

В первом случае в 2005 г. для очистки камер увлажнения центральных кондиционеров был использован электрохимический метод по насыщению рециркулирующей воды для увлажнения воздуха ионами меди и серебра. При двухмесячной профилактической работе было понижено содержание легионелл в воде с 10^3 м.к. на 1 л до безопасного значения 10^1 м.к. на 1 л. В 2010 г. эксперимент был повторен на том же центральном кондиционере. Начальная степень контаминации легионеллами приблизилась к значению 10^4 м.к. на 1 л, что свидетельствует об интенсивности данного типа биозагрязнений. При двухмесячной профилактической работе по предварительно отработанной схеме было понижено содержание легионелл в воде до безопасного значения 10^1 м.к. на 1 л.

В 2010 – 2011 г.г был апробирован фильтрационный метод снижения концентраций легионелл в системах горячего (до 50°C). Фильтрационный метод показал устойчивое снижение концентраций легионелл в системах горячего до безопасного значения (менее 10^1 м.к. на 1 л). Работы в этой области продолжаются.

Гигиеническое воспитание населения является также одним из методов профилактики легионеллеза. Оно включает в себя представление населению подробной информации о легионеллезе, основных симптомах заболевания и мерах профилактики с использованием средств массовой информации, листовок, плакатов бюллетеней, проведением индивидуальной беседы с пациентом и другие средства. Данная работа выполняется, в том числе, при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Литература

1. Онищенко Г.Г., Лазикова Г.Ф., Чистякова Г.Г. и др. Эпидемиологическая характеристика вспышки легионеллеза в г. Верхняя Пышма. Журн. микробиол., 2008, 2, с. 82-85.
2. Тартаковский И.С., Гинцбург А.Л., Лазикова Г.Ф. и др. Стандарты лабораторной диагностики легионеллеза и их применение во время эпидемической вспышки пневмоний в г. Верхняя Пышма. Журн. микробиол., 2008, 2: с. 16-19.
3. Методические указания «Эпидемиологический надзор за легионеллезной инфекцией». МУ 3.1.2.2412-08.; Прозоровский С.В., Покровский В.И., Тартаковский И.С. Болезнь легионеров. М. Медицина. 1984; Legionella and the prevention of Legionellosis. WHO. 2007.
4. Систер В.Г., Тартаковский И.С., Иванникова Е.М., Цедилин А.Н., Филатов Н.Н. Экологическая и микробиологическая безопасность центральных кондиционеров в гостиницах. Журн. Пять звезд, 2011, 5, 35-36.
5. Прозоровский С.В., Покровский В.И., Тартаковский И.С. Болезнь легионеров. М. Медицина. 1984, Sabria M., Campins M. Legionnaires Disease: update on epidemiology and management options. Am.J.respir.med., 2003, 2(3): 235-243.
6. Выделение бактерий Legionella pneumophila в объектах окружающей среды: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007, 27 с.
7. Методические указания по выявлению бактерий Legionella pneumophila в объектах окружающей среды. МУК 4.2.2217.; Тартаковский И.С., Систер В.Г., Цедилин А.Н., Иванникова Е.М. и др. 2007. 30 с.

Взрывы промышленных пылей и их предупреждение

к.т.н. проф. Бондарь В.А., к.т.н. проф. Любартович В.А.
Университет машиностроения

Аннотация. Рассматривается опасность взрывов и пожаров пылевоздушных смесей в различных отраслях промышленности. Предусматриваются обязательные меры по предупреждению разрушения аппаратов, перерабатывающих пылевые среды.

Ключевые слова: взрыв, пожар, пылевоздушные смеси, защита аппаратов

от разрушения.

Взрывы пылей горючих веществ приводят к катастрофическим последствиям: человеческим жертвам и материальным потерям вследствие освобождающейся при взрыве большой энергии, заключённой в облаке пыли, образованном при разрушении аппаратов или взвихрении пыли, осевшей на оборудовании. Согласно данным Американского страхового общества, ежегодные потери от взрывов пыли составляют около 75 млн. долларов. При этом 30% относятся к взрывам пылей пищевых продуктов, 20% - пылей пластических масс, 50% приходится на деревообработку, фармацевтику, угольную отрасль, химическую промышленность, включая красители, металлообработку и некоторые другие отрасли.

Возможность пылевых взрывов и пожаров должна приниматься во внимание как установившаяся практика там, где присутствуют воспламеняющиеся пыли, и не следует выжидать до появления первоначальных признаков крупных аварий на предприятии. Обычно более экономично предусматривать риск на стадии проектирования с тем, чтобы заложить меры предосторожности при строительстве предприятия. Если меры безопасности будут применяться после завершения строительства предприятия, их стоимость может быть значительно выше.

Источниками зажигания пыли могут быть искры удара и трения, нагретые поверхности оборудования, открытое пламя, самовозгорание, разряды статического электричества, искры замыкания и размыкания электрических цепей.

Разрабатываемые методы обеспечения достаточной безопасности процессов должны быть экономически целесообразными и базироваться в первую очередь на объективности оценки взрывоопасности технологического процесса и оборудования.

Взрывопожароопасность технологического процесса оценивается только по параметрам, величина которых определяется свойствами и дисперсным состоянием перерабатываемого продукта. Так, пожарная опасность аэрогеля – двухфазной дисперсной системы с неподвижными твердыми частицами определяется температурой тления и самовоспламенения: аэрозоля – двухфазной системы с взвешенными в воздухе частицами твёрдой фазы – нижним концентрационным пределом распространения пламени и минимальной энергией зажигания.

Разрушающее действие взрыва оценивается по скорости нарастания и максимальному значению давления взрыва. Опасность образования горючей смеси продуктов разложения твердой фазы с воздухом при нагревании аэрогеля определяется температурой начала термического разложения, при которой происходит заметное выделения горючих газов и паров.

В большинстве случаев пожаровзрывоопасность технологических процессов оценивается по величине нижнего концентрационного предела распространения пламени. Величина температуры тления и самовоспламенения определяет опасность воспламенения от нагретых поверхностей. По величине минимальной энергии зажигания судят о чувствительности горючей смеси к искровому разряду статического электричества. Для всех процессов переработки горючих дисперсных материалов необходимо определять склонность их к тепловому самовозгоранию.

Предупредить взрыв горючей смеси можно за счет уменьшения содержания кислорода до величины, при которой распространение пламени становится невозможным.

При переработке горючих дисперсных веществ стараются исключить появление в горючей смеси воспламеняющего теплового источника. Температура поверхности оборудования должна быть ниже температуры тления аэрогеля. Применение конструктивных материалов, не дающих воспламеняющих искр при ударе, предотвращает вероятность воспламенения пылевоздушных смесей в аппаратах с механическими элементами: мешалками, вентиляторами, центрифугами и т.п.

Разряды статического электричества как источники воспламенения рассматриваются в связи со взрывами электризирующихся пылей.

В тех случаях, когда полностью предупредить образование пылевоздушной смеси в ап-

парате невозможно, применяют устройства, исключаяющие разрушение аппарата с помощью ослабленных элементов конструкции: мембран, клапанов и т.п.

Проходное сечение мембраны рассчитывается из соотношения:

$$F/V \geq 0,16,$$

где: F – площадь мембраны, m^2 ; V – объем аппарата, m^3 .

Взрыв пылевоздушной смеси согласно статистико-вероятностным методам, рассматривается как случайное явление, вероятность появления которого определяется произведением вероятностей двух независимых явлений: образование пылевоздушной смеси с горючей концентрацией и появление теплового источника зажигания:

$$P_3 = P_\Gamma \cdot P_{ВИ}, \quad (1)$$

где: P_3 , P_Γ и $P_{ВИ}$ – вероятности зажигания, образования горючих смесей и воспламеняющего теплового источника.

$$P_\Gamma = P(C \geq C_{НКПР}) = \int_{C_{НКПР}}^{\infty} f(C_\tau) \cdot dC, \quad (2)$$

где: C – расчётная концентрация дисперсной фазы; $C_{НКПР}$ – концентрация нижнего предела распространения пламени; $f(C_\tau)$ – плотность вероятности распределения концентрации в данный момент времени.

Для нормального закона распределения концентрации:

$$P_\Gamma = P(C \geq C_{НКПР}) = 0,5 - \Phi_0 \left(\frac{C_{НКПР} - C_\tau}{\sigma_C(\tau)} \right), \quad (3)$$

где: $\Phi_0 \left(\frac{C_{НКПР} - C_\tau}{\sigma_C(\tau)} \right)$ – табличная функция Лапласа; $\sigma_C(\tau)$ – среднее квадратичное отклонение концентрации горючего компонента в аппарате.

Трудности практического применения выражения (3) можно преодолеть, если принять:

$$P_\Gamma = f(C_{НКПР}^{-1}). \quad (4)$$

Вероятность образования воспламеняющего источника $P_{ВИ}$ должна быть определена для каждого вида источника:

$$P_{ВИ} = P_{И} \cdot P_{В/И}, \quad (5)$$

где: $P_{И}$, $P_{В/И}$ – вероятность появления теплового источника и условная вероятность воспламенения в предположении, что тепловой источник существует.

Для независимых событий: появление источника и его воспламеняющей способности (энергии):

$$P_{В/И} = P_{В},$$

где: $P_{В}$ – вероятность появления теплового источника с энергией, достаточной для воспламенения пылевоздушной смеси.

Для оборудования с механическими движущимися элементами (мельницы, смесители и т.п.) существует опасность зажигания от искр удара в случае отказа (поломки), тогда:

$$P_{И} = 1 - \exp \int_0^t \lambda(\tau) d\tau. \quad (6)$$

$P_{В}$ определяется экспериментально при испытании на зажигание от искр удара.

При переработке диэлектрических материалов искровые разряды следуют непрерывно, поэтому можно записать:

$$P_{\text{и}} = 1, 0. \quad (7)$$

Тогда:

$$P_{\text{в/и}} = P_{\text{в}} = P(W \geq W_{\text{м}}) = \int_{W_{\text{м}}}^{\infty} f(W) dW, \quad (8)$$

где: $P(W \geq W_{\text{м}})$ – вероятность появления разряда с энергией, достаточной для зажигания горючей смеси; $f(W)$ – плотность вероятности распределения величины энергии в разрядах.

Установлено, что энергия искрового разряда – случайная величина, распределённая по нормальному закону. Тогда по аналогии с (4) можно записать:

$$P_{\text{ви}} = P_{\text{в}} = f(W_{\text{м}}^{-1}), \quad (9)$$

где: $W_{\text{м}}$ – минимальная энергия зажигания пылевоздушной смеси.

В общем виде вероятность зажигания определяется выражением:

$$P_{\text{з}} = P_{\text{г}} \cdot P_{\text{и}} \cdot P_{\text{в/и}}. \quad (10)$$

Условие безопасности в этом случае запишется:

$$P_{\text{з}} \leq P_{\text{зд}}, \quad (11)$$

где: $P_{\text{зд}}$ – допустимая (предельная) вероятность зажигания.

Если (11) не соблюдается, то разрабатывают также меры защиты, которые обеспечивают выполнение условий безопасности.

Принято считать процесс безопасным, если $P_{\text{з}} \leq 3 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$, т.е. возможно одно зажигание в 33×10^5 лет. Для каждого вида теплового источника рассчитывается $P_{\text{и}}$ и $P_{\text{в/и}}$, и во всех случаях условие (11) должно соблюдаться.

С учетом (1), (4), (9) можно записать:

$$P_{\text{з}} \equiv W_{\text{м}}^{-1} \cdot C_{\text{НКПР}}^{-1}. \quad (12)$$

Исходя из характеристики технологического оборудования, можно рекомендовать комплекс защитных мер:

- уменьшение содержания окислителя в пылевоздушной смеси разбавлением её инертным газом. Непрерывный контроль содержания кислорода в оборудовании и блокировка его при увеличении кислорода на 20% от взрывоопасного.
- температура внутренних и наружных поверхностей оборудования ниже температуры тления перерабатываемого материала не менее чем на 50 °С.
- исключение образования и накопления слоя пыли внутри оборудования.
- защита аппарата от разрушения при взрыве.
- вращающиеся детали и корпус должны быть из материалов, не образующих при ударе воспламеняющих искр. Циклоны, фильтры и бункерные устройства рекомендуется устанавливать вне помещения.

Для всех технологических процессов, связанных с переработкой дисперсных материалов должна быть предусмотрена защита от статического электричества заземлением аппаратов и трубопроводов. Конструкция оборудования должна исключать самовозгорание перерабатываемого продукта.

Литература

1. Бондарь В.А., Попов Ю.П. Риск, надёжность и безопасность. Система понятий и обозначений // Безопасность труда в промышленности, № 10, 1997.
2. Калинин В.В. и др. Анализ риска в системе технического регулирования МНТ // Трубопроводный транспорт нефти. Техническое регулирование. № 5, 2005

Инновационные разработки НТЦ Техника низких температур

д.т.н. проф. Калнинь И.М.
Университет машиностроения
kalnin@msuie.ru

Аннотация. Представлены разработки НТЦ «Техника низких температур»: тепловые насосы, энергоэффективный теплонасосный дистиллятор, Свободнопоршневой двигатель-компрессор

Ключевые слова: тепловые насосы, энергоэффективность.

Научно-технический центр Техника низких температур (НТЦ ТНТ) был создан в МГУИЭ в 2007 году (приказ № 267, 05.05.2007 г.).

Специализация центра – холодильная техника, криогенная техника, низкопотенциальная энергетика. В основе этой техники лежат прямые или обратные термодинамические циклы на низкокипящих рабочих веществах.

Работы, выполняемые НТЦ, направлены на создание экономичных и экологических безопасных технических систем, обеспечивающих энергосбережение и работающих на природных рабочих веществах.

В арсенале НТЦ ТНТ десять направлений, по которым ведется работа минимально на уровне кандидатских диссертационных работ, выпускных диссертаций магистров, работ студентов-исследователей. Отдельные работы выходят на уровень договорных работ, выполняемых совместно с нашими партнерами в промышленности.

Во главе каждого направления стоят квалифицированные специалисты – преподаватели кафедры или выпускники кафедры, кандидаты технических наук, продолжающие сотрудничать с кафедрой.

Основные направления работы НТЦ:

1. Теплонасосные установки, работающие на диоксиде углерода.
2. Холодильные машины нового поколения, работающие на аммиаке.
3. Вакуумно-испарительные охладители и льдогенераторы, работающие на воде.
4. Низкотемпературные холодильные системы, работающие на воздухе.
5. Криосистемы для программного замораживания, хранения и сушки материалов.
6. Системы сжижения природного газа.
7. Теплонасосные дистилляторы, опреснители соленой воды.
8. Энергоустановки, утилизирующие низкопотенциальное и вторичное тепло.
9. Абсорбционные термотрансформаторы, работающие на водных растворах аммиака и бромистого лития.
10. Бытовые холодильные приборы, работающие на углеводородах.

Фактически эти НИР и ОКР были начаты на кафедре раньше, в 2000 – 2002 годах.

В это время проведены исследования в области создания тепловых насосов, работающих на экологически безопасном рабочем веществе – диоксиде углерода (CO₂, R744) (рисунок 1). В рамках Федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002 – 2006 г.г.» совместно с НПФ ЭКИП были разработаны, построены и исследованы первые в нашей стране тепловые насосы на R744 (рисунок 2), разработана документация на тепловой насос большой тепловой мощностью (20 МВт), получены патенты. Сейчас эти работы продолжены в направлении создания тепловых насосов на R744 мощностью не менее 100 МВт для работы в составе АЭС для крупномасштабного тепло- и водоснабжения потребителя (рисунок 3).

Совместно с ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг» создан ряд холодильных машин нового поколения, работающих на природном холодильном агенте – аммиаке (NH₃, R717), для охлаждения жидких хладоносителей. Получены патенты.

За последние пять лет НТЦ ТНТ выполнил работы на сумму более 12 млн. рублей.