

## ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2022.2-52.102-114>

УДК 614.841

канд. физ.-мат. наук Кицак А.И., Лобач Д.С.\*

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА КЛАССА «В» ОГNETУШАЩИМ ПОРОШКОМ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ЧАСТИЦ ПОРОШКА НА ОЧАГ ПОЖАРА В СХЕМЕ ТУШЕНИЯ ЛОКАЛЬНО ПО ПОВЕРХНОСТИ

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»*

*Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

*\*Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации» государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», д. Светлая Роща*

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения надежности тушения пожаров различных классов модульными установками порошкового пожаротушения и совершенствования нормативной базы оценки их огнетушащей способности.

Исследована эффективность тушения пожара класса В установкой порошкового пожаротушения кратковременного воздействия в схеме тушения локально по поверхности при различных режимах тушения.

Установлены экспериментальные зависимости среднего времени тушения и среднего удельного расхода огнетушащего порошка на тушение модельных очагов пожаров класса В от средней интенсивности подачи его в зону горения.

Определено значение интенсивности подачи огнетушащего порошка «Вексон-АВС 25» в зону горения, при котором происходит надежное тушение пожара класса В. Полученное значение рекомендовано в качестве нормативного для внесения изменений в требования действующего стандарта испытательных модулей порошкового пожаротушения СТБ 11.13.19-2010.

*Ключевые слова:* очаг пожара класса В, огнетушащий порошок, модуль порошкового пожаротушения, активные центры пламени, время тушения, интенсивность тушения, удельный расход огнетушащего порошка

PhD (Phys. and Math.) A.I. Kitsak, D.S. Lobach\*

### EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF EXTINGUISHING A CLASS «B» FIRE WITH A GENERAL PURPOSE EXTINGUISHING POWDER WITH A SHORT-TERM EXPOSURE OF POWDER PARTICLES TO THE FIRE SEAT IN THE EXTINGUISHING SCHEME LOCALLY ON THE SURFACE

*Institution "Scientific and Research Institute of Fire Safety and Emergencies"  
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

*\*Branch "Institute for Retraining and Professional Development"  
of the State Educational Institution "University of Civil Protection  
of the Ministry for emergency situations of the Republic of Belarus", Svetlaya Roscha*

The relevance of the work the need to increase the reliability of extinguishing fires of various classes with modular powder extinguishing systems and improve the regulatory framework for assessing their extinguishing capacity.

The effectiveness of extinguishing a Class B fire with a short-term powder fire extinguishing system in a local extinguishing scheme on the surface under various extinguishing modes is investigated.

The experimental dependences of the average extinguishing time and the average specific consumption of extinguishing powder for extinguishing model fires of class B on the average intensity of its supply to the combustion zone have been established.

The value of the average intensity of the supply of the extinguishing powder "Vekson-ABC 25" to the fire zone, in which a reliable extinguishing of class B fire occurs, is determined. The obtained value is recommended as a normative for making changes to the requirements of the current standard for testing powder extinguishing modules STB 11.13.19-2010.

**Keywords:** class B fire seat, extinguishing powder, powder extinguishing module, active flame centers, extinguishing time, extinguishing intensity

### **Введение**

Тушение пожаров огнетушащим порошком имеет ряд особенностей. К ним, в первую очередь, относится наличие широкого спектра механизмов тушения огнетушащего порошка. В частности, теплового (охлаждение зоны горения и горючего материала), химического (гетерогенное и гомогенное ингибирование активных центров пламени), разбавляющего, изолирующего, огнепреграждающего. Другой особенностью является то, что составы огнетушащих порошков могут отличаться друг от друга физико-химическими свойствами и параметрами дисперсности частиц.

Кроме того, огнетушащий порошок не обладает смачивающей способностью, в результате чего ме-

ханизмы тушения осуществляются во время движения частиц порошка в зоне горения и, как показали недавние теоретические исследования [1, 2], их эффективность определяется скоростью частиц порошка в зоне горения, ее толщиной и порозностью (объемной плотностью) частиц порошка в ней.

Перечисленные особенности являются причиной того, что результаты тушения порошками пожаров различных классов сильно зависят от условий тушения (мощности пожара, направления и интенсивности (приведенной скорости) подачи порошка в зону горения, объемной плотности частиц порошка в зоне горения). Особенно это заметно при тушении пожаров модульными установками порошкового пожаро-

тушения (далее – МУПП) импульсного и кратковременного воздействия, когда время взаимодействия частиц порошка с горючим материалом ограничено.

Нестабильность результатов тушения пожаров огнетушащим порошком не позволила до настоящего времени определить его нормативные значения расходов для надежного тушения различных пожаров системами порошкового пожаротушения, в том числе МУПП, в схеме тушения локально по поверхности горения.

На данный момент основным критерием эффективности тушения МУПП пожара класса А и класса В согласно [3, 4] является отсутствие повторного воспламенения модельных очагов пожаров в течение 10 мин после прекращения подачи порошка в очаг пожара.

Очевидно, более надежной оценкой огнетушащей способности МУПП были бы количественные показатели требуемого расхода огнетушащего порошка заданного типа для тушения определенного класса пожара. Трудность решения данной задачи состоит в необходимости контроля множества параметров, учитывающих условия тушения для получения достоверных результатов.

Можно попытаться выделить условия тушения пожара, наиболее существенно влияющие на результат тушения, и ограничиться только их контролем.

Как показывают результаты упомянутых выше [1, 2] теоретических исследований эффективности основных механизмов тушения пожаров огнетушащим порошком

(теплового и химического ингибирования активных центров пламени) и опытных данных, такими условиями являются скорость частиц огнетушащего порошка в зоне горения, а также объемная плотность (порозность) частиц порошка в данной зоне. Можно предположить, что дополнительный контроль указанных параметров позволит достаточно однозначно оценивать огнетушащую способность МУПП такими традиционно применяемыми в пожаротушении параметрами тушения, как интенсивность подачи порошка в зону горения и его удельный расход на тушение пожара.

Учитывая тот факт, что основу производимых в настоящее время огнетушащих составов порошков составляет ограниченное число типов химических веществ, в частности, такие, как соли бикарбонатов, фосфорноаммонийные соли и хлориды щелочных металлов, которые в своих группах мало отличаются теплофизическими и дисперсными характеристиками, представляется возможным определить значения концентрационных параметров тушения МУПП для применяемых составов огнетушащих порошков в задачах тушения пожаров различных классов.

Целью работы является экспериментальное исследование условий и параметров эффективного тушения пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии частиц порошка на очаг пожара в схеме тушения локально по поверхности горения.

**Экспериментальная установка для исследования эффективности тушения пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии частиц порошка на очаг пожара в схеме тушения локально по поверхности**

Одними из наиболее пожароопасных веществ являются горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (далее – ГЖ, ЛВЖ). Примером их являются различного рода продукты нефтепереработки (бензин, керосин, дизтопливо), спирты (метиловый, этиловый, бутиловый), эфиры, неорганические и органические масла. Возгорание данных веществ согласно ГОСТ 27331-78 относят к пожарам класса В.

Для исследования эффективности тушения пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии частиц порошка на очаг пожара и определения нормированных значений интенсивности подачи порошка в зону горения и его удельного расхода на тушение в схеме тушения локально по площади использовались лабораторная установка порошкового пожаротушения (далее – ЛУПП) и приставка к ней для определения скорости фронта струи огнетушащего порошка, подаваемого в зону горения.

ЛУПП выполнена в виде цилиндрической емкости, образованной двумя металлическими кольцами, перемещающимися по вертикальным направляющим. Сверху установки закреплен ресивер для накопления воздушной среды с заданным давлением, контролируе-

мым манометром. Выход ресивера соединен через электромагнитный клапан с узлом крепления резервуара с огнетушащим порошком. Под установкой расположен поддон для сбора выпущенного из резервуара огнетушащего порошка и размещения модельного очага пожара.

Технические характеристики ЛУПП:

- габариты –  $2600 \times 1050 \times 1050$  мм;
- максимальная защищаемая площадь –  $0,1 \text{ м}^2$ ;
- максимальная масса огнетушащего порошка, засыпаемого в резервуар, – 1 кг;
- максимальное пневматическое давление, которое обеспечивает выпуск наибольшего количества засыпаемого в резервуар огнетушащего порошка, – 1 МПа;
- объем ресивера –  $1,55 \text{ дм}^3$ ;
- максимальное время выпуска порошка – 1,5 с.

Приставка для определения скорости фронта струи огнетушащего порошка включает две металлические стойки и двулучевой осциллограф с шириной полосы пропускания 500 МГц. На одной из стоек закреплены в одной вертикальной плоскости на уровне от основания, определяемом положением верхней поверхности предполагаемого очага пожара, два источника лазерного излучения с расстоянием между ними, равным  $(100 \pm 5)$  мм. На другой стойке закреплены в той же вертикальной плоскости на том же уровне от основания два приемника излучения с расстоянием между ними, равным  $(100 \pm 5)$  мм.

Скорость частиц огнетушащего порошка оценивается исходя из

фиксированного расстояния между пучками лазерного излучения и регистрируемого осциллографом интервала времени между перекрытиями фронтом частиц порошка данных пучков.

Технические характеристики приставки для определения скорости порошковой струи:

- пределы измерения модуля скорости фронта струи огнетушащего порошка –  $0,1 \div 80$  м/с;

- ширина измеряемого фронта струи огнетушащего порошка –  $0,2 \div 2$  м;

- диапазон высот от уровня поверхности расположения очагов пожара, на которых производится измерение скорости фронта струи порошка, –  $0,1 \div 3$  м.

- относительная погрешность измерения скорости –  $\sim 4,8$  %.

Схема проведения измерений включала выполнение ряда процедур при экспериментальных работах по определению эффективности тушения модельных очагов пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения, подаваемым в зону горения ЛУПП.

**Результаты экспериментальных оценок условий и параметров эффективного тушения пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения «Вексон-АВС 25» при кратковременном воздействии частиц порошка на очаг пожара в схеме тушения локально по поверхности**

Огнетушащий порошок общего назначения «Вексон-АВС 25» является одним из наиболее применяемых в настоящее время для тушения пожаров класса В. Основной компо-

нент его огнетушащего состава – аммоний фосфат. Гранулометрический состав его включает более 50 % частиц порошка с размером менее 50 мкм.

Определение параметров тушения (времени тушения, интенсивности тушения и удельного расхода огнетушащего порошка данной марки на тушение очагов класса В) осуществлялось согласно разработанной методике измерений [5] и включало построение зависимости среднего времени тушения модельного очага пожара класса В и среднего удельного расхода огнетушащего порошка на его тушение от средней интенсивности подачи порошка в зону горения, а также оценку значений скоростей частиц порошка, соответствующих данным интенсивностям подачи порошка в очаг пожара.

Для построения зависимостей производилась последовательность измерений времени тушения модельных очагов пожаров и выпуска огнетушащего порошка в зону горения, а также скорости частиц порошка для различных навесок огнетушащего порошка в выпускном резервуаре ЛУПП и различных давлений воздуха в ресивере. Выпуск порошка осуществлялся через выходное отверстие выпускного резервуара ЛУПП различных диаметров (13, 24 мм).

Скорость частиц порошка определялась вблизи зоны реакции окисления продуктов горения очага пожара.

Особенностью пожаров класса В, в частности пожаров подкласса В1 (бензин), является то, что

они характеризуются только гомогенным (пламенным) горением. Поэтому для их тушения необходимо в основном исключить попадание активных частиц продуктов разложения горючего вещества в зону реакции окисления. Данная цепь процесса горения может быть прервана в результате синергетического действия различных механизмов тушения огнетушащего порошка при попадании его частиц в данную зону. В частности, химического ингибирования активных частиц пламени, охлаждения горючих газов и разбавления их продуктами терморазложения частиц порошка. Прекращению горения способствует также уменьшение температуры горючего вещества вследствие поглощения части теплового и лучистого потоков пламени частицами огнетушащего порошка на пути к зоне горения.

Вклад каждого из перечисленных механизмов тушения огнетушащего порошка в результат тушения пожара класса В, очевидно, будет определяться химическими, теплофизическими, дисперсными характеристиками частиц огнетушащего порошка, а также, как указывалось ранее, условиями тушения пожара: мощностью пожара, объемной плотностью частиц порошка, их скоростью в зоне горения и глубиной данной зоны.

Для оценки влияния скорости частиц огнетушащего порошка на

эффективность реализации теплового механизма тушения, например такого его проявления, как формирование пленки расплава частиц аммония фосфата при нагреве их во время движения в зоне горения, проведен ряд экспериментов по тушению модельных очагов пожара подкласса В1 ранга 1В (горючее вещество – бензин марки АИ-92) огнетушащим порошком марки «Вексон-АВС 25». Приготовление очагов пожара осуществлялось согласно [6].

Измеряемыми параметрами являлись: время тушения пожара, интенсивность подачи порошка в зону горения и скорость частиц порошка вблизи горячей поверхности очага пожара.

Дополнительно было проведено измерение эффективной (с точки зрения уровня прогрева) глубины зоны горения. Для этого измерялась температура по высоте зоны горения модельного очага пожара в различных ее точках. Измерения проводились вблизи поверхности бензина, в областях: паров бензина, реакции окисления и далее по высоте пламени.

На рисунке 1 представлен график зависимости температуры на оси модельного очага пожара подкласса В1 ранга 1В температуры от расстояния от дна противня с горящим бензином.

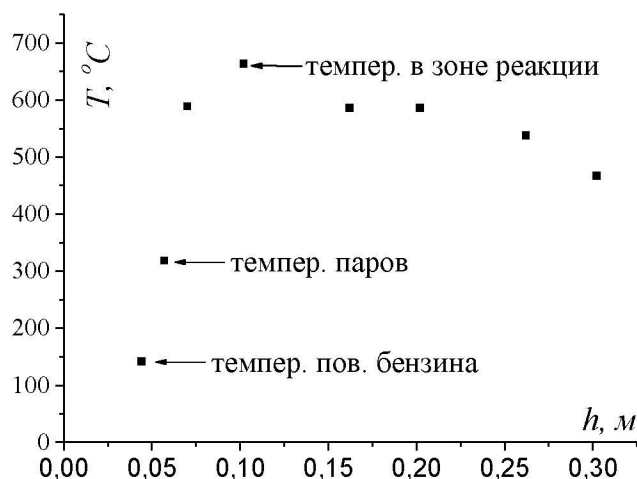


Рисунок 1. – Изменения температуры вдоль оси модельного очага пожара подкласса В1 ранга 1В

Из графика следует, что температура поверхности бензина меньше температуры плавления (~192 °C) и температуры полимеризации (~240 °C) аммония фосфата. Также видно, что высота столба нагретых газов над очагом, температура которых выше 500 °C, составляет ~0,23 м.

Проведенная по формулам работы [1] оценка скорости частиц огнетушащего порошка, при которой возможно образование пленки расплава в результате нагрева их до температуры полимеризации во вре-

мя движения в столбе нагретых газов указанной высоты, показала, что для частиц аммония фосфата диаметром 50 мкм она  $\leq 10$  м/с.

Образование пленок расплава действительно наблюдалось в проводившихся экспериментах. На рисунке 2 представлено фото края одной из них. Пленки располагались на границе раздела воды и бензина потушенных модельных очагов пожара. Образование их происходило при скоростях частиц порошка ~7÷13 м/с.

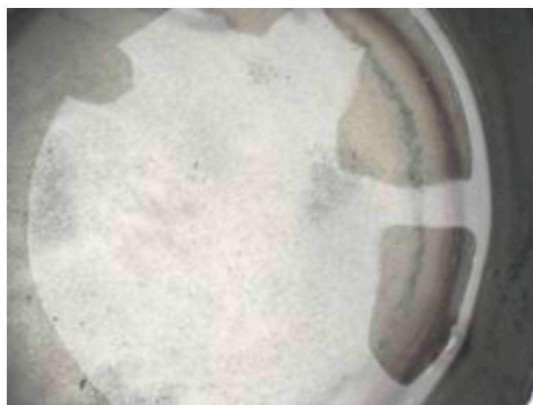


Рисунок 2. – Фото края пленки расплава солей моноаммонияфосфата

В ходе экспериментов также изучалась динамика тушения очагов пожаров подкласса В1 огнетушащим порошком.

На рисунке 3 приведены зафиксированные с помощью высокоско-

ростной фотокамеры фото тушения модельного очага пожара данного подкласса в различные моменты времени.



а



б



в



г

Рисунок 3. – Фото тушения очага пожара подкласса В1 в различные моменты времени: а – 0,058 с; б – 0,116 с; в – 0,27 с; г – 0,482 с

На рисунке 3а зарегистрирован момент подачи порошка в зону модельного очага пожара на начальном этапе его тушения.

На рисунке 3б зафиксирован момент отрыва пламени от зоны реакции окисления продуктов горения бензина. Данный процесс можно описать следующим образом. При движении огнетушащего порошка к зоне горения происходит интенсивное поглощение (нагрев) частицами порошка лучистого и теплового потоков очага пожара, а также отражение части этих потоков фрон-

том струи в сторону зоны реакции окисления активных частиц пламени. Это приводит к увеличению температуры и соответственно давления в постепенно уменьшающемся объеме пространства между движущимся фронтом струи порошка и поверхностью горячей жидкости. При попадании частиц порошка в зону реакции окисления в случае достаточной их объемной плотности в данной зоне происходит прерывание цепей горения в результате ингибирования частицами порошка и продуктами их испарения актив-



ных центров пламени. Пламя отрывается от зоны реакции окисления. Прерывается тепловыделение в ней. В какой-то момент времени происходит резкое расширение в стороны вокруг очага пожара нагретых газов продуктов терморазложения частиц порошка, а также паров горючей жидкости в результате большой разности температуры ее поверхности и частиц порошка. Перекрывается

доступ кислорода в область реакции окисления. Горение прекращается. Расширение газов и отрыв пламени сопровождается кратковременным выносом частиц порошка из зоны реакции окисления, о чем свидетельствует просветление пространства над данной зоной, зафиксированное на осциллограмме, приведенной на рисунке 4.

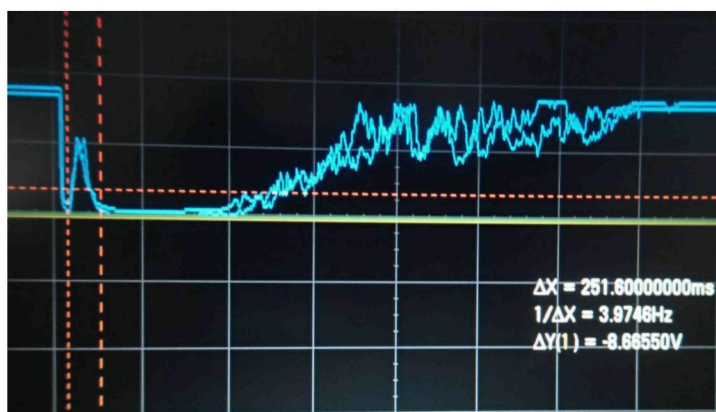


Рисунок 4. – Осциллограмма изменения интенсивности световых пучков, проходящих над зоной реакции окисления, при подаче в нее огнетушащего порошка

На осциллограмме наблюдается рост интенсивностей (пики, очерченные двумя вертикальными линиями) световых пучков устройства измерения скорости частиц порошка, проходящих над зоной реакции окисления, после попадания в нее частиц порошка. Затем, как видно из осциллограммы, световые пучки снова полностью перекрываются огнетушащим порошком в результате попадания в очаг пожара остальной части струи порошка.

Когда тушение горючей жидкости осуществляется струей порошка с большой пространственной неоднородностью концентрации частиц порошка по фронту и большой скоростью струи, может наблюдаться за

время подачи порошка в зону горения локальных несколько парогазовых выбросов (тушения пламени и повторного воспламенения). Тушения пожара при этом не происходит. Наблюдается разбрызгивание горючей жидкости по сторонам вокруг очага пожара.

Если тушение пожара осуществляется при недостаточной объемной плотности частиц огнетушащего порошка в зоне реакции окисления, отрыва пламени от данной зоны не происходит. Отсутствуют также выбросы газов и частиц порошка и тушение самого пожара.

На рисунке 3в зафиксировано облако порошка, светящееся под воздействием лучей оторванного от

зоны горения пламени. Со временем в результате остывания светящихся продуктов горения облако перестает светиться, что отражено на рисунке 3г.

Для определения значений основных параметров тушения пожара класса В (интенсивности подачи порошка в зону горения и удельного расхода огнетушащего порошка) проводилась последовательность измерений времени тушения модельных очагов пожара подкласса В1 ранга 1В для различных навесок

огнетушащего порошка «Вексон-АВС 25» в выпускном резервуаре ЛУПП и различных давлений воздуха в ресивере. Выпуск порошка осуществлялся через выходное отверстие выпускного резервуара ЛУПП различных диаметров (13, 24 мм).

Результаты измерений параметров тушения очагов пожара представлены в таблице. Средние значения параметров тушения определялись в серии экспериментов количеством не менее 3.

Таблица – Параметры тушения модельных очагов пожаров подкласса В1

№ п/п	$(I \pm U)$ , кг/м <sup>2</sup> с	$(\tau \pm U)$ , с	$(G \pm U)$ , кг/м <sup>2</sup>	$(v \pm U)$ , м/с
1	0,55 ± 0,15	0,624 ± 0,0166	0,34 ± 0,09	10,3 ± 0,52
2	0,68 ± 0,13	0,483 ± 0,0166	0,33 ± 0,06	7,62 ± 0,36
3	1,11 ± 0,17	0,608 ± 0,0166	0,67 ± 0,1	13,44 ± 0,56
4	1,69 ± 0,22	0,624 ± 0,0166	1,05 ± 0,14	9,74 ± 0,36

В таблице приведены значения: времени тушения  $\tau$ , с; интенсивности подачи порошка в очаг пожара  $I$ , кг/м<sup>2</sup>с; удельного расхода порошка  $G$ , кг/м<sup>2</sup>; скорости частиц порошка  $v$ , м/с, вблизи зоны горения; расширенная неопределенность измерений указанных величин  $U$ .

На рисунке 4 представлены построенные по данным таблицы зависимости времени тушения  $\tau$ , с модельного очага пожара подкласса В1 и удельного расхода  $G$ , кг/м<sup>2</sup>, огнетушащего порошка от интенсивности  $I$ , кг/м<sup>2</sup>с, подачи порошка в зону горения.

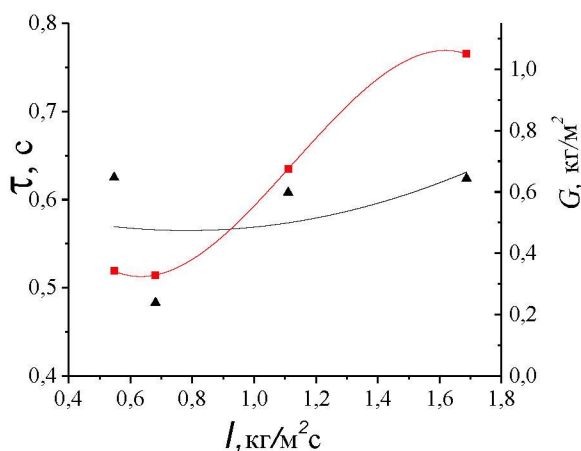


Рисунок 5. – Зависимости среднего времени  $\tau$  тушения (▲) модельного очага пожара подкласса В1 и среднего удельного расхода  $G$  огнетушащего порошка (■) от интенсивности  $I$  подачи порошка в зону горения

Из рисунка следует наличие оптимумов в зависимостях времени тушения и удельного расхода огнетушащего порошка от интенсивности подачи его в очаг пожара.

Средняя интенсивность подачи порошка в зону горения, при которой время тушения очага минимально, равна  $(0,68 \pm 0,13)$  кг/м<sup>2</sup>с. Соответствующий этой интенсивности средний удельный расход порошка на тушение пожара равен  $(0,33 \pm 0,06)$  кг/м<sup>2</sup>. Средняя скорость частиц порошка, при которой достигнуто минимальное время тушения очага, равна 7,62 м/с.

Значение интенсивности подачи огнетушащего порошка, при которой наблюдается минимальное время тушения модельных очагов пожара, можно принять за нормативное значение, требуемое для надежного тушения пожара огнетушащим порошком «Вексон-АВС 25».

#### **Анализ результатов проведенных исследований**

Особенностью построенных на рисунке 5 зависимостей является наличие оптимального значения интенсивности подачи порошка в зону горения, при которой время тушения и удельный расход порошка на тушение очагов пожара подкласса В1 минимальны. Наличие данного оптимума можно объяснить существованием для каждого из горючих веществ, характеризующихся своей скоростью выгорания, требуемого минимального значения объемной плотности частиц порошка в зоне горения, обеспечивающей его тушение. Интенсивности тушения, при которой объемная плотность частиц порошка в зоне горения меньше ха-

рактерного значения, приводят к росту времени тушения пожара или отсутствию его тушения. Интенсивности тушения, формирующие в зоне горения объемные плотности частиц порошка больше характерного значения, не уменьшают время тушения, а ведут только к увеличению удельного расхода порошка на тушение пожара.

В ходе проводившихся исследований выявлено проявление теплового механизма тушения огнетушащего порошка, заключавшееся в формировании пленки расплава частиц моноаммонияфосфата, входящих в состав огнетушащего порошка «Вексон-АВС 25». Нагрев частиц порошка до температуры фазового перехода при реализованных в экспериментах скоростях их движения к зоне реакции окисления продуктов горения, как показали оценки, возможен вследствие большей высоты зоны пламени пожара, через которую они движутся. Поглощенное при этом тепло пожара способствует в основном охлаждению горючего материала. Охлаждение зоны реакции окисления продуктов горения, толщина которой значительно меньше высоты зоны пламени, происходит преимущественно благодаря снижению тепловыделения в результате протекания реакции химического ингибирования активных частиц продуктов горения, скорость которой на несколько порядков больше скорости нагрева частиц порошка.

#### **Выводы**

Проведены экспериментальные исследования эффективности тушения МУПП кратковременного дей-

ствия модельного очага пожара подкласса В1 ранга 1В огнетушащим порошком «Вексон-АВС 25» в схеме тушения локально по поверхности.

Зарегистрированы результаты проявления теплового и химического механизмов тушения модельного очага пожара подкласса В1 огнетушащим порошком «Вексон-АВС 25» и проанализировано влияние скорости струи огнетушащего порошка и ее пространственной однородности на эффективность реализации данных механизмов.

Построены зависимости времени тушения и удельного расхода огнетушащего порошка от интенсивности подачи порошка в зону горения.

Установлено наличие оптимального значения интенсивности подачи огнетушащего порошка в очаг пожара, при котором время тушения и соответственно удельный расход порошка на тушения пожара минимальны. Данное значение рекомендовано в качестве нормативного при оценке огнетушащей способности МУПП, применяемой для тушения пожаров подкласса А1 огнетушащим порошком «Вексон-АВС 25».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кицак А.И. Эффективность тушения пожара струйными системами порошкового пожаротушения в условиях нестационарности процессов теплообмена и гетерогенного ингибирования частицами порошка активных центров пламени / А.И. Кицак // Пожаровзрывобезопасность. – 2020. – Т. 29, № 5. – С. 67-77.
2. Кицак А.И. Эффективность тушения пожара огнетушащим порошком общего назначения при нестационарном взаимодействии частиц порошка с горящим веществом / А.И. Кицак // Вести НАН Беларуси, Сер. физико-технических наук. – 2020. – Т. 65, № 4. – С. 476-487.
3. Система стандартов пожарной безопасности. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули – общие технические требования. Методы испытаний: СТБ 11.13.19-2010 – Введ. 20.08.2010 – Минск: Учреждение «Научно-исследовательский ин-т пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, 2010. – 18 с.
4. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащее вещество. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования. Методы испытаний. ГОСТ Р 53280.4-2009 – Введ. 18.02.2009 – Москва: Федеральное государственное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский и-т противопожарной обороны», 2010. – 17 с.
5. Кицак А.И. Разработка методики измерений параметров тушения пожара класса А огнетушащим порошком общего назначения / А.И. Кицак, С.М. Палубец, Д.Н. Надточий, Д.С. Лобач // Стандартизация. – 2022. – № 4. – С. 56-70.
6. Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная техника. Огнетушители переносные. Общие технические условия: СТБ 11.13.04-2009 – Введ.

06.04.2009 – Минск: Учреждение «Научно-исследовательский ин-т пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, 2009. – 38 с.

#### REFERENCES

1. Kitsak A.I. Effektivnost' tusheniya pojava struinimi sistemami poroshkovogo pojarotusheniya v usloviyakh nestatsionarnosti protsesov teploobmena i geterogennogo ingibirovaniya chastitsami poroshka aktivnikh tsentrov plameni / A.I. Kitsak //Pojarovzrivobezopasnost'. – 2020. – Т. 29, № 5. – С. 67-77.
2. Kitsak A.I. Effektivnost' tusheniya pojava ognetushachim poroshkom obchego naznacheniya pri nestacionarnom vzaimodeistvii chastic poroshka s goryachem veschestvom / A.I. Kitsak //Vesti NAN Belarusi, Ser. fiziko-matemat. nauk. – 2020. – Т. 65, № 4. – С. 476-487.
3. Sistema standartov pojarnoi bezopasnosti. Ustanovki poroshkovogo pojarotusheniya avtomaticheskie. Moduli. Obshie tekhnicheskie usloviya. Metodi ispitaniy: STB 11.13.19-2010 – Vved. 20.08.2010 – Minsk: Uchrejdienie “Nauchno-issledovatel'skii institute pojarnoi bezopasnosti i chrezvichainikh situacii” MCHS Respubliki Belarus, 2010. – 18 s.
4. Ustanovki pojarotusheniya avtomaticheskie. Ognetushachie veschestvo. Chast' 4. Poroshki ognetushachie obchego naznacheniya. Obshie tekhnicheskie trebovaniya. Metodi ispitaniy. GOST R 53280.4-2009 – Vved. 18.02.2009 – Moskva: Federal'noe gosudarstvennoe uchrejdienie “Vserossiiskii ordena” Znak Pocheta” nauchno-issledovatel'skii institute protivopojarnoi oboroni 2010. – 17 s.
5. Kitsak A.I. Razrabotka metodiki izmereniy parametrov tusheniya pojarov klassa A ognetushachim poroshkom obchego naznacheniya / A.I. Kitsak, S.M. Palubets, D.N. Nadtochii, D.S. Lobach // Standartizatsiya. – 2022. – № 4. – С. 56-70.
6. Sistema standartov pojarnoi bezopasnosti. Pojarnaya tekhnika. Ognetushiteli perenosnie. Obshie tekhnicheskie usloviya: STB 11.13.04-2009 – Vved.06.04.2009 – Minsk: Uchrejdienie “Nauchno-issledovatel'skii institute pojarnoi bezopasnosti i chrezvichainikh situacii” MCHS Respubliki Belarus, 2009. – 38 s.

