

УДК 630.432

ПОЖАРООПАСНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФРИКЦИОННЫХ ИСКР. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ.

Ю.С. ИВАНОВ

С.Б. ЯНОВСКИЙ, кандидат физико-математических наук

¹ НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

² Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Беларусь

Проведен анализ проблемы фрикционного искрообразования технических материалов. Показана необходимость разработки нормативно-правовой документации, регламентирующей применение материалов по искроопасности и методам экспериментальной оценки искробезопасности материалов.

Ключевые слова: фрикционные искры, фрикционный контакт, взрывопожаробезопасность, искробезопасность, испытательная установка, моделирование

Введение. Фрикционные частицы, образующиеся в результате относительно перемещения двух контактирующих поверхностей, в зависимости от их дисперсности, начальной температуры, наличия окислителя и других факторов могут разогреваться до температуры видимого свечения. Такие частицы принято называть фрикционными искрами.

Фрикционные искры являются одним из распространенных источников зажигания взрывоопасных сред. Анализ пожаров и взрывов показывает, что приблизительно в 25% случаев их источником являются фрикционные искры. Таким образом, разработка новых и уточнение существующих экспериментальных методов и расчетных методик оценки искробезопасности материалов является актуальной.

Анализ технических требований, предъявляемых к материалам по фрикционной искроопасности. Вопросом разработки стандартов для эксплуатации неэлектрического оборудования в условиях потенциально взрывопожароопасных газовоздушных, паровоздушных и пылегазовых атмосферах придается чрезвычайно высокое внимание.

Европейский Союз финансирует в рамках директивы 100а-94/9/ЕС Европейского парламента и Совета от 23 марта 1994 г. относительно сближения законодательств государств-членов, касающихся приборов и защитных систем для при-

менения в потенциально взрывоопасных атмосферах (ATEX) [1], и директивы по химическим агентам (CAD) [2] исследования по разработке критериев и методов оценки рисков возгорания от механических источников. Эти исследования ложатся в основу улучшения и модификации приложений к ряду европейских стандартов.

Аналогичные исследования проводятся в Великобритании в рамках директивы "Регламент по опасным веществам и взрывоопасным атмосферам" (DSEAR) [3].

Несмотря на большое число экспериментальных работ, посвященных изучению поджигающей способности частиц, образующихся при трении и соударении, вопрос фрикционного искрообразования изучен далеко не полно. Сложность процесса искрообразования и его зависимость от большого числа факторов, одновременно имеющих место при проведении экспериментов, часто приводит, к противоречивым результатам, вследствие чего в настоящее время еще не выработаны единые принципы и методы оценки искробезопасности материалов.

Отсутствие единой теории механизма фрикционного зажигания горючих смесей обуславливает наличие большого объема разноречивых данных по поджигающей способности фрикционных искр, что в свою очередь приводит к необоснованным требованиям к обеспечению фрикционной безопасности в регламентирующих документах. Требования, не учитывающие реальной опасности фрикционных искр, вызывают неоправданные материальные и трудовые затраты. В действующих нормативных документах отсутствует классификация материалов по искроопасности по отношению к различным взрывоопасным смесям, а также отсутствует однозначное определение искроопасности материала. Существующие нормативные документы имеют в основном рекомендательный характер и не дают ссылки на стандартизированный метод испытаний. В связи с этим необходимо привести требования нормативных документов к единым научно-обоснованным рекомендациям.

Расчетная методика определения пожарной опасности фрикционных искр. Анализ существующих стандартов показывает, что приведенные в них методики по определению пожароопасных параметров от механических источников зажигания далеки от совершенства, поскольку в основе их лежат неадекватные реальным процессам физико-механические модели. Так, например, в настоящий момент имеется только одна расчетная методика определения пожарной опасности фрикционных искр, приведенная в [4]. Эта методика не содержит расчета начальной температуры фрикционных искр в зависимости от теплофизических и механических свойств материалов фрикционной пары и динамического режима их взаимодействия. В действующей методике приводятся приближенные зависимости для коэффициента теплоотдачи, не учитывающие особенности конвективного теплообмена при движении частицы в горючей смеси. Предложенный в методике способ определения времени зажигания горючей смеси графическим методом дает погрешности, достигающие сотен процентов.

Вследствие изложенного возникла необходимость уточнения действующей методики, на основании детального анализа механических и теплофизических процессов в зоне фрикционного контакта, определяющих начальную температуру фрикционных искр. Необходимо также установить аналитическую зависимость температуры искры от времени при ее охлаждении в газовой смеси и определить время задержки воспламенения смеси в зависимости от ее параметров.

Анализ состояния вопроса об испытаниях веществ и материалов на искробезопасность. Процессы искрообразования, обуславливающие зажигающую способность фрикционных искр в значительной степени определяют режимы трения и соударения. Поэтому процессы искрообразования и зажигания горючих парогазовых смесей проводятся на установках, в которых моделируются реально существующие в технологических процессах условия трения и соударения.

Большинство процессов искрообразования можно моделировать на установках двух типов: копровых и с вращающимися элементами. В первых установках обычно воспроизводятся процессы искрообразования, имеющие место при свободном палении груза на неподвижные детали, во вторых установках имитируются процессы искрообразования, имеющие место при трении, скользящих ударах, шлифовании и подобных операциях.

На установках такого типа определение воспламеняющей способности фрикционных искр производится статистическим методом. Вероятность воспламенения определяется как отношение количества поджиганий к количеству соударения.

При детерминированном методе определения искроопасности проводится оценка минимальной энергии зажигания горючей смеси в сравнении с энергией механической искры.

Фрикционные искры, образующиеся при трении и ударе, имеют определенное рассеивание по дисперсности, начальной температуре, химическому составу и скорости перемещения. Кроме того, в экспериментах имеет место разброс механических факторов и состояния газовой среды. В каждом конкретном опыте невозможно учесть все эти величины, что, в конечном счете, определяет вероятностную картину зажигания горючих смесей. Очевидно, чем меньше вероятность воспламенения, тем реже возникают условия при данном режиме трения и соударения, при котором образуются фрикционные частицы, способные выделить в элементарный объем горючей смеси энергию, превышающую минимальную энергию зажигания данной горючей смеси.

Ряд детерминированных методов определения искроопасности основан на определении минимального времени задержки воспламенения горючих смесей от фрикционных искр [5,6]. Время задержки определяется по кинограммам процесса искрообразования и зажигания горючих смесей.

В настоящее время определение воспламеняющей способности фрикционных искр производится в основном статистическими экспериментальными метода-

ми [7-15]. На основании полученных при различных режимах трения и соударения результатов испытаний оценивается безопасность применения материалов для различных узлов механического оборудования, конструкций, инструментов. Наиболее важным вопросом является определение предельной вероятности зажигания $P_{пред}$, начиная с которой материал принимается искробезопасным.

Статистические методы оценки пожароопасности фрикционного искрения основаны на определении зависимости между основным фактором, определяющим воспламенение и вероятностью воспламенения. Однако до сих пор окончательно не выяснен вопрос, как происходит воспламенение горючей смеси от фрикционных искр при динамическом контакте материалов. Не установлен вид функционала, определяющий физическую модель фрикционного воспламенения. С этой целью необходимо дополнить экспериментальные методы расчетными методиками, основанными на теоретических исследованиях процесса воспламенения горючих смесей фрикционными искрами.

Некоторые экспериментальные данные по зажиганию горючих смесей фрикционными искрами. Анализ существующих экспериментальных устройств для испытания на искробезопасность материалов при их работе в разных взрывоопасных атмосферах показал, что наиболее надежным и универсальным является устройство, в котором одним из элементов фрикционной пары является вращающийся диск со срезанными сегментами, что позволяет объединять в одном эксперименте режимы трения и соударения. Однако и он требует модернизации, заключающейся в создании условий исследования не только газо-, но и паровоздушных и пылевоздушных смесей.

Анализ экспериментальных данных по зажиганию горючих смесей фрикционными искрами показывает, что несмотря на достаточно обширный имеющийся материал, до сих пор отсутствует надежная единая классификация материалов по степени их искробезопасности. Не исследован на искробезопасность ряд новых материалов, применяемых в различных областях.

Вывод. Для выработки рекомендаций по разработке нормативно-правовой документации, регламентирующей применение материалов по искроопасности и методам экспериментальной оценки искробезопасности материалов существует необходимость физико-математического моделирования тепловых потоков и расчет пространственно-временной зависимости температуры в зоне фрикционного контакта или поверхности соударения.

Построенные адекватные физико-математические модели позволят разработать надежные критерии и методы оценки возгорания парогазовых смесей от механических источников и являются основой для создания новых стандартов по пожаробезопасности в РБ, полностью гармонизированных с международными стандартами.

Литература

1. Directive for Equipment and Protection Devices on explosion Hazardous Areas (ATEX).
2. Chemical Agents Directive 98/24/EC
3. Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002.
4. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.
5. Монюшко В.Н. Количественная оценка взрывоопасности фрикционных искр. //Безопасность труда в промышленности, 1983, №12. - С.37-38.
6. Федосеев В.А., Леонова Л.Ю., Курятников В.В., Статина Л.А. Условия поджигания металлами, диспергированным фрикционным способом, взрывоопасных паровоздушных смесей.- Физика аэродисперсных систем, вып. 22. Киев. Вища школа, 1982, с 29-44.
7. Методы исследования искробезопасности материалов // Ю.Н. Шебеко, В.Ю. Навценя, А.К. Костюхин и др. // Пожаровзрывобезопасность.-2000.- №1.- С. 18-27.
8. Взрывобезопасность электрических разрядов и фрикционных искр // В.А. Бондарь, В.Н. Веревкин, А.И. Гескин и др.// - М.: Недра, 1976.
9. Гескин С.С. Исследование процесса поджигания взрывоопасных парогвоздушных смесей нагретыми при трении и ударах телами и выбор конструкционных материалов для подвижных узлов взрывозащищенного электрооборудования. // В кн.: Взрывобезопасное электрооборудование. - М.: Энергия, 1971. - С.31-35.
10. Powell F. Ignition of Gases and Vapors. //Industrial and Engineering Chemistry, 1969, №12, vol. 61.-PP.29-37.
12. Гескин С.С. Стрижевский И.И. Поджигание горючих смесей при одиночных ударах и моделирование процесса искрообразования. // Безопасность труда в промышленности, 1968, №4. -С.49-51.
13. Гескин С.С. Исследование процесса поджигания взрывоопасных парогвоздушных смесей нагретыми при трении и ударах телами и выбор конструкционных материалов для подвижных узлов взрывозащищенного электрооборудования. // В кн.: Взрывобезопасное электрооборудование. - М.: Энергия, 1971. - С.31-35.
14. Экспериментальное исследование искробезопасности материалов в различных взрывоопасных средах// Ю.Н. Шебеко, В.Ю. Навценя и др. // Пожаровзрывобезопасность.-2001.- №4.- С. 47-50.
15. Обоснование проекта изменений и дополнений в действующую НД //А.А. Гудков// Безопасность труда в промышленности, 1997, №8. - С.47-50.

J.Ivanov, S.Janovskij Fire-hazard parameters of frictional sparks. Research methods. The basic problems

The analysis of frictional spark formation of technical materials is given. The necessity of development of the legislative documentation, regulating application of materials for spark formation and the methods of experimental estimation of materials spark formation is shown.