

В. М. Клевлеев, И. А. Абдуллин, Е. Н. Куприянов

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: наноматериалы, аэрозоль, показатели пожаровзрывоопасности.

Основной задачей данной работы было определение показателей пожаровзрывоопасности ряда органических веществ в форме аэрозолей микро- и наноразмерных частиц и оценка восприимчивости к инициирующему импульсу и силы взрыва аэрозолей наночастиц. Сравнение показателей для аэрозолей микро- и наноразмерных частиц показало увеличение средней и максимальной скорости нарастания давления взрыва и нижнего концентрационного предела распространения пламени для фракций наноразмерных частиц (максимальное давление взрыва осталось без изменений).

Key words: nanomaterials, aerosol, showing of fire and explosion hazard.

The main objective of this work was to determine the number of indicators fire and explosion hazard of range organic matter in the form of aerosols of micro-and nanosized particles and evaluation of susceptibility to the start pulse and the force of the explosion aerosol nanoparticles. Comparison of aerosol micro-and nanosized particles showed an increase in average and maximum explosion pressure rise rate and the lower flammability limit for fractions of nanoparticles (maximum explosion pressure remained unchanged).

В настоящее время одной из важнейших и быстроразвивающихся областей современной научно-практической деятельности является наноиндустрия. Современные знания в области наноматериалов и нанотехнологий существенно меняют представления о взаимодействии материалов и систем с человеком и окружающей средой [1].

Вместе с тем, нормативная база в области нанотехнологий на данный момент представлена всего лишь двумя национальными стандартами [1, 2], в которых установлены общие принципы менеджмента риска и основные положения системы менеджмента риска для организаций, занимающихся исследованиями, производством, применением и утилизацией наноматериалов, наноструктур, нанопродукции и нанотехнологий. Также установлены процессы идентификации опасностей и обмена информацией при разработке и использовании наноматериалов, указан подход к идентификации опасностей.

Основным элементом идентификации опасностей наноматериалов является составление профилей материала, опасностей и экспозиции.

Профили свойств материала, опасностей и экспозиции включают в себя описание физических и химических свойств наноматериала, присущих ему опасностей и экспозиции в соответствии с его жизненным циклом. Это описание должно содержать краткий обзор данных и способы получения недостающей информации. Перечень данных о физических и химических свойствах материала, согласно [2], должен содержать следующую информацию:

- техническое наименование;
- коммерческое наименование;
- общий вид наноматериала;
- химический состав (включая состав защитного покрытия поверхности);
- молекулярная структура;
- кристаллическая структура;

- физическое состояние и форма частиц (при комнатной температуре и нормальном давлении);

- размер частиц, распределение размеров частиц (гранулометрический состав) и площадь поверхности;

- плотность частиц;
- растворимость (в воде и соответствующих биологических жидкостях);
- диспергируемость;
- объемная плотность;
- наличие агломератов;
- пористость;
- поверхностный заряд;
- химическая активность поверхности.

На каждый наноматериал помимо установленной документации необходимо иметь «Паспорт безопасности» [3].

«Паспорт безопасности» предназначен для обеспечения потребителя достоверной информацией о безопасности промышленного применения, хранения, транспортирования и утилизации химической продукции, в том числе и на основе наноматериалов, а также ее использования в бытовых целях [4].

«Паспорт безопасности» содержит следующие разделы:

1. Идентификация химической продукции и сведения о производителе или поставщике;
2. Идентификация опасности (опасностей);
3. Состав (информация о компонентах);
4. Меры первой помощи;
5. Меры и средства обеспечения пожаровзрывобезопасности;
6. Меры по предотвращению и ликвидации аварийных и чрезвычайных ситуаций и их последствий;
7. Правила хранения химической продукции и обращения с ней при погрузочно-разгрузочных работах;

8. Средства контроля за опасным воздействием и средства индивидуальной защиты;
9. Физико-химические свойства;
10. Стабильность и реакционная способность;
11. Информация о токсичности;
12. Информация о воздействии на окружающую среду;
13. Рекомендации по удалению отходов (остатков);
14. Информация при перевозках (транспортировании);
15. Информация о национальном и международном законодательстве;
16. Дополнительная информация.

К настоящему моменту в данной области была проведена работа по исследованию пожаровзрывоопасных свойств аэрозолей наноразмерных материалов [5]. В данной работе основной задачей было определение показателей пожаровзрывоопасности ряда органических веществ в форме аэрозолей микро- и наноразмерных частиц и оценка восприимчивости к инициирующему импульсу и силы взрыва аэрозолей наночастиц.

В ходе работы были впервые экспериментально определены показатели пожаровзрывоопасности аэрозолей гидрохинона ($C_6H_4(OH)_2$), лактозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$), резорцина ($C_6H_6O_2$) и уротропина ($C_6H_{12}N_4$) на основе наноразмерных частиц.

Было проведено сравнение показателей для аэрозолей микро- и наноразмерных частиц, которое показало увеличение средней и максимальной скорости нарастания давления взрыва и нижнего концентрационного предела распространения пламени для фракций наноразмерных частиц. При этом максимальное давление взрыва осталось без изменений (на примере уротропина рисунок 1-4).

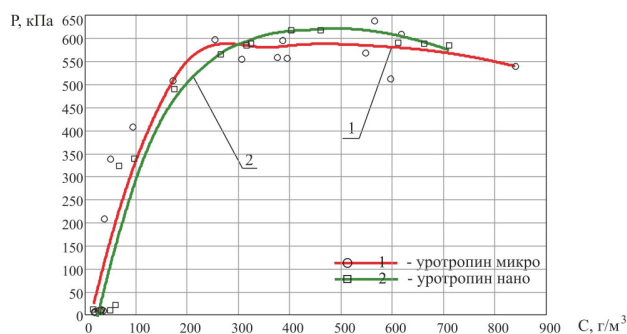


Рис. 1 - Зависимость давления взрыва от концентрации уротропина микро- и нанодисперсного состава

Экспериментальные данные показали четкую зависимость увеличения НКПР, $(dP/dt)_{max}$, $(dP/dt)_{cp}$, что подтвердило выдвинутую гипотезу об увеличении указанных параметров с уменьшением размера частиц.

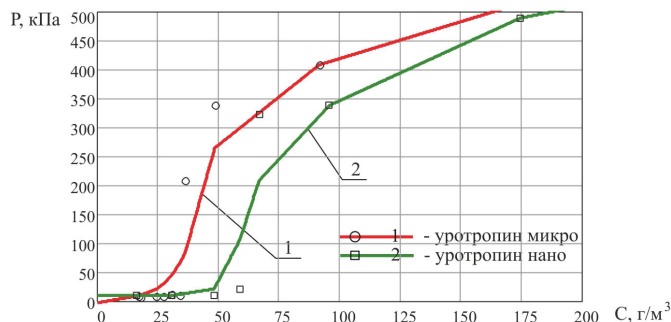


Рис. 2 - Нижний концентрационный предел распространения пламени уротропина микро- и нанодисперсного состава

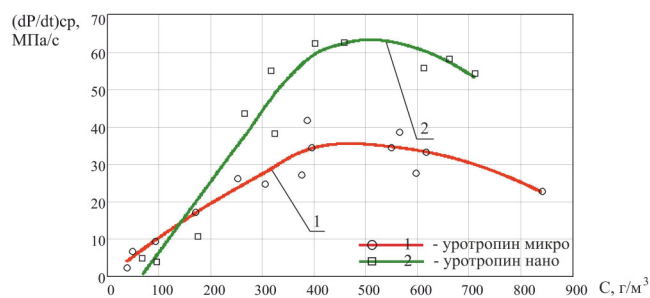


Рис. 3 - Зависимость средней скорости нарастания давления взрыва от концентрации уротропина микро- и нанодисперсного состава

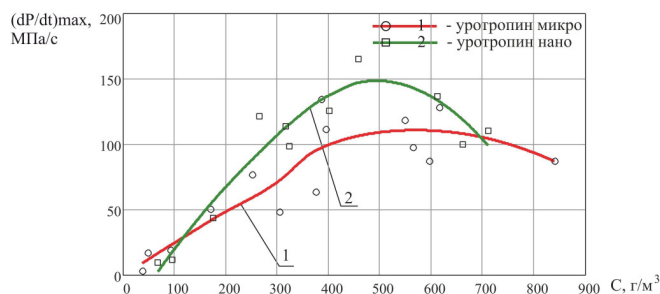


Рис. 4 - Зависимость максимальной скорости нарастания давления взрыва от концентрации уротропина микро- и нанодисперсного состава

Изменение показателей в процентном соотношении при уменьшении частиц с микроразмеров до наноразмеров составило от 20 до 70 % (таблица 1).

Таблица 1 - Экспериментальные значения показателей пожаровзрывоопасности аэрозолей микро- и наноразмерных частиц уротропина

Наименование показателя	Уротропин	
	микро	нано
P_{max} , кПа	638,9	616,77
$(dP/dt)_{cp}$, МПа/с	41,78	62,54
$(dP/dt)_{max}$, МПа/с	135,00	165,00
НКПР, г/м³	31	52
K_{st} , МПа·м/с	21,9	26,7

Увеличение НКПР происходит вследствие смены режима горения с фазодинамического, свойственного для аэрозвесей твердых частиц, на гомогенный, свойственный для газов. Данный переход, по-видимому, наблюдается при среднем размере частиц 50÷100 мкм.

Подобных исследований применительно к энергонасыщенным материалам не проводилось, хотя в последнее время нанодисперсные материалы находят все большее применение в различных рецептурах энергонасыщенных составов и изделий из них [6].

Однако отсутствие сведений о свойствах этих материалов, в том числе параметрах пожаровзрывоопасности, не позволяет устанавливать необходимые и достаточные требования промышленной и пожарной безопасности для производств данного класса веществ.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что экспериментальное определение показателей пожаровзрывоопасности энергонасыщенных материалов в форме аэрозолей микро- и наноразмерных частиц и оценка восприимчивости к инициирующему им-

пульсу и силы взрыва аэрозолей наночастиц является важной народно-хозяйственной задачей [7, 8].

Литература

1. ГОСТ Р 54617.1-2011 «Менеджмент риска в наноиндустрии. Общие принципы».
2. ГОСТ Р 54617.2-2011 «Менеджмент риска в наноиндустрии. Идентификация опасностей».
3. МР 1.2.0024-11 «Контроль наноматериалов, применяемых в химической промышленности».
4. ГОСТ 30333-2007 «Паспорт безопасности химической продукции. Общие требования».
5. Klevleev V.M., Minaev D.S., Aliferenkova M.A. Determination of the lower concentration limits of the spread of a flame through aerosols of nano-disperse powders // Chemical and Petroleum Engineering. 2012. № 48. P. 209-212.
6. Патент RU 2448934 Нанодисперсный взрывчатый состав.
7. И.А. Кузнецова, Н.И.Лаптев, И.А. Абдуллин, З.И. Сафина, Вестник Казанского технологического университета, 23, 14, 49-51 (2012).
8. С.Н.Степин, В.Е.Катнов, М.С.Петровнина, Т.Р.Вахитов Вестник Казанского технологического университета, 14, 15, 86-89 (2013).

© **В. М. Клевлев** - д-р техн. наук, проф. каф. проектирование технологических машин и комплексов в химической промышленности Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), klevleew@yandex.ru; **И. А. Абдуллин** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии изделий из пиротехнических и композиционных материалов КНИТУ, ilnur@kstu.ru; **Е. Н. Куприянов** - аспирант каф. проектирование технологических машин и комплексов в химической промышленности МАМИ, Geny_91@mail.ru.