

Бобрышева С. Н., Боднарук В. Б.,
Ермакович С. В., Кашлач Л. О.

ЛАБОРАТОРНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОГNETУШАЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРОШКОВ

В статье представлен лабораторный метод определения огнетушащей эффективности порошков. Достоверность полученных лабораторным методом результатов подтверждена их корреляцией с результатами натуральных испытаний.

Ключевые слова: огнетушащая способность, огнетушащие порошковые составы, натурные испытания, лабораторные методы.

Необходимость широкого использования огнетушащих порошковых составов (ОПС) для ликвидации пожаров различных классов в настоящее время не подвергается сомнению. Порошки относятся к одному из основных огнетушащих веществ, так как во многих случаях являются единственным средством подавления горения. Это обусловлено высокой огнетушащей способностью, быстродействием, возможностью применения при низких температурах, относительной долговечностью заряда, экологической безопасностью, а также возможностью их использования при тушении установок под напряжением. Порошковые огнетушащие составы широко применяются за рубежом: в настоящее время производство порошковых огнетушителей в европейских странах составляет свыше 85% от общего объёма.

Использование порошковых средств огнетушения не является приоритетным в Республике Беларусь, а ОПС, находящиеся на вооружении подразделений МЧС РБ, в основном российского или украинского производства.

Качество огнетушащих порошков – многофакторная величина, на которую влияет как состав порошка и технология

его получения, так и способы подачи в очаг пожара при тушении. Оптимизировать эти факторы для порошков относительно их огнетушащей эффективности в натуральных испытаниях достаточно затратно. В связи с этим возникает задача прогнозной оценки эксплуатационных свойств порошка на стадии разработки – предварительно, в лабораторных условиях, с учётом особенностей состава, свойств и применения.

Существует ряд методов определения огнетушащей способности порошков в лабораторных условиях или в условиях модельного очага. В странах ЕС, например, большой популярностью пользуются лабораторные методы определения огнетушащей эффективности. В Республике Беларусь, как и странах СНГ, – только с использованием модельных очагов пожара.

Основными показателями, обеспечивающими качество ОПС согласно техническим нормативным правовым актам (ТНПА), действующим на территории Беларуси и России, а также стран ближнего и дальнего зарубежья, являются [1]:

- кажущаяся плотность неуплотнённых и уплотнённых порошков;
- остаток порошка после просева на сите;
- массовая доля влаги;
- влагопоглощение и слёживаемость;
- способность к водоотталкиванию, текучесть и остаток порошка;
- способность тушения модельного очага пожара.

Показатель огнетушащей способности напрямую зависит от следующих факторов ОПС:

- текучести – способности порошка обеспечивать массовый расход через данное сечение в единицу времени под воздействием давления выталкивающего газа;
- кажущейся плотности – отношения массы порошка к занимаемому им объёму;
- слёживаемости – показателя, характеризующего способность огнетушащего порошка слёживаться под воздействием внешних факторов.

Данные факторы играют существенную роль в огнетушащей эффективности. Если хотя бы один из показателей не удовлетворяет требованиям ТНПА, то в процессе эксплуатации при тушении огнетушащим порошком могут возникнуть трудности, такие как подбивание запорно-пускового устройства огнетушителя, следствием чего являются неравномерный прерывистый выход ОПС, уменьшение дальности струи.

Для оценки огнетушащей способности ОПС существует ряд методик натуральных (полигонных) испытаний. Затраты на подготовку высоки, но результаты являются достоверными и имеют практическое значение. Для проведения натуральных испытаний используются устройства, обычно применяемые для тушения пожара (огнетушители, установки пожаротушения). Результаты опытов зависят от метеорологических условий, поэтому при сравнении огнетушащих порошков эти условия должны поддерживаться постоянными.

Объекты испытаний в большинстве стран в основном одинаковы, они отличаются только размерами: для пожаров класса А – это штабель древесины, для пожаров класса В – «масляная» или «бензиновая» ванна, для класса С – горение газа, для класса D – горение магния.

Лабораторные опыты по сравнению с натурными испытаниями имеют следующие преимущества:

- затраты на аппаратуру, горючее, подготовку опытов и их проведение невысоки;

- результат тушения получают быстрее, чем в натуральных испытаниях;

- достигается хорошая воспроизводимость результатов благодаря тому, что можно обеспечить одинаковые условия при проведении опытов.

Приведём обзор наиболее распространённых в различных странах методов лабораторных исследований [2–6].

Метод Дюфреса. В вертикально установленном цилиндре высотой 20 см, диаметром 6 см, по оси которого размещена трубка с горючим газом, подаваемым со скоростью 0,5 л·мин⁻¹, снизу вверх с помощью потока воздуха нагнетают определённое количество порошка для тушения. Огнетушащую эффективность определяют по минимальному количеству порошка, достаточному для одного тушения горящего газа. Эксперименты, проведённые на этой установке, показали, что корреляция между лабораторными и полигонными методами не достигнута.

Метод Питерса. Для реализации этого метода применяют сосуд (промывная склянка объёмом 300 мл), который заполняют испытываемым порошком (70 г). Поток воздуха со скоростью 40 л·мин⁻¹ порошок подают на чашку диаметром 135 мм с 10 мл бензина. Огнетушащую эффективность определяют по числу возможных тушений указанного количества порошка. При проведении испытаний по данному методу тушение не достигнуто, тогда как при испытаниях полигонным способом тушение модельного очага достигнуто было.

Метод Фридриха. С помощью вращающегося диска и скребка определённое количество порошка, предварительно отсеянного до среднего размера частиц (0,044 мм), подаётся на пламя (высотой 5 см, шириной 1,7 см) горючего газа высокой очистки (99 %). Порошок подаётся в виде порошкового облака. Прежде чем порошок дойдёт до пламени, он проходит через проволочное сито (ширина отверстия в свету – 5,3 мм, толщина проволоки – 1,6 мм). Количество порошка, достаточное для тушения пламени, считается мерой огнетушащей эффективности.

Недостатком данного метода является то, что навеска порошка, удовлетворяющая требованиям тушения для каждого образца ОПС, разная. Также для монтажа установки требуются баллоны с газом высокой очистки. В Беларуси газы высокой очистки (до 99 %) выпускают только по специальному заказу, поэтому стоимость таких исследований достаточно высока.

Метод Ли – Робертсона. Оборудование для осуществления метода представляет передвижной

сосуд, снабжённый двумя тиглями диаметром около 2,5 см, которые медленно перемещаются под рассеивающим устройством. Один тигель служит для измерения массы использованного для тушения порошка, другой содержит горючее – горящий гептан. Наблюдение за процессом тушения осуществляется с помощью фотоэлемента. Эффективность данного метода не изучена из-за сложности изготовления оборудования, так как для его настройки требуются высокоточные приборы, а стоимость самого оборудования очень высока.

Метод Дессарта – Маларме. Установка для осуществления этого метода по сравнению с ранее описанными имеет недостаток – трудность соблюдения постоянных условий испытаний.

Условия испытаний:

– расход воздуха в стеклянной трубке ($62 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ и 760 мм рт. ст.) регулируется и контролируется устройством, состоящим из крана и регулятора с водяным манометром;

– расход горючего газа – промышленного бутана ($54 \text{ л} \cdot \text{ч}^{-1}$) – регулируется краном и ротаметром;

– подача порошка осуществляется при помощи азота, подаваемого из стального баллона под давлением 1 атм. в количестве 1,2 л газа на один опыт.

После задания условий в изогнутую трубку инжектора с помощью азота в пламя вводят определённое количество огнетушащего порошка. Для оценки огнетушащей способности требуется повторить опыт семь раз с одинаковым количеством порошка. Минимальное количество порошка, которым может быть произведено шесть тушений из семи опытов, определяет условную огнетушащую эффективность порошка.

Таким образом, изготовление лабораторных установок по уже существующим методам определения огнетушащей эффективности не даёт однозначных результатов, по которым можно судить об эффективности ОПС.

Известная конструкция модельного очага пожара класса В приведена в СТБ 11.13.04–2009 (п. 5.1.1). Модельный очаг пожара класса В представляет собой круглый противень. Недостатком данного устройства является необходимость проведения испытаний при скорости ветра не более 5 м/с, при отсутствии осадков или в помещении высотой не менее 10 метров, что требует регулярного контроля скорости воздушных потоков.

При использовании данного устройства подачу порошка в очаг пожара следует производить так, чтобы сплошное облако порошка начало распространение над очагом от борта противня с одной стороны до противоположной. Облако должно полностью перекрывать очаг по ширине в каждый отдельный момент тушения, что достаточно сложно обеспечить и контролировать в процессе испытаний.

Целью данной работы является представление метода испытания огнетушащих порошков с применением разработанного стенда, позволяющего эффективно выполнять и обеспечивать равномерную подачу порошка в очаг требуемой фракции, исключая при этом воздействие ветра и осадков на очаг [8].

Стенд работает следующим образом: перед началом испытаний оператор заполняет круглый противень 1 бензином марки АИ-92 (ГОСТ 31077–2002) высотой слоя (20 ± 1) мм, заполняет ёмкость с огнетушащим порошком 3 ($0,66 \text{ г}$), устанавливает рассеивающую сетку 6 на требуемую высоту, после чего производит поджог горючего в круглом противне.

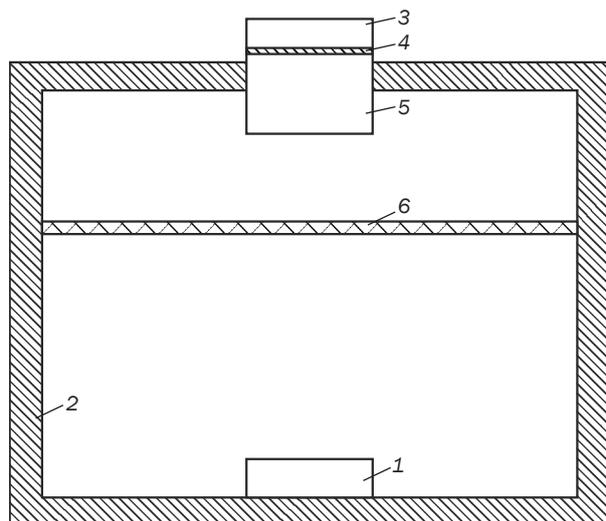


Рисунок 1. Стенд для проведения испытаний огнетушащих порошков:

- 1 – круглый противень; 2 – корпус;
- 3 – воронка с огнетушащим порошком;
- 4 – дозатор; 5 – направляющий элемент;
- 6 – рассеивающая сетка

Выдержав время свободного горения 60 секунд, оператор посредством дозатора 4 выполняет подачу огнетушащего порошка через направляющий элемент 5 и рассеивающую сетку на открытое горение в круглом противне.

Для тушения пламени взвешенная порция порошка одновременно подаётся в воронку, набирает некоторую кинетическую энергию при движении по направляющему элементу и с воздухом, поступающим на горение по направляющему элементу и рассеивающей сетке, образует порошковое облако. Далее порошковое облако поступает в область горения.

В случае, если огнетушащие свойства порошка достаточны для тушения пламени, наблюдается угасание пламени.

Испытание считается пройденным, если в двух случаях из трёх пламя угасло (вероятность тушения 0,66).

Для проверки работоспособности метода был проведён сравнительный анализ результатов лабораторных и натуральных испытаний огнетушащей способности ОПС.

Экспериментальные исследования параметров огнетушащей эффективности были осуществлены на базе Научно-исследовательского института пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций МЧС Беларуси. Эксперименты проводились на четырёх группах ОПС.

Определённую сложность в лабораторном методе представляет собой оценка результатов эксперимента, на выходе которого есть результат, не выражающийся в численном значении. Применительно к оценке огнетушащих порошков это – «экспериментальный очаг потушен» и «экспериментальный очаг не потушен». Чтобы иметь сравнимые результаты, удобнее оперировать вероятностью тушения очага той или иной навеской огнетушащего порошка.

Для каждой рецептуры, приготовленной в соответствии с планом эксперимента, приготавливаются навески порошка. Первоначальное значение навески

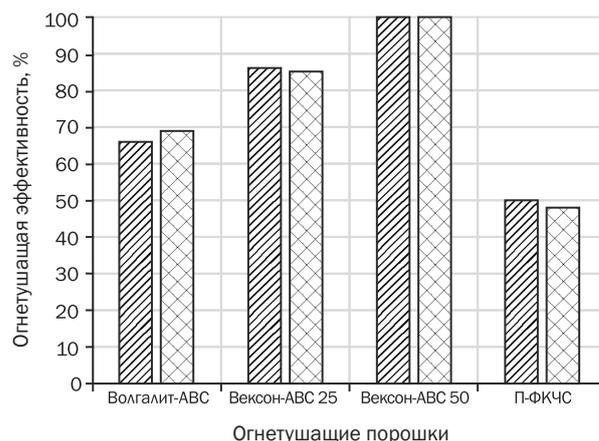


Рисунок 2. Сравнение огнетушащей эффективности испытываемых порошков:

- ▨ – натурные испытания;
- ▩ – лабораторные испытания

подбирается экспериментально. Навески, которые не обеспечивают тушение или которые обеспечивают тушение во всех экспериментах, в расчёт не принимаются, так как в этом случае нельзя говорить о какой-либо однозначной зависимости между вероятностью тушения и величиной навески. Для исследования зависимости между вероятностью тушения и величиной навески принимается гипотеза, которая описывается полиномом второго порядка [7].

Для оценки погрешности эксперимента количество различных навесок должно быть не менее четырёх. Результаты экспериментов с одной навеской обрабатываются в среде «STATISTICA-6». Результатом обработки является аналитическая зависимость между величиной навески и вероятностью тушения экспериментального очага и оценка величины погрешности эксперимента.

В дальнейшем по известной аналитической зависимости определяется навеска, вероятность тушения при использовании которой – 0,66. Расчётные значения навесок различных рецептур используются для оптимизации состава ОПС. Оценка погрешности позволяет выбрать количество испытаний по каждой навеске.

На установке, изображённой на *рисунке 1*, проведены испытания огнетушащих порошков «Волгалит-АВС», «Вексон-АВС 25», «Вексон-АВС 50», «П-ФКЧС». Огнетушащая способность оценивалась по способности огнетушителя ОП-3 тушить модельный очаг 55В по [1].

Затем на основании полученных результатов был произведён сравнительный анализ определения огнетушащей эффективности лабораторным методом и при натурном испытании (см. *рис. 2*).

Все случаи достижения тушения очага на лабораторной установке подтверждались положительными результатами при натуральных испытаниях и, наоборот: при отрицательных результатах, полученных на лабораторной установке, при натуральных испытаниях тушение также не было достигнуто.

Разница между показателями, полученными лабораторным методом и при натурном испытании, составляет 1–3 %, что соответствует допустимой норме.

Анализируя полученные результаты, можно утверждать, что при помощи лабораторного метода определения огнетушащей эффективности и стенда получены достоверные данные, на основании которых можно произвести оценку огнетушащей способности ОПС.

Данный метод проведения испытаний позволяет существенно сократить финансовые затраты, время подготовки и проведения испытаний. Испытания могут проводиться независимо от погодных условий и времени года. Авторский коллектив, разработавший стенд, получил патент на полезную модель «Стенд для проведения испытаний огнетушащих порошков».

ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 11.12.01–2009. Система стандартов пожарной безопасности. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний.

2. Подгайный В. П., Зозуля И. И., Копыльный Н. И., Артёмов В. Н. Экспериментальное исследование закономерностей тушения горючих веществ и материалов огнетушащими порошками // Пожаротушение. – М.: ВНИИПО, 1986. – С. 170–180.

3. Атаманенко М. Э., Тайсумов Х. А., Тихоненко В. В. Лабораторная установка для определения огнетушащей эффективности порошков // Средства и способы пожаротушения. – М.: ВНИИПО, 1981. – С. 15–20.

4. Атаманенко М. Э., Вайсман М. Н., Покидаев А. Н. Оценка эффективности огнетушащих порошков // Огнетушащие порошковые средства. – М.: ВНИИПО, 1985. – С. 51–55.

5. Баратов А. Н., Добриков В. В., Куликов В. Н. Лабораторный метод испытания огне-

тушащей эффективности порошков // Горючесть веществ и химические средства пожаротушения. – Вып. 5. – М.: ВНИИПО, 1978. – С. 83–89.

6. Инструкция по определению огнетушащей способности порошковых составов при тушении горючих жидкостей. – М.: ВНИИПО, 1982.

7. Бобрышева С. Н., Боднарук В. Б., Кашич Л. О., Зуборев А. И. Проблемы и перспективы разработки отечественных огнетушащих порошков // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2011. – № 2. – С. 97–105.

8. Стенд для проведения испытаний огнетушащих порошков: патент на полезную модель. 9882 ВУ, А62D 1/00 / О. Г. Горовых, С. В. Ермакович, С. Н. Бобрышева, В. Е. Бабич, В. Б. Боднарук; заявитель ГУО ИППК МЧС Республики Беларусь. №и20130649; зарегистрирован в Гос. реестре полезных моделей 02.08.2013 г.

9. Адлер Ю. И. Введение в планирование эксперимента. – М.: Металлургия, 1968.

Bobrysheva S., Bodnaruk V., Ermacovich S., Kashlach L.

LAB METHOD FOR DETERMINING FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY OF DRY POWDERS

Purpose. Currently dry powders are widely used and in many cases are the only means of suppressing combustion. Quality of dry powders is a multifactor characteristic which is affected by the powder composition and its production technology and also by the methods of discharging dry powders to the heart of a fire. On the territory of the Republic of Belarus we conduct full-scale tests using model fires for determining extinguishing efficiency of dry powders. The purpose of this paper is to present the laboratory dry powder test method using the test stand developed by the authors.

Methods. Simultaneous series of laboratory and field dry powder tests have been held.

Findings. The comparative analysis of the obtained results has shown a slight discrepancy

between the laboratory and field tests (1–3 %), which corresponds to the allowance. The method and stand designers have received the utility model patent “Stand for testing dry powders”.

Research application field. This laboratory test technique allows to determine the fire extinguishing efficiency of dry powders.

Conclusions. This test method can significantly reduce costs and shorten set-up and testing time. Tests can be conducted regardless of weather conditions and a season.

Key words: extinguishing efficiency, dry powders, laboratory method, field tests.

REFERENCES

1. *STB 11.12.01–2009* (Dry powders of general use. General technical requirements and test procedure. System of fire safety standards), Moscow, 2009.
2. Podgainyi V. P., Zozulia I. I., Kopylnyi N. I., Artemov V. N., *Pozharotushenie* (Fire Prevention), Moscow, 1986, pp. 170–180.
3. Atamanenko M. E., Taisumov Kh. A., Tikhienko V. V., *Sredstva i sposoby pozharotusheniia* (Media and methods of fire-fighting), Moscow, 1981, pp. 15–20.
4. Atamanenko M. E., Vaisman M. N., Pokidaev A. N., *Ognetushashchie poroshkovye sredstva* (Extinguishing powders), Moscow, 1985, pp. 51–55.
5. Baratov A. N., Dobrikov V. V., Kulikov V. N., *Goriuchest' veshchestv i khimicheskie sredstva pozharotusheniia* (Material combustibility and chemical extinguishing media), Moscow, 1978, № 5, pp. 83–89.
6. *Instruktsiia po opredeleniiu ognetushashchei sposobnosti poroshkovykh sostavov pri tushenii goriuchikh zhidkostei* (Instructions on determining dry powder efficiency on extinguishing flammable liquids), Moscow, 1982.
7. Bobrysheva S. N., Bodnaruk V. B., Kashlach L. O., Zuborev A. I., *Chrezvychainye situatsii: obrazovanie i nauka* (Emergencies: education and science), 2011, № 2, pp. 97–105.
8. Gorovykh O. G., Ermakovich S. V., Bobrysheva S. N., Babich V. E., Bodnaruk V. B., *Stend dlia provedeniia ispytaniia ognetushashchikh poroshkov: patent na poleznuiu model'* (Stand for testing dry powders: utility model patent 9882 BY, A62D1/00), patent № 20130649 registered in the National Register of Utility Models on 02.08.2013.
9. Adler Yu. I., *Vvedenie v planirovanie eksperimenta* (Introduction in experiment planning), Moscow, 1968.

SVETLANA BOBRYSHEVA	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Gomel Engineering Institute of EMERCOM of Belarus, Gomel, Belarus
VASIL BODNARUK	Gomel Engineering Institute of EMERCOM of Belarus, Gomel, Belarus
SERGEI ERMAKOVICH	Research Institute of Fire Safety and Emergencies of EMERCOM of Belarus, Minsk, Belarus
LIUDMILA KASHLACH	Gomel Engineering Institute of EMERCOM of Belarus, Gomel, Belarus