

ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

УДК 614.842.61

канд. техн. наук Журов М.М., канд. техн. наук, доц. Гоман П.Н.,
канд. техн. наук, доц. Миканович Д.С., Лямцев И.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАЧИ ОГNETУШАЩИХ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ

*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

Разработана конструкция устройства для подачи огнетушащих порошковых составов с помощью баллона со сжатым воздухом, которая обеспечивает более высокое постоянное давление выброса порошка по сравнению со стандартными закачными порошковыми огнетушителями. Рассчитан расход воздуха, подаваемого в устройство аппаратом Drager, который составляет более 16 л/с. При этом показано, что для эффективной подачи огнетушащего порошка и исключения перерасхода воздуха требуется снизить его расход до 6,7 л/с.

Ключевые слова: конструкция устройства, огнетушащие порошки, удельная поверхность, дисперсность, давление выброса, эффективность подачи, аппарат сжатого воздуха, постоянное давление, диаметр отверстия.

Ph.D. (Tech.), M.M. Zhurov, Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof. P.N. Goman,
Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof. D.S. Mikanovich, I.V. Lyamtsev

INCREASING THE EFFICIENCY OF YOUR DEVICE FOR SUPPLY OF FIRE EXTINGUISHING POWDER COMPOSITIONS

*The State educational establishment «University of civil protection of the Ministry for
emergency situations of the Republic of Belarus», Minsk*

A design of a device for supplying fire extinguishing powder compositions using a compressed air cylinder, which provides a higher constant pressure of powder ejection was developed. The flow rate of supplying air to the device by the Drager apparatus was calculated. It was shown that for the effective supplying of fire extinguishing powder and the prevent of excessive air consumption, it is required to reduce its consumption to 6,7 l/s.

Keywords: device design, fire extinguishing powders, specific surface, dispersion, ejection pressure, supply efficiency, compressed air apparatus, constant pressure, orifice diameter.

Введение

Одной из угроз национальной безопасности Республики Беларусь является возникновение на ее территории крупномасштабных чрезвычайных ситуаций природного и тех-

ногенного характера [1]. Наиболее распространенной чрезвычайной ситуацией при этом является пожар. В Республике Беларусь, несмотря на ежегодное проведение комплекса пожарно-профилактических меро-

приятый, не удастся в полной мере предупредить возникновение пожаров и существенно снизить ущерб от них. Только с 2000 года в стране

произошло около 191 тыс. пожаров, не считая пожаров в природных экосистемах (рисунок 1) [2].



Рисунок 1. – Статистические данные по пожарам в Республике Беларусь

Пожарная безопасность на современном этапе обеспечивается системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. С целью предотвращения пожара требуется исключить образование горючей среды и (или) образование в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Для обеспечения противопожарной защиты людей и материальных ценностей применяются современные средства пожаротушения и пожарной техники, автоматические установки пожарной сигнализации, строительные конструкции и материалы с нормированными показателями пожарной опасности, средства противодымной защиты и др.

В последнее время для повышения оперативности и качества ликвидации возгораний на начальной стадии их развития особое внимание уделяется разработке эффективных огнетушащих веществ и средств их подачи в очаг пожара. Значительное место среди имеющихся в подразделения МЧС огнетушащих веществ занимают порошки, которые позволяют эффективно тушить электрооборудование под напряжением до 1000 В.

Настоящая работа посвящена повышению эффективности работы устройства для подачи работниками МЧС огнетушащих порошков в зону горения [3].

Основная часть

Эффективность огнетушащих порошков напрямую зависит от их удельной поверхности. Суммарный огнетушащий эффект порошковых

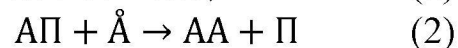
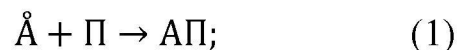
составов в настоящее время объясняют следующими факторами: разбавлением горючей среды газообразными продуктами разложения порошка или порошковым облаком; охлаждением зоны горения; возникновением эффекта огнепреграждения, обусловленным прохождением пламени через узкие каналы между частицами порошка; ингибированием химических реакций в пламени. Последнее может осуществляться как в газовой фазе, так и на поверхности частиц.

Существует несколько точек зрения на процесс ингибирования пламени. Так, в работе [4] указывается, что гашение пламени происходит за счет гомогенного ингибирования. Другая группа авторов [5, 6] считает, что тушение происходит за счет гетерогенного ингибирования.

Предпочтительна точка зрения, которая допускает как гомогенное, так и гетерогенное ингибирование пламени [7, 8]. В общем случае в зоне пламени происходит либо гетерогенная рекомбинация активных центров на поверхности частицы, либо гомогенное взаимодействие газообразных продуктов возгонки порошков с активными центрами [9]. Остальные огнетушащие эффекты: охлаждение, изоляция, огнепреграждение, флегматизация присутствуют в меньшей степени. Однако существует и противоположная точка зрения, когда доминирующим огнетушащим эффектом, особенно для тонкодисперсных огнетушащих порошковых составов, считают охлаждающий эффект [10].

В работе [11] механизм гетерогенного ингибирования порошками

представлен в виде следующей схемы:



где \dot{A} - активная частица;
П – твердая поверхность.

Эффективность таких ингибиторов тем выше, чем легче они способны отдавать электрон радикалам. Поэтому полярные соединения более эффективны, чем ковалентные.

При изучении действий карбонатов, бикарбонатов, галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов с частицами размером менее 10 мкм на скорость распространения пламени метановоздушной смеси установлено, что скорость горения снижалась до минимальной при концентрации наиболее эффективных солей (карбонатов и бикарбонатов калия и натрия) меньше 0,1 кг/м³ [12]. Расчетом показано, что столь мелкие порошки успевают при прохождении через пламя нагреться до температуры пламени и испариться.

Степень прогревания и испарения частицы порошка в пламени зависит в основном от диаметра частицы и скорости пламени, а в случае ее разложения – еще и от индивидуальной для данного вещества константы скорости разложения. Сторонники теплового механизма подавления горения порошковыми составами приходят к выводам о том, что имеет место не эффект ингибирования, а охлаждение и разбавление (флегматизация) очага газообразными продуктами разложения порошков [13].

Из всех физико-химических и эксплуатационных свойств огнетушащих порошков наиболее важным является их огнетушащая способность. В лабораторных условиях доказано повышение огнетушащей эффективности порошков при увеличении их удельной поверхности. Чем выше дисперсность порошка, тем больше его удельная поверхность и склонность к гетерогенной рекомбинации радикалов на его поверхности. Исходя из этого, чем выше дисперсность порошка, тем выше его огнетушащая эффективность. В этом случае при тушении часть тепла реакции горения будет расходоваться на разогрев порошка, часть поглотится в процессе его разложения, а только оставшаяся часть пойдет на разогрев горючего и окислителя.

Однако не всегда так происходит в реальных условиях, когда тушение пожара может сопровождаться различными негативными факторами. Так, на практике применение сверхтонких порошков, обладающих наилучшей огнетушащей эффективностью, представляет большие трудности, так как такие порошки потоком горячего воздуха уносятся от очага пожара, не проникая в пламя. Повысить эффективность их выброса и подачи в очаг пожара позволяет применение импульсных установок. В качестве альтернативы импульсным установкам нами предлагается применять устройство, которое обеспечивает более высокое постоянное давление выброса порошка по сравнению со стандартными закачными огнетушителями [3].

Режимы подачи огнетушащего порошка в очаг пожара существую-

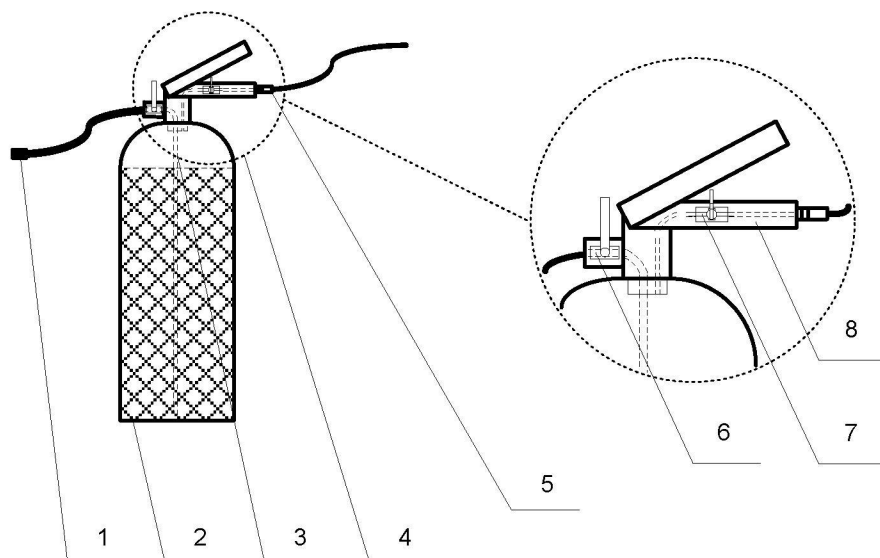
щими средствами порошкового пожаротушения различаются по принципу действия. В импульсных установках пожаротушения эффективно применять порошки с высокой дисперсностью, в автоматических установках – порошки с высокой ингибирующей способностью. В порошковых огнетушителях и автомобилях порошкового тушения целесообразно применять порошки с низкой стоимостью.

Согласно нормативному документу [14] основной показатель огнетушащих порошковых составов – огнетушащая эффективность, которая определяется при тушении модельных очагов пожара. Однако параметры истечения порошка (давление выброса, начальная скорость) из огнетушителей с разной массой заряда существенно различаются.

С учетом требований стандарта [15] время работы порошкового огнетушителя с массой 10 кг (далее – ОП-10) должно составлять не менее 15 с. Проведенные нами ранее испытания [16] показали, что за первые 3 с давление в стандартном порошковым огнетушителе ОП-10 падает более чем в два раза и составляет не более 7 атм. Поэтому применение стандартного ОП-10 для подачи огнетушащего порошка дисперсностью до 50 мкм становится особенно неэффективным после первых 3 с его работы, а в оставшиеся 12 с работы огнетушителя длина струи снижается более чем в два раза. Следовательно, прерывание и возобновление подачи огнетушащего порошка в процессе тушения значительно снижают эффективность применения стандартного ОП-10.

Предлагаемое нами устройство подачи огнетушащего порошка [3] (рисунок 2) позволяет повысить эффективность тушения даже при ис-

пользовании порошков дисперсностью до 50 мкм и прерывании их подачи.



1 – шланг с насадкой-распылителем; 2 – баллон для хранения огнетушащего вещества; 3 – сифонная трубка; 4 – запорно-пусковое устройство; 5 – быстросъемное соединение; 6 – кран для прекращения подачи огнетушащего состава; 7 – пневмокран; 8 – ручка для переноски с подвижным рычагом

Рисунок 2. – Конструкция устройства для подачи огнетушащих порошковых составов

Работа устройства осуществляется от аппарата сжатого воздуха, что в свою очередь обеспечивает постоянное давление выброса порошка. Вместе с тем, особое внимание необходимо уделить проблеме эффективного использования воздуха из баллона. Воздух в баллон с огнетушащим порошком попадает из аппарата сжатого воздуха через редуктор, а также воздухоподающие шланги и штуцер для присоединения быстросъема. Штуцер с учетом площади отверстия может пропускать разное количество воздуха в единицу времени. Для эффективной работы устройства необходимо определить оптимальную площадь данного отверстия. Для полной подачи всего порошка при рабочем давлении 8 атм. достаточно 100 л воздуха, кроме того, перерасход воз-

духа приводит к образованию аэрозоля на выходе из сопла, а это в свою очередь – к снижению эффективности тушения. Поэтому расход воздуха не должен быть завышен.

При среднем значении редуцированного давления равном 8 атм. пропускная способность отверстия штуцера должна быть около 6,7 л/с. При этом поток воздуха из редуктора аппарата сжатого воздуха Drager, применяемого для работы устройства, составляет более 16 л/с.

Как показали проведенные эксперименты, устройство подачи огнетушащего порошка, работающее от аппарата сжатого воздуха Drager, обеспечивает постоянное рабочее давление 8 атм. на протяжении использования всего огнетушащего заряда, при этом расход воздуха составляет около 180 л. Эксперимен-

тально полученные значения расхода воздуха свидетельствуют о большой пропускной способности штуцера и о перерасходе воздуха.

Теоретический массовый расход воздуха, который выйдет через отверстие штуцера определенного диаметра за какой-либо промежуток времени из аппарата сжатого воздуха, рассчитывали по следующей формуле [17]:

$$m = A \sqrt{\gamma \rho P \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1}}} \quad (3)$$

где m – искомый массовый расход газа, кг/с;

A – площадь сечения сопла, м²;

P – абсолютное давление газа перед соплом, Па;

$\gamma = c_p/c_v = 29,12 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} / 20,8 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} = 1,4$;

ρ – плотность газа при абсолютном давлении, кг/м³.

Полученные значения объемного расхода воздуха в зависимости от радиуса отверстия в штуцере при плотности воздуха, равной 1,2 кг/м³, представлены на рисунке 3.

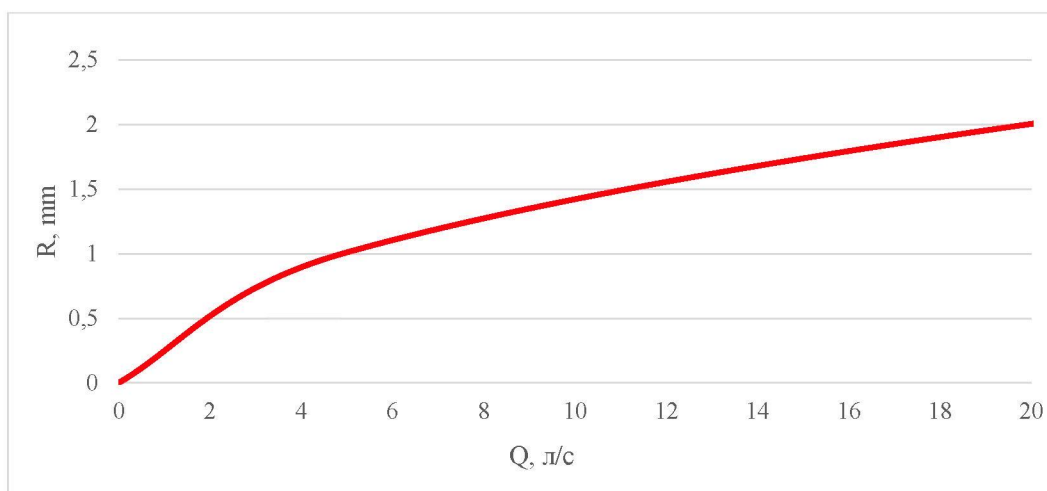


Рисунок 3. – Значения объемного расхода воздуха

Из полученной зависимости видно, что при среднем значении редуцированного давления 8 атм. пропускная способность отверстия штуцера при его радиусе 2 мм более 16 л/с, что значительно выше требуемого значения для подачи огнетушащего порошка и приводит к существенному перерасходу воздуха.

Заключение

Проведенные расчеты показали, что требуемое для подачи огнетушащего порошка минимальное значение объемного расхода воздуха

составляет 6,7 л/с и достигается при радиусе отверстия штуцера 1–1,5 мм. Для уменьшения расхода воздуха из аппарата Drager и повышения эффективности работы предлагаемого устройства требуется дополнительная регулировка расхода воздуха путем уменьшения радиуса отверстия штуцера. Полученное значение расхода воздуха по приведенной формуле (3) является приближенным и в дальнейшем в ходе проведения экспериментальных исследований будет рассматриваться в ка-

честве ориентировочной цифры для проверки эффективности работы предлагаемого устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь от 9 ноября 2010 г. № 575: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 24 января 2014 г. № 49 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2022.

2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=224000/>. – Дата доступа: 04.04.2022.

3. Журов, М. М. Устройство подачи порошкового огнетушащего вещества / М. М. Журов, Д. С. Миканович, М. Б. Рыжков // Вестн. Ун-та гражд. защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 186–192.

4. Rosser, W / W. Rosser, S. Jnami, H. Wise // Comb. Flame. – 1963. – V. 7. – P. 103.

5. Burke, R. / R. Burke, A. Van-Tuggelen // Bull.Soc. chim. Beige. – 1965. – V. 74. – P. 26.

6. Баратов, А. Н. Горючесть веществ и химические средства пожаротушения / А. Н. Баратов [и др.]. – Вып. 2. – М.: ВНИИПО, 1974. – С. 4.

7. Hofman, W. // Chem. Ind. Techn. – 1971. – Bd. 43. – S. 556.

8. Birchall, Y. // Comb. Flame. – 1970. – V. 14. – P. 85.

9. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и мате-

риалов и средства их тушения. Справочник в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. I. – 713 с.

10. Абдурагимов, И.М. Всегда ли автоматика эффективнее оперативных служб пожарной охраны / И.М. Абдурагимов // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21. – С. 53–59.

11. Баратов, А.Н. Огнетушащие порошковые составы / А.Н. Баратов, Л.П. Вогман. – М.: Стройиздат, 1982. – 72 с.

12. Лапшин, Д.Н. Модифицирование огнетушащих порошковых составов на основе фосфата и сульфата аммония в условиях интенсивных механических воздействий : дис. канд. техн. наук : 05.17.01 / Д. Н. Лапшин. – Иваново, 2014. – 196 с.

13. Сабинин, О.Ю. Огнетушащие порошки. Проблемы. Состояние вопроса / О.Ю. Сабинин, С.М. Агаларова // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Т. 16, № 6. – С. 63–68.

14. Система стандартов пожарной безопасности. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.12.01-2009. Введ. 01.07.2009. – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2009. – 24 с.

15. Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная техника. Огнетушители переносные. Общие технические условия: СТБ 11.13.04-2009. Введ. 01.07.2009. – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2009. – 43 с.

16. Журов, М.М. Повышение эффективности тушения порошковыми составами и снижение эксплу-

атационных затрат при использовании огнетушителей работниками МЧС / М.М. Журов, Д.С. Миканович, И.В. Лямцев // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2021. – Т. 2, № 50. – С. 133–139.

17. Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures. – 1989. – P. 391.

REFERENCES

1. Ob utverzhdenii Konceptii nacional'noj bezopasnosti Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]: Ukaz Prezidenta Resp. Belarus' ot 9 noyabrya 2010 g. № 575: v red. Ukaza Prezidenta Resp. Belarus' ot 24 yanvarya 2014 g. № 49 // Konsul'tant-Plyus. Belarus' / OOO «YUrSpektr», Nac. centr pravovoj inform. Resp. Belarus'. – Minsk, 2022.

2. Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=224000/>. – Data dostupa: 04.04.2022.

3. ZHurov, M. M. Ustrojstvo podachi poroshkovogo ognetushashchego ve-shchestva / M. M. ZHurov, D. S. Mikanovich, M. B. Ryzhkov // Vestn. Un-ta grazhd. zashchity MCHS Belarusi. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 186–192.

4. Rosser, W / W. Rosser, S. Jnami, H. Wise // Comb. Flame. – 1963. – V. 7. – P. 103.

5. Burke, R. / R. Burke, A. Van-Tuggelen // Bull.Soc. chim. Beige. – 1965. – V. 74. – P. 26.

6. Baratov, A.N. Goryuchest' veshchestv i himicheskie sredstva pozharo-tusheniya / A.N. Baratov [i

dr.]. – Vyp. 2. – M.: VNIPO, 1974. — S. 4.

7. Hofman, W. // Chem. Ind. Techn. – 1971. – Bd. 43. – S. 556.

8. Birchall, Y. // Comb. Flame. – 1970. – V. 14. – P. 85.

9. Korol'chenko, A.YA. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya. Spravochnik v 2-h ch. – 2-e izd., pererab. i dop / A.YA. Korol'chenko, D.A. Korol'chenko. – M.: Ass. “Pozhnauka”, 2004. – CH. I. – 713 s.

10. Abduragimov, I.M. Vsegda li avtomatika effektivnee operativnyh sluzhb pozharnoj ohrany / I.M. Abduragimov // Pozharovzryvobezopasnost', 2012. – Т. 21. – С. 53–59.

11. Baratov, A.N. Ognetushashchie poroshkovye sostavy / A.N. Baratov, L.P. Vogman: Strojizdat, 1982. – 72 s.

12. Lapshin, D.N. Modificirovanie ognetushashchih poroshkovykh sostavov na osnove fosfata i sul'fata ammoniya v usloviyah intensivnyh mekhani-cheskikh vozdeystvij : dis. kand. tekhn. nauk : 05.17.01 / D.N. Lapshin. – Ivanovo, 2014. – 196 s.

13. Sabinin, O.YU. Ognetushashchie poroshki. Problemy. Sostoyanie vo-prosa / O.YU. Sabinin, S.M. Agalarova // Pozharovzryvobezopasnost'. – 2007. – Т. 16, № 6. – С. 63–68.

14. Sistema standartov pozharnoj bezopasnosti. Poroshki ognetushashchie obshchego naznacheniya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy: STB 11.12.01-2009. Vved. 01.07.2009. – Minsk: NII PB i CHS MCHS Belarusi, 2009. – 24 s.

15. Sistema standartov pozharnoj bezopasnosti. Pozharnaya tekhnika. Ognetushiteli perenosnye. Obshchie

tekhnicheskie usloviya: STB 11.13.04-2009. Vved. 01.07.2009. – Minsk: NII PB i CHS MCHS Belarusi, 2009. – 43 s.

16. ZHurov, M.M. Povyshenie effektivnosti tusheniya poroshkovymi sostavami i snizhenie ekspluatsionnyh zatrat pri ispol'zovanii ognetu-shitelej rabotnikami MCHS. / M.M. ZHurov, D.S. Mikanovich, I.V. Lyamcev // CHrezvychajnye situacii:

preduprezhdenie i likvidaciya. – 2021. – T. 2, № 50. – S. 133–139.

17. Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures. – 1989. – P. 391.

