

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

(национальный исследовательский университет)»

Политехнический институт

Факультет «Машиностроение»

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Рецензент, Заместитель начальника
отдела тушения пожаров и
проведения аварийно-спасательных работ
ГУ МЧС России по Челябинской области

_____ /Е.В. Демченков/

« ____ » _____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой БЖД

_____ /А.И. Сидоров/

« ____ » _____ 2020 г.

Сравнительный анализ свойств огнетушащих порошков отечественного и
зарубежного производства

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)

ЮУрГУ– 20.04.01.2020.269 ВКР МД

Научный руководитель

_____ / С.И. Боровик/

« ____ » _____ 2020 г.

Автор диссертации

студент группы П-267

_____ /В.О. Халиков /

« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер

_____ /Ю.С. Козлова /

« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020

РЕФЕРАТ

Халиков В.О. Сравнительный анализ свойств огнетушащих порошков отечественного и зарубежного производства – Челябинск: ЮУрГУ, П-267, 2020. – 80 с. 19 ил., 20 табл., библиогр. список – 21 наим.

Исследованы физические, термические и эксплуатационные свойства порошков отечественного и зарубежного производства: плотность, гранулометрический состав, содержание массовой доли влаги, склонности к влагопоглощению и слеживанию, способность к водоотталкиванию, изменение краевого угла смачивания, содержание зольных примесей, потеря массы порошка при температуре 1000 °С, огнетушащая способность.

Проведен сравнительный анализ свойств ОПС, на основании которого установлено влияние свойств огнетушащих порошков на их огнетушащую способность и выявлены наиболее эффективные для тушения порошковые составы. Разработаны рекомендации по повышению качества порошков отечественного производства.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ И ОГNETУШИТЕЛЕЙ.....	7
1.1 Требования к огнетушащим порошкам и огнетушителям.....	7
1.1.1 Характеристика огнетушащих порошки и их классификация.....	7
1.1.2 Применение и назначение порошковых огнетушителей.....	11
1.1.3 Требования к огнетушащим порошкам и огнетушителям.....	13
1.2 Химический состав огнетушащих порошков.....	18
1.3 Физические и термические свойства порошков.....	21
1.4 Показатели эффективности огнетушащих порошков.....	24
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
2.1 Объекты исследований.....	32
2.2 Методы исследований.....	37
2.2.1 Метод определения плотности.....	37
2.2.2 Метод определения гранулометрического состава.....	38
2.2.3 Метод определения массовой доли влаги.....	39
2.2.4 Метод определения склонности к влагопоглощению.....	41
2.2.5 Метод определения склонности к слеживанию.....	41
2.2.6 Метод определения способности к водоотталкиванию.....	42
2.2.7 Метод определения краевого угла смачивания.....	42
2.2.8 Метод определения содержания зольных примесей.....	43
2.2.9 Метод определения термической стойкости порошков.....	44
2.2.10 Метод определения огнетушащей способности порошков.....	44
2.3 Разработка стенда для определения эффективности огнетушащих порошков.....	45

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРОШКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	49
3.1 Исследование физических свойств порошков.....	49
3.1.1 Кажущая плотность не уплотняемого и уплотняемого огнетушащего порошка.....	49
3.1.2 Гранулометрический состав огнетушащих порошков.....	51
3.1.3 Массовая доля влаги.....	53
3.1.4 Склонность к влагопоглощению.....	55
3.1.5 Склонность к слеживанию.....	55
3.1.6 Способность к водоотталкиванию.....	56
3.1.7 Смачиваемость огнетушащего порошка.....	57
3.1.8 Содержание зольных примесей в огнетушащих порошках.....	58
3.2 Исследование термических свойств порошков.....	60
3.2.1 Определение потери массы порошка при температуре 1000 °С.....	60
4 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПОРОШКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	75
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	78

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы: Среди современных средств пожаротушения огнетушащие порошки занимают одно из лидирующих мест, так как являются наиболее эффективным средством подавления возгорания.

Широкое использование огнетушащих порошковых составов обусловлено их высокой огнетушащей способностью, быстродействием, возможностью применения при низких температурах, экологической безопасностью, а также возможностью их использования при тушении пожаров всех классов – АВСЕ.

На качество огнетушащих порошков влияет химический состав порошка, физические свойства, технология получения, способы подачи в очаг пожара при тушении.

Основными показателями, характеризующими качество огнетушащих порошковых составов, являются: кажущаяся плотность, склонность к влагопоглощению и слеживанию, способность к водоотталкиванию, влажность и текучесть, гранулометрический состав и т.д. Из литературных источников известно, что порошки разных производителей отличаются по физическим, термическим и химическим свойствам, а, следовательно, обладают разной огнетушащей способностью. Поэтому представляет определенный интерес изучения огнетушащих порошков отечественного и зарубежного производства для сравнительной оценки их свойств и эффективности.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа свойств огнетушащих порошковых составов отечественного и зарубежного производителя.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

– изучить нормативно-техническую документацию по вопросам изготовления, применения и использования огнетушащих порошковых составов;

- рассмотреть методы определения физических и термических свойств огнетушащих порошковых составов;
- разработать лабораторный стенд для определения огнетушащей способности порошковых составов;
- исследовать свойства огнетушащих порошковых составов разных производителей.
- провести оценку и сравнительный анализ огнетушащих порошковых составов разных производителей.

Объект исследования: огнетушащие порошковые составы отечественного и зарубежного производства.

Предмет исследования: определение физико-химических свойств огнетушащих порошковых составов.

Научная новизна: исследование и анализ свойств ОПС зарубежного и Российского производства позволит провести сравнительную оценку физических, термических и эксплуатационных свойств порошков, выявить более эффективные порошки с высокой огнетушащей способностью и эксплуатационными свойствами, разработать рекомендации по улучшению качества порошков отечественного производства.

Публикации: опубликовано 4 статьи в сборниках трудов конференций: V Всероссийская студенческая конференция «Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи», VII Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии», IX Всероссийская научно-практическая конференция «Техносферная безопасность в XXI веке», XXII Международная научно-практическая конференция «21 век: фундаментальная наука и технологии».

Структура: диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка.

Объём диссертации: Текст диссертационной работы изложен на 81 страницах, включающих 19 рисунков и 20 таблиц и список цитируемой.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ И ОГNETУШИТЕЛЕЙ

С далеких времен пожар является одним из трагических событий в существовании человечества, для успешного тушения пожара нужно создать условия, в которых было невозможное самопроизвольное продолжение реакции горения. Для создания таких условий создают различные средства пожаротушения. Первые упоминания об использовании твердых измельченных материалов для тушения пожаров относятся к XVIII в. Примерно 100 лет назад появились первые сообщения о создании огнетушащих порошков. Однако до второй мировой войны порошковое пожаротушение не получило широкого распространения. Лишь после разработки новой технологии измельчения материалов и сохранения в течение длительного времени так называемых эксплуатационных свойств измельченных материалов огнетушащие порошки начали широко применять для тушения пожаров [8].

На сегодняшний день порошковые огнетушители являются самыми востребованными всем мире, так как они эффективно справляются с огнем и являются экономически выгодными.

1.1 Требования к огнетушащим порошкам и огнетушителям

1.1.1 Характеристика огнетушащих порошков и их классификация

По виду применяемого огнетушащего вещества огнетушители подразделяются на:

- водные,
- пенные (воздушно-пенные),
- газовые (галогенуглеводороды-хладоны, углекислотные),
- порошковые,
- комбинированные.

К огнетушащим веществам, оказывающим изолирующее действие, относятся пена, огнетушащие порошки, негорючие сыпучие вещества (песок, земля, флюсы, графит и др.), листовые материалы (войлочные, асбестовые, брезентовые покрывала, щиты). В некоторых случаях, например, при тушении сероуглерода, в качестве изолирующего вещества может быть использована вода.

В таблице 1.1 представлено классификация классов пожара по ГОСТ 27331–1987 [2] и рекомендуемые средства пожаротушения.

Огнетушащие порошки – это измельченные до мелкодисперсного состояния минеральные соли и другие твердые негорючие вещества, в которые при производстве вносят специальные добавки, что эффективно препятствуют комкованию и слеживанию в однородную массу.

Универсальные ОПС предназначены для тушения твердых, жидких, газообразных горючих материалов и установок под напряжением (класс АВСЕ). К недостаткам сырья относятся гидрофильность, гигроскопичность и слеживаемость, которые в значительной степени зависят от количества и типа содержащихся в нем примесей неорганических и органических соединений. Поэтому совершенствование сырьевой базы, позволяющей получить продукт с высокой огнетушащей способностью и свойствами, удовлетворяющими техническим требованиям, является актуальной задачей.

Огнетушащие порошки в зависимости от классов пожара, которые ими можно потушить, делятся на [17]:

- порошки типа АВСЕ – основной активный компонент - фосфорно-аммонийные соли;
- порошки типа ВСЕ – основным компонентом этих порошков могут быть бикарбонат натрия или калия; сульфат калия; хлорид калия; сплав мочевины с солями угольной кислоты и т. д.;
- порошки типа Д – основной компонент - хлорид калия; графит и т. д.

Таблица 1.1 – Классификация классов пожара

Класс пожара	Характеристика класса	Подкласс пожара	Характеристика подкласса	Рекомендуемые средства пожаротушения
А	Горение твердых веществ	А1	Горение твердых веществ, сопровождаемое тлением	Вода со смачивателями, пена, хладоны, порошки типа АВСЕ
		А2	Горение твердых веществ, не сопровождаемое тлением	Все виды огнетушащих средств
В	Горение жидких веществ	В1	Горение жидких веществ, нерастворимых в воде	Пена, тонкораспыленная вода, вода с добавкой фторированного ПАВ, хладоны CO ₂ , порошки типа АВСЕ и ВСЕ
		В2	Горение полярных жидких веществ, растворимых в воде	Пена на основе специальных пенообразователей, тонкораспыленная вода, хладоны, порошки типа АВСЕ и ВСЕ
С	Горение газообразных веществ	–	Бытовой газ, пропан, водород, аммиак	Объемное тушение и флегматизация газовыми составами, порошки типа АВСЕ и ВСЕ, вода для охлаждения оборудования
D	Горение металлов и металлосодержащих веществ	D1	Горение легких металлов и их сплавов	Специальные порошки
		D2	Горение щелочных металлов	Специальные порошки
		D3	Горение металлосодержащих соединений	Специальные порошки
Е	Горение объекта, оборудования под напряжением			Порошки типа АВСЕ, газовые средства пожаротушения (CO ₂), хладоны, газоаэрозольные составы

Огнетушащие порошковые составы (ОПС) на основе неорганических веществ относятся к современным средствам пожаротушения и находят широкое применение для предотвращения локальных и крупномасштабных возгораний. Основными техническими требованиями, предъявляемыми к ОПС, являются огнетушащая способность, кажущаяся насыпная плотность, склонность к влагопоглощению и слеживанию, способность к водоотталкиванию, влажность и текучесть, зольность. Данные характеристики зависят от свойств огнетушителя и технологии получения состава огнетушащего вещества.

Для придания порошкам гидрофобных свойств (текучести и снижения склонности к слеживанию), необходимо совмещение процессов измельчения и механохимического модифицирования (гидрофобизации) гигроскопичных фосфатов аммония кремнийорганическими жидкостями (ГКЖ) и высоко дисперсным диоксидом кремния (белой сажей). В этом случае возможно получение гидрофобного порошка с высокой текучестью и требуемым размером частиц. Такие составы обладают наибольшей способностью подавлять пламя. Каждый огнетушащий порошок для огнетушителя, выпускаемый серийно, должен соответствовать техническим условиям, рецептуре изготовителя, при этом допускается в процессе производства отклонения не больше 10% от массового состава как по минеральным компонентам, так и по специальным добавкам.

Техническая характеристика огнетушащего порошка, основанная на физическо-химических свойствах, позволяют использовать его при изготовлении, производстве, снаряжении различных средств тушения пожаров:

1. Переносных, передвижных огнетушителей, применяемых для защиты помещений производственных, складских объектов, общественных зданий, административных учреждений.

2. Самосрабатывающих огнетушителей, как устанавливаемых внутри строительных, технологических отсеков, ниш; корпусов, шкафов

электрического, коммутационного, управляющего электронного оборудования, так и забрасываемых вручную в очаг начинающегося пожара. Порошок для заправки огнетушителя состав, типы, марки.

3. В специальных автомобилях порошкового пожаротушения.

В порошковых системах пожаротушения, предназначенных для ликвидации очагов возгораний на производственных, складских объектах защиты с высокой пожарной нагрузкой, состоящей из таких видов сырья, готовой продукции, установленного технологического, управляющего оборудования как, например, ЛВЖ, ГЖ, электрические установки, электронная аппаратура. Тушить их традиционными установками тушения пожаров – водяными, пенными невозможно, а газовыми – нецелесообразно по разным причинам, т.к. из-за высокой стоимости поставки, монтажа, технического сервиса [17].

Огнетушащие порошковые составы делятся на целевые и универсальные:

– Целевые – для ликвидации очагов возгораний активных металлов, их химических соединений.

– Универсальные – как для тушения металлов, так и горючего газа, жидкости, электрооборудования включенного в сеть до 1000 В.

1.1.2 Применение и назначение порошковых огнетушителей

Огнетушащий порошок общего назначения, используется для ликвидации очагов возгораний классов А, В, С, Е, но не предназначен для подавления пожара класса D. Применяется путем создания облака порошка, окутывающего очаг пожара, таким способом огнетушащий порошок создает пленку, через которую не поступает кислород, т.е. объемным способом.

Огнетушащий порошок специального назначения предназначен для использования в качестве огнегасящего агента в ручных переносных передвижных устройствах, стационарных системах пожаротушения, т.е. металлов и их соединений; а также газов, горючих жидкостей, ЛВЖ и

электрооборудования под напряжением. Такие специальные порошки, применяют поверхностным способом тушения пожара, изолируя горящую поверхность от контакта с кислородом.

Существует также разделение огнетушащих порошков на типы по тем классам пожара, которые они способны эффективно ликвидировать или локализовать, что выражается в различной товарной маркировке готовой продукции, выпускаемой компаниями изготовителями [17]:

- АВСЕ – для ликвидации всех классов возгораний, включая горение, включенного в сеть электрооборудования.

- ВСЕ – для подавления очагов горения жидкостей, газообразных веществ, работающих электроустановок.

- ВС – для тушения ЛВ, ГЖ, горючих газов.

- АВС – для тушения ЛВ, ГЖ, горючих газов, твердых сгораемых материалов(горючей упаковки).

- D – для тушения горящих металлов.

Поэтому в таблице 1.2 представлено сравнение качества тушение пожара по классу пожара и типу огнетушителя.

Таблица 1.2 – Качество тушения пожара по типу огнетушителя

Класс пожара	Тип огнетушителя		
	Порошковые огнетушитель	Углекислотный огнетушитель	Воздушно-пенный огнетушитель
Твердые вещества	+	-	+
Горючие жидкости	+	+	+
Горючие газы	+	+	-
Электро-оборудование	+	+	-
Горение металлов	-	-	-

Крайне важно обращать внимание, какой класс огнетушителя используется, ведь не соотношение класса пожара и выбором огнетушителя

может привести к такой ситуации, где огнетушащий порошок не сможет совладать с очагом пламени.

1.1.3 Требования к огнетушащим порошкам и огнетушителям

Количество, тип и ранг огнетушителей, необходимых для защиты конкретного объекта, устанавливаются исходя из категории защищаемого помещения, величины пожарной нагрузки, физико-химических и пожароопасных свойств обращающихся горючих материалов, характера возможного их взаимодействия с ОТВ, размеров защищаемого объекта и так далее [8].

Важным условием является хранение огнетушащих порошков. Желательно хранить порошки в сухих отапливаемых помещениях с небольшим перепадом температур. Это снижает возможность перекристаллизации основного компонента огнетушащего порошка. При разгерметизации упаковки с порошком необходимо поместить порошок в герметичную тару или техническое средство пожаротушения.

Хранить и перемещать порошковый огнетушитель можно в любом положении, это не влияет на его дальнейшие эксплуатационные особенности.

Огнетушители следует располагать на защищаемом объекте в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.009–83 таким образом, чтобы они были защищены от воздействия прямых солнечных лучей, тепловых потоков, механических воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрация, агрессивная среда, повышенная влажность и т.д.). Они должны быть хорошо видны и легкодоступны в случае пожара. Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, вдоль путей прохода, а также около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара [3].

Если не соблюдать инструкции по хранению, то порошок будет впитывать влагу из окружающей среды и слеживаться, соответственно будет происходить потеря всех рабочих функций порошка, например, в процессе

длительного хранения некоторые огнетушащие порошки могут слеживаться. В этом случае требуется регенерация или утилизация его.

Если испытания огнетушителей или проверка огнетушащих и эксплуатационных свойств порошка, используемого для зарядки автоматических, автономных установок подавления пожаров, показали, что не соответствие техническим условиям, изложенным в сопроводительной технической документации, то при накоплении значительного объема порошка, непригодного к дальнейшему использованию, он может быть не утилизирован, а направлен на регенерацию на завод-производитель. Заключение на огнетушащий порошок, прошедший регенерацию, т.е. полное восстановление своих свойств, служит основанием для его использования в качестве зарядов для огнетушителей, модулей, установок тушения огня.

Процесс регенерации заключается в сушке порошка, его измельчении, смешении с дополнительным количеством модифицированного оксида кремния и классификации (рассева). Проведение регенерации в условиях потребителя огнетушащих порошков экономически нецелесообразно. Большие партии некондиционных огнетушащих порошков следует отправлять на заводы-изготовители этих порошков. Небольшое количество порошка целесообразнее всего утилизировать: огнетушащие порошки на основе фосфорно-аммонийных солей и хлорида калия в качестве удобрений, а на основе бикарбоната натрия – технических моющих средств [17].

Перед введением огнетушителя в эксплуатацию он должен быть подвергнут первоначальной проверке, в процессе которой производят внешний осмотр, проверяют комплектацию огнетушителя и состояние места его установки (заметность огнетушителя или указателя места его установки, возможность свободного подхода к нему), а также читаемость и доходчивость инструкции по работе с огнетушителем. В ходе проведения внешнего осмотра контролируется [8]:

– отсутствие вмятин, сколов, глубоких царапин на корпусе, узлах управления, гайках и головке огнетушителя;

- состояние защитных и лакокрасочных покрытий;
- наличие четкой и понятной инструкции;
- состояние предохранительного устройства;
- исправность манометра или индикатора давления (если он предусмотрен конструкцией огнетушителя), наличие необходимого клейма и величина давления в огнетушителе закачного типа или в газовом баллоне;
- масса огнетушителя, а также масса ОТВ в огнетушителе (последнюю определяют расчетным путем);
- состояние гибкого шланга (при его наличии) и распылителя ОТВ (на отсутствие механических повреждений, следов коррозии, литейного отбоя или других предметов, препятствующих свободному выходу ОТВ из огнетушителя);
- состояние ходовой части и надежность крепления корпуса огнетушителя на тележке (для передвижного огнетушителя), на стене или в пожарном шкафу (для переносного огнетушителя).

Результат проверки заносят в паспорт огнетушителя и в журнал учета огнетушителей.

Все огнетушители должны перезаряжаться сразу после применения или если величина утечки газового ОТВ или вытесняющего газа за год превышает допустимое значение [4], но не реже сроков, указанных в таблице 1.3 – сроки перезарядки огнетушителей зависят от условий их эксплуатации и от вида используемого ОТВ.

Таблица 1.3 – Сроки проверки параметров ОТВ и перезарядки огнетушителей

Вид используемого ОТВ	Срок (не реже)	
	проверки параметров ОТВ	перезарядки огнетушителя
Вода, вода с добавками	1 раз в год	1 раз в год*
Пена	1 раз в год	1 раз в год*
Порошок	1 раз в год (выборочно)	1 раз в 5 лет
Углекислота (диоксид углерода)	взвешиванием 1 раз в год	1 раз в 5 лет

Продолжение таблицы 1.3

Хладон	взвешиванием 1 раз в год	1 раз в 5 лет
* Огнетушители с многокомпонентным стабилизированным зарядом на основе углеводородного или фторсодержащего пенообразователя, а также огнетушители, внутренняя поверхность корпуса которых защищена полимерным или эпоксидным покрытием или корпус огнетушителя изготовлен из нержавеющей стали, должны проверяться и перезаряжаться с периодичностью, рекомендованной фирмой - изготовителем огнетушителей.		

Не реже одного раза в 5 лет каждый огнетушитель и баллон с вытесняющим газом должны быть разряжены, корпус огнетушителя полностью очищен от остатков ОТВ, произведен внешний и внутренний осмотр, а также проведены испытания на прочность и герметичность корпуса огнетушителя, пусковой головки, шланга и запорного устройства. В ходе проведения осмотра необходимо контролировать [1]:

- состояние внутренней поверхности корпуса огнетушителя (отсутствие вмятин или вздутий металла, отслаивание защитного покрытия);
- отсутствие следов коррозии;
- состояние прокладок, манжет или других видов уплотнений;
- состояние предохранительных устройств, фильтров, приборов измерения давления, редукторов, вентилях, запорных устройств и их посадочных мест;
- массу газового баллончика, срок его очередного испытания или срок гарантийной эксплуатации газогенерирующего элемента;
- состояние поверхности и узлов крепления шланга;
- состояние, гарантийный срок хранения и значения основных параметров ОТВ;
- состояние и герметичность контейнера для поверхностно-активного вещества или пенообразователя (для водных, воздушно-эмульсионных и воздушно-пенных огнетушителей с отдельным хранением воды и других компонентов заряда).

Как правило, безопасность людей по сравнению с возможностью быстро ликвидировать пожар тем или иным огнетушащим веществом не в приоритете, поэтому проектировщики и разработчики оборудования активной огнезащиты, создавая и конструируя системы дымоудаления, принудительной подачи чистого воздуха, СОУЭ, стараются компенсировать это различными способами, информируя об опасности, обеспечивая возможность людям быстро покинуть здания или сооружения, используя не задымленные эвакуационные пути и выходы.

В целом, к огнетушащим веществам предъявляют следующие нормативные требования в области пожарной безопасности [15]:

- должны обеспечить ликвидацию очага поверхностным, объемным способом или комбинированными способами их подачи с учетом характеристик огнетушащих веществ, и в соответствии с тактикой тушения пожара;

- необходимо применять для тушения пожаров тех материалов, взаимодействие с которыми не приводит к опасности взрыва или новых очагов возгорания;

- должны полностью сохранять в процессе хранения в нормативные сроки, и в ходе транспортировки или подачи свои физико – химические свойства, необходимые для ликвидации пожара;

- не должны оказывать опасное воздействие на здоровье людей и окружающую среду, превышающее принятые ПДК.

Таким образом, эксплуатация огнетушителей, общие требования, предъявляемые к ним, правила хранения, контроля и обслуживания – это основы противопожарной безопасности на любом предприятии. Поэтому необходимо ознакомиться с требованиями по огнетушащими составами и огнетушителями.

1.2 Химический состав огнетушащих порошков

Огнетушащие порошковые составы – это высокодисперсные системы, состоящие из основных компонентов (солей неорганических кислот, обладающих свойством подавлять пламя) и добавок, повышающую текучесть и препятствующих слеживаемость составов. Свойства огнетушащих порошковых составов (огнетушащая эффективность, текучесть, слеживаемость и т.д.) зависят от их состава и технологии получения.

Порошок в огнетушителе состоит из следующих ингредиентов:

– минеральные вещества, которые могут составляет почти весь вес порошка – до 95%;

– антиоксидантов, предотвращающих окисление порошка;

– гидрофобизаторов и других специальных добавок, отвечающих за повышение адгезии, не слеживание, влагостойкость готовой сухой смеси;

– минеральную основу и добавки составляют тонкие помолы минеральных солей, других негорючих материалов и веществ:

1) Фосфорно-калийных или аммонийных солей.

2) Карбонатов, хлоридов щелочных металлов.

3) Сульфатов – солей серной кислоты.

4) Окиси алюминия.

5) Стеаратов металлов.

6) Талька, нефелина.

7) Силикагеля, других кремнийорганических соединений, в том числе с наполнением хладонами.

В зависимости от состава, огнетушащие порошки делятся на четыре основных группы:

– ОП на основе фосфорно-аммонийных солей;

– ОП на основе бикарбонатов щелочных металлов;

– ОП на основе хлоридов щелочных металлов;

– ОП на основе насыщенного хладоном силикагель.

Качество огнетушащих порошков – многофакторная величина, на которую влияет как состав порошка и технология его получения, так и способы подачи в очаг пожара при тушении [12].

Порошки производятся на основе технических фосфатов аммония (моно- и диаммонийфосфат, аммофос), являющихся комплексными минеральными удобрениями, которые выпускаются в крупных объемах из экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) и аммиака. Вторым основным компонентом универсальных огнетушащих порошков является сульфат аммония [10].

Бикарбонатные порошки предназначены для тушения пожаров классов В, С, Е, обладают хорошими эксплуатационными свойствами, недорогие в производстве. Они успешно применяются для тушения загораний сжиженных газов, большого количества нефтепродуктов (например, при аварийных посадках самолетов), спиртов и других полярных горючих жидкостей, которые плохо тушатся пенами. В некоторых странах вместо бикарбоната натрия используют бикарбонат калия с более высокой огнетушащей способностью, но обладающий повышенной гигроскопичностью и более высокой стоимостью, поэтому порошки на такой основе не получили широкого применения.

Порошки на основе хлоридов щелочных металлов (KCL, NaCL) используются преимущественно для тушения пожаров класса D. Ими заряжают в основном ручные огнетушители, а способностью их применения является «мягкая» подача на поверхность горящего металла с целью образования слоя достаточной толщины, предотвращающего прорыв газов. Слой поддерживается в течение времени, необходимого для охлаждения раскаленного металла и исключения повторного воспламенения.

В настоящее время наиболее широко используются порошки на основе фосфорно-аммонийных солей. К достоинства этих порошков относится возможность тушения пожаров как классов В, С, Е, так и класса А, в частности волокнистых тлеющих материалов (древесины, бумаги, и т.п.). Эффект

тушения связан не только с ингибированием пламени, но и со способностью образовывать под воздействием высоких температур на тлеющей поверхности вязкую пленку полифосфатов, которая изолирует материал от воздуха.

Хладон – это общее название галогензамещенных углеводов, причем для их обозначения применяют численное обозначение, характеризующее число и последовательность атомов углерода, фтора, хлора, брома, называемое хладоновым номером, например, CF₃Br обозначают числом 1301.

Важные характеристики порошковых составов:

- слеживаемость;
- огнетушащая способность;
- кажущаяся плотность;
- устойчивость к внешним воздействиям (тряска, изменение температуры окружающей среды);
- срок годности.

Каждый огнетушащий порошок для огнетушителя, выпускаемый серийно, должен соответствовать техническим условиям, рецептуре изготовителя, при этом допускается в процессе производства отклонения не больше 10% от массового состава как по минеральным компонентам, так и по специальным добавкам.

Для улучшения всех перечисленных характеристик, производитель и использует добавки, которые соответствуют действующим стандартам и нормам.

Мировые производители порошковых огнетушителей систематически повышают огнетушащую способность порошковых составов на основе фосфатов аммония, что находит отражение и в нормативах по тушению модельных очагов пожаров классов А и В. Результаты анализа наглядно показывают отставание требований по огнетушащей способности отечественных порошковых огнетушителей от мировых аналогов. При этом отечественный рынок не заинтересован в появлении огнетушителей с

показателями по огнетушащей способности, превосходящими требования ГОСТов. Производители порошковых огнетушителей в Европе систематически повышают огнетушащую способность порошковых составов на основе фосфатов аммония, что находит отражение и в нормативах по тушению модельных очагов пожаров классов А и В [10].

По своему химическому составу ОПС безопасны для человека и животных (можно сравнить с действием удобрений, например аммофоса, или моющих средств, таких как сода). При попадании на слизистую оболочку носа, глаз, полости рта они вызывают незначительное раздражение, которое быстро проходит. Порошки можно применять даже для тушения горящей на людях одежды, не опасаясь вредного действия порошка на травмированную поверхность тела. Газо- и паровоздушные продукты разложения порошков менее опасны, чем, например, продукты разложения древесины [16].

1.3 Физические и термические свойства порошков

Основными техническими показателями, характеризующими качество огнетушащих порошковых составов, являются: кажущаяся насыпная плотность, склонность к влагопоглощению и слеживанию, способность к водоотталкиванию, влажность и текучесть, гранулометрический состав и т.д. Все эти показатели влияют на огнетушащую способность порошка. Если хотя бы один из показателей не удовлетворяет требованиям, то в процессе эксплуатации порошков могут возникнуть проблемы тушения пожара [12].

Каждый производитель должен выполнять все требования технологии производства огнетушащего состава, для того чтобы свойства у огнетушащего порошка совпадали с требованием ГОСТ.

Следует отдельно отметить ряд показателей огнетушащих порошков, регламентируемых нормами. Так, европейские нормы отличаются от отечественных, с одной стороны, более узкими диапазонами характеристик (например, влажности), а с другой — большим объемом информации о порошке и приближением характеристик огнетушащего порошка к рынку.

Например, в настоящее время огнетушащие порошки общего назначения класса АВСЕ имеют насыпную плотность уплотненного порошка (870 ± 70). Плотность меньше 800 и этот показатель не устраивает потребителей, так как влечет за собой увеличение затрат на производство огнетушителей. Требования отечественного рынка таковы, что первичной на рынке порошковых огнетушителей остается себестоимость огнетушителя, а не его эффективность.

Качество огнетушащего порошка определяется свойствами, которые описаны в таблице 1.4

Таблица 1.4 – Показатели качества огнетушащих порошков

Показатель качества	Название, единица измерения, предельное значение	Краткая характеристика метода
Огнетушащая способность	Расход порошка, , на модельный очаг	Тушение модельного очага без повторного воспламенения
Влажность	Массовая доля влаги не должна превышать 0,35 %	Определение потери массы образца после сушки при заданной температуре до постоянной массы
Склонность к влагопоглощению и слеживанию	Увеличение массы порошка не более 3 %, образование комков не более 2 %	Определение увеличения массы образца при выдерживании над насыщенным раствором 80 %-ной влажности при комнатной температуре в течение 24 часов
Способность к водоотталкиванию	Впитывание капель порошком в заданных условиях	Наблюдение за впитыванием трех капель дисцилированной воды в течение 120 минут
Гранулометрический состав	Количество порошка (фракций) на сите с сетками разных размеров	Ситовой механический анализ на металлических ситах
Плотность	Кажущаяся не менее 700 , при уплотнении не менее 1000	Определение отношения массы свободно засыпанного и уплотненного вибрацией в течении заданного времени порошка к заданному объему

Продолжение таблицы 1.4

Химический состав	Основной компонент должен составлять не менее (75±5) %	Химический анализ выполняется на предприятии, выпускающую продукцию
Срок хранения	Не мене 5 лет	Определение продолжительности нахождения порошка в заводской упаковке при условиях, установленными требованиями при сохранении огнетушащей способности и эксплуатационных свойств

Следует отдельно отметить ряд показателей огнетушащих порошков, регламентируемых нормами. Так, европейские нормы отличаются от отечественных (таблица 1.5).

Таблица 1.5. Параметры европейских и отечественных огнетушащих порошков

Параметр	ГОСТ Р 53280.4–2009 [5]	EN 615:2009 [18]	ISO 7202-87 [19]
Кажущаяся плотность неуплотненного порошка, кг/м ³	Не менее 700	±70*	±100*
Массовая доля влаги, %, не более	0,35	0,25	Не регламентируется
Способность к водоотталкиванию, мин не менее	120 (порошки не должны полностью впитывать капли воды) 120±5 (2 капли из 3 скатываются при наклоне стаканчика)	120±5 (капли не должны быть полностью абсорбированы порошком)	Не должно наблюдаться поглощения капель воды 60 (скатывание капель при наклоне поверхности)
Раскрытие химического состава, %	Более 75	Не менее 90	Более 75
* Допуск к заявленной величине.			

Наряду с показателями, которые представлены в таблице 1, могут устанавливаться и другие дополнительные показатели (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Дополнительные показатели, предъявляемые к отечественным огнетушащим порошкам.

Показатель качества	Название, единица измерения	Краткая характеристика метода
Транспортабельность	Массовая концентрация порошка в рабочем газе,	Изменение массы порошка в массе рабочего газа
Дальность выброса	Массовый расход порошка по длине струи,	Определение количества порошка при заданных условиях выброса и его распределении по длине струи
Термостойкость	Сохранение исходных характеристик эксплуатационных свойств порошка в диапазоне температур от -50 до + 50 °С	Термостатирование порошка в заданном диапазоне температур с последующим определением эксплуатационных свойств (текучесть, влагопоглощение и др.)
Коррозионная активность	Изменение массы контрольной пластины из металла при контакте с порошком, в год	Определение разрушающего действия порошка на изделия из металла, пластмассы (высушенным и влажным) весовым методом
Сыпучесть	Объемный расход, м ³ /с, минимальный диаметр, мм	Расчет объема порошка, свободно вытекающего из конусообразного сосуда в единицу времени зависания порошка, вытекающего из конусообразного сосуда
Виброустойчивость	Сохранение порошковых эксплуатационных свойств после вибрационного воздействия	Определение эксплуатационных и огнетушащих свойств порошка после вибрации в течение 1 часа

Таким образом, каждый показатель влияет на качество огнетушащего порошка (при транспортировке, закатке, хранении) и самое главное – на его огнетушащую способность.

1.4 Показатели эффективности огнетушащих порошков

Порошковое пожаротушение находит всё большее применение за счет совершенствования порошковых составов и способов их подачи. Автоматическими установками пожаротушения могут оснащаться практически все виды объектов: производственные, складские помещения (в т.ч. склады ЛВЖ и ГЖ), гаражи, торговые залы, кабельные каналы,

электрошкафы, станции перекачки нефти, трансформаторы, коммутационные стойки и многие другие.

Порошки обладают высокой огнетушащей способностью, разнообразием способов пожаротушения, универсальностью применения. Механизм их воздействия на процесс горения достаточно сложен и до конца еще не изучен. Однако прекращение огня – способность огнетушащего порошка образовывать на горячей поверхности вязкую полимерную пленку, что затрудняет доступ кислорода воздуха к горячей поверхности [11].

Качественные показатели ОПС определяются в соответствии с методикой, которая разработана с учетом основных требований и положений действующих российских стандартов – ГОСТР 53280.4–2009. «Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний» [5].

Настоящая Методика предназначена для определения в единых исходных условиях параметров процесса тушения в условно герметичных объемах модельных очагов пожаров класса А.

Основными сравнительными показателями, характеризующими огнетушащую эффективность веществ объемного пожаротушения являются:

– огнетушащая концентрация (способность) или удельный расход огнетушащего веществ (состава) в условно герметичном объеме для объемного тушения модельных очагов конкретного класса пожара (огнетушащая способность), кг(г)/м³;

– время подачи ОТВ, с;

– надежность тушения модельных очагов пожара классов А – без повторного возгорания.

Определение огнетушащей эффективности порошковых составов проводится в лабораторных и полигонных условиях. Лабораторная проверка является предварительной. Она основана на тушении этилового спирта порошком, подаваемым из специальной установки сжатым воздухом. При

установившемся потоке воздуха порошок направляют в противень с горящим спиртом. Расстояние распылителя до борта противня 30 см. Таким образом находят показатель эффективности. Наиболее эффективным считается порошок, которым потушена проба при наименьшем расходе порошка. Более объективные данные по огнетушащей эффективности порошковых составов получают при тушении горючих жидкостей и древесины в полигонных условиях.

Для оценки огнетушащей способности ОПС существуют ряд методик натуральных испытаний. Затраты на подготовку высоки, но результаты являются достоверными и имеют практическое значение. Для проведения испытаний используют устройства, обычно применяемые для тушения пожара (огнетушители, установки пожаротушения). Результаты опытов зависят от метеорологических условий, поэтому при сравнении огнетушащих порошков эти условия должны быть постоянными [14].

Сопоставление проводилось между массой огнетушащего вещества (ОТВ) и минимальной площадью горячей поверхности модельного очага, которая должна быть потушена порошком (таблицы 1.7 и 1.8). Результаты анализа наглядно показывают отставание требований по огнетушащей способности отечественных порошковых огнетушителей от европейских аналогов [16].

Таблица 1.7 Требования по огнетушащей способности для минимального модельного очага класса А

Масса ОТВ, кг	Площадь очага, м ²	
	ГОСТ Р 51017–2009	по EN 3-7:2004 [20]
1	2,4	4,8
2	3,6	7,6
3	4,7	12,2
4	9,4	12,2
6	13,9	19,8
12	18,7	40,2

Таблица 1.8 Требования по огнетушащей способности для минимального модельного очага класса В

Масса ОТВ, кг	Площадь очага, м ²	
	ГОСТ Р 51017–2009	по EN 3-7:2004
1	0,4	0,7
2	0,7	1,1
3	1,1	1,7
4	1,7	2,2
6	2,8	3,6
7	3,6	<i>Не регламентируется</i>
8	4,5	<i>То же</i>
9	4,5	4,5
12	5,8	5,8

Из таблиц 1.7 и 1.8 видно, что ряд иностранных производителей огнетушащих порошков и огнетушителей заявляют еще более высокую огнетушащую эффективность для своих продуктов. Так, например, огнетушитель немецкого производителя с ОТВ массой 6 кг должен тушить модельный очаг класса А площадью 51 м². В то же время отечественный рынок не заинтересован в появлении огнетушителей с показателями по огнетушащей способности, превосходящими требования ГОСТов.

Не менее важным фактором, влияющим на повторяемость и объективность огневых испытаний, следует признать скорость ветра. Ветровой поток (скорость, порывистость, смена направления) напрямую влияет на равномерность горения очага класса А и форму пламени при горении очага класса В (таблица 1.9).

Таблица 1.9 Требования по допустимой скорости ветра при испытаниях по тушению модельных очагов класса А и В и конструкции очага класса А

Условия испытаний	ГОСТ Р 53280.4–2009	ГОСТ Р 51017–2009	EN 3-7:2004	CAN/ULC-S508-02 [21]	ISO 7202–87
Скорость ветров помещения,	Не регламентируется	Не более 5	Не более 0,2	Не регламентируется	В испытательной камере без сквозняков (класс А)
Скорость ветра на улице,	Не более 3	Не более 5	Не более 3	1,4–3,6 с порывами до 4,4	Не менее 1 и не более 3 (класс В)
Соединение деревянных брусков в модельном очаге класса А	Не регламентируется	Допускается скреплять для прочности	Не регламентируется	Бруски образующие внешние углы штабеля скрепляются, чтобы обеспечить устойчивость конструкции под напором струи ОТВ из огнетушителя.	Не регламентируется

На основании таблицы 1.9, модельный очаг класса А при скорости ветра более 3 м/с наблюдается неравномерность горения модельного очага, а это свидетельствует о том, что происходит уменьшение площади горячей древесины и снижение ранга очага. Для очага класса В – ветер, прижимая пламя к земле, облегчает оператору выполнение задачи по «отрыву» пламени. В каждом из приведенных примеров фактический ранг модельного очага оказывается ниже заявляемого изготовителем. Мы уверены, что для повторяемости условий огневых испытаний крайне важно стабилизировать данный фактор, поэтому решить данную задачу можно двумя способами:

- снижением максимальной скорости ветра в нормативных условиях (до 3 м/с),
- дополнением нормативных условий проведения испытаний с обязательными требованиями по наличию испытательной камеры или лабораторной установкой, которую следует сооружать по предложенным в

европейских или канадских нормах размерам, но без крыши, что позволит снизить ее высоту до 7 м и исключить тепловое воздействие на конструкции крыши.

Приведен обзор наиболее распространенных в различных странах методов лабораторных исследований по определению огнетушащей эффективности порошков [14]:

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

2. *Метод Питерса.* Для реализации этого метода применяют сосуд (промывная склянка объемом 300 мл), который заполняют испытываемым порошком (70 г). Поток воздуха со скоростью 40 литров в минуту 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 тушения модельного очага достигнуто было.

3. *Метод Фридриха.* С помощью вращающегося диска и скребка определенное количество порошка, предварительно отсеянного до среднего размера частиц (0,044 мм), подается на пламя (высотой 5 см, шириной 1,7 см) горючего газа высокой очистки (99%). Порошок подается в виде порошкового облака. Прежде чем порошок дойдет до пламени, он проходит через проволочное сито (ширина отверстия в сетку – 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 (99%) выступают только по специальному заказу, поэтому стоимость таких исследований достаточно высока.

4. Метод Ли – Робертсона. Оборудование для осуществления метода представляет передвижной сосуд, снабженный двумя тиглями диаметром около 2,5 см, которые медленно перемещаются по рассеивающим устройствам. 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.

5. Метод Дессарта – Маларме. Установка для осуществления этого метода, по сравнению с ранее описанными, имеет недостаток – трудность соблюдения постоянных условий испытаний. Расход воздуха в стеклянной трубке регулируется и контролируется устройством, состоящим из крана и регулятора с водяным манометром. Расход горючего газа – промышленного буната (54 л/час) 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 определенное количество огнетушащего порошка. Для оценки огнетушащей способности требуется повторить опыт семь раз с одинаковым количеством порошка. Минимальное количество порошка, которым может быть проведено шесть тушений из семи опытов, определяет условную огнетушащую способность порошка.

Таким образом, из литературных источников видно, что изготовление лабораторных установок по уже существующим методикам определения

огнетушащей эффективности порошка не дает точные результаты, а некоторые установки являются дорогостоящими.

Выводы по главе один

В работе проведен литературный обзор по применению, химическому составу, технологии изготовления огнетушащих порошков. Показано, что порошковые огнетушащие составы являются наиболее перспективным видом тушения пожара. Широкое распространение порошковых составов стало преимущественно благодаря их цене на рынке. Основным достоинством является их простота применения в порошковых огнетушителях и возможность тушения пожаров всех классов.

Стандартом определены показатели технологических и эксплуатационных показателей огнетушащих порошков, а также их методы определения. На основании этого стандарта разработаны нормы пожарной безопасности, регламентирующие требования к огнетушащим порошкам общего и специального назначения. Согласно положениям этих документов, основной показатель огнетушащих порошковых составов – огнетушащая эффективность, определяется при тушении модельных очагов пожара.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объекты исследований

В качестве объекта исследования изучались огнетушащие порошковые составы разных производителей: России, Казахстана, Германии, Кореи, Турции, США. В таблицах 2.1 и 2.2 представлены тактико-технические и эксплуатационные характеристики огнетушащих порошковых составов Казахстана и России.

Таблица 2.1 – Тактико-технические и эксплуатационные характеристики огнетушащих порошковых составов Казахстана

ПОКАЗАТЕЛИ		МАРКА ОГNETУШАЩЕГО ПОРОШКА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ Вексон-ABC	
		Вексон-ABC 25	Вексон-ABC 50
Код продукции		21 4921 1900*	
Нормативный документ		ТУ 2149-028-10968286-98 с изм. 1-4	
Код предприятия-изготовителя		10968286	
ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ			
Назначение и область применения		предназначен для тушения пожаров класса А (твердые горючие вещества), В (жидкие вещества), С (газообразные вещества) и электроустановок под напряжением до 1000 В	
Условия применения		применяется как в помещениях, так и на открытом воздухе в переносных и передвижных огнетушителях, автоматических установках порошкового пожаротушения и пожарных автомобилях комбинированного и порошкового пожаротушения во всех климатических зонах	
Внешний вид		сыпучий порошок	
Состав		представляет собой механическую смесь фосфорных солей с добавками для текучести и добавками, предотвращающих слеживание порошка	
Массовая доля	фосфорных солей в пересчете на P ₂ O ₅ , % не менее	20,0	10,0
	влаги, %, не более	0,35	

Продолжение таблицы 2.1

Показатель огнетушащей способности при тушении пожаров класса 55В		тушение 2-х из 3-х параллельных определений
Текучесть при массовой доле остатка порошка в огнетушителе не более 10%, кг/с, не менее		0,28
Кажущаяся плотность, кг/м ³ , не менее	неуплотненного порошка	700
	уплотненного порошка	1000
Гранулометрический состав по ГОСТ 6613	массовая доля остатка порошка на сите № 1К, не более	0,2
	массовая доля остатка порошка на сите № 0125, %, не более	5
	массовая доля остатка порошка на сите № 0071, %, не более	15
Склонность к влагопоглощению, %, не более		3,0
Склонность к слеживанию, %, не более		2,0
Способность к водоотталкиванию, мин., не менее		120
Диапазон рабочих температур, °С		-50...+50
Срок сохраняемости, годы, не менее		8

Таблица 2.2 – Тактико-технические и эксплуатационные характеристики огнетушащих порошковых составов России

ПОКАЗАТЕЛИ	ОГНЕТУШАЩИЙ ПОРОШОК ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ИСТО-1	
	1 модификация	2 модификация
Код продукции	21 4921 1010*	
Нормативный документ	ТУ 2149-001-54572789-00 с изм. 2	
Код предприятия-изготовителя	54572789	
ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
Внешний вид	высокодисперсный порошок от белого до темно-серого цвета, допускается кремевый оттенок	

Продолжение таблицы 2.2

Массовая доля аммофоса марки А ГОСТ 18918,%, не менее	45	88	
Массовая доля сульфата аммония ГОСТ 9097,%, не более	40	20	
Массовая доля веществ, нерастворимых в соляной кислоте,%, не более	15		
Массовая доля влаги, %	0,35		
Гранулометрический состав (массовая доля остатка порошка) по ГОСТ 6613-86, %	на сетке N 1	отсутствует	
	на сетке N 01	23	9
	на сетке N 005	51	62
Огнетушащая способность при тушении пожаров, ГОСТ Р 51057	класса А, очаг 1А	тушит	
	класса В, очаг 55В	тушит	
Текучесть порошка, кг/с	0,385	0,378	
Пробивное напряжение, кВ	6,2	6,4	
Время, характеризующее способность порошка к водоотталкиванию, мин	180		
Остаток порошка после полного выброса, %	4,3	5,5	
Кажущаяся плотность, кг/м ³	неуплотненного порошка	781	720
	уплотненного порошка	1163	1110
Увеличение массы при испытаниях на влагопоглощение, %	1,2	1,5	
Масса комков при испытаниях на склонность к слеживанию по отношению к общей массе образца, %	отсутствует		
Диапазон рабочих температур, ° С	-50...+50		
Относительная влажность воздуха, %, не более	97		
Гарантийный срок хранения (ГСХ), лет	5		

Огнетушители должны соответствовать требованиям настоящего стандарта, техническим и конструкторским документам, утвержденным в установленном порядке [6].

Качество компонентов, которые используют для комплектации огнетушителя, должны быть подтверждены необходимыми документами предприятий-поставщиков (паспорт, сертификат и др.).

В качестве вытесняющего газа для зарядки в огнетушители закачного типа и в баллоны высокого давления допускается применять: воздух, азот (ГОСТ 9293), аргон (ГОСТ 10157), жидкую двуокись углерода (ГОСТ 8050), гелий или их смеси. Азот, аргон и двуокись углерода должны быть не ниже первого сорта. Содержание водяных паров в газах (при 20 °С), используемых для зарядки газовых баллонов и закачных огнетушителей (кроме водного, воздушно-эмульсионного и воздушно-пенного), должно быть не выше значений, указанных в таблице 2.3.

Таблица 2.3– Содержание водяных паров в вытесняющем газе

Вытесняющий газ		Максимальное содержание паров воды, % масс
Аргон		0,006
Азот		0,006
Воздух		0,006
Гелий		0,006
	при минимальной температуре эксплуатации огнетушителя не ниже минус 40 °С	0,006
Двуокись углерода	при минимальной температуре эксплуатации огнетушителя не ниже минус 20 °С	0,015

Масса заряда огнетушителя может отличаться от номинального значения, для порошковых огнетушителей – не более чем на $\pm 5\%$ масс. Коэффициент заполнения ОТВ не должен превышать (0,7–0,8) кг/дм³ кажущейся насыпной плотности уплотненного порошка. Корпус огнетушителя низкого давления при испытании на разрушение должен в течение 60 с выдерживать давление $P_{разг} = P_{раб.мах}$, но не более 5,5 МПа. Заряженный огнетушитель должен сохранять прочность и работоспособность после воздействия вибрации. Огнетушители, рекомендуемые для применения на транспортных средствах, должны сохранять прочность и

работоспособность при дополнительном испытании на воздействие, имитирующее транспортную тряску.

В соответствии с ГОСТ Р 53280.4–2009 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4: Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний; предъявляемые технические требования представлены ниже:

1) кажущаяся плотность уплотненных порошков должна быть не менее 700;

2) кажущаяся плотность уплотненных порошков должна быть не менее 1000;

3) при ситовом анализе массовое количество остатка порошка на сите с сеткой №05 к по ГОСТ 6613 не должно отличаться от заявляемой производителем величины более чем на 10% масс. при полном отсутствии порошка на сите 1000 мкм;

4) массовая доля влаги должна быть не более 0,35% масс;

5) склонность к влагопоглощению – увеличение массы должно составлять не более 3%;

6) склонность к слеживанию – масса образовавшихся комков не должна превышать 2% от общей массы образца;

7) способность к водоотталкиванию – порошки не должны полностью впитывать капли воды в течение не менее 120 мин;

8) текучесть должна составлять не менее 0,28 кг/с. Остаток порошка после полного выброса не должен превышать 10% от начальной массы порошка;

9) огнетушащая способность порошка для тушения модельного очага пожара класса А. Порошки, предназначенные для тушения пожаров класса А, должны обеспечивать тушение модельного очага пожара 2А из огнетушителя ОП–3(з);

10) огнетушащая способность порошка для тушения модельного очага пожара класса В и расход порошка на единицу площади горячей поверхности.

Порошки, предназначенные для тушения пожаров класса В, должны обеспечивать тушение модельного очага пожара 55В с расходом не более 1;

11) порошки, удовлетворяющие требованиям выше используют для тушения пожаров класса С;

12) порошки, предназначенные для тушения пожаров класса Е, должны иметь пробивное напряжение не менее 5 кВ;

13) срок сохраняемости порошков должен составлять не менее 5 лет.

2.2 Методы исследований

В работе используется ГОСТ Р 53280.4–2009 «Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний». В данном ГОСТе описываются методы для определения свойств огнетушащих порошковых составов: плотность, гранулометрический состав, массовая доля влаги, влагопоглощение, слеживание, водоотталкивание, содержание зольных примесей, определение потери массы порошка при температуре 1000 °С, огнетушащая способность. Дополнительно, степень смачивания характеризуется углом смачивания (краевой угол смачивания) и измеряется методом лежащей капли [9].

2.2.1 Метод определения плотности

Плотность – это определение отношения массы свободно засыпанного и уплотненного вибрацией в течение заданного времени порошка к заданному объему.

В данном методе использовали вибростенд ВЭДС–10–А обеспечивающий вибрацию с частотой 100 Гц и виброускорение от 50 до 150 м/с и имеющий допустимую массу нагрузки на столе вибратора не менее 0,5 кг; весы лабораторные ВЛР–200: максимальный предел взвешивания 500 г, дискретность отсчета 0,005 г, пределы допускаемой погрешности $\pm 0,02$ г, (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Весы лабораторные ВЛР–200

Проведение испытания: в чистый сухой цилиндр с помощью воронки помещают $(50,0 \pm 0,1)$ г порошка. Цилиндр закрывают пробкой и ставят под вибростенд, обеспечивающий вибрацию с частотой 100 Гц и виброускорение от 50 до 150 м/с и имеющий допустимую массу нагрузки на столе вибратора не менее 0,5 кг в течение 6 мин.

Обработка результатов: кажущуюся плотность неуплотненного порошка при свободной засыпке ρ_y , вычисляют по формуле (1):

$$\rho_{\text{н}} = \frac{m}{V_1} \cdot 1000, \quad (1)$$

где m – масса пробы порошка, г;

V – объем, занимаемый навеской порошка после отстаивания в течение (180 ± 5) с.

Кажущуюся плотность уплотненного порошка ρ_y , вычисляют по формуле (2):

$$\rho_y = \frac{m}{V_2} \cdot 1000, \quad (2)$$

2.2.2 Метод определения гранулометрического состава

Гранулометрический состав – метод основан на количественном определении остатка порошка на ситах после просева с последующим вычислением его массовой доли от общей массы навески, взятой для отсева.

В данном методе использовали весы лабораторные ВЛР–200, анализатор ситовой механический (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Анализатор ситовой механический

Проведение испытания: навеску порошка ($10,0 \pm 0,5$) г помещают на верхнее сито и производят просеивание в механическом анализаторе в течение 15–20 мин. Рассев ведут до прекращения появления порошка при встряхивании в течение 30 с на черной бумаге, помещенной под ситом. Остаток на ситах количественно переносят в предварительно взвешенную тару и взвешивают.

Обработка результатов: содержание остатка после просева на каждом сите в процентах, вычисляют по формуле (3):

$$X = \frac{m_c}{m} \cdot 100, \quad (3)$$

где m_c – масса остатка порошка на сите, г;
 m – масса навески, г.

2.2.3 Метод определения массовой доли влаги

Массовая доля влаги – это определение потери массы образца после сушки при заданной температуре до постоянной массы.

В данном методе использовали оборудование: керамический тигель, эксикатор с осушителем (хлористый кальций), весы технические, шкаф сушильный с терморегулятором, позволяющим измерять температуру нагрева от 50 °С до 100 °С (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Сушильный шкаф

Проведение испытания: в чистый сухой, предварительно взвешенный керамический тигель помещают (20,0±0,1) г порошка. Стаканчик закрывают крышкой и взвешивают с погрешностью не более 0,005 г. Затем стаканчик с порошком переносят в сушильный шкаф, снимают крышку и сушат до постоянной массы в течение 1 ч. После достижения постоянной массы

закрытый тигель с порошком помещают на 30 мин в эксикатор для охлаждения и затем производят окончательный контроль постоянства массы.

Обработка результатов: массовую долю влаги W , %, вычисляют по формуле (4):

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100, \quad (4)$$

где m_1 – масса испытуемой навески порошка, г;

m_2 – масса стаканчика с порошком до сушки, г;

m – масса стаканчика с порошком после сушки, г.

2.2.4 Метод определения склонности к влагопоглощению

Метод определения влагопоглощения и слеживания основан на расчёте отношения массы влаги, поглощенной навеской порошка, к массе этой навески и последующей визуальной оценке его склонности к слеживанию.

Оборудование: весы, стеклянный стаканчик, эксикатор.

Проведение испытания: в чистый сухой, предварительно взвешенный стаканчик помещают $(14,0 \pm 0,2)$ г порошка, закрывают крышкой и взвешивают с погрешностью не более 0,005 г. Затем стаканчик с порошком помещают в эксикатор с раствором хлористого кальция, позволяющих создать в эксикаторе 80%-ную влажность воздуха, снимают крышку со стаканчика и кладут ее рядом, эксикатор закрывают крышкой. Порошок выдерживают в эксикаторе 24 ч при температуре (20 ± 3) °С. Затем стаканчик закрывают крышкой, вынимают из эксикатора и взвешивают.

Обработка результатов: склонность к влагопоглощению вычисляют по формуле (5):

$$B = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100, \quad (5)$$

где m - масса испытуемой навески порошка, г;

m_1 - масса стаканчика с навеской после выдержки (увлажнения), г;

m_2 - масса стаканчика с навеской до выдержки (увлажнения), г.

2.2.5 Метод определение склонности к слеживанию

Слеживаемость – определение отношения массы влаги, поглощенной навеской порошка, к массе этой навески и последующей визуальной оценке его склонности к слеживанию.

Оборудование: сушильный шкаф, сито, стеклянный стаканчик.

Проведение испытания: после завершения испытания влагопоглощения, стаканчик с порошком помещают в сушильный шкаф, открывают крышку и высушивают. Затем высушенный порошок высыпают с высоты (200 ± 50) мм на сито. Осторожно потряхивая сито, просеивают порошок. В случае если на сите остались какие-либо комочки, последние пересыпают в предварительно взвешенный стаканчик и взвешивают. Если из стаканчика не высыпается часть порошка, то эту часть суммируют (взвешивают) вместе с комочками на сите.

Обработка результатов: склонность к слеживанию вычисляют по формуле (6):

$$C = \frac{m_k}{m} \cdot 100, \quad (6)$$

где m_k - масса образовавшихся комочков, г.

2.2.6 Метод определение способности к водоотталкиванию

Водоотталкивание – это визуальная оценка способности сохранения капли воды во времени на поверхности слоя порошка.

В данном методе использовали оборудование: стаканчик стеклянный, пипетка, весы, секундомер, вода дистиллированная.

Проведение испытания: в чистый сухой стаканчик помещают (50 ± 1) г порошка. Легким потряхиванием стаканчика выравнивают поверхность, затем на эту поверхность из пипетки с высоты (5 ± 2) мм наносят три капли дистиллированной воды, объемом по $(0,10 \pm 0,02)$ см. Капли наносят на расстоянии не менее 25 мм друг от друга. Стаканчик закрывают. После выдержки в течение (120 ± 5) мин стаканчик наклоняют до момента скатывания капель по поверхности порошка. В случае если капли полностью впитываются порошком, их скатывание не наблюдается.

Порошок считается прошедшим испытание на способность к водоотталкиванию, если хотя бы две капли из трех скатываются по поверхности порошка.

2.2.7 Метод определения краевого угла смачивания

Краевой угол смачивания определяют таким способом: каплю воды наносят на ровную горизонтальную поверхность порошка, проектируют на экран, добиваясь резкости контура капли, и измеряют угол смачивания с течением времени.

Оборудование: металлическое кольцо, секундомер, весы, пипетка, вода дистиллированная.

Проведение испытания: в чистое металлическое кольцо насыпаем (10 ± 1) г огнетушащего порошка. Выравниваем верхнюю поверхность порошка, после на поверхность из пипетки наносим каплю дистиллированной воды. Включаем секундомер и наблюдаем в течении 160 минут за поведением капель воды.

Обработка результатов: через каждые 10 минут измеряем угол и строим кривую – изменение краевого угла смачивания от времени в виде кривой.

2.2.8 Метод определения содержания зольных примесей

Содержание зольных примесей – отношение массы негорючего остатка полученной после выжигания горючей части топлива, к массе исходного топлива.

В данном методе использовали оборудование: печь муфельная с температурой 850 ± 20 °С, керамический тигель, весы технические, эксикатор с осушителем (хлористый кальций), щипцы.

Проведение испытания: керамический тигель прогреваем в сушильном шкафу и довести до постоянного веса. После тигель помещают в печь уже прогретую до 850 °С и прокаливаем до полного озоления 1,5 часа, затем тигель вынимаем из печи и помещаем в эксикатор для его остывания.

Обработка результатов: зольность испытуемого материала в процентах вычисляют по формуле (7):

$$X = \frac{m_2 \cdot 100}{m_1}, \quad (7)$$

где m_2 – масса пробы после озоления;

m_1 – масса пробы до озоления.

2.2.9 Определение потери массы порошка при температуре 1000 °С

Данный метод позволяет зафиксировать превращения происходящие при нагреве вещества до 1000 °С и изменение массы образца. Дериватография позволяет определить характер процессов в веществе: с выделением тепла (экзотермический) или с поглощением тепла (эндотермический) процессы. Для проведения метода использовался дериватограф (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Дериватограф

Проведение испытания: в керамический тигель помещаем огнетушащий порошок, затем тигель помещаем в электропечь прибора. Печь снабжена термовесами и дифференциальной термопарой, которые позволяют осуществить необходимые измерения.

2.2.10 Метод определения огнетушащей способности

Огнетушащая способность – это определение расхода для модельного очага пожара класса А (без повторного воспламенения в течение 10 мин).

Испытание проводят по требованию ГОСТ Р 53280.4–2009 [5]:

На открытом воздухе при скорости ветра не более 3 м/с или в помещении высотой не менее 10 м. и объемом не менее 1000 м.

Заряжают огнетушитель, противень устанавливают на ровную, горизонтальную земляную или бетонную площадку и заливают в него (110 ± 2) дм. воды и (55 ± 1) дм. бензина. С помощью факела зажигают горючее в противне и выдерживают время свободного горения (60 ± 5) с. С расстояния $(2,0 \pm 0,5)$ м. начинают подачу порошка в очаг горения. В процессе тушения – это расстояние может уменьшаться. Допускаются подача порошка в очаг горения с разных сторон и прерывание подачи порошка.

Подачу порошка в очаг следует производить так, чтобы сплошное облако порошка начало распространяться над очагом от его ближнего борта с одной из сторон до другой, и при этом полностью перекрывать очаг по ширине в каждый отдельный момент тушения.

Очаг считается потушенным, если в двух из трех параллельных определений не наблюдается повторное воспламенение.

Данная методика предусматривает определение огнетушащей способности порошка на открытом воздухе при скорости ветра не более 3 м/с или в помещении высотой не менее 10 м и объемом не более 1000 м³ с использованием огнетушителя и модельного очага пожара В – воды и бензина в количестве (110±2) дм. и (55±1) дм. соответственно, но проводить оценку по данной методике достаточно трудно, поэтому перед нами возникла идея в создании лабораторного стенда. Стенд должен представлять модель тушения очага возгорания с целью оценки эффективности огнетушащего порошка.

2.3 Разработка стенда для определения эффективности огнетушащих порошков

На рисунке 2.5 представлен общий вид стенда для определения огнетушащей способности.



Рисунок 2.5 – Общий вид стенда для определения огнетушащей способности

Проведение испытания: предварительно взвешивается порция порошка, помещается в форкамеру, включается компрессор и создается давление. Срабатывает электропневмоклапан и порошок выбрасывается через конусный распылитель на очаг возгорания, образуя порошковое облако.

Обработка результатов: по количеству порошка, способного потушить модельный очаг пожара, оценивают его огнетушащую способность.

На рисунке 2.6 представлена схема лабораторного стенда для определения огнетушащей способности порошков.

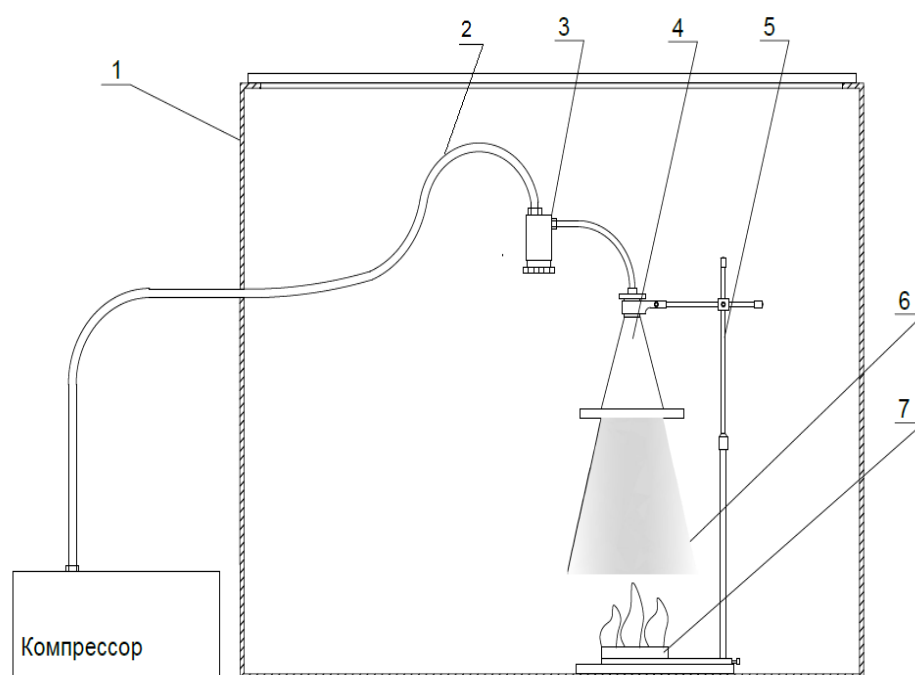


Рисунок 2.6 – Схема лабораторного стенда для определения огнетушащей способности порошков: 1 – корпус стенда, 2 – резиновый шланг, 3 – форкамера, 4 – конусный распылитель, 5 – штатив, 6 – порошковое облако, 7 – модельный очаг пожара

Лабораторный стенд представляет из себя корпус (1), выполненного в форме куба высотой 500 мм из оргстекла. Внутри расположен лабораторный штатив (5), на котором крепится конусный распылитель (4) с углом раствора 30° . Распылитель соединяется металлической трубкой с форкамерой (3), в

которую помещают образец исследуемого вещества. Форкамера соединяется с компрессором посредством резинового шланга (2), через который подается в автоматическом режиме воздух. Система распыления состоит из обратного клапана и электропневмоклапана, время открытия которого составляет 0,3 с. Давление, с которым подается в систему воздух, имитирует работу огнетушителя в режиме его эксплуатации. Модельный очаг (керамический противень) располагается на подставке штатива (7), в который помещается модельный очаг пожара.

Модельный очаг пожара был использован спирт (C_2H_5O) – жидкое горючее вещество растворимое в воде (класс пожара В2) и парафин – жидкое горючее вещество, нерастворимое в воде (класс пожара В1).

Тушение пламени осуществляется в автоматическом режиме. Предварительно взвешивается порция порошка, помещается в форкамеру, включается компрессор и создается давление. Срабатывает электропневмоклапан и порошок выбрасывается через конусный распылитель на очаг возгорания, образуя порошковое облако (6). По количеству порошка, способного потушить модельный очаг пожара, оценивают его огнетушащую способность.

Выводы по главе два

В главе описаны лабораторное оборудование и методики определения кажущей плотности, плотности порошков, гранулометрический состав, массовая доля влаги, склонность к влагопоглощению, склонность к слеживанию, способность к водоотталкиванию, краевой угол смачиваемости, содержания зольных примесей, тепловые эффекты и изменения массы порошков при нагревании до 1000 °С, огнетушащая способность.

Разработан лабораторный стенд для определения огнетушащей способности при тушении пожаров класса В. В качестве горючих веществ использовали парафин и спирт.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРОШКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1 Исследование физических свойств порошков

3.1.1 Определение плотности порошков

Максимальная плотность достигается для порошков со сферической формой частиц, особенно в случае использования для засыпки сферических порошков различных фракций. Как правило, порошки представляют собой полидисперсные системы, состоящие из частиц различной крупности. В зависимости от набора размеров частиц порошок характеризуется гранулометрическим составом.

На рисунке 3.1 представлены огнетушащие порошки при кажущейся не уплотняемой плотности разных производителей.

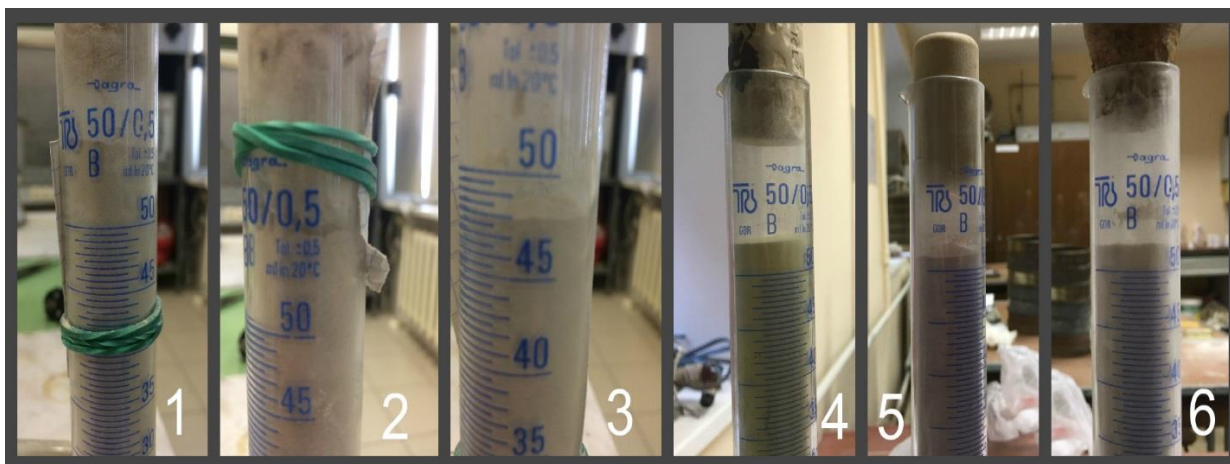


Рисунок 3.1 – Кажущееся плотность не уплотняемых огнетушащих порошков: 1 – Россия, 2 – Казахстан, 3 – Германия, 4 – Турция, 5 – Корея, 6 – США

При вибрации частицы распределяются между собой компактно, т. е. объем, занимаемый частицами уменьшается, а следовательно, для одного и того же порошка плотность утряски, как правило, больше плотности его свободной насыпки. На рисунке 3.2 представлены порошки этих же производителей при уплотнении под вибрацией.

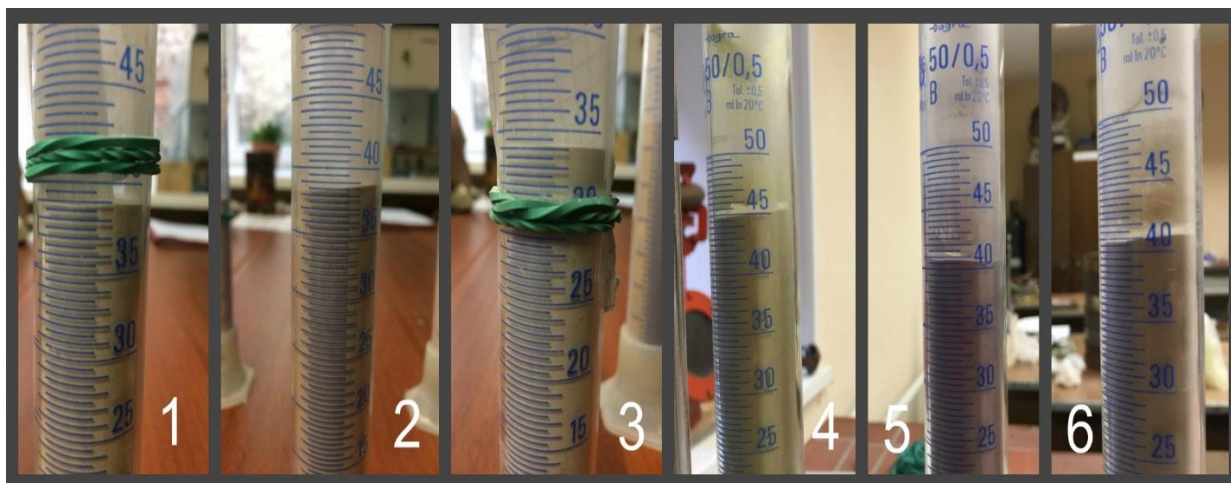


Рисунок 3.2 – Кажущаяся плотность уплотняемых огнетушащих порошков: 1 – Россия, 2 – Казахстан, 3 – Германия, 4 – Турция, 5 – Корея, 6 – США

Таким образом, определение насыпной плотности позволяет косвенно учитывать такие факторы, которые не поддаются прямому количественному определению, но оказывают влияние на технологические свойства порошка. Насыпная плотность является чрезвычайно важной характеристикой, и ряд свойств порошка связан с насыпной плотностью простыми количественными отношениями. Ниже представлена таблица результатов плотности огнетушащих порошков разных производителей (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Результаты определения плотности огнетушащих порошков

Страна	Кажущаяся плотность не уплотняемого порошка,	Кажущаяся плотность уплотняемого порошка,
Россия	877,19	1282,05
Казахстан	819,67	1315,78
Германия	1041,66	1470,58
Корея	980,39	1219,5
США	961,53	1219,5
Турция	943,39	1111,1

При проведении метода мелкие частицы огнетушащего порошка под воздействием вибрации опускались вниз, а крупные гранулы поднимались вверх лабораторной колбы, т.е. более мелкие частицы порошка вытесняли крупные гранулы, тем самым создавали плотное дно, где под воздействием времени (пять месяцев) слежались таким способом, что без применения силы,

огнетушащий порошок, который был в колбе, вытряхнуть было достаточно тяжело.

Это говорит о том, что по истечению времени огнетушащий порошок в огнетушителе настолько сильно слеживается, что может оказаться непригодным еще до момента замены огнетушащего порошкового состава.

3.1.2 Определение гранулометрического состава огнетушащих порошков

В работе использовали ситовой анализ, который основан на механическом разделении частиц порошка по размерам с помощью набора из 6 сит с различными размерами ячеек, что дает возможность получать 7 фракций порошка.

Фракция порошка – это определенная его часть, имеющая размеры частиц в некотором специально выбранном диапазоне. В зависимости от размеров частиц порошки весьма условно могут быть распределены на следующие группы:

- ультрадисперсные (размер частиц до 500 нм.),
- ультратонкие (0,5-10 мкм),
- тонкие (10-40 мкм),
- средней крупности (40-250 мкм),
- грубые или крупные (250-1000 мкм).

Долю порошка, оставшуюся на сите при просеве, называют плюсовой фракцией, а прошедшую через сито – минусовой фракцией.

Гранулометрический состав порошков существенно влияет на процесс слеживаемости. Поэтому для получения качественных порошковых составов является контроль гранулометрического состава.

Результаты гранулометрического состава огнетушащего порошка отечественного и зарубежного производства представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты определения гранулометрического состава огнетушащих порошков отечественного и зарубежного производства

Размер сита, мм	Количество фракции, %					
	Россия	Казахстан	Германия	Корея	Турция	США
0,5	0	0	0	0	0	0
0,15	7,8	20,1	3,6	5,39	7,14	5,6
0,1	11,8	29,8	20,2	12,97	7,54	13,61
0,71	35,7	27,1	28,7	26,76	12,61	15,08
0,063	12,3	9,2	29,8	7,91	8,32	7,02
0,05	25,6	7,4	12,4	10,78	11,35	10,27
<0,05	7,6	4,7	4,5	34,57	50,10	45,5

Сухие и чистые сита устанавливают одно над другим в такой последовательности, чтобы наверху была сетка с самыми крупными отверстиями, а внизу – с самыми маленькими, набор сит снизу заканчивается сплошным дном – поддоном. После отсева каждую фракцию порошка, находящуюся на сетке с отверстиями определенного размера высыплют из сит, начиная с сита с наибольшими отверстиями. Содержимое на сите осторожно стряхивают на одну сторону и пересыпают на гляцевую бумагу. Порошок, приставший к сетке или рамке сита осторожно протирают мягкой кистью через сетку в следующее сито с меньшими отверстиями. Фракцию, высыпанную на гляцевую бумагу, взвешивают с точностью до 0,01 г. Сумма масс всех фракций должна составлять > 99% от массы анализируемой пробы. Разницу между этой суммой и массой пробы следует распределить по всем анализируемым фракциям пропорционально их массе. Фракцию, количество которой составляет <0,1%, обозначают как «следы» [7].

На рисунке 3.3 показаны результаты гранулометрического состава в виде гистограммы.

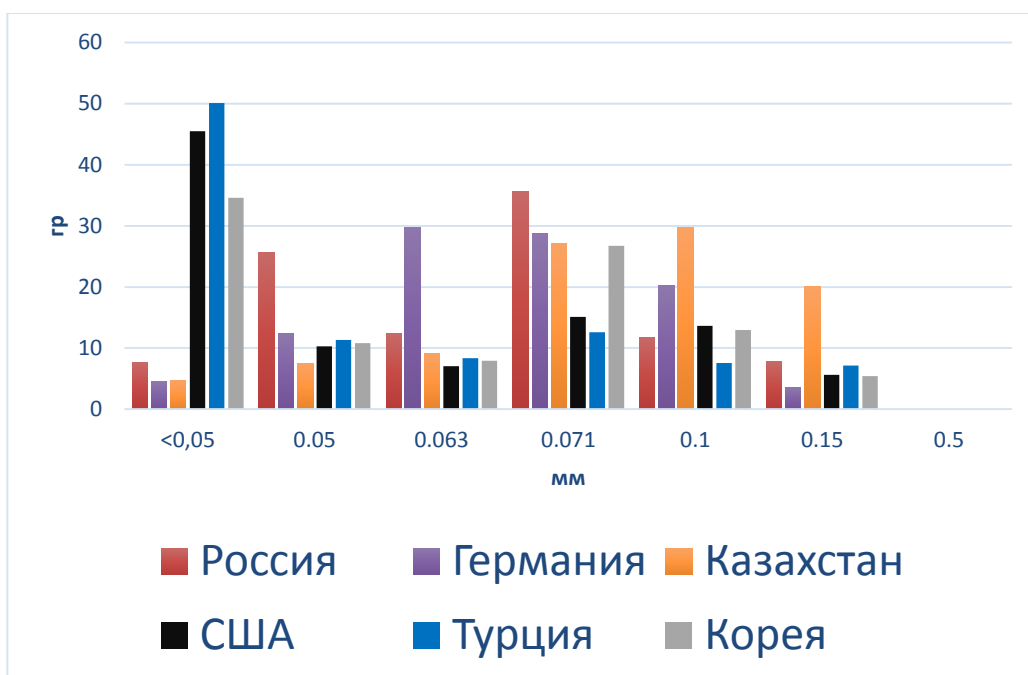


Рисунок 3.3 – Гистограмма гранулометрического состава порошков

Благодаря простоте и быстроте выполнения, ситовый анализ является основным методом контроля зернистости у огнетушащих порошков. Его существенным недостатком является то, что минимальный размер отверстий в сетках составляет 40 мкм, т. е. очень мелкие порошки не поддаются ситовому анализу. Кроме того, форма частиц может внести искажение в результаты ситового анализа. Например, дискообразные частицы в каком-то количестве задерживаются на сетке с размером отверстий больше их поперечного размера, а вытянутые иглообразные частицы проходят через сито с отверстиями меньше их длины.

3.1.3 Определение массовой доли влаги

Влажность в веществах является одной из важнейших характеристик, которая вместе с зольностью влияет на теплоту сгорания вещества.

Гигроскопическая влага – влага аналитической пробы, находящаяся в равновесном состоянии с атмосферой.

Существуют две группы методов определения влаги: прямые и косвенные.

Прямой метод анализа основан на принципе непосредственного определения влаги после удаления ее из пробы. К прямому методу относится гравиметрический метод определения влаги из пробы, собственно, который мы и применяли в своей работе.

В косвенных методах анализа влага определяется по косвенным показателям, такие как потеря массы при высушивании угля или изменении его электрофизических свойств, к нему относится ускоренный метод определения влаги в пробах. Этот метод был предложен для быстрого определения влаги из вещества. Он заключается в высушивании топлива в сушильном шкафу при 160 ± 5 °С и определении потери массы. Продолжительность сушки веществ существенно уменьшается по сравнению с высушиванием при 105 – 110 °С. В данном методе контрольные просушивания навески угля до постоянной массы не производят. Методика определения влаги ускоренным способом аналогична методу сушки веществ при 105 °С.

Содержание влаги в огнетушащих порошках разных производителей представлена на рисунке 3.4.

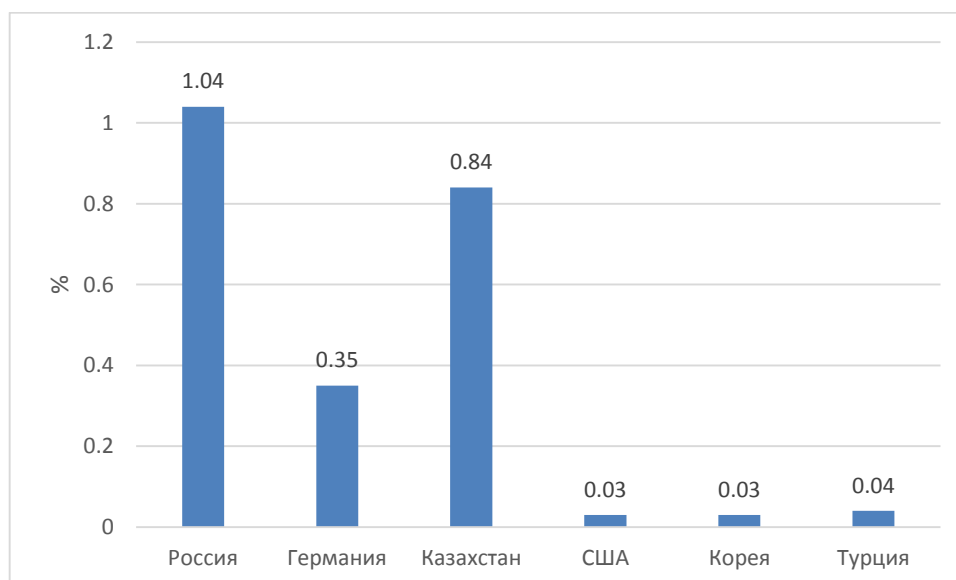


Рисунок 3.4 – Содержание влаги в огнетушащих порошках

На основании требований ГОСТа [11], содержание влаги в огнетушащих порошках не должно превышать 0,35%.

3.1.4 Определение огнетушащего порошка склонности к влагопоглощению

Известно, что для улучшения качества огнетушащего порошка большую роль играет степень диспергирования, т.е. помола порошка, определяемая размером его частиц. Чем больше дисперсность порошка (меньше размер частиц), тем выше его огнетушащая способность, что при его эксплуатации происходит высокая скорость прогрева частиц, а также высокой интенсивностью теплообменных процессов. Но в этом случае некоторые эксплуатационные свойства высокодиспергированного огнетушащего порошка ухудшаются: увеличивается его способность к влагопоглощению и слеживанию, а также комкованию (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Свойства огнетушащего порошкового состава отечественного и зарубежного производства склонности к влагопоглощению

Наименование производителя	Масса навески, г	Масса до выдержки, г	Масса после выдержки, г	Склонность к влагопоглощению, %
Россия	14,0	28,89	28,84	0,357
Казахстан	14,01	28,40	28,28	0,856
Германия	14,0	29,80	29,73	0,500
Корея	14,0	30,36	30,32	0,285
США	14,02	28,80	28,76	0,285
Турция	14,01	31,29	31,27	0,142

Данные факторы значительно сокращают срок эксплуатационного хранения, следовательно, для повышения срока службы используют антислеживающие добавки, например: аэросил, белая сажа, тальк и др.

3.1.5 Определение склонности к слеживанию

Способность к слеживанию – это физический процесс, что приводит к слипанию порошка в комки или сплошную массу, под любым внешним воздействием, включая перепады температуры, влажность воздушной среды.

На основании нормативных документов, склонность к влагопоглощению – увеличение массы должно составлять не более 3%.

Склонность к слеживанию – масса образовавшихся комков не должна превышать 2% от общей массы образца (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Свойства огнетушащего порошкового состава отечественного и зарубежного производства склонности к слеживанию

Наименование производителя	Масса навески, г	Масса образовавшихся комочков, г	Склонность к слеживанию, %
Россия	31,78	0,35	1,1
Казахстан	28,77	0,22	0,7
Германия	30,38	0,13	0,4
Корея	30,35	0	0
США	29,79	0,8	2,0
Турция	28,37	0	0

Введение в состав огнетушащего порошка гидрофобизирующие добавки позволяет сохранить длительное время его качественные характеристики, но также усложняет технологию их получения, что в конечном счете приводит к увеличению затрат на производство.

3.1.6 Определение способности к водоотталкиванию

Способность к водоотталкиванию огнетушащих порошковых составов представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Способность к водоотталкиванию ОПС отечественного и зарубежного производства

Наименование производителя	Способ. к водоотталкиванию (120 мин)
Россия	–
Казахстан	–
Германия	–
Корея	2 капли
Турция	3 капли
США	2 капли

На основании нормативных документов, способность к водоотталкиванию – порошки не должны полностью впитывать капли воды в течение не менее 120 мин. Количество капель на поверхности порошка должно быть не менее 2 шт.

3.1.7 Определение краевого угла смачивания огнетушащего порошка

Смачивание поверхности твердых тел жидкостями – сложный физико-химический процесс, протекающий в гетерогенных системах и определяемый интенсивностью взаимодействия между поверхностью твердого тела и жидкостью, а также химической природой взаимодействующих фаз (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Определение краевого угла смачивания ОПС

Оценка смачиваемости порошка проводится по скорости впитывания им жидкости и краевому углу смачивания (количественная оценка адгезионного взаимодействия частиц ОПС со смачивающей жидкостью). Поверхность твердого тела является гидрофобной при $90^\circ < \theta < 180^\circ$.

Изменения краевого угла смачивания огнетушащих порошков разных производителей от времени представлены на рисунке 3.6.

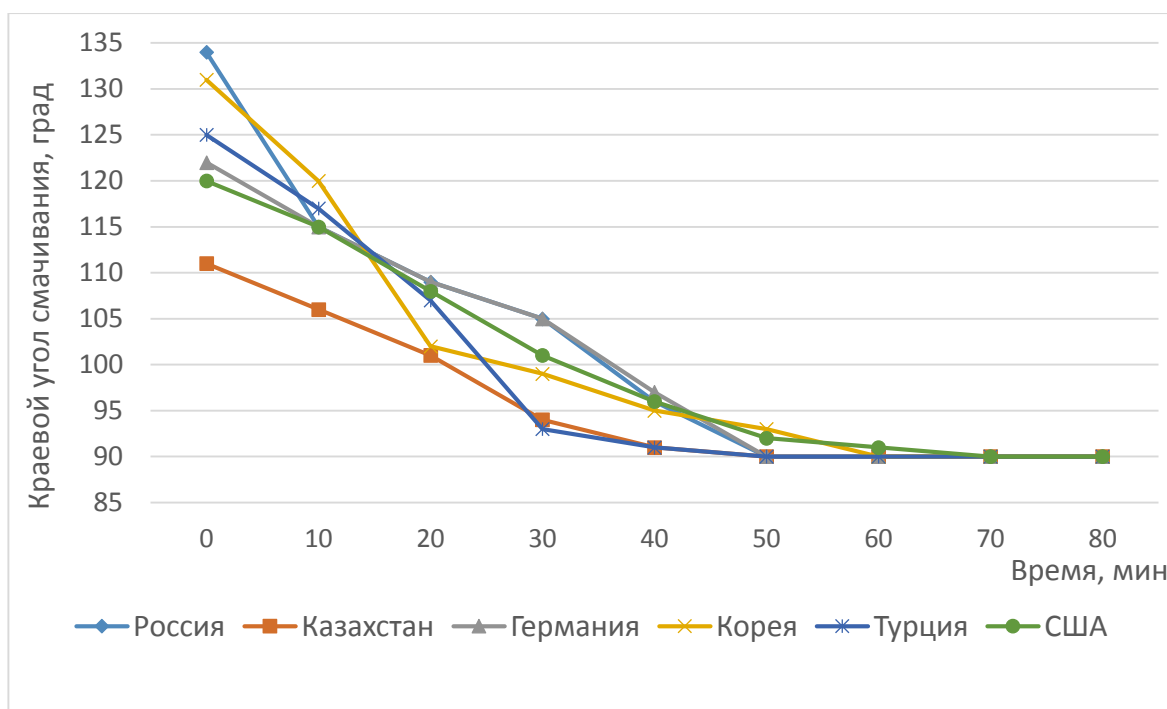


Рисунок 3.6 – Изменение краевого угла смачивания ОПС от времени

Изучение гигроскопических свойств материалов играет важную роль в создании новых технологий их получения, а также позволяет оценить степень его гигроскопичности при определенных условиях хранения [13].

3.1.8 Определение содержания зольных примесей в огнетушащих порошках

Огнетушащие порошковые составы содержат примеси минеральных веществ, которые составляют его минеральную массу.

Минеральные примеси – это в основном нейтральный балласт или источник химических элементов, влияющих на технологические характеристики порошков. Минеральная масса состоит из разнообразных неорганических веществ.

При сжигании огнетушащего порошка его органическая масса удаляется в виде: CO , CO_2 , H_2O , а минеральные вещества подвергаясь высокой температуре, образуют золу.

Зола – это неорганический остаток после полного сгорания вещества. Масса образующейся золы или зольности зависит от содержания и состава минеральной массы вещества.

Прямые методы определения зольности заключаются в озолении навески угля, помещаемой в фарфоровой лодочке или в небольшом противне в муфельную печь и прокаливании зольного остатка. Выход зольного остатка в процентах к первоначальному весу навески принимают за зольность угля. На рисунке 3.7 представлены показатели содержания зольных примесей в огнетушащих порошках отечественного и зарубежного производителя.

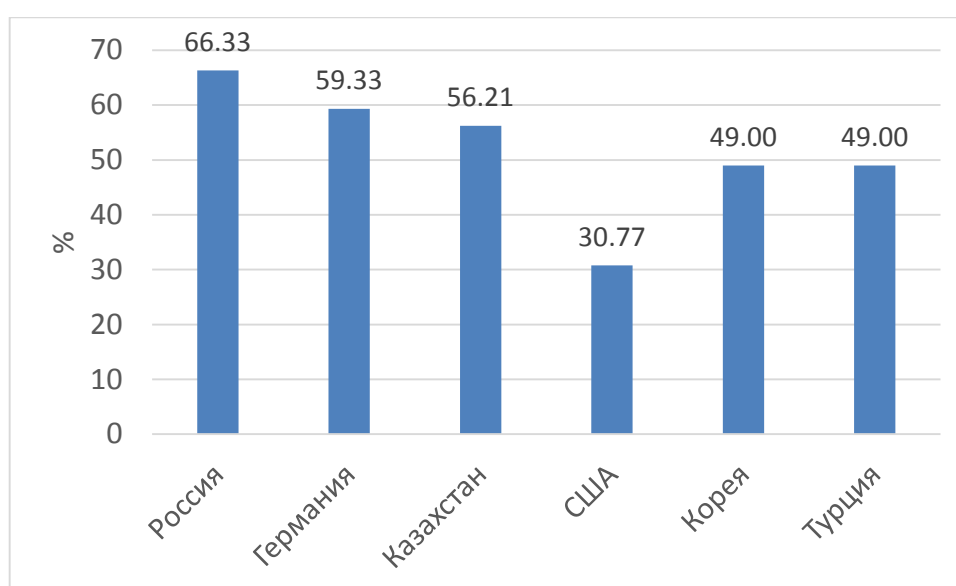


Рисунок 3.7 – Содержание зольных примесей в огнетушащих порошках

Точность определения зольности может изменяться в зависимости от конечной температуры, достигаемой в печи, от скорости нагрева и расположения навесок, от атмосферы, которая может быть создана в печи (например, прокалывание в токе кислорода или в токе инертных газов, предварительное смачивание навески концентрированной соляной или азотистой кислотой и т.д.)

От изменения указанных факторов изменяются и условия определения зольности вещества. Большое значение для условий определения имеет и

требуемая точность анализа, в соответствии с чем различают медленное и ускоренное озоление навески угля.

3.2 Исследование термических свойств порошков

3.2.1 Определение потери массы порошка при температуре 1000 °С

Термический анализ базируется на законах постоянства химического состава и физических свойств при определенных условиях, а также на принципах соответствия и характеристичности. Принцип соответствия свидетельствует о том, что всякому превращению в образце соответствует термический эффект. Принцип же характеристичности указывает на то, что термические эффекты индивидуальны для данного химического соединения.

Сущность термического анализа заключается в изучении превращений, происходящих в условиях нагревания в системах индивидуальных соединений при различных физических и химических процессах, сопровождающих их тепловым эффектом.

Дериватограф – это установка, позволяющая записать одновременно четыре кривые: простую (Т) и дифференциальную (ДТА) кривые нагревания и простую, интегральную (ТГ) и дифференциальную (ДТГ) кривые потери массы. Необходимо отметить, что кривая ДТА, показывающая разность температур между эталоном и исследуемым веществом, названа дифференциальной лишь условно. На рисунках 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 представлены графики дериватографического анализа огнетушащих порошков разных производителей: России, Казахстана, Германии, Турции, Кореи, США.

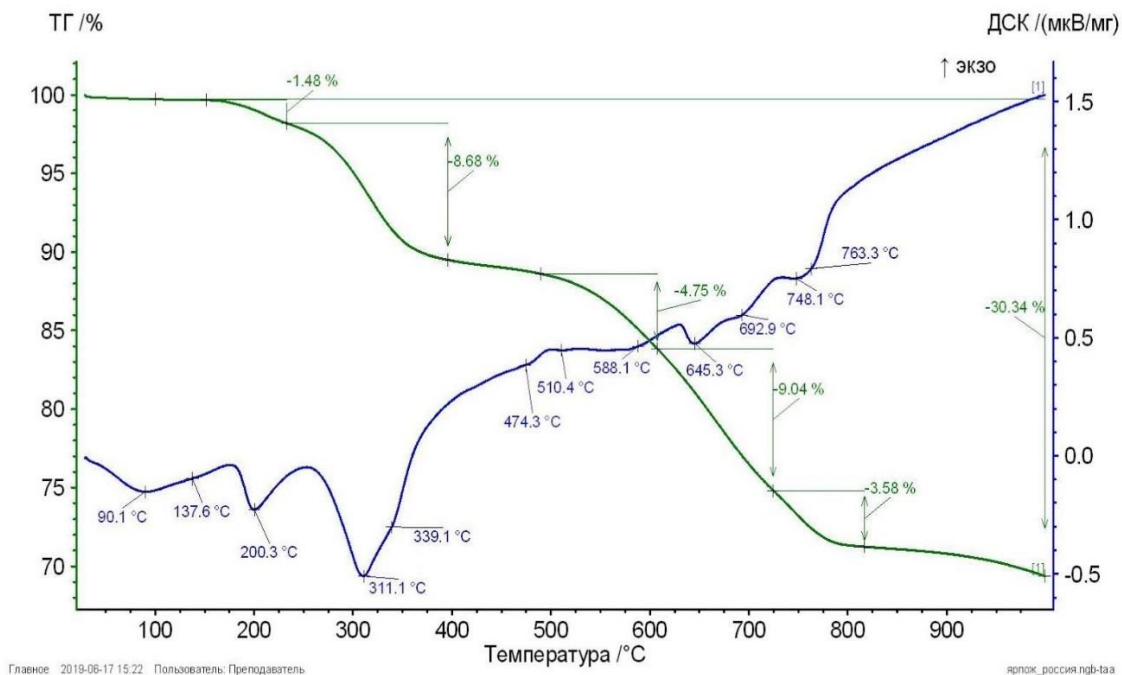


Рисунок 3.8 – Термический анализ огнетушащего порошка производства России

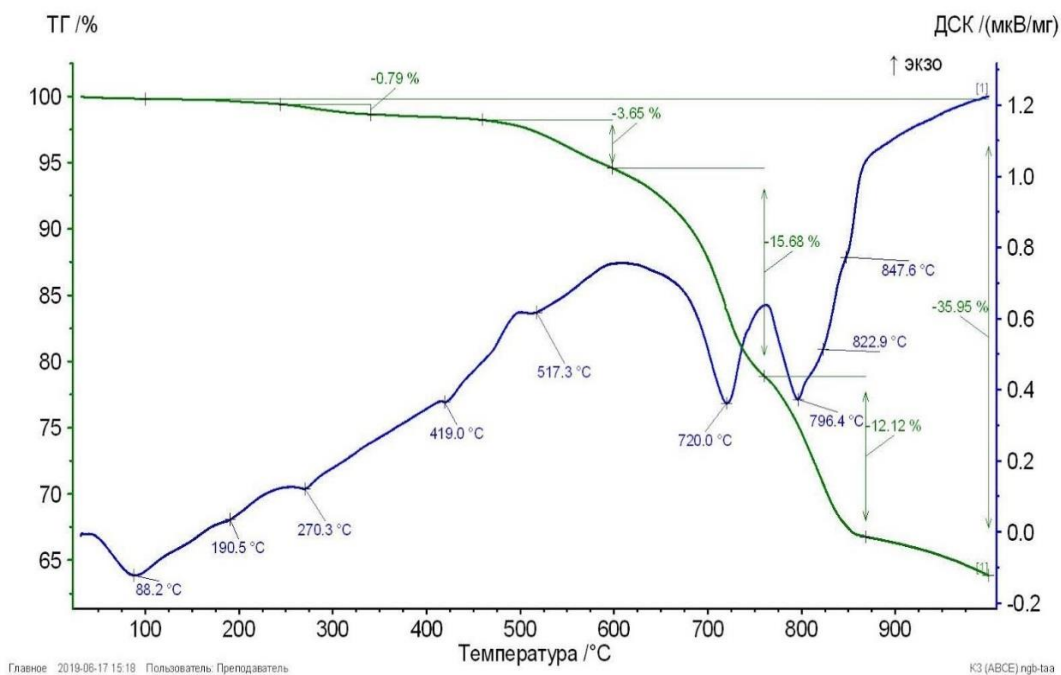


Рисунок 3.9 – Термический анализ огнетушащего порошка производства Казахстана

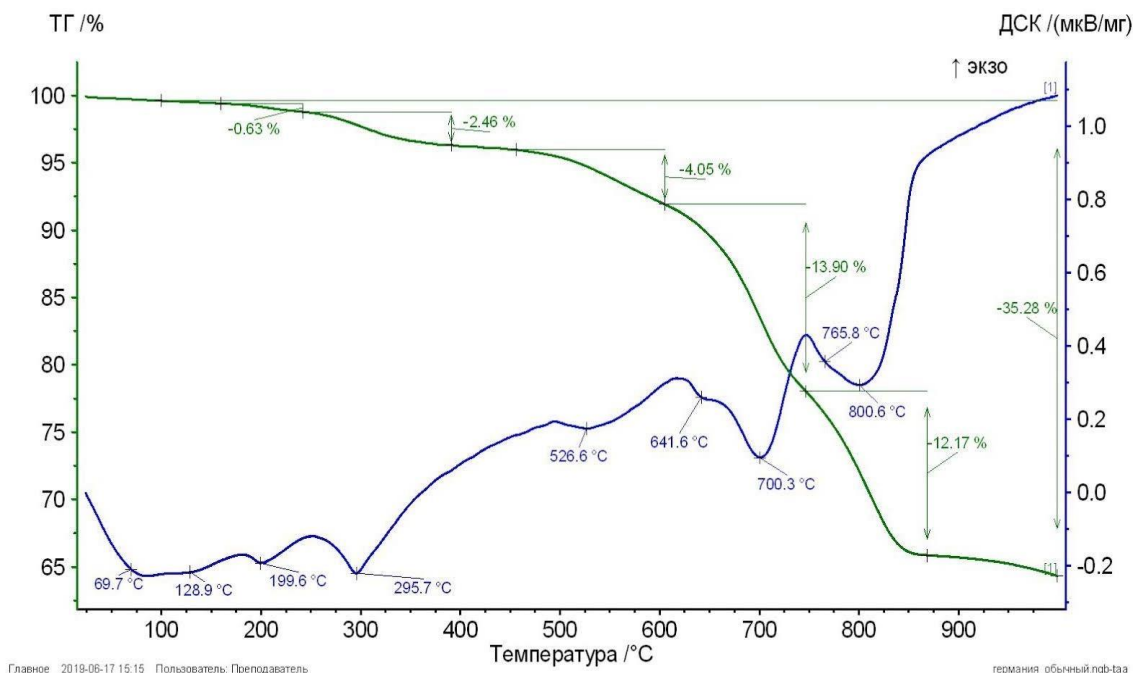


Рисунок 3.10 – Термический анализ огнетушащего порошка производства Германии

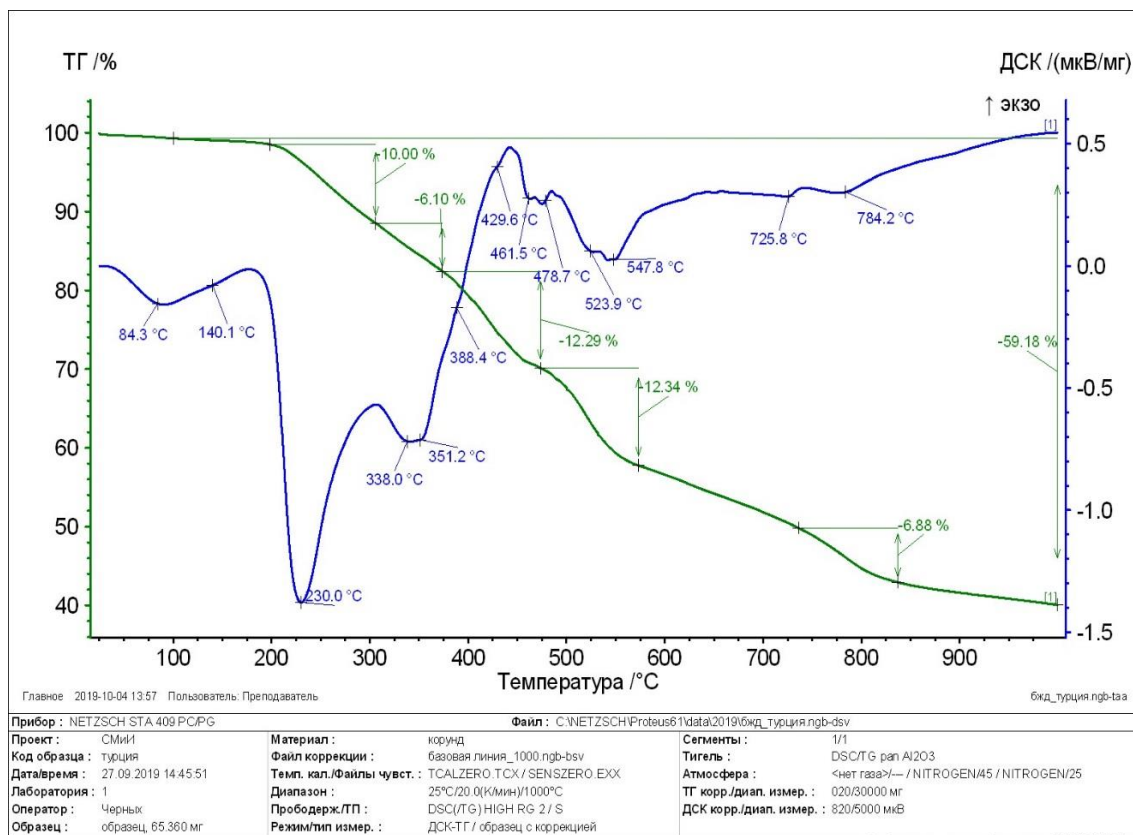


Рисунок 3.11 – Термический анализ огнетушащего порошка производства Турции

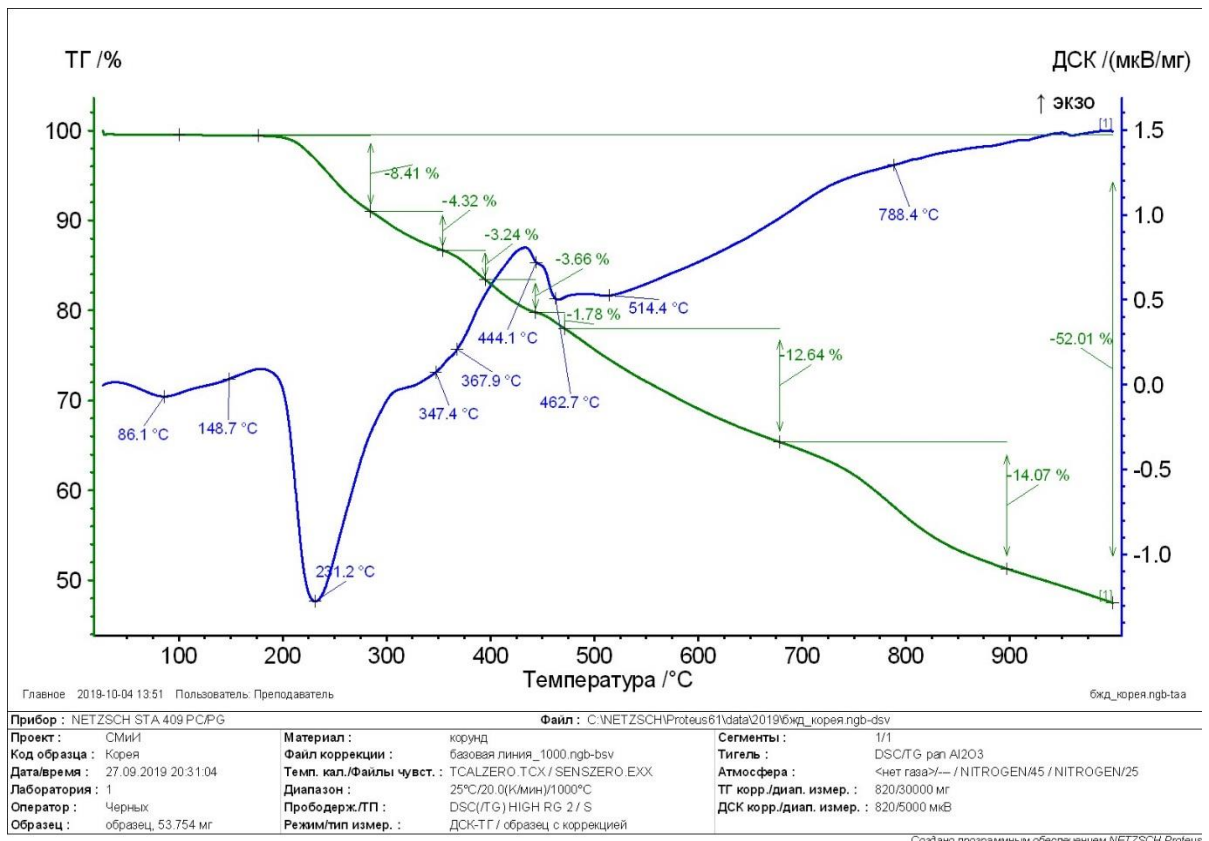


Рисунок 3.12 – Термический анализ огнетушащего порошка производства Кореи

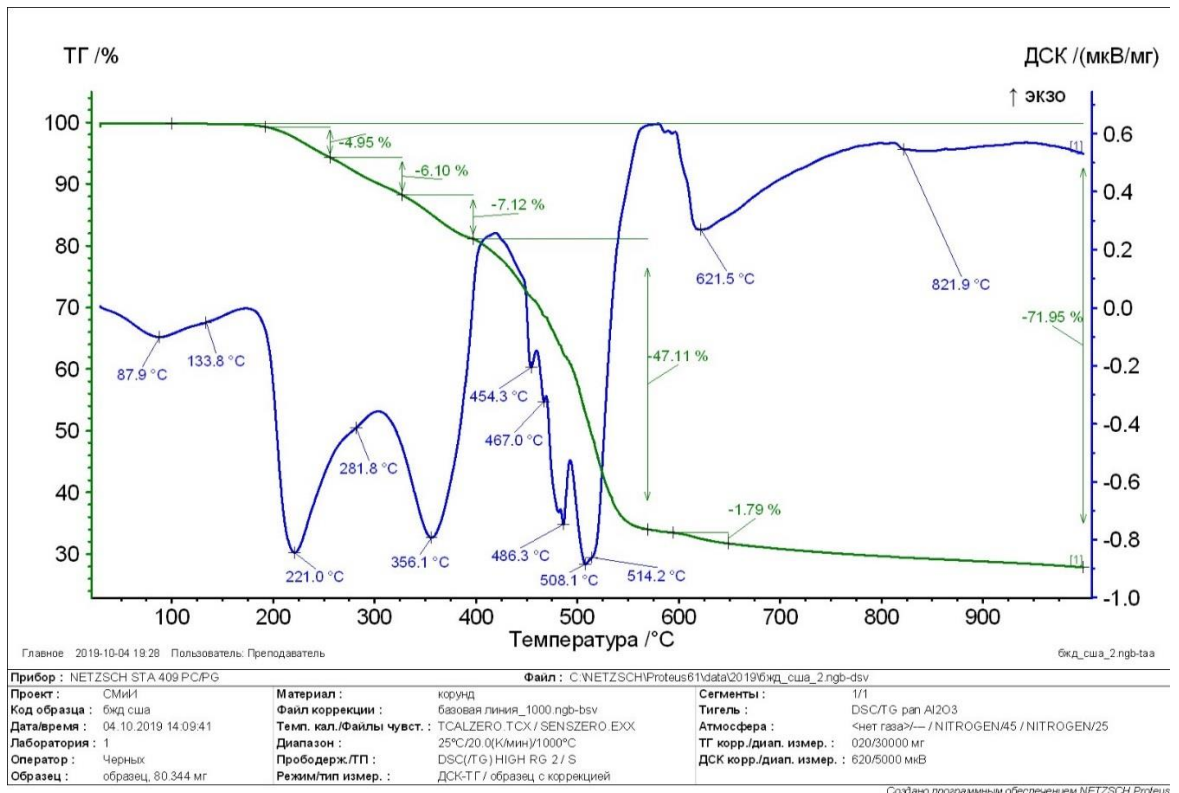


Рисунок 3.13 – Термический анализ огнетушащего порошка производства США

Результаты изменения массы навески порошков под воздействием температуры представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Изменения массы порошков в зависимости от температуры

Температура, °С	Изменение массы порошка, %					
	Россия	Казахстан	Германия	США	Корея	Турция
100	-1,48	-0,79	-0,63	-4,95	-8,41	-10,00
150						
200						
250						
300	-8,68		-2,46	-6,10	-4,32	-6,10
350						
400						
450	-4,75	-3,65	-4,05	-47,11	-5,44	-12,29
500						
550						
600						
650	-9,04	-15,68	-13,90	-1,79	-12,64	
700						
750						
800	-3,85	-12,12	-12,17		-14,78	-6,88
850						
900						
1000						

3.3 Исследование эффективности порошковых составов

Эффективность порошковых составов – это показатель, который приравнивается к огнетушащей способности порошков. Огнетушащая способность зависит от способов изготовления огнетушащего порошка, его хранения, транспортировки, заполнения в огнетушители, подача его в очаг пламени, а также от физических, термических, химических свойств. Результаты определения огнетушащей способности порошков при тушении модельного очага пожара класса пожара В представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Огнетушащая способность порошков

Производитель	Количество ОПС для тушения модельного очага пожара, г		Огнетушащая способность, %	
	Спирт	Парафин	Спирт	Парафин
Россия	6	3	40	80
Казахстан	2	1	90	100
Германия	4	2	60	90
Корея	2	1	90	100
Турция	1	1	100	100
США	1	1	100	100

При тушении парафина, 100%-ая огнетушащая способность отмечается для всех порошков за исключением производства Германии и России, которая составляет 90% и 80% соответственно.

При тушении спирта огнетушащая способность порошков производства Турции и США составляет 100%, порошков производства Кореи и Казахстана – 90%. Минимальной огнетушащей способностью тушения модельного очага характеризуются порошки производства России и Германии, огнетушащая способность которых составляет 40% и 60% соответственно.

Выводы по главе три

В соответствии с методиками, представленными в ГОСТ Р 53280.4–2009 «Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний», определены основные физические свойства огнетушащих порошковых составов разных производителей: плотность, гранулометрический состав, содержание влаги, склонность к влагопоглощению и слеживаемости, способность к водоотталкиванию, изменение краевого угла смачивания, содержание зольных примесей. Проведен термический анализ порошков при температуре 1000 °С (дериватографический анализ) и определена их огнетушащая способность.

На лабораторном стенде определено количество ОПС для тушения модельного очага пожара класса В.

4 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ОГНУТШАЩИХ ПОРОШКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

На основании проведенных исследований были определены следующие показатели: кажущаяся плотность не уплотняемого и уплотняемого огнетушащего порошка, гранулометрический состав, содержание влаги, склонность к влагопоглощению и слеживанию, способность к водоотталкиванию и краевой угол смачивания, содержание зольных примесей в порошках, потеря массы порошка при температуре 1000 °С и огнетушащая способность порошков, которые представлены в табл. 4.1.

Все шесть производителей, в зависимости от сходства свойств огнетушащих порошков, условно можно разделить на две группы:

- первая группа: США, Турция, Корея;
- вторая группа: Казахстан, Германия, Россия.

Результаты определения плотности огнетушащих составов порошков показали, что при свободной и уплотняемой засыпкой порошков максимальная величина показателя отмечена у порошка производства Германии – 1041 кг/м³ при свободной засыпке и 1470 кг/м³ – при уплотнении. Близкие показатели плотности зафиксированы у производителей Казахстана и России: при свободной засыпке – 877 кг/м³ и 819 кг/м³, при уплотненном порошке – 1282 кг/м³ и 1315 кг/м³ соответственно. У производителя из Кореи и США – при свободной засыпке 980 кг/м³ и 961 кг/м³, при уплотнении – 1219 кг/м³. Порошок производства Турции характеризуется меньшим значением плотности – 943 кг/м³ при свободной засыпке и 1111 кг/м³ – при уплотнении. В целом следует отметить, что кажущаяся плотность у всех исследуемых порошков высокая и соответствует требованиям ГОСТ [5].

Таблица 4.1 – Результаты физических и термических свойств огнетушащих порошковых составов разных производителей

Наименование показателя	Россия	Казахстан	Германия	Требов. ГОСТ	
Кажущаяся плотность, кг/м ³ - не уплотняем. порошка, - уплотняемого порошка	877,19	819,67	1041,66	н/м 700	
	1282,05	1315,78	1470,58	н/м 1000	
Гранулометрический состав, %: – первая сетка, – фр. 0,1 мм – фр. 0,05 мм	0	0	0	Отсут.	
	11,8	29,8	22,2	н/б 35	
	7,5	4,7	4,5	н/м 45	
Содержание влаги, %	1,04	0,84	0,35	н/б 0,35	
Склонность к влагопоглощению, %	0,357	0,856	0,500	Н/б 2,5	
Склонность к слеживанию, %	1,1	0,7	0,4	Н/б 2	
Способность к водоотталкиванию, мин	–	–	–	120 мин (н/м 2 капель)	
Содержание зольных примесей, %	66,33	56,21	59,33	–	
Термические свойства (нагрев до 1000 °С): – диапазон максимальной эффективности тушения, °С	200–400	600–850	600–850	–	
	30	36	35	–	
– общая потеря массы образца, %					
Огнетушащая способность, %:					
	– спирт	40	90	60	–
	– парафин	80	100	90	–

Продолжение таблицы 4.1

Наименование показателя	Корея	США	Турция	Требов. ГОСТ
Кажущаяся плотность, кг/м ³ - не уплотняем. порошка, - уплотняемого порошка	980,39	961,53	943,39	н/м 700
	1219,50	1219,50	1111,10	н/м 1000
Гранулометрический состав, %: – первая сетка, – фр. 0,1 мм – фр. 0,05 мм	0	0	0	Отсут.
	12,98	13,61	7,54	н/б 35
	34,57	45,5	50,10	н/м 45
Содержание влаги, %	0,03	0,03	0,04	н/б 0,35
Склонность к влагопоглощению, %	0,285	0,285	0,142	Н/б 2,5
Склонность к слеживанию, %	0	2,0	0	Н/б 2
Способность к водоотталкиванию, мин	2 капли	3 капли	2 капли	120 мин (н/м 2 капель)
Содержание зольных примесей, %	49,00	30,77	49,00	–
Термические свойства (нагрев до 1000 °С): – диапазон максимальной эффективности тушения, °С – общая потеря массы образца, %	450–900	400–650	300–850	–
	52	71	59	–
Огнетушащая способность, %: – спирт – парафин	90	100	100	–
	100	100	100	–

Результаты определения гранулометрического состава порошков показали, что фракции с размером частиц 50 мкм в ОПС отечественного производства содержится – 25%, Германии –12%, Казахстана – 7%.

Количество фракции с размером частиц 63 мкм преобладает в огнетушащем порошке производства Германии, а с размером частиц 100 мкм – Казахстана и составляет примерно 30%. Максимальное количество фракции с размером частиц 150 мкм содержится в ОПС производства Казахстана – 20%.

У производителей Кореи, Турции и США (первая группа стран), содержание частиц в порошках размером 150 мкм и 63 мкм составляет примерно 5–8%. Максимальное количество частиц размером 71 мкм содержится у Корейского производителя (27%), в отличие от Турции (12,5%) и США (15%). Следует отметить, что у данных производителей в порошках содержится большое количество мелких фракций (менее 50 мкм) – 34,5% – производства Кореи, 50% – Турции, 45,5% – США. Эти значения существенно превышают содержания мелких фракций в порошках второй группы.

Таким образом, порошки производителей второй группы являются более крупнодисперсными с содержанием фракции 50 мкм и менее от 4,5–7,5%, что значительно меньше требований ГОСТ (н/м 45%). Порошки первой группы содержат мелкой фракции примерно в 7 раз больше – 34,5–50%.

Из рисунка 3.4 следует, что минимальное количество влаги содержат образцы порошков первой группы. Содержание влаги в порошках производства Германии составляет 0,35%, практически в два раза больше влаги содержится в порошках производства Казахстана – 0,84%. Содержание влаги в огнетушащих порошковых составов отечественного производства составляет 1,04% и превышает требования ГОСТ в три раза (н/б 0,35%).

Из таблицы 3.3 видно, что увеличение массы навески порошков при испытаниях на влагопоглощение не превышает нормативных значений по требованиям ГОСТ Р 53280.4–2009. Для огнетушащих порошков производства Казахстана и Германии результат показал 0,86% и 0,50%, а для остальных порошков он находится в пределах 0,14–0,36%.

На основании требований [11] масса комков, образующихся при испытаниях на склонность к слеживанию по отношению к общей массе

образца, не должна превышать 2%. Склонность к слеживанию порошковых составов производства США (2,0%) и России (1,1%) не превышает требований ГОСТ, однако больше, чем у остальных производителей. У порошков производства Кореи и Турции склонность к слеживанию отсутствует (таблица 3.4).

При определении способности к водоотталкиванию (таблица 3.5) все исследуемые образцы первой группы выдержали испытания. Порошковые составы 2 группы (Россия, Германия, Казахстан) испытаний не прошли. Время впитывания воды на этих порошках составило 105 мин.

Для оценки динамики смачивания водой огнетушащих порошков использовали метод лежащей капли на поверхности порошка. Смачивающую способность оценивали по краевому углу смачивания (рисунок 3.6).

Установлено, что краевой угол смачивания в момент нанесения капли воды на поверхность составляет для порошка производства России 134 град, Кореи – 131 град, Турции – 125 град, Германии – 122 град, США – 120 град и Казахстана – 111 град. т.е. в начальный момент времени самая низкая смачиваемость порошка отечественного производства.

Через 10 минут от начала нанесения капли на поверхность порошков максимальная скорость смачивания наблюдается на поверхности подложки ОПС производства России – 1,9 град/мин и Кореи – 1,1 град/мин, что свидетельствует об интенсивности впитывания воды за указанный промежуток времени.

Рассчитано, что средняя скорость смачивания поверхности для ОПС производства России, Кореи и Турции составляет в среднем 0,95; 0,90 и 0,85 град/мин соответственно, для остальных порошков – 0,6 град/мин.

Через 60 минут после нанесения капли на поверхность порошков краевой угол смачивания не изменяется и составляет 90°, что обусловлено только протеканием процесса впитывания капли – заполнения пористой (капиллярно активной) среды порошка жидкостью под действием

капиллярных сил. Полное впитывание капли на всех исследуемых порошках происходит, примерно, через 180–200 мин.

Результаты, полученные с использованием метода лежащей капли не в полной степени согласуются с методом водоотталкивания, который не позволяет получить объективные повторяющиеся экспериментальные данные по впитыванию каплей воды, т.к. сходимость результатов зависит от горизонта поверхности порошка, усилия трамбовки, распределения частиц в объеме порошка и др.

Показатель содержания зольных примесей определяет химический состав порошков. В соответствии с таблицей 3.7 у производителей ОПС из второй группы содержание зольных примесей колеблется в пределах 56–66%, это свидетельствует о том, что соотношение содержания минеральных веществ к органическим практически одинаково. У производителей первой группы содержание золы в ОПС составляет: Турция – 49% зольного остатка, США – 30%, Корея – 49%. Следовательно, в составе огнетушащих порошков производства США содержится 70% органических веществ, что существенно превосходит содержание органики у других производителей. У производителя Кореи напротив, содержание веществ, не стойки к температурному воздействию, минимально и составляет 11%.

Термический анализ (рисунки 3.8; 3.9; 3.10; 3.11; 3.12; 3.13) порошков производства Германии и Казахстана показал, что максимальный эндотермический эффект приходится на интервал температур 600–850 °С и потеря массы составляет в среднем 35–36%, что свидетельствует о высокой эффективности ОПС при температуре 600–850 °С.

У порошков производства Турции и США максимальный эндоэффект отмечается в интервале температур 400–650 °С, максимальная потеря массы составляет 59% и 71% соответственно. У производителя из Кореи температурный интервал находится в 450–900 °С и с потерей массы 52% (таблица 3.6.). У порошков отечественного производства эндоэффект наблюдается при относительно низких температурах – до 400 °С, при этом

отмечается минимальная потеря массы –30%, т.е. порошок эффективен при температуре не выше 400 °С.

Различия в величинах эндоэффектов и потери массы ОПС при воздействии температуры определяется, прежде всего, химическим составом порошков и количественным содержанием основных огнетушащих компонентов и вспомогательных добавок.

Учитывая, что в составе огнетушащих порошков производства Казахстана присутствуют фосфорные соли (20% в соответствии с ТУ2149–028-10968286-98), которые являются термостойкими соединениями, а в составе отечественных порошков аммофос (по ТУ 2149-001-54572789-00н/м 45%) и сульфат аммония (по ТУ н/б 40%) – менее термостойкие с температурой разложения 200 °С, можно прогнозировать более высокий огнетушащий эффект у порошков производства Казахстана.

Минимальное количество разложившегося основного огнетушащего вещества в отечественных порошках (30%) может быть обусловлено наличием значительного количества добавок применяемых с целью увеличения насыпной плотности и снижения способности к влагопоглощению (алюмосиликаты, фосфогипс, слюды и др.). Наличие таких добавок увеличивает содержание зольных примесей и снижает огнетушащую эффективность порошка.

Для остальных производителей данные по химическому составу в литературных источниках не найдены.

На основании полученных результатов (таблица 3.7) следует, что максимальной огнетушащей способностью жидких горючих веществ растворимых в воде (спирт) характеризуются порошки производства Турции и США – 100%. Огнетушащая способность порошков производства Кореи и Казахстана составляет 90%, России – 40%.

При тушении жидких веществ, нерастворимых в воде (парафин), высокая огнетушащая способность отмечается для всех порошков за

исключением производства России, огнетушащая способность которых составляет 80%.

На основании проведенного сравнительного анализа свойств огнетушащих порошков отечественного и зарубежного производства можно заключить следующее:

– огнетушащие порошки производства Турции, Кореи и США характеризуются мелкодисперсным гранулометрическим составом, низкой склонностью к влагопоглощению и слеживаемости, высокими водоотталкивающей способностью, огнетушащим эффектом в диапазоне температур 450–900 °С и количеством разложившегося основного огнетушащего вещества (потеря массы) 52–71%, и, как следствие, высокой огнетушащей способностью при тушении пожара класса В;

– порошки производства Германии и Казахстана в гранулометрическом составе имеют большее содержание крупных фракций, низкую водоотталкивающую способность, обладают высоким огнетушащим эффектом в высокотемпературной области температур 600–850 °С и не высоким количеством разложившегося основного огнетушащего вещества (потеря массы) 35%. Менее эффективны при тушении пожаров класса В;

– порошки отечественного производства по гранулометрическому составу, влагопоглощению, слеживаемости и водоотталкивающей способности аналогичны порошкам Германии и Казахстана, имеют значительное превышение влаги и зольных примесей, огнетушащим эффектом обладают в низкотемпературном диапазоне температур 200–400 °С, количество разложившегося основного огнетушащего вещества составляет 30%. Огнетушащая способность порошков низкая и составляет 40–80%.

По экспериментальным данным ряд иностранных производителей огнетушащих порошков заявляют более высокую огнетушащую эффективность, чем производитель из России. Все дело в том, что рынок не заинтересован в появлении ОПС с показателями превосходящими требования ГОСТа, поэтому необходимо заострить внимание на требования, которые

предъявляются ГОСТами. Для этого, чтобы повысить эффективность порошковых составов отечественного производства рекомендуется:

– Добавление в состав охладителей для охлаждения зоны горения, что не приводит к повторному возгоранию материалов.

– Недостаточная огнетушащая способность при тушении пожара, поэтому необходимо увеличить состав порошка за счет компонентов в промышленной базе.

Вывод по главе четыре

Проведен сравнительный анализ свойств ОПС отечественного и зарубежного производства, на основании которого установлено, что огнетушащие порошки производства Турции, Кореи и США характеризуются мелкодисперсным гранулометрическим составом, низкой склонностью к влагопоглощению и слеживаемости, высокими водоотталкивающей способностью, огнетушащим эффектом в диапазоне температур 450–900 °С и количеством разложившегося основного огнетушащего вещества 52–71%, высокой огнетушащей способностью при тушении пожара класса В.

Порошки производства Германии и Казахстана в гранулометрическом составе имеют большее содержание крупных фракций, низкую водоотталкивающую способность, обладают высоким огнетушащим эффектом в высокотемпературной области температур 600–850 °С и не высоким количеством разложившегося основного огнетушащего вещества 35%. Менее эффективны при тушении пожаров класса В.

Порошки отечественного производства по гранулометрическому составу, влагопоглощению, слеживаемости и водоотталкивающей способности аналогичны порошкам Германии и Казахстана, имеют значительное превышение влаги и зольных примесей, огнетушащим эффектом обладают в низкотемпературном диапазоне температур 200–400 °С, количество разложившегося основного огнетушащего вещества составляет 30%. Огнетушащая способность порошков составляет 40–80%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изучены физические и термические свойства огнетушащих порошковых составов отечественного и зарубежного производства, разработан лабораторный стенд для оценки огнетушащей способности и определена эффективность применения порошков при тушении класса пожара В.

При определении физических и термических свойств использовали методы, описанные в ГОСТ Р 53280.4–2009.

На основании проведенных исследований определены физические показатели огнетушащих составов порошков разных производителей: плотность, гранулометрический состав, содержание влаги, склонность к влагопоглощению и слеживаемости, способность к водоотталкиванию, изменение краевого угла смачиваемости, содержание зольных примесей, потеря массы порошка при температуре 1000 °С (дериватографический анализ), огнетушащая способность.

Установлено, что кажущаяся плотность у всех исследуемых порошков соответствует требованиям ГОСТ.

Порошки производства России, Казахстана и Германии являются более крупнодисперсными с содержанием фракции 50 мкм и менее от 4,5–7,5%, что значительно меньше требований ГОСТ (н/м 45%). Порошки производства США, Турции и Кореи содержат мелкой фракции примерно в 7 раз больше (34,5–50%).

Установлено, что минимальное количество влаги содержат образцы производства США, Турции и Кореи. Содержание влаги в огнетушащих порошковых составах отечественного производства составляет 1,04% и превышает требования ГОСТ в три раза (н/б 0,35%).

Увеличение массы навески порошков при испытаниях на влагопоглощение не превышает нормативных значений по требованиям ГОСТ Р 53280.4–2009. Для огнетушащих порошков производства Казахстана и

Германии результат показал 0,86% и 0,50%, а для остальных порошков он находится в пределах 0,14–0,36%.

Склонность к слеживанию порошковых составов производства США составила 2,0%, России – 1,1%, что не превышает требований ГОСТ, однако больше, чем у остальных производителей. У порошков производства Кореи и Турции склонность к слеживанию отсутствует.

При определении способности к водоотталкиванию выдержали испытания только образцы порошков США, Турции и Кореи.

При оценке смачивающей способности установлено, что в момент нанесения капли воды на поверхность самая низкая смачиваемость у порошка отечественного производства. Средняя скорость смачивания поверхности для ОПС производства России, Кореи и Турции составляет в среднем 0,95; 0,90 и 0,85 град/мин соответственно, для остальных порошков – 0,6 град/мин. Полное впитывание капли на всех исследуемых порошках происходит, примерно, через 180–200 мин.

Содержание зольных примесей у производителей ОПС Производства России, Казахстана и Германии колеблется в пределах 56–66%, следовательно, соотношение содержания минеральных веществ к органическим практически одинаково. Содержание золы в ОПС у производителей Турции составляет – 49%, США – 30%, Кореи – 49%.

Результаты термического анализа порошков производства Германии и Казахстана показали, что максимальный эндотермический эффект приходится на интервал температур 600–850 °С и потеря массы составляет в среднем 35–36%, что свидетельствует о высокой эффективности ОПС при температуре 600–850 °С.

У порошков производства Турции и США максимальный эндоэффект отмечается в интервале температур 400–650 °С, максимальная потеря массы составляет 59% и 71% соответственно. У производителя из Кореи температурный интервал находится в 450–900 °С и потеря массы 52%. У порошков отечественного производства эндоэффект наблюдается при

относительно низких температурах – до 400 °С и сопровождается минимальной потерей массы – 30%, т.е. порошок обладает огнетушащим эффектом при температуре не выше 400 °С.

Анализ результатов огнетушащей эффективности показал, что максимальной огнетушащей способностью жидких горючих веществ растворимых в воде (спирт) характеризуются порошки производства Турции и США – 100%. Огнетушащая способность порошков производства Кореи и Казахстана составляет 90%, России – 40%. При тушении жидких веществ, нерастворимых в воде (парафин), высокая огнетушащая способность отмечается для всех порошков за исключением производства России, огнетушащая способность которых составляет 80%.

Таким образом, производителями наиболее эффективных огнетушащих порошковых составов являются США, Корея и Турция. Порошок Российского производства по огнетушащей способности занимает последнее место из всех исследуемых ОПС.

Для повышения эффективности порошковых составов отечественного производства рекомендуется:

- при производстве порошков в процессе измельчения увеличить содержание мелких фракций (менее 50 мкм);
- для снижения содержания влаги в порошках при транспортировке и хранении избегать контакта порошка с водой и атмосферной влагой, для чего соблюдать условия хранения порошков в герметичной таре;
- увеличить содержание основных огнетушащих компонентов в составе порошков (50% и более);
- вводить в состав порошков более термостойкие химические соединения с температурой разложения более 500 °С (например, фосфаты, стабильные при нагревании);
- корректировать количество вводимых в состав ОПС добавок (гидрофобизирующих, антислеживающих, повышающих текучесть и др.) с учетом поверхностных свойств сырья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 9.13130.2009 Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 32 с.
2. ГОСТ 27331-87. Пожарная техника. Классификация пожаров – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 6 с.
3. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 16 с.
4. ГОСТ Р 51017-2009 Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний – М. Изд-во стандартов, 2009. – 66 с.
5. ГОСТ Р 53280.4–2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Ч. 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытания : введ: 01.05.2009 г. – М. : Стандартиформ, 2009. – 20 с.
6. ГОСТ Р 51057-2001 Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний – М. Изд-во стандартов, 2001. – 71 с.
7. ГОСТ 18318-94 Порошки металлические. Метод ситового анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 12 с.
8. Сабинин О.Ю. Тушение пожаров: Огнетушащие порошки. Проблемы, состояние вопроса / О.Ю. Сабинин, С.М. Агаларова // ООО Издательство «Пожнаука». – 2007. – Том 16, № 6. – 63–68 с.
9. Лапшин Д.Н. Методика смачивания огнетушащего порошкового состава как один из новых способов оценки его гидрофобности / Лапшин Д.Н., Кунин А.В., Смирнов С.А., Ильин А.П. // Пожаровзрывобезопасность: сб. науч. ст. – Иваново: Изд-во ИГУ, 2012, т. 21, № 1. с. 83–87.
10. Краснов Е.В. Анализ нормативного регулирования порошковых составов и огнетушителей в России и за рубежом / Е.В. Краснов, М.Н.

Вайсман, А.С. Смирнов, С.А. Смирнов // Независимая газета. – 2013. – 14 ноября.

11. Адамян В.Л. Порошковое огнетушение и огнетушащие порошки / В.Л. Адамян, Н.В. Кондратенко / Глобальный научный потенциал: сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВПО, 2015. – 93 – 94 с.

12. Боровик С.И., Халиков В.О., Югов М.Ю. «Оценка огнетушащей способности порошков отечественного и зарубежного производства» / С.И. Боровик //Техносферная безопасность в XXI веке /IX Всероссийская научно-практическая конференция: сб. науч. тр. –Иркутск: ИРНИТУ, 2019. – С. 239 – 242.

13. Боровик С.И., Полунин Г.А., Халиков В.О. «Оценка гидрофильных и гидрофобных свойств огнетушащих порошков отечественного и зарубежного производства» / С.И. Боровик //21 век: фундаментальная наука и технологии / Материалы XXIIмеждународной научно-практической конференции: сб. науч. тр. – США: Норт-Чарлстон, 2020. – С. 68 – 73.

14. Бобрышева С. Н., Боднарук В. Б., Ермакович С. В., Кашлач Л. О. «Лабораторный метод определения огнетушащей эффективности порошков». Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация / огнетушащие порошки. Минск. 2014. – 52 с.

15. Огнетушащие вещества (средства): классификация и требования – <https://fireman.club/statyi-polzovateley/ognetushashhie-veshhestva-sredstva-klassifikatsiya-i-trebovaniya/>

16. Порошковое пожаротушение – <http://prom-nadzor.ru/content/poroshkovoe-pozharotushenie>

17. Огнетушащие порошки: виды, состав, преимущества, недостатки, утилизация, регенерация – <https://fireman.club/statyi-polzovateley/ognetushashhie-poroshki/>

18. EN 615:2009. Противопожарная защита. Средства пожаротушения. Требования к огнетушащим порошкам (за исключением огнетушащих

порошков для класса пожаров D) (Германская ред.). Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2009.

19. ISO 7202–87. Противопожарная защита. Огнетушащие вещества. Порошки. – 1990.

20. EN 3-7:2004+A1:2007. Огнетушители переносные. Ч. 7: Технические характеристики, требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний (Германская ред.). Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2007.

21. CAN/ULC-S508-02. Стандарт классификации огнетушителей и испытания их огнетушащей способности // Standards Bulletin 2007–16. Ontario, ULC, 2007.