростей истечения водных растворов из стволораспылителей (V_0) траектории движения компактных или раздробленных струй можно аппроксимировать в декартовой системе координат параболой в соответствующих плоскостях наведения их на объект пожаротушения [9, 10, 11]:

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

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.

Среди значений конструктивных параметров (ширина a и высота b) выходного сечения насадка-дефлектора конкурентно способными, с точки зрения экстремальной дальности и ширины «охвата» по фронту пожара, являются параметры a и b , которые приближаются к максимумам при $\alpha=30^\circ$.

Уточним главную особенность решаемой задачи. Критериями рациональности варьируемой геометрии насадка-дефлектора в наших исследованиях являются дальность подачи, и ширина плоскорadiaльной веерной струи, которая способна «накрыть» очаг пожара. В этой связи результаты проведенных экспериментов представлены графиками изменений искомым функций Y_1 и Y_2 от варьируемых параметров X_1 и X_2

Из графиков (рис. 2, 3) 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 $a=(130-140\text{ мм})$ при высоте сечения $b=3\text{ мм}$. Тогда дальность подачи струй и ширина охвата фронта пожара приближаются к своим максимально возможным значениям $L_{\max}=33\text{ м}$ и $B=15\text{ м}$.

Таким образом, результаты экспериментов, полученные в условиях близких к реальности, подтвердили работоспособность устройства для образования плоскорadiaльных веерных струй огнетушащих растворов воды. Этот тип стволораспылителей на наш взгляд можно рекомендовать к

применению не только при тушении пожаров на значительных расстояниях открытых площадок хранения лесопиломатериалов, но и в закрытых помещениях зданий и сооружений с соответствующими конструктивными изменениями. А также, – при защите соседних объектов от теплового воздействия опасных факторов пожара.

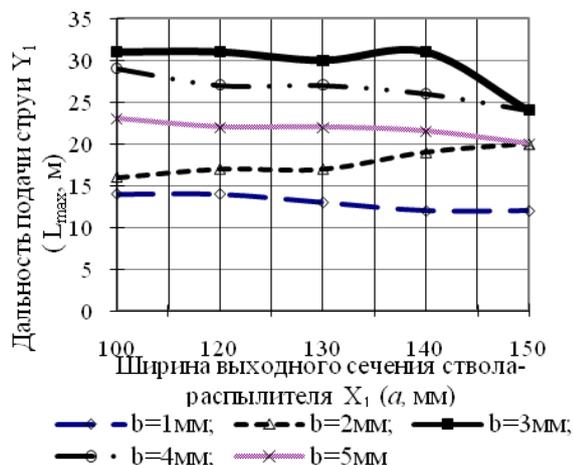


Рис. 2 Семейство зависимостей изменения дальности подачи струи (L_{max}) от размера a выходного сечения насадка при конкретных X_2 (b мм) / Family dependency changes jet flow range (L_{max}) and the size of the outlet section of the nozzle at a specific X_2 (b mm)

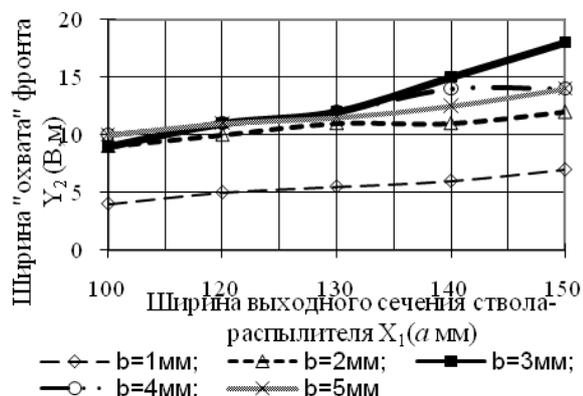


Рис. 3 Семейство зависимостей изменения ширины «охвата» фронта (B) от размера a выходного сечения насадка при конкретных X_2 (b мм) / Family dependency change the width of the «coverage» of the front (B) and on the size of the outlet section of the nozzle at a specific X_2 (b mm)

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% ($b=1$ мм), и возрастает до 0,53% при $b=5$ 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% ($b=1$ мм), и до 0,49% при $b=5$ 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, осуществлена проверка на адекватность по критерию Фишера и по критерию минимума квадратичного отклонения. 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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Киреев А. А. Определение показателя огнетушащей способности гелеобразующих огнетушащих составов при тушении модельного очага пожара 1а / К. В. Жерноклёв, А. В. Савченко // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УЦЗУ, 2010. – Вып. 28 – С.74 –80.
2. Горбань Ю. И. Пожарные работы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране / Горбань Ю. И. — Москва: Пожнаука, 2013. — 352 с.
3. Адлер Ю. П., Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю. П., Грановский Ю. В., Маркова В. В. – Москва: Наука, 1971. – 123 с.

4. 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 – Харьков: НУЦЗУ, 2015. – Вып. 38. – С.146–155.
5. Шеренков И. А. Веерные свободные водяные струи для теплозащиты при пожарах / И. А. Шеренков, Ю. Ю. Дендаренко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА-ХОТВ АБУ, 2002. – Вип. 18. – С.293–297.
6. Пат. 105235 Україна, МПК А 62 С 31/00. Насадок для створення плоско-радіальної водяної завіси / Росоха С. В., Сенчихин Ю. М., Голендер В. А., Остапов К. М., Дендаренко Ю. Ю., заявник і патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – №201508629. Заявл. 07.09.2015; Надр. 10.03.2016; Бюл. 5. – 4 с.
7. Решение задачи конструирования пожарного ствола-распылителя / С. В. Росоха, Ю. Н. Сенчихин, К. М. Остапов, Ю. Ю. Дендаренко // Науковий вісник будівництва – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2016. – Вип. 83. – С.228–233.
8. Спосіб дистанційного гасіння пожеж / Голендер В. А., Киреев О. О., Росоха С. В., Сенчихин Ю. М., Остапов К. М., Ткачов А. Ф. – Заявка на патент України № U 2016 02864 від 22.03.2016 р.
9. Нефедов А. Ф. Планирование эксперимента и моделирование при исследовании эксплуатационных свойств автомобилей / А. Ф. Нефедов, Л. Н. Высочин. – Львів: Вища школа, 1976. – 160 с.
10. Федоров В. В. Теория оптимального эксперимента / Федоров В. В. –Москва: Наука, 1971. – 312 с.
11. Тимченко А. А. Основы информатики системного проектирования объектов новой техники / А. А. Тимченко, А. А. Родионов. – Киев: Наукова думка, 1991. – 152 с.
12. Jones J. C. Commentary on the chemical action of halogenated extinguishants / J. C. Jones // J. Fire Science. – 2005. – V. 23, N 6. – P.449-450.
13. Rudolph S. Schaum und Wasser / S. Rudolph, U. Braun // Braundwatsh. – 2002.– B.57, N 2. – P. 58-59.
14. Chow W. K. A review on studying extinguishing room fires by water mist / W.K. Chow, Y.F. Li // J. Appl. Fire Sci. – 2002–2003. – V.11, № 4. – P.367–403.

REFERENCES

1. Kireev A. A., Zhernoklyov K. V. and Savchenko A. V. *Opređenje pokazatelya ognetushaschey sposobnosti geleobrazuyuschih ognetushaschih sostavov pri tushenii modelnogo ochaga požara 1a* [Determination of extinguishing ability of gelling extinguishing agents in extinguishing the fire model]. *Problemy požarnoy bezopasnosti* – [Problems of Fire Safety]. Kharkov: UTSZU, 2010. – no. 28 – pp. 74–80. (in Russian).
2. Gorban Yu. I. *Pozharnye roboty i stvolnaya tehnika v požarnoy avtomatike i požarnoy ohrane* [Fire robots and receiver equipment in the fire automation and fire protection]. Moskva: Pozhnauka, 2013. — 352 p. (in Russian).
3. Adler Yu. P., Granovskiy Yu. V. and Markova V. V. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy* [An experiment in the search for optimal conditions]. –Moskva: Nauka, 1971. – 123 p. (in Russian).
4. Rosoha S. V., Senchihin Yu. N., Kireev A. A. and Ostapov K. M. *Analiz protsessu podachi i traektorii potoka struy ognetushaschego veschestva ustanovkoy AUTGOS* [Analysis of the application process and the flow path of the jets of extinguishing agent installation AUTGOS]. *Problemy požarnoy bezopasnosti* – [Problems of Fire Safety]. Kharkov: NUTSZU, 2015. – no. 38. – pp. 146–155. (in Russian).
5. Sherenkov I. A. and Dendarenko Yu. Yu. *Veernyye svobodnyye vodyanyye strui dlya teplozaschity i pri požarah* [The rolling-free water jets for thermal protection during fires]. *Naukoviy visnik budivnitsva* – [Scientific Bulletin of the construction]. – Kharkov. HDTUBA-HOTV ABU, 2002. no. 18. – pp. 293–297. (in Russian).
6. Rosoha S. V., Senchihin Yu. M., Golender V. A., Ostapov K. M. and Dendarenko Yu. Yu *Nasadok dlya stvorenniya plosko-radialnoyi vodyanoyi zavisi* [Tips for making flat-radial water curtain]. *Pat. 105235 Ukrayina, MPK A 62 S 31/00, zavavnik i patentovlasnik Natsionalniy universitet tsivilnogo zahistu Ukrayini*. – №201508629. Zayavl. 07.09.2015; Nadr. 10.03.2016; Byul. 5. – 4 p.(in Ukrainian).
7. Rosoha S. V., Senchihin Yu. N., Ostapov K. M. and Dendarenko Yu. Yu. *Reshenie zadachi konstruirovaniya požarnogo stvola-raspylatelya* [Meeting the challenge of designing a fire spray barrel]. *Naukoviy visnik budivnitsva* – [Scientific Bulletin of the construction]. Kharkov: HDTUBA HOTV ABU, 2016. no. 83. –pp. 228–233. (in Russian).
8. Golender V. A., Kireev O. O., Rosoha S. V., Senchihin Yu. M., Ostapov K. M. and Tkachov A. F. *Sposib distantsynogo gasinnya pozhazh* [Method for remote firefighting]. – Zayavka na patent Ukrainyi № U 2016 02864 vid 22.03.2016. (in Ukrainian).
9. Nefedov A. F. and L. N. Vyisochin. *Planirovanie eksperimenta i modelirovanie pri issledovanii ekspluatatsionnykh svoystv avtomobiley* [Experimental Design and modeling in the study of vehicle operating properties]. Lviv: Vyischa shkola, 1976. – 160 p. (in Russian).
10. Fedorov V. V. *Teoriya optimalnogo eksperimenta* [The theory of optimal experiment]. Moskva: Nauka, 1971. – 312 p. (in Russian).
11. Timchenko A. A. and Rodionov A. A. *Osnovy informatiki sistemnogo proektirovaniya ob'ektov novoy tehniki* [Fundamentals of Computer Systems of Engineering facilities with the new technology]. Kiev: Naukova dumka, 1991. – 152 p. (in Russian).
12. Jones J. C. *Commentary on the chemical action of halogenated extinguishants* / J. C. Jones // J. Fire Science. – 2005. – V. 23, N 6. – pp. 449-450.
13. Rudolph S. *Schaum und Wasser* / S. Rudolph, U. Braun // Braundwatsh. – 2002.– B.57, N 2. – pp. 58-59.
14. Chow W. K. *A review on studying extinguishing room fires by water mist* / W. K. Chow, Y. F. Li // J. Appl. Fire Sci. – 2002–2003. – V.11, № 4. – pp. 367–403.

Стаття надійшла в редколегію 1.09.2016