

УДК 614.8:614.8.086.3

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИИ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ПЫЛИ

А. Л. БУЯКЕВИЧ, начальник кафедры
С. Н. БОБРЫШЕВА, профессор кафедры, кандидат технических наук, доцент
О. Л. БОБОВИЧ, старший преподаватель
А. В. КОЛТУНЧИК, курсант

*Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь*

Осуществлен анализ действующих технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации Республики Беларусь, рассматривающих вопросы определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности помещений, связанных с обращением взрывопожароопасной пыли. Выявлены существующие недостатки в методике определения расчетного избыточного давления взрыва. Предложены параметры пыли и технологического процесса, которые необходимо включить в действующую методику.

Ключевые слова: взрывопожароопасная пыль, аэрозоль, аэрогель, взрывопожароопасная категория предприятия, дисперсность, коэффициент пыления, влажность, зольность.

Введение

На территории Республики Беларусь расположено более 100 крупных промышленных предприятий, где в технологическом процессе обращаются или являются сопровождающим продуктом взрывопожароопасные пыли. В период с 2002 по 2011 г. на данных предприятиях произошло 4 пожара, сопровождавшиеся взрывами пылевоздушных смесей. В результате данных пожаров и взрывов ущерб составил около 4 млрд р., погибло 14 человек. Статистика чрезвычайных ситуаций в Европе и в мире в целом, связанных с взрыво- и пожароопасностью пыли, свидетельствует об актуальности проблемы безопасности пылеобразующих объектов. Пожарная безопасность объектов обеспечивается приведением их в такое состояние, при котором исключается возможность возникновения пожара либо обеспечивается защита людей и материальных ценностей от пожара [1].

Для обеспечения соответствующего уровня пожарной безопасности, а также взрывобезопасности необходимо предусмотреть комплекс соответствующих мероприятий. Определение перечня таких мероприятий осуществляется с учетом категории по взрывопожарной и пожарной опасности. В соответствии с [2] по взрывопожарной и пожарной опасности помещения с наличием взрывопожароопасной пыли подразделяются на категории: Б (взрывопожароопасная) и В1-В4 (пожароопасная).

Если понизить категорию взрыво- и пожароопасности предприятия, то под угрозу ставится жизнь работающих на нем людей, сохранность зданий и

технологического оборудования. Завышение данной категории производства приводит к необоснованным затратам на строительство (устройство полов, исключающих искрообразование при механических ударах, оборудование входов в эти помещения тамбур-шлюзами [3] и др.); к установке дорогостоящего оборудования и дополнительных систем обеспечения взрывопреждения и взрывозащиты [4]; систем обеспечения пожарной безопасности (систем предупреждения и подавления взрыва [4], автоматических установок пожаротушения [5] и т. д.). Соответственно, дорожает эксплуатация здания в целом.

Следовательно, от правильного определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности производственных и складских помещений с наличием взрывопожароопасных пылей зависит не только пожарная безопасность объекта, но и экономические потери от необоснованных затрат на ее обеспечение.

Основная часть

Пыли – диспергированные твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм [6].

Горючая пыль – дисперсная система, состоящая из твердых частиц размером менее 850 мкм, находящихся во взвешенном или осевшем состоянии в газовой среде, способная к самостоятельному горению в воздухе нормального состава [7]. Пыль, находящаяся во взвешенном состоянии в воздухе, называется аэрозвесью, а осевшая из воздуха пыль – аэрогель или гель.

В соответствии с [6] пыли характеризуются рядом показателей пожаровзрывоопасности:

- группа горючести;
- температура воспламенения;
- температура самовоспламенения;
- концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения);
- температура тления;
- условия теплового самовозгорания;
- минимальная энергия зажигания;
- способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами;
- минимальное взрывоопасное содержание кислорода;
- минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора;
- максимальное давление взрыва;
- скорость нарастания давления взрыва.

М. Г. Годжелло [8] на основании отдельных свойств пылей (нижний концентрационный предел воспламенения для аэрозвесей и по температуре самовоспламенения для гелей) классифицировал пыли:

- 1 класс – наиболее взрывоопасные пыли с нижним концентрационным пределом распространения пламени 15 г/м^3 ;
- 2 класс – взрывоопасные пыли с нижним концентрационным пределом распространения пламени от 15 до 65 г/м^3 .

Пыли (гели) с нижним концентрационным пределом распространения пламени выше 65 г/м^3 отнесены к 3 и 4 классам:

- 3 класс – наиболее пожароопасные пыли с температурой самовоспламенения не выше $250 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 4 класс – пожароопасные пыли с температурой самовоспламенения выше $250 \text{ }^\circ\text{C}$.

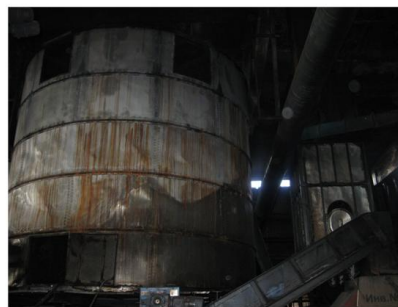
Актуальность исследования свойств взрывопожароопасной пыли и корректировкой методик определения категорий по взрывопожарной опасности обусловлена не только количеством происшедших взрывов, но и их последствиями,

которые характеризуются большим материальным ущербом и человеческими жертвами.

Наиболее тяжкие последствия имел пожар с несколькими каскадными взрывами, произошедший 25 октября 2010 г. на фабрике ДСП Холдинговая компания ЗАО «Пинскдрев». В результате пожара и взрывов пыли на участке производства древесных топливных гранул было обрушено покрытие на площади 1500 м², повреждено 40 % стен (рисунок 1), повреждено технологическое оборудование в производственном здании и аспирационное оборудование на территории предприятия (рисунок 2), погибло 14 человек. Общий ущерб составил 3 949 319 997 р.



Рисунок 1 – Повреждения стен и покрытия производственного здания



а)

б)

Рисунок 2 – Повреждения технологического оборудования:
а – системы аспирации снаружи производственного здания;
б – технологического оборудования внутри помещения

Исследования, результаты которых представлены в настоящей статье, состояли в анализе существующих методик определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности помещений согласно нормативным документам и выявлении дополнительных параметров, необходимых для более точного их определения. Методика определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещений рассмотрена в разделах 5 и 6 [2] и разделе А.3 [9]. Она состоит из 2-х этапов:

1-й этап – определение максимального возможного количества взрывопожароопасной пыли, которая может участвовать во взрыве;

2-й этап – определение избыточного давления взрыва пыли.

Задача данной методики состоит в том, чтобы на основании определенной расчетной величины избыточного давления взрыва отнести помещение, согласно таблице 1 [2], к взрывопожароопасной категории «Б» либо пожароопасной категории «В1-В4».

Проведенные расчеты по определению категорий по взрывопожарной и пожарной опасности помещений с наличием взрывопожароопасных пылей и выявил

ряд замечаний и недостатков существующей методики.

В технических нормативных правовых актах (ТНПА) [2] при рассмотрении предпосылок определения количества пыли не берется во внимание дополнительное количество пыли, выделившейся из технологических коммуникаций вследствие их негерметичности. Требования ТНПА п.п. 3.2.6, 3.2.7 и 4.2.10 [10], [11], например, для предприятий по переработке зерна определяют требования систем пневмотранспорта и технологического оборудования для исключения пыления.

Практика показывает, что исключить попадание пыли через неплотности в технологическом оборудовании и пневмотранспорте полностью невозможно, особенно, когда технологическое оборудование проработало определенный период времени и имеет износ деталей и узлов. В связи с чем п.п. 6.5, 6.6, 6.7 [2] предусматривают учет наличия отложений пыли в помещениях в период между текущими и генеральными уборками при определении ее количества, участвующей во взрыве.

Учет количества пыли, поступившей из оборудования в помещение, определяется экспериментально, но для всех типов помещений на предприятиях с наличием взрывопожароопасных пылей произвести это сложно ввиду трудоемкости данного процесса. Процесс определения усложняется, если это проектируемый объект, особенно если проектируемое технологическое оборудование не использовалось на существующих предприятиях. Следовательно, для учета негерметичности технологического оборудования и пневмотранспорта необходимо ввести параметр пыленакопления в помещениях, определяющийся количеством технологического оборудования с наличием пыли и степенью его износа.

На процесс образования первичной взрывоопасной локальной смеси влияет коэффициент пыления (K_p) – отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. В случае аварии K_p учитывается при определении массы поступившей в объем помещения пыли. В данном техническом нормативном правовом акте он зависит от дисперсности пылей (чем меньше размеры частиц, тем дольше будет существовать пылевое облако). Для дисперсности 350 мкм и более $K_p = 0,5$; для дисперсности менее 350 мкм $K_p = 1$ [2], [9].

Время осаждения пылевого облака зависит также от высоты возможного выброса. По рекомендациям С. Л. Пушенко [12], коэффициент пыления принимают равным 0,5 при высоте возможного выброса 5 м, 0,3 – при высоте выброса 3 м, 0,1 – при высоте выброса 2 м и 0,03 – при высоте выброса 1 м.

При определении расчетного избыточного давления взрыва ТНПА [2] и [9] не учитывают ряд факторов:

- возможность осевшей пыли переходить в состояние аэрозвеси и участвовать в процессе взрывного горения;
- коэффициент участия взвешенной пыли во взрыве

$$Z = 0,5F, \quad (1)$$

где F – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозвесь становится взрывобезопасной, т. е. неспособной распространять пламя;

- зольность органической пыли – т. е. содержание в частицах органической пыли несгораемых минеральных примесей;
- содержание в пыли влаги.

При определении массы пыли, перешедшей во взвешенное состояние из общей массы отложившейся пыли в помещении в период между уборками, учитывается доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации – $K_{вз}$. В отсутствие экспериментальных сведений о

величине $K_{вз}$ ее принимают равной 0,9 (т. е. практически вся масса пыли при аварийной ситуации переходит во взвешенное состояние).

Здесь необходимо отметить, что взрывы пылей почти всегда происходят в нескольких стадиях: 1 стадия – первичный взрыв локальной взрывоопасной смеси пыли; затем 2 стадия – один большой или несколько каскадных взрывов. Это объясняется тем, что первичным взрывом отложившаяся в помещении пыль переходит во взвешенное состояние и участвует в последующих взрывах. При этом не учитывается скорость воздуха, способная оторвать частицы пыли из отложившейся массы для образования первичного взрывоопасного облака. Эксперименты [12] показали, что унос пыли с поверхности начинается при скоростях воздушного потока 1–2 м/с и зависит от свойств пыли, характеристик воздушного потока, толщины слоя пыли. Для определения возможности образования последующих каскадных взрывов не учитывается импульс волны сжатия при первичном взрыве.

Наличие минеральных примесей, инертных компонентов в составе горючей пыли снижает их взрывоопасность (повышает нижний концентрационный предел распространения пламени и минимальную энергию зажигания, снижает максимальное давление взрыва и скорость его нарастания) [13] или вообще предотвращает ее.

Например, при зольности мельничной пыли 4 % нижний концентрационный предел воспламенения равен 15–20 г/м³, а при 22 % – 55–60 г/м³ [14]. Поэтому минеральную пыль рекомендуется использовать для локализации пылевых взрывов. Т. Д. Ярьсько с сотрудниками [15] исследовала влияние примеси талька (инертное вещество) на лекарственные препараты. Установлено, что с увеличением концентрации талька увеличивался нижний концентрационный предел распространения пламени горючего компонента (рисунок 3).

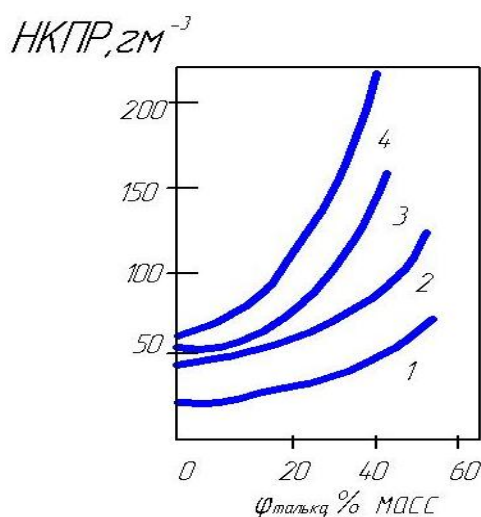


Рисунок 3 – Влияние содержания талька на нижний концентрационный предел распространения пламени смесей лекарственных препаратов с тальком:

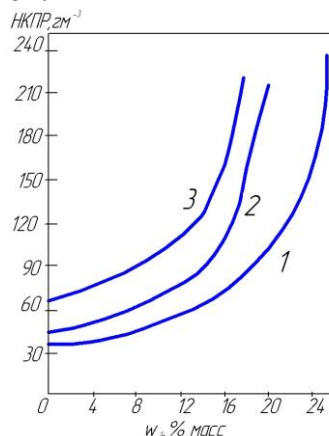
1 – уротропин; 2 – стеарат кальция; 3 – левомицетин; 4 – лактоза

Пыль с повышенным содержанием влаги требует большего количества тепла для ее испарения, в результате чего возможность воспламенения пыли снижается. Кроме того, образующийся при сгорании пыли пар мешает доступу необходимого для горения кислорода воздуха. Нижний концентрационный предел распространения пламени с увеличением влагосодержания частиц всегда повышается (рисунок 4) [13]. Например,

взрыв аэровзвеси из пшеничной муки возможен при влажности не более 18 % [14].

Согласно исследованиям Экхофа [16], скорость нарастания давления взрыва аэрозоля кукурузной муки зависит от начального влагосодержания. Проводя исследования, он установил, что с увеличением влажности пыли снижается скорость нарастания давления взрыва и при увлажнении пыли кукурузной муки до 15 % (мас.) она становится невзрывоопасной.

Рисунок 4 – Зависимость нижнего концентрационного предела распространения пламени аэрозоля от влагосодержания частиц: 1 – *n*-гидроксиксibenзойная кислота; 2 – *m*-аминобензойная кислота; 3 – норсульфазол



Таким образом, проведенные исследования и анализ конкретизировали перечень параметров пыли, требующих уточнения, выявили параметры пыли, требующие учета, и показали необходимость пересмотра нормативных документов.

Заключение

Актуальность вопросов обеспечения пожарной безопасности предприятий с наличием взрывопожароопасной пыли на данный момент времени остается на высоком уровне. Дальнейшие исследования как технологических процессов, связанных с обращением пыли, так и свойств самих пылей позволят уточнить методику, определяющую расчетное избыточное давление взрыва и, соответственно, правильно установить категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. А следовательно, позволят более точно определить перечень необходимых мероприятий по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности помещений, которые снизят экономические затраты.

Литература

- 1 О пожарной безопасности : Закон Респ. Беларусь от 15.06.1993 г. № 2403-ХП : с изм. и доп., принятыми Законами : от 03.05.1996 г. № 21, от 13.11.1997 г. № 87-3; от 11.01.2002 г. № 89-3; от 18.11.2004 г. № 338-3; от 29.06.2006 г. № 137-3; от 20.07.2006 г. № 162-3; от 14.06.2007 г. № 239-3; от 31.12.2009 г. № 114-3; от 30.11.2010 г. № 196-3. Нац. Интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2005. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 26.09.2012.
- 2 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : НПБ 5–2005. – Введ. 01.07.2006. – Минск : НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2005. – 52 с.
- 3 Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.02-92–2007 (02250). – Введ. 01.07.2008. – Минск : Стройтехнорм, 2008. – 34 с.
- 4 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.010–76. – Переизд. с изм. № 1. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.
- 5 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Область применения автоматических систем пожарной сигнализации и установок пожаротушения :

- НПБ 15–2007. – Введ. 01.03.2008. – Минск : НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2008. – 44 с.
- 6 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения : ГОСТ 12.1.044–89. – Переизд. с изм. № 1. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2006. – 99 с.
- 7 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования : ГОСТ 12.1.041–83. – Переизд. с изм. № 2. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1990. – 14 с.
- 8 Годжелло, М. Г. Взрывы промышленных пылей и их предупреждение / М. Г. Годжелло. – М. : Изд-во М-ва коммун. хоз-ва РСФСР, 1952. – 138 с.
- 9 Систем стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности : СТБ 11.05.03–2010. – Введ. 01.01.2011. – Минск : Госстандарт : НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2010. – 76 с.
- 10 Правила пожарной безопасности Республики Беларусь для предприятий переработки и хранения зерна : ППБ РБ 2.01–94. – Введ. 01.07.95. – Минск : НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 1995. – 110 с.
- 11 Правила взрывобезопасности для опасных производственных объектов Департамента по хлебопродуктам: – Введ. 10.01.2005. – Минск : ГУ НИПТИхлебопродукт Беларуси, 2004. – 74 с.
- 12 Пушенко, С. Л. Оценка взрывопожароопасности производств, связанных с выделением горючих пылей: дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 / С. Л. Пушенко. – М., 1982. – 199 л.
- 13 Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли / А. Я. Корольченко – М. : Химия, 1986. – 216 с.
- 14 Дмитрук, Е. А. Борьба с пылью на комбикормовых заводах / Е. А. Дмитрук. – М. : Агропромиздат, 1987. – 85 с.
- 15 Исследование взрывопожароопасных смесей горючих и инертных дисперсных веществ / Т. Д. Ярьсько [и др.] // Химико-фармацевт. журн. – 1981. – № 4. – С. 73–77.
- 16 Eckhoff, R. K. Natisen K. P. A. kritikal examination of the effekt of dust moisture on the rate of pressure rise in Hartmann bomb tests / R. K. Eckhoff // Fair research. – 1978. – Vol. 1. – P. 273–280.

Поступила в редакцию 09.10.2012

A. L. Buyakevich, S. N. Bobrysheva, O. L. Bobovich, A. V. Koltunchik
**THE PROBLEM OF CATEGORY IDENTIFICATION OF EXPLOSIVE
AND FIRE DANGER IN CLOSED CONFINES CONNECTED WITH
CIRCULATION OF DUST**

The paper presents the analysis of the operating technical legal acts of fire prevention standards in the Republic of Belarus, considering the problems of category identification of explosion and fire danger in closed confines with circulation of dust. The shortcomings that exist in identification methodology of overpressure calculation of explosion are revealed. The parameters for dust and for technological process that should be included into the methodology are suggested.