

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.186>

УДК 614.845.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДАЧИ ОГNETУШАЩЕГО ПОРОШКОВОГО СОСТАВА ОГNETУШИТЕЛЕМ

Журов М.М., Бобрышева С.Н., Лахвич В.В., Рыжков М.Б.

Цель. Исследовать параметры подачи огнетушащего порошка огнетушителем.

Методы. Экспериментальное определение интенсивности подачи и дальности струи огнетушащего порошка.

Результаты. Проведены исследования параметров подачи огнетушащего порошкового состава в очаг пожара, получены значения интенсивности и дальности его подачи с помощью стандартного и модернизированного порошкового огнетушителя. По результатам испытаний установлено, что при одинаковом начальном давлении, количестве порошка и насадке-распылителе в модернизированном огнетушителе увеличивается дальность струи, площадь распыления и интенсивность подачи. Экспериментально доказана эффективность тушения с применением предлагаемой конструкции огнетушителя.

Область применения исследований. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации конструкции порошкового огнетушителя, формы и размеров насадка-распылителя, а также совершенствования тактики тушения пожаров с применением порошковых огнетушителей.

Ключевые слова: порошковый огнетушитель, огнетушащий порошок, интенсивность подачи, дальность струи, насадок-распылитель, площадь распыления, удельный расход порошка.

(Поступила в редакцию 3 апреля 2020 г.)

Введение

Огнетушащие порошковые составы являются эффективными средствами противопожарной защиты, которые широко используются при тушении очагов возгорания [1]. Экспериментально доказано, что увеличение удельной поверхности порошковых составов ведет к повышению огнетушащей эффективности [2; 3]. Опыт практического применения порошковых огнетушителей показывает, что при недостаточной дальности подачи огнетушащих порошковых составов и их концентрации в зоне горения указанные огнетушители становятся неэффективными. Поэтому актуальным является решение вопросов обеспечения требуемой дальности подачи и концентрации огнетушащих порошковых составов в зоне горения.

Основная часть

Тушение и прекращение горения с применением порошковых составов достигается за счет комплексного огнетушащего эффекта: ингибирование химических реакций в зоне горения, охлаждение зоны горения, разбавление горючей среды, эффект огнепреграждения при поверхностном тушении. Основной же эффект тушения достигается за счет ингибирования химических реакций в зоне горения. При этом огнетушащая способность в значительной степени зависит от способа подачи порошковых составов в зону горения [2; 4].

Согласно действующим нормативным документам¹ огнетушащая эффективность огнетушащего порошка определяется при тушении модельных очагов пожара класса А и В. При этом нормативно также установлена продолжительность и дальность подачи огнету-

¹ Система стандартов пожарной безопасности. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.12.01-2009. – Введ. 01.07.09 (с отменой на территории Республики Беларусь НПБ 13-2000). – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2009. – 24 с.

шащего порошка². С учетом указанных значений и установленного минимального ранга модельного очага пожара класса В для порошковых огнетушителей с соответствующей массой огнетушащего вещества (далее – ОТВ) рассчитаны максимальные значения интенсивности подачи огнетушащего порошка для модельных очагов классов 21В – 70В по формуле:

$$I_{mp} = \frac{m}{tS_{м\text{уи}}}, \quad (1)$$

где m – масса огнетушащего порошка, кг; t – продолжительность подачи огнетушащего порошка, с; $S_{м\text{уи}}$ – площадь модельного очага, м².

Расчетные максимальные значения интенсивности подачи огнетушащего порошка для модельных очагов представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Значения интенсивности подачи огнетушащего порошка

Масса ОТВ, заряженного в ОП, кг	Ранг модельного очага / площадь, м ²	Продолжительность подачи ОТВ (не менее), с	Интенсивность подачи ОТВ, кг/(с·м ²)
2	21В / 0,65	6	0,51
3	34В / 1,10	8	0,34
4	55В / 1,75	10	0,22
5	70В / 2,25	10	0,22

Согласно методу определения текучести порошка³, основанному на измерении массового расхода огнетушащего порошка при истечении его из испытательного прибора, минимальное значение текучести составляет 0,28 кг/с. С учетом минимального значения текучести рассчитывали минимальные значения интенсивности подачи огнетушащего порошка по формуле:

$$I_{mp} = \frac{T_{mp}}{S_{м\text{уи}}}, \quad (2)$$

где T_{mp} – минимально установленная текучесть, кг/с; $S_{м\text{уи}}$ – площадь модельного очага, м².

Результаты расчетов минимальных значений требуемой интенсивности (2) представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Минимальные значения интенсивности подачи огнетушащего порошка

Масса ОТВ, заряженного в ОП, кг	Ранг модельного очага / площадь, м ²	Интенсивность подачи ОТВ, кг/(с·м ²)
2	21В / 0,65	0,43
3	34В / 1,10	0,25
4	55В / 1,75	0,16
5	70В / 2,25	0,12

Таким образом, согласно действующим техническим нормативным правовым актам получаем следующие значения параметров интенсивности подачи и дальности (табл. 3). Из таблицы 3 следует, что максимальное значение интенсивности подачи огнетушащего порошка имеет огнетушитель с массой заряда 2 кг, которое может достигать 0,51 кг/(с·м²). При этом с увеличением ранга модельного очага интенсивность подачи уменьшается. Следовательно, значение требуемой интенсивности подачи порошка никак не связано со значением требуемой огнетушащей интенсивности порошкового состава, являющейся

² Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная техника. Огнетушители переносные. Общие технические условия: СТБ 11.13.04-2009. – Введ. 01.09.09 (с отменой на территории Республики Беларусь НПБ 1-2005). – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2009. – 46 с.

³ См. сноску 1.

отражением основного эффекта тушения за счет ингибирования химических реакций в зоне горения.

Таблица 3. – Значения интенсивности подачи и дальности струи огнетушащего порошка

Масса ОТВ, заряженного в ОП, кг	Интенсивность подачи ОТВ, кг/(с·м ²)	Длина струи ОТВ (не менее), м
2	0,43–0,51	2
3	0,25–0,34	2
4	0,16–0,22	3
5	0,12–0,22	3

Кроме того, при тушении пожаров с применением порошкового огнетушителя спецификой является то, что при требуемой интенсивности подачи должна обеспечиваться требуемая дальность его подачи. Именно благодаря обеспечению требуемой дальности подачи огнетушащего порошка возможно тушение на всей площади горения. Следовательно, важно обеспечить такие условия работы порошкового огнетушителя, при которых весь его заряд будет использоваться для тушения на всей площади горения. Для этого необходимо проанализировать интенсивность и дальность подачи порошков и определить их наиболее эффективные параметры.

Для увеличения интенсивности и дальности подачи огнетушащего порошка нами предлагается модернизированная конструкция порошкового огнетушителя (рис. 1) [5].

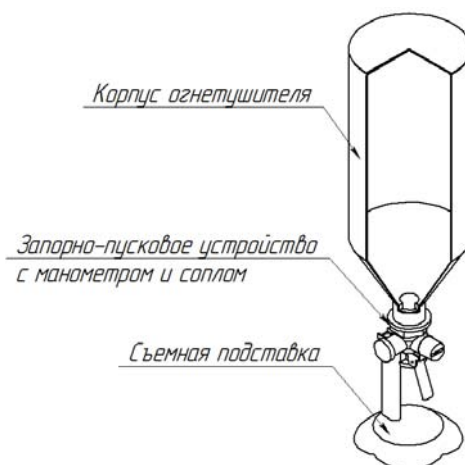


Рисунок 1. – Конструкция переносного огнетушителя

Преимущество разработки в том, что она обеспечивает полный выброс запаса огнетушащего порошка и позволяет увеличить интенсивность его подачи без увеличения начального давления в баллоне.

Для определения параметров истечения порошковых составов из стандартного и модернизированного порошкового огнетушителя нами проведены сравнительные испытания указанных огнетушителей с массой огнетушащего порошка 2 кг.

Известно, что параметры истечения порошкового состава зависят от формы и размеров насадка-распылителя. Форма и размеры насадка-распылителя, применяемого в испытаниях, представлены на рисунке 2.

Проведенные испытания огнетушителя с запасом огнетушащего порошка массой 2 кг по методике⁴ показали, что существующая конструкция порошкового огнетушителя (далее – ОП-2) не обеспечивает полного выброса огнетушащего заряда [5]. Значения текучести и остатка порошка составили 0,3 кг/с и 8,8 % соответственно. Указанные значения у порошкового огнетушителя с модернизированной конструкцией составили 0,35 кг/с и 0 %

⁴ См. сноску 1.

соответственно. Таким образом, установлено, что увеличение текучести в модернизированном огнетушителе достигается за счет изменения как параметров истечения порошкового состава, так и использования всего огнетушащего заряда.

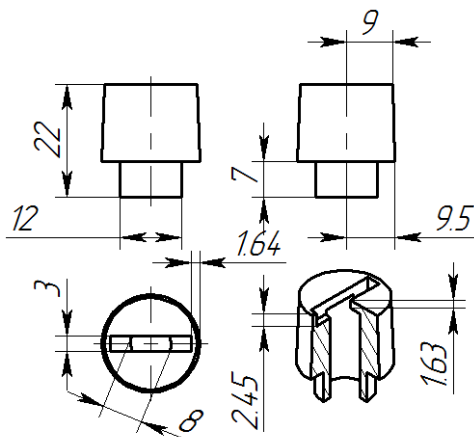


Рисунок 2. – Форма и размеры насадка-распылителя

Результаты испытаний интенсивности подачи огнетушащего порошка представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Значения интенсивности подачи огнетушащего порошка

Испытуемый огнетушитель	Текучесть Q , кг/с	Длина струи ОТВ, м	Ранг модельного очага / площадь, m^2	Интенсивность подачи ОТВ, $кг/(с \cdot m^2)$
Стандартный	0,30	5,2	21В / 0,65	0,46
Модернизированный	0,35	6,6	21В / 0,65	0,53

Результаты исследования текучести, дальности струи и интенсивности подачи ОТВ позволяют сделать вывод об улучшении параметров работы модернизированного огнетушителя по сравнению со стандартным. В свою очередь, улучшение параметров подачи огнетушащего порошка в каждом конкретном случае тушения должно согласовываться с уменьшением удельного расхода огнетушащего порошка. В соответствии с выводами работ [6; 7] при использовании огнетушащих веществ всегда проявляется экстремальная зависимость удельного расхода от интенсивности их подачи. Экстремальная зависимость представлена на рисунке 3 [7].

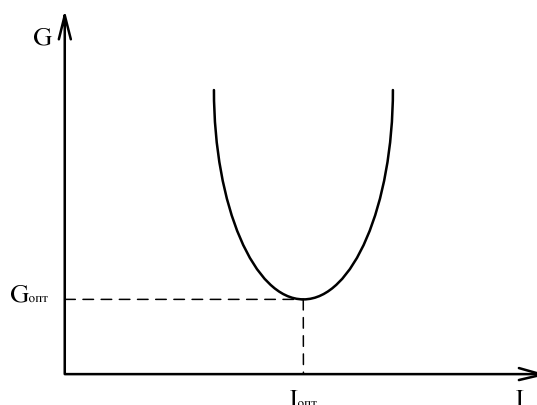


Рисунок 3. – Зависимость удельного расхода огнетушащего вещества (G) от интенсивности подачи вещества (I)

Таким образом, минимальное значение удельного расхода определяется зависимостью $G = f(I)$, а эффективность тушения порошковыми составами оценивается по минимальному расходу G_{min} . В представленной зависимости минимальное значение удельного расхода рассчитывается исходя из значения оптимальной интенсивности.

Оптимальное эффективное количество огнетушащего порошка для тушения определяется по формуле:

$$G_{\min} = I_{\text{opt}} t, \quad (3)$$

где I_{opt} – оптимальная интенсивность подачи порошка, кг/(с·м²); t – время тушения, с.

Проведенные натурные огневые испытания по тушению модельного очага 21В подтвердили эффективность предлагаемой конструкции порошкового огнетушителя ОП-2 [5]. По результатам испытаний также установлено, что при успешных испытаниях общий расход огнетушащего порошка на тушении очага 21В составил 1,2 кг, в то время как при использовании стандартного ОП-2 – 1,6 кг. Эти результаты являются подтверждением улучшения такого параметра, как интенсивность подачи огнетушащего порошка. Вместе с тем данный факт не является прямым подтверждением улучшения такого параметра, как дальность струи. Для подтверждения улучшения параметра дальность струи с помощью модернизированного огнетушителя проведены дополнительные испытания по стандартной методике⁵.

Полученные значения дальности струи с помощью стандартного и модернизированного огнетушителей представлены на рисунке 4.

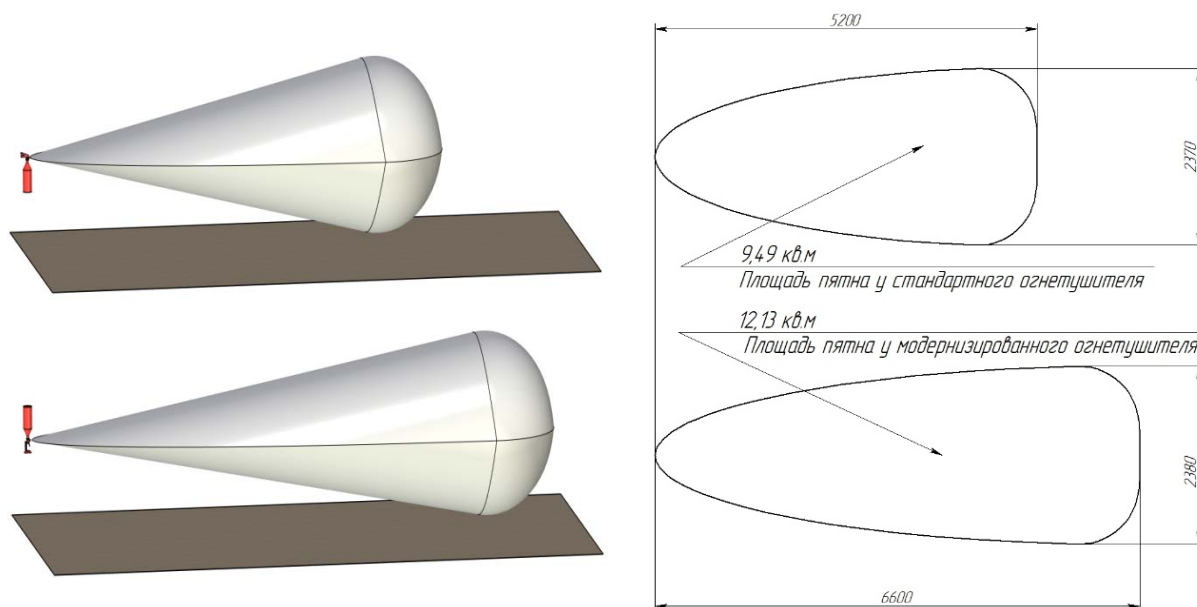


Рисунок 4. – Экспериментально установленные зоны распыления огнетушащего порошка исходным и модернизированным огнетушителем

Проведенные испытания показали, что дальность порошковой струи у модернизированного огнетушителя на 27 % больше, чем у стандартного. Следовательно, предлагаемая конструкция порошкового огнетушителя позволяет улучшить не только интенсивность подачи огнетушащего порошка, но и дальность струи.

Рассчитаем значения поверхностной плотности распыления огнетушащего порошка для стандартного и модернизированного огнетушителя с учетом площади пятна распыления. Для установленных параметров подачи огнетушащего порошка значение поверхностной плотности распыления рассчитывали по формуле:

$$P = \frac{m}{S_n}, \quad (4)$$

где m – масса огнетушащего порошка, кг; S_n – площадь пятна распыления огнетушащего порошка при испытаниях, м².

⁵ См. сноску 2.

Поверхностная плотность распыления огнетушащего порошка для стандартного огнетушителя составила $P_{ст} = 0,19$ кг/м², для модернизированного – $P_{м} = 0,17$ кг/м². Сравнивая полученные значения, получаем, что значение поверхностной плотности распыления огнетушащего порошка модернизированным огнетушителем меньше значения поверхностной плотности распыления огнетушащего порошка стандартным огнетушителем. Таким образом, при увеличении площади распыления на 27,8 % поверхностная плотность распыления уменьшается на 10,5 %. При этом интенсивность подачи огнетушащего порошка в зону горения увеличивается до 15,2 %, что достигается за счет использования всего запаса огнетушащего порошка. Следовательно, именно изменение параметров подачи огнетушащего порошка из огнетушителя ОП-2 позволяет уменьшить расход огнетушащего порошка на тушение очага 21В. Это объясняется улучшением таких параметров его подачи, как дальность порошковой струи, площадь распыления и интенсивность подачи.

Так как параметры истечения порошкового состава тоже зависят от формы и размеров насадка-распылителя, для определения минимального расхода огнетушащего порошка на тушение, а в дальнейшем оптимизацию насадка-распылителя предлагается проводить с учетом вышеуказанных параметров.

Заключение

Полученные результаты и их анализ позволяют сделать вывод, что для успешного применения порошкового огнетушителя наряду с проявлением основного эффекта тушения за счет ингибирования химических реакций в зоне горения определяющими являются интенсивность подачи, дальность струи и площадь распыления огнетушащего порошка. Предлагаемая нами конструкция огнетушителя позволяет улучшить параметры истечения порошкового огнетушащего состава, уменьшив при этом его расход для тушения пожара. Установлено, при одинаковом начальном давлении, количестве порошка и насадке-распылителе в модернизированном ОП-2 при увеличении дальности порошковой струи на 27 % и площади распыления на 27,8 % интенсивность подачи огнетушащего порошка увеличивается до 15,2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каришин, А.В. Применение высокодисперсных порошковых огнетушащих составов в контейнерах для метания в установках пожаротушения стволового типа / А.В. Каришин, А.М. Царев, В.С. Степанюченко // Извест. Самарск. научн. центр. РАН – 2010 – Т. 12., № 1 (9). – С. 2239–2245.
2. Абдурагимов, И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учеб. пособие / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. – М., 1980. – 255 с.
3. Баратов, А.Н. Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность / А.Н. Баратов. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 364 с.
4. Брушлинский, Н.Н. Моделирование пожаров и взрывов / Н.Н. Брушлинский, А.Я. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2000. – 482 с.
5. Журов, М.М. Оптимизация конструкции порошкового огнетушителя и исследование параметров подачи огнетушащего порошка / М.М. Журов [и др.] // Вестн. Университета гражд. защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 4. – С. 391–399. DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-4.391.
6. Nash, P. Powder and extinguishing system / P. Nash // Fire Prevention. – 1977 – No. 118. – P. 17–21.
7. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2 кн. / под общ. ред. А.Н. Баратова, Д.А. Корольченко. – М.: Химия, 1990. – Кн. 1. – С. 88.

Исследование параметров подачи огнетушащего порошкового состава огнетушителем
Investigation of parameters of fire extinguishing powder supply

Журов Марк Михайлович

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра процессов горения и взрыва, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: zhurmark@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5228-7371

Mark M. Zhurov

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Combustion and Explosion Processes, Associate Professor

Address: ul. Mashinostroiteley, 25, 220118, Minsk, Belarus

e-mail: zhurmark@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5228-7371

Бобрышева Светлана Николаевна

кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кафедра материаловедения в машиностроении, доцент

Адрес: пр-т Октября, 48, 246746, г. Гомель, Беларусь

e-mail: bobrusheva@tut.by

ORCID: 0000-0002-2838-6721

Svetlana N. Bobrysheva

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Educational Institution «Sukhoi State Technical University of Gomel», Chair of Materials Science in Mechanical Engineering, Associate Professor

Address: pr-t Oktyabrya, 48, 246746, Gomel, Belarus

e-mail: bobrusheva@tut.by

ORCID: 0000-0002-2838-6721

Ляхвич Вячеслав Вячеславович

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра пожарной аварийно-спасательной техники, начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

Vyacheslav V. Lakhvich

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Fire Rescue Equipment, Head of Chair

Address: ul. Mashinostroiteley, 25, 220118, Minsk, Belarus

e-mail: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

Рыжков Михаил Борисович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», курсант

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: Miha123123123miha@mail.ru

Mikhail B. Ryzhkov

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Cadet

Address: ul. Mashinostroiteley, 25, 220118, Minsk, Belarus

e-mail: Miha123123123miha@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.186>

INVESTIGATION OF PARAMETERS OF FIRE EXTINGUISHING POWDER SUPPLY

Zhurov M.M., Bobrusheva S.N., Lakhvich V.V., Ryzhkov M.B.

Purpose. To research the parameters of the fire extinguishing powder supply.

Methods. Experimental determination of the feed intensity and range of the fire extinguishing powder jet.

Findings. Studies of the parameters of the supply of fire extinguishing powder composition to the fire center were carried out, the values of the intensity and range of its supply were obtained using a standard and modernized powder fire extinguisher. According to the results of tests, it was found that at the same initial pressure, amount of powder and spray nozzle in the upgraded fire extinguisher, the range of the jet, the area of spraying and the intensity of supply increases. The effectiveness of extinguishing using the proposed design of the fire extinguisher has been practically proven.

Application field of research. The results of the research can be used to optimize the design of the powder extinguisher, the shape and size of the spray nozzle, as well as to improve the tactics of extinguishing fires using powder extinguishers.

Keywords: powder extinguisher, fire extinguishing powder, intensity supply, jet range, spray nozzle, spray area, specific consumption of powder.

(The date of submitting: April 3, 2020)

REFERENCES

1. Karishin A.V., Tsarev A.M., Stepanyuchenko V.S. Primenenie vysokodispersnykh poroshkovykh oagnetushashchikh sostavov v konteynerakh dlya metaniya v ustanovkakh pozharotusheniya stvolovogo tipa [Application of highly dispersed powder extinguishing agents in containers for throwing in fire extinguishing installations of the stem type]. *News Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*, 2010. Vol. 12, No. 1 (9). Pp. 2239–2245. (rus)
2. Abduragimov I.M., Govorov V.Yu., Makarov V.E. *Fiziko-khimicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozharov* [Physical and chemical bases of fire development and extinguishing]: tutorial. Moscow, 1980. 255 p. (rus)
3. Baratov A.N. *Gorenie – Pozhar – Vzryv – Bezopasnost'* [Fire-Explosion-Safety]. Moscow: FGU VNIPO MChS Rossii, 2003. 364 p. (rus)
4. Brushlinskiy N.N., Korol'chenko A.Ya. *Modelirovanie pozharov i vzryvov* [Modeling fires and explosions]. Moscow: Pozhnauka, 2000. 482 p. (rus)
5. Zhurov M.M., Bobrusheva S.N., Korotkevich S.G., Chernyy Yu.S. Optimizatsiya konstruktсии poroshkovogo oagnetushatelya i issledovanie parametrov podachi oagnetushashchego poroshka [Optimization of the design of a powder fire extinguisher and investigation of the parameters of the supply of fire extinguishing powder]. *Journal of Civil Protection*, 2019. Vol. 3, No. 4. Pp. 391–399. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-4.391.
6. Nash P. Powder and extinguishing system. *Fire Prevention*, 1977, No. 118. Pp. 17–21.
7. *Pozharovzryvoopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire and explosion hazard of substances and materials and their means of fighting]: reference book. Ed. by Baratov A.N., Korol'chenko A.Ya. Moscow: Khimiya Publ., 1990, book 1, 88 p. (rus)