

объектов от угроз природного, техногенного характера и террористических актов на период до 2020 года» // Информационно-правовой портал «Гарант».

5. Приказ МЧС РФ от 28 февраля 2003 № 105 «Об утверждении требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения» // Информационно-правовой портал «Гарант».

6. Проект Постановления Правительства Российской Федерации «О внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 1 марта 1993 № 178 «О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов» // Электронный ресурс: официальный сайт Федерального портала проектов нормативных правовых актов. URL: <http://regulation.gov.ru/projects#nra=7280>.

7. Проект постановления Правительства Российской Федерации «О создании и поддержании в постоянной готовности локальных систем оповещения» // Электронный ресурс: официальный сайт Федерального портала проектов нормативных правовых актов. URL: <http://regulation.gov.ru/projects#nra=27499>.

УДК 614.838.12

*А. Я. Васин, Л. К. Маринина, А. Н. Шушпанов, Г. Г. Гаджиев,
С. А. Платонова*
ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им.
Д.И. Менделеева»

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНЕРТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРУКТУРЕ ВЕЩЕСТВА И МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ НА ГОРЕНИЕ ПЫЛЕЙ

В работе исследовано влияние инертных элементов N и O в структуре вещества и механических примесей на процесс горения пылей органических соединений. Определено критическое содержание инертных элементов и механических примесей в составе органических веществ (70 масс. % и более) при которых их аэрозвеси становятся пожаровзрывобезопасными.

Ключевые слова: горение пылей, аэрозвесь, флегматизирующие добавки, инертные элементы, механические примеси.

A. Y. Vasin, L. K. Marinina, A. N. Shushpanov, G. G. Gadzhiev, S. A. Platonova

A STUDY OF THE INFLUENCE OF INERT ELEMENTS WITHIN THE STRUCTURE AND MECHANICAL ADDITIVES TO COMPOUND ON THE DUST BURNING PROCESS

In this work has been studied the influence of inert elements N and O within the structure of substance as well as the influence of mechanical additives insertion to compound at the combustion of organic dusts. The critical content of inert elements and me-

chanical additives in the composition of organic substances at which their aerosols become fire and explosion safe was identified at 70 wt% (and more).

Keywords: dust combustion, aerosol, phlegmatization additives, inert elements, mechanical additives.

В состав многих веществ, используемых в химической промышленности и смежных отраслях, входят такие компоненты, как N и O, которые способны влиять на взрывобезопасность веществ в целом: при определенном соотношении горючих и инертных компонентов аэрозоль вообще может быть невоспламеняемым [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Также на процесс горения вещества при определенных условиях оказывает ингибирующее или флегматизирующее действие ряд функциональных заместителей и групп, например, Cl, Br, группы $-\text{SO}_3\text{Na}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, HCl. Среди исследованных нами веществ имеются вещества, в составе которых содержится большое количество элементов O и N, а также вещества, содержащие группы $-\text{Cl}$, $-\text{SO}_3\text{Na}$ и $-\text{SO}_3\text{H}$.

В работе [2] было исследовано влияние групп $-\text{SO}_3\text{Na}$ и $-\text{SO}_3\text{H}$ на пожаровзрывоопасность пылевоздушных смесей. Результаты испытаний показали, что предел ингибирования группы $-\text{SO}_3\text{Na}$, находящейся в структуре вещества с общей формулой $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d\text{S}_n\text{Na}_k$ составляет около 20 % от молекулярной массы вещества, а предел ингибирования группы $-\text{SO}_3\text{H}$ составляет 40 масс. %.

Можно предположить, что если вещество содержит в одинаковых количествах группы $-\text{SO}_3\text{H}$ и группы $-\text{SO}_3\text{Na}$, то для того чтобы его пыль была пожаровзрывобезопасной (ПВБ) необходимо массовое содержание этих групп около 30 %.

В работах [3, 4] было определено влияние галогенов (Cl, Br) на взрывоопасность аэрозольных смесей. Для установления влияния хлора были отобраны 73 вещества с эмпирической формулой $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d\text{Cl}_n$, часть из которых – это ароматические соединения. Было замечено, что при увеличении содержания хлора в составе вещества увеличивается и значение нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР). В работе показано, что максимальное содержание хлора у веществ, которые дают воспламенение, составляет 28,5 масс. %. При содержании хлора в структуре вещества более 30 масс. %, аэрозоль становится ПВБ. Однако некоторые вещества не воспламеняются и при более низком содержании хлора (23,1 %), что может объясняться их строением. Например, наличие в молекуле большого количества инертных (O и N), которые требуют дополнительной энергии на разогрев, присутствие нескольких мало деформированных бензольных колец, обуславливающих меньшую химическую активность, могут повышать пожаровзрывобезопасность вещества.

Для определения влияния элементов O и N в структуре вещества на величину НКПР из [5, 5] были отобраны 117 органических соединений с общей формулой $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d$ с различным массовым содержанием данных элементов. Рис. 1 иллюстрирует зависимость значений НКПР от массового содержания N и O в составе данных веществ.

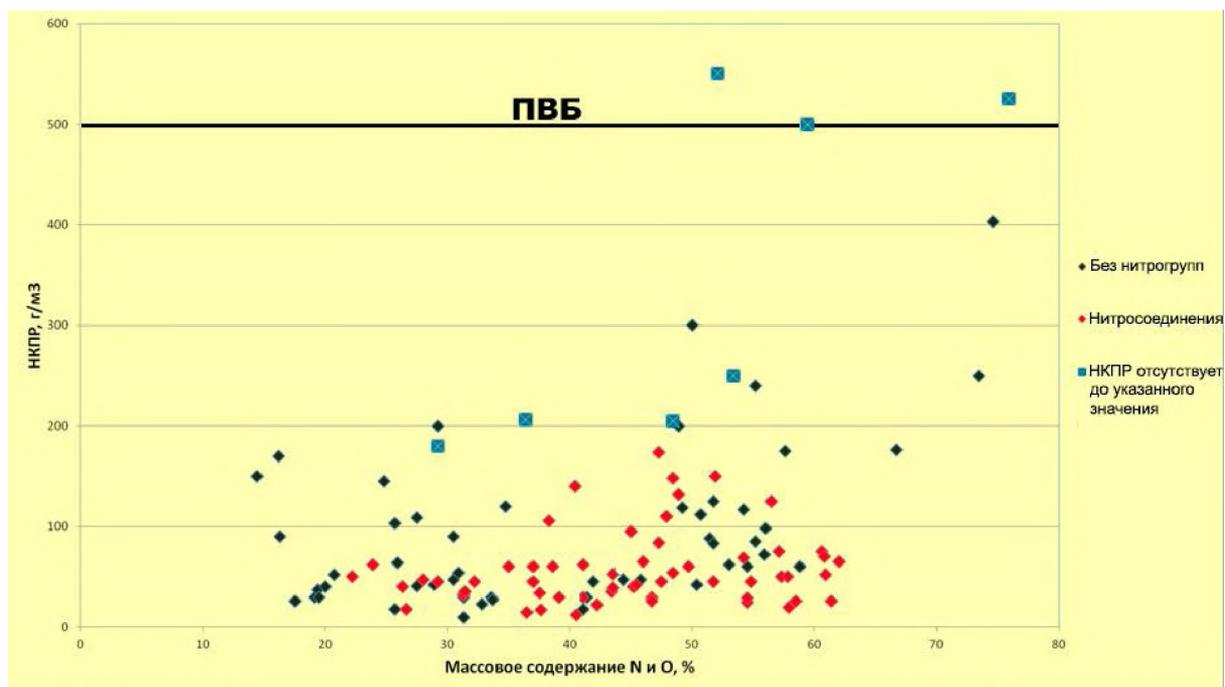


Рис. 1. Влияние массового содержания элементов О и N в структуре органических соединений на значение НКПР

Как видно из рис. 1, увеличение массового содержания инертных элементов О и N в структуре вещества практически не влияет на величину НКПР, однако при достижении критических значений (52,1 масс. % и более) взрывзвеси некоторых веществ не воспламеняются. Из рис. также видно, что значения НКПР нитросоединений не превышают 174 г/м³, тогда как соединения без нитрогрупп могут иметь более высокие значения. Но в целом их поведение идентично.

В табл. 1 приведены вещества с высоким содержанием инертных элементов N и O и величины их НКПР. Нижняя граница массового содержания N и O в структуре молекулы, при которой происходит увеличение значений НКПР некоторых соединений вплоть до того, что пыль становится ПВБ, составила примерно 50 масс. %. Верхняя граница массового содержания – приблизительно 76 масс. %.

Следует отметить, что максимальное содержание инертных элементов N и O у веществ, которые дают воспламенение, составляет 74,6 %. При наличии элементов N и O более 75,9 % массовых, взрывзвесь становится ПВБ. Однако некоторые вещества не воспламеняются и при более низком содержании элементов N и O. Таким образом, имеется область неустойчивого флегматизирующего влияния инертных элементов на процесс горения пылей при содержании N и O от 52,1 до 74,6 %, когда некоторые вещества в этой области способны воспламеняться, а некоторые нет.

В работе также было исследовано влияние сульфата натрия на горение пылевоздушных смесей, находящихся в красителях в виде примеси. Все исследуемые красители были предоставлены Рубежанским ПО «Краситель» и пред-

ставляют собой индигоидные красители. Эта группа красителей используется в крашении и нанесении принтов на текстильные материалы, как из натуральных, так и из химических волокон. Структурные формулы и некоторые свойства этих красителей даны в табл. 2.

Таблица 1. Величины НКПР веществ и процентное содержание инертных компонентов (O, N) в их составе

№	Вещество	M, г/моль	Содержание элементов N и O, масс. %	НКПР, г/м ³
1	1-аминоантрахинон-2-карбоновая кислота, C ₁₅ H ₉ O ₄ N	267	29,2	Нет до 180
2	Краситель дисперсный оранжевый Ж, C ₁₂ H ₁₀ O ₂ N ₄	242	36,4	Нет до 206
3	Краситель желтый для меха H, C ₆ H ₇ O ₂ N ₃	153	48,4	Нет до 205
4	L-Глутамин, C ₅ H ₁₀ O ₃ N ₂	146	52,1	Нет до 550
5	2,3-Дигидрокси-1,4-диаминобутантетрауксусная кислота, C ₁₂ H ₂₀ O ₁₀ N ₂	352	53,4	Нет до 250
6	Фуразолидон, C ₈ H ₇ O ₅ N ₃	225	54,2	69
7	Гексаметилолмеламин, C ₉ H ₁₈ O ₆ N ₆	306	58,8	60
8	Барбитуровая кислота, C ₄ H ₄ O ₃ N ₂	128	59,4	Нет до 500
9	Дицианоамид, C ₂ H ₄ N ₄	84	66,7	176
10	Гидразодикарбонамид, C ₂ H ₆ O ₂ N ₄	118	74,6	403
11	Азодикарбонамид, C ₂ H ₄ O ₂ N ₄	116	75,9	Нет до 525

Для исследования индигоидные красители были подвергнуты тщательной очистке путем многократной перекристаллизации из ацетона и диметилформамида и сушке при 80 °С до полного удаления растворителей.

Определение температуры плавления проводилось в стеклянных капиллярах при температурах до 300 °С. Визуально плавления веществ зафиксировано не было. Дальнейшее наблюдение за образцами проводили на установке ОТП. Установлено, что при температурах, соответствующих $t_{н.р.}$ вещества плавятся, вспениваются и затем затвердевают.

Результаты исследования представлены в табл. 3, из которой видно, что все три вещества становятся пожаровзрывобезопасными при содержании сульфата натрия около 70 масс. %, что вполне согласуется с приведенными ранее данными по пожаровзрывоопасности пылей веществ, содержащих в структурной формуле инертные элементы N и O. Таким образом, установлено, что инертные элементы N и O в структуре вещества и механические примеси оказывают примерно одинаковое флегматизирующее влияние на процесс горения пылей.

Таблица 2. Характеристика исследуемых красителей

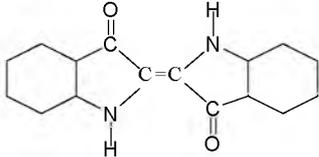
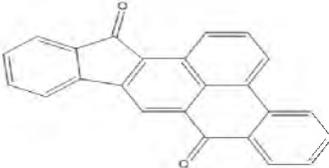
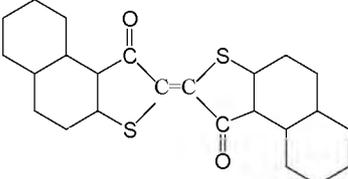
№	Название красителя	Структурная формула	Мол. масса	Темп. плавления, °С
1.	Индиго		262	350 с разложением
2.	Кубовый золотисто-желтый ЖХ		332	255 с разложением
3.	Тиоиндиго красно-коричневый Ж		393	400 с разложением

Таблица 3. Влияние сульфата натрия на горение аэрозвесей красителей

№	Вещество	Содержание сульфата натрия, % масс.	Результаты испытаний
1.	Индиго НКПР = 65 г/м ³	15	Воспламенение
		55	->-
		60	->-
		70	до 482 г/м ³ – нет
2.	Кубовый золотисто-желтый ЖХ НКПР = 373 г/м ³	15	Воспламенение
		55	->-
		60	->-
		70	до 482 г/м ³ – нет
3.	Тиоиндиго красно-коричневый Ж НКПР = 91 г/м ³	15	Воспламенение
		55	->-
		60	->-
		70	до 482 г/м ³ – нет

Полученные результаты можно использовать с целью предварительной оценки пожаровзрывоопасности пылей органических соединений, а также для снижения пожаровзрывоопасности производств еще на стадии синтеза, путем получения трудногорючих и пожаровзрывобезопасных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баратов А.Н.* Горение-пожар-взрыв-безопасность // М., ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. 364 с.
2. *Васин А.Я., Блохина О.А., Маринина Л.К.* Изучение ингибирующего действия групп SO_3Na на воспламенение аэрозолей ароматических сульфосолей натрия // Наука производству. 2004. № 7. С. 26–30
3. *Васин А.Я.* Изучение влияния различных функциональных заместителей и групп на взрывоопасность органических пылей // Химическая промышленность сегодня. 2007. № 1. С. 35–39
4. *Васин А.Я., Гаджиев Г.Г., Маринина Л.К.* Влияние различных функциональных заместителей и групп на величину нижнего концентрационного предела распространения пламени органических пылей // Материалы международной н/п конференции молодых ученых по проблемам техносферной безопасности в рамках первой всероссийской Недели охраны труда, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. С. 29-31
5. *Корольченко А.Я., Корольченко Д.А.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. // М.: Асс. «Пожнаука», 2004 г. Ч.1. 713 с., ч.2 – 774 с.
6. *Васин А.Я., Маринина Л.К., Аносова Е.Б., Гаджиев Г.Г.* Пожаровзрывоопасность некоторых новых лекарственных препаратов и их полупродуктов // Труды всероссийской н/т конференции, посвященной 80-летию основания ИХТ факультета РХТУ им. Д.И. Менделеева, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, ДеЛи плюс, 2015. С. 354-357.

УДК 628.1

К. М. Волкова, В. Б. Бубнов

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

СИСТЕМА ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА КОРАБЛЯХ РОССИЙСКОГО ФЛОТА

В статье рассматриваются разновидности систем противопожарного водоснабжения корабля, особенности их работы и вещества, используемые в них для тушения пожара. Рассматриваются технические характеристики установок и условия их использования.

Ключевые слова: корабль, системы пожаротушения, система водяного пожаротушения, система орошения и водораспыления, дренчерная установка, стационарные установки.