

ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2023.1-53.62-69>

УДК 614.842.61

канд. техн. наук, доц. Журов М.М.*, канд. техн. наук Короткевич С.Г.*,
канд. техн. наук Бусел О.М.*, Лямцев И.В.**, Кохановский Е.И.*

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПОРОШКОВЫМИ СОСТАВАМИ

**Государственное учреждение образования*

«Университет гражданской защиты

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск

***Филиал «Институт профессионального образования» государственного
учреждения образования «Университет гражданской защиты*

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Гомель

В работе представлены результаты испытаний устройства пожаротушения порошковыми составами, которое обеспечивает более высокое постоянное давление в баллоне по сравнению с давлением в стандартном закачном порошковом огнетушителе. По результатам испытаний установлено, что при радиусе отверстия в штуцере, равном 0,75 мм, текучесть порошкового состава составляет 0,34 кг/с, дальность струи – 6,5 м, а расход воздуха из аппарата сжатого воздуха (далее – АСВ) – 2,27 л/с.

Ключевые слова: устройство пожаротушения, огнетушащий порошок, электромобиль, аппарат сжатого воздуха, расход воздуха, текучесть порошкового состава, дальность струи.

PhD (Tech.) M.M. Zhurov*, PhD (Tech.) S.G. Korotkevich*, PhD (Tech.) O.M. Busel*, I.V. Lyamtsev**, E.I. Kohanovsky*

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A FIRE EXTINGUISHING DEVICE WITH POWDER COMPOSITIONS

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

***Filial «Institute of Professional Education» of the State Educational Institution
«University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Re-
public of Belarus»*

The results of testing a fire extinguishing device with powder compositions, which provides a higher constant pressure in the cylinder compared to the pressure in a standard injection powder fire extinguisher, are presented. According to the test results, it is found that with the diameter of the hole in the fitting is 1.5 mm, the fluidity of the powder composition is 0.34 kg/ s, the range of the jet is 6.5 m, and the air flow from the compressed air apparatus (hereinafter referred to as DIA) is 2.27 l/s. The developed design of the device for supplying extinguishing powder formulations makes it possible to extinguish more efficiently because it increases the work-

ing pressure and, accordingly, the range of powder supply during the use of the entire extinguishing charge.

Keywords: fire extinguishing device, fire extinguishing powder, electric vehicle, compressed air device, air flow, fluidity of powder composition, jet range.

Введение

Рост количества электромобилей в мире свидетельствует о глобальной электрификации транспорта. В 2023 году в мире было продано более 3 млн электромобилей и их общее количество возросло до 10 млн единиц. По прогнозам Международного энергетического агентства, к 2030 году их количество в мире достигнет 145 млн. Тенденция развития инфраструктуры для электромобилей набирает обороты, причем не только за границей

и в столичных городах, но и в белорусских регионах.

Последние три года внедрением автомобилей на «батареях» активно занимается не только американская компания Tesla, но и топовые концерны BMW, Toyota и др.

В Беларуси количество электромобилей с 2020 года выросло в 39 раз, и к концу июня 2022 года превысило 10 тыс.

Динамика роста количества электромобилей в Республике Беларусь представлена на рисунке 1.

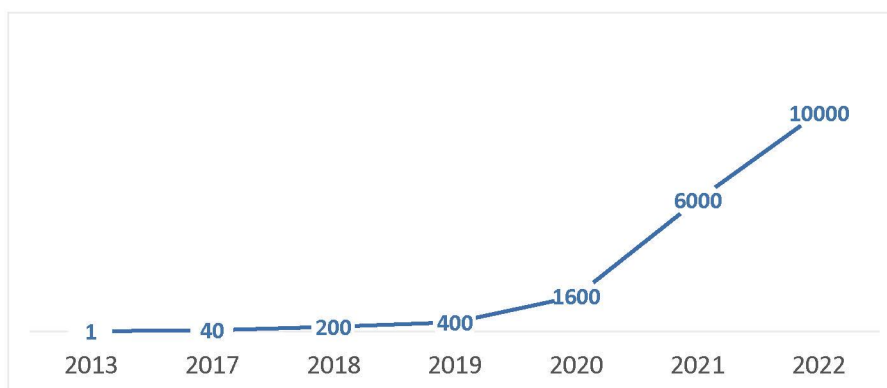


Рисунок 1 – Динамика роста количества электромобилей в Республике Беларусь

С увеличением в Республике Беларусь количества электромобилей актуальным для органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям становится вопрос разработки современных устройств для эффективного тушения аккумуляторных батарей электромобилей.

Основная часть

При тушении электромобилей наибольшие сложности возникают с литий-ионными батареями, кото-

рыми комплектуются большинство машин с электроприводом. Их преимущество состоит в том, что они позволяют хранить большое количество энергии в небольшом пространстве.

Литий-ионные аккумуляторные батареи можно потушить с помощью первичных средств пожаротушения, но зачастую тушение ограничивается количеством и эффективностью применяемых огнетушащих составов. По этой причине потушить ак-

кумуляторную батарею электромобиля с помощью первичных средств пожаротушения сложно.

Для тушения литий-ионных аккумуляторных батарей более эффективным является применение специальных огнетушащих веществ, которые при их контакте с литием не приводят к возникновению реакции окисления.

Рекомендуется для тушения электромобиля использовать огнетушители на основе огнетушащих порошковых составов категории ABC, медного порошка, CO_2 , порошкового графита или карбоната натрия.

Сложность тушения литий-ионных батарей также заключается в том, что они снова могут загореться через несколько минут, дней, недель или месяцев после того, как были потушены.

Основной причиной самовозгорания аккумуляторных батарей является короткое замыкание внутри электрохимической ячейки. Электрический контакт между анодом и катодом может возникнуть по следующим причинам: механическое повреждение ячейки, внутреннее короткое замыкание из-за нарушения технологии производства при неровной нарезке электродов или попадании металлических частиц между анодом и катодом.

Кроме внутреннего короткого замыкания существуют и другие причины самовозгорания: перегрев аккумулятора, неправильная зарядка/разрядка, превышение максимально допустимого напряжения, зарядка на высоких токах, слишком глубокая разрядка и т.д.

Из-за короткого замыкания аккумулятор начинает нагреваться, и при температуре 70–90 °С ион-проводящий защитный слой на аноде начинает разлагаться. Затем литий, встроенный в анод, вступает в реакцию с электролитом, выделяя летучие углеводороды: этан, метан, этилен и др. Отсутствие в системе кислорода не позволяет взрывоопасной смеси возгораться.

В процессе экзотермической реакции лития с электролитом температура и давление внутри аккумулятора повышаются. При достижении температуры 180–200 °С материал катода, который представляет собой оксид переходных металлов со встроенным в кристалл литием, вступает в реакцию диспропорционирования и выделяет кислород. Выделение кислорода приводит к самовозгоранию взрывоопасной смеси, сопровождающимся резким скачком температуры. В процессе выделения тепла также возможно протекание химической реакции графита с электролитом. При достижении температуры 660 °С плавится алюминиевый токоприемник, выше 900 °С температура не поднимается, так как реакция разложения прекращается [1].

Огнетушащие порошковые составы являются эффективными средствами противопожарной защиты, которые широко используются при тушении электромобилей. 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 решение вопросов обеспечения требуемой дальности подачи и концентрации огнетушащих порошковых составов в зоне горения является актуальным.

Для улучшения параметров подачи огнетушащего порошка предлагается в качестве движущей силы огнетушащего порошка использовать воздух из устройства сжатого воздуха. Подразделения МЧС в качестве такого устройства могут применять аппарат для сжатого воздуха [4].

Как показали проведенные эксперименты, устройство подачи огнетушащего порошка, работающее от АСВ фирмы Drager, обеспечивает постоянное рабочее давление не менее 8 атм. на протяжении использования всего огнетушащего заряда, при этом расход воздуха составляет около 180 л. Экспериментально полученные значения расхода воздуха свидетельствуют о перерасходе воздуха и, следовательно, о большой пропускной способности штуцера,

радиус отверстия которого составляет 3,5 мм [5].

Для определения оптимального размера отверстия штуцера и эффективной работы устройства проведен расчет теоретического массового расхода воздуха. Теоретический массовый расход воздуха, который выйдет через отверстие штуцера определенного радиуса из аппарата сжатого воздуха, рассчитывали по следующей формуле [6]:

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

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

A – площадь сечения сопла, м²;

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

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

P – абсолютное давление газа перед соплом, Па.

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

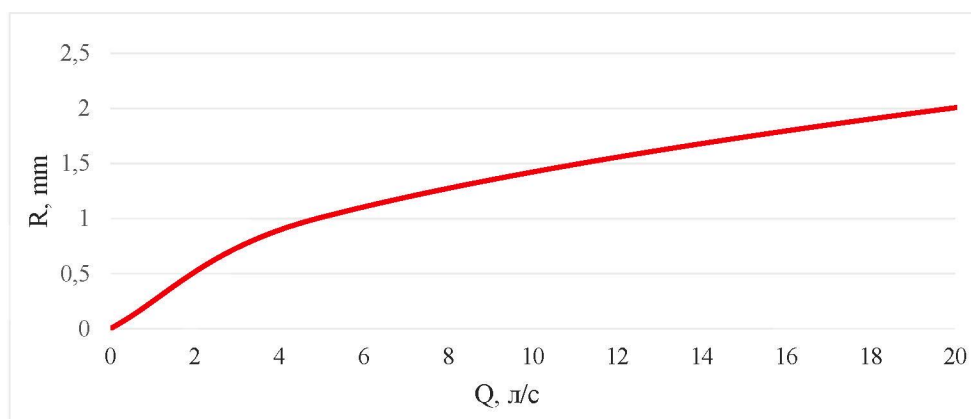


Рисунок 2 – Значения объемного расхода воздуха

Для определения параметров истечения порошковых составов из устройства, используя полученные данные теоретического массового расхода воздуха, проведены

испытания с применением штуцера с радиусом отверстия 0,75 и 1,25 мм.

Формы и размеры штуцеров, применяемых в испытаниях представлены, на рисунке 3.



Рисунок 3 – Форма и размеры штуцера

Проведенные испытания устройства (рисунок 4) показали, что в первом и втором испытаниях текучесть порошкового состава составляет 0,34 кг/с и 0,36 кг/с, длина струи – 6,5 м и 7 м, а расход воздуха – 2,27 л/с и 6,8 л/с соответственно.

Результаты испытаний текучести и дальности струи ОПС, а также расхода воздуха из АСВ фирмы Drager представлены в таблице 1.



Рисунок 4 – Испытания устройства

Таблица 1. – Значение текучести огнетушащего порошка

№ п/п	Радиус отверстия в штуцере (мм)	Время работы (с)	Вес заправленного огнетушителя (кг)	Вес огнетушителя после испытания (кг)	Давление в АСВ до открытия (атм)	Давление в АСВ после заполнения огнетушителя (атм)	Давление в АСВ после испытания (атм)	Падение давления в АСВ (атм)	Длина струи ОПС (м)	Текучесть порошкового состава (кг/с)	Расход воздуха (л/с)
1	0,75	15	11	5,9	270	260	255	15	6,5	0,34	2,27
2	1,25	15	11,1	5,7	185	175	160	25	7	0,36	6,80
3	3,5	15	11,4	5,1	220	210	190	30	8	0,42	9,07

Результаты испытаний позволили повысить эффективность работы устройства по параметрам расход воздуха, текучесть и дальность струи ОПС. В ходе испытаний установлено, что с применением штуцера с радиусом отверстия 0,75 и 1,25 мм удалось снизить расход воздуха из устройства, при этом такие показатели, как текучесть и длина струи огнетушащего порошка соответствуют требуемым значениям (текучесть не менее 0,28 кг/с, длина струи не менее 4 м) [7].

На основании проведенных исследований и установленных значений параметров подачи огнетушащего порошка разработана принципиальная конструкция устройства для подачи ОПС работниками органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям.

Вид конструкции разработанного устройств пожаротушения порошковыми составами представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Вид конструкции устройства пожаротушения порошковыми составами

Разработанное устройство при радиусе отверстия штуцера 0,75 мм позволяет исключить перерасход воздуха из АСВ фирмы Drager, требуемый для эффективной подачи ОПС. Таким образом, установленное значение радиуса обеспечивает максимальную текучесть и дальность струи огнетушащего порошка и исключает перерасхода воздуха. Штуцер интегрирован в запорно-пусковое устройство с обратным клапаном, что обеспечивает надежность, безопасность и удобство при работе с устройством. Подключение разработанного устройства к АСВ осуществляется с помощью штуцера и быстросъемного соединения.

Заключение

Разработана конструкция устройства пожаротушения порошковыми составами, которая позволяет эффективно использовать огнетушащий заряд: увеличиваются дальность струи и текучесть ОПС.

Дальность струи и текучесть увеличиваются за счет увеличения значения среднего рабочего давления в баллоне разработанного устройства пожаротушения на 48 % по сравнению со средним значением рабочего давления в стандартном порошковом огнетушителе. Конструкция устройства позволяет заполнять весь объем баллона порошковым составом, так как для его работы не требуется пространства для закачного газа.

Проведенные исследования показали, что разработанная конструкция устройства для подачи ОПС позволяет эффективнее проводить тушение, поскольку увеличивает рабочее давление и,

соответственно, дальность подачи порошка на протяжении использования всего огнетушащего заряда.

Кроме того, использование работниками МЧС данного устройства подачи ОПС позволяет снизить эксплуатационные издержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Венжик А.В., Мнускина Ю.В., Мнускин Ю.В. Актуальные проблемы взрывопожароопасности литий-ионных батарей электрических транспортных средств / А.В. Венжик, Ю.В. Мнускина, Ю.В. Мнускин // Пожарная и техно-сферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2021. – С. 74–79.

2. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. – Москва, 1980. – 255 с.

3. Баратов А.Н. Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность. / А.Н. Баратов. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 364 с.

4. Журов М.М., Миканович Д.С., Лямцев И.В. Повышение эффективности тушения порошковыми составами и снижение эксплуатационных затрат при использовании огнетушителей работниками МЧС / М.М. Журов, Д.С. Миканович, И.В. Лямцев // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2021. – № 2(50). – С. 133–138.

5. Журов М.М., Гоман П.Н., Миканович Д.С., Лямцев И.В. По-

вышение эффективности работы устройства для подачи огнетушащих порошковых составов / М.М. Журов, П.Н. Гоман, Д.С. Миканович, И.В. Лямцев // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2022. – № 1(51). – С. 99–107.

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

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

REFERENCES

1. Venzhik A.V., Mnuskina YU.V., Mnuskin YU.V. Aktual'nye problemy vzryvopozharoopasnosti litij-ionnyh batarej elektricheskikh transportnyh sredstv / A.V. Venzhik, YU.V. Mnuskina, YU.V. Mnuskin // Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya. – 2021. – S. 74–79.

2. Abduragimov I.M., Govorov V.YU., Makarov V.E. Fiziko-himicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozharov: uchebnoe posobie / I.M. Abduragimov, V.YU. Govorov, V.E. Makarov. – Moskva, 1980. – 255 s.

3. Baratov A.N. Gorenje – Pozhar – Vzryv – Bezopasnost' /

A.N. Baratov. – M.: FGU VNIPO MCHS Rossii, 2003. – 364 s.

4. ZHurov M.M., Mikanovich D.S., Lyamcev I.V. Povyshenie effektivnosti tusheniya poroshkovymi sostavami i snizhenie ekspluatatsionnyh zatrat pri ispol'zovanii ognetushitelej rabotnikami MCHS / M.M. ZHurov, D.S. Mikanovich, I.V. Lyamcev // Chrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya. – 2021. – № 2(50). – S. 133–138.

5. ZHurov M.M., Goman P.N., Mikanovich D.S., Lyamcev I.V. Povyshenie effektivnosti raboty ustrojstva dlya podachi ognetushashchih poroshkovyh sostavov / M.M. ZHurov, P.N. Goman, D.S. Mikanovich, I.V. Lyamcev // Chrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya. – 2022. – № 1(51). – S. 99–107

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

7. Sistema standartov pozharnoj bezopasnosti. Pozharnaya tekhnika. Ognetushiteli perenosnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya: STB 11.13.04-2009. Vved. 01.07.2009. – Minsk: NII PBiCHS MCHS Belarusi, 2009. – 43 s.

