

3
И 20

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

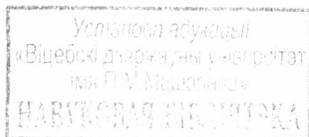
Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь
Государственное учреждение образования
«Командно-инженерный институт»

На правах рукописи
УДК 621.891

ИВАНОВ Юрий Сергеевич

**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ФРИКЦИОННЫХ ИСКР,
ИНИЦИИРОВАННЫХ ВСЛЕДСТВИЕ ТРЕНИЯ И УДАРА**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность
(промышленность)»



Минск-2007

38. 86 0031 ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

И20

Работа выполнена в Государственном учреждении образования «Командно-инженерный институт» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук,
Колпашиков Виктор Леонидович
Государственное научное учреждение
«Институт тепло- и массообмена
им. А.В. Лыкова» Национальной академии
наук Беларуси, сектор огне- теплозащиты
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Потеха Валентин Леонидович
Гродненский государственный университет
им. Я.Купалы;
доктор физико-математических наук,
Добрего Кирилл Викторович
Государственное научное учреждение
«Институт тепло- и массообмена
им. А.В. Лыкова» Национальной академии
наук Беларуси, лаборатория химической
физики.

Оппонирующая организация:

Белорусский национальный технический университет

Защита состоится 30 ноября 2007 г. В 14.00 часов на заседании совета по защите диссертаций К 11.01.01 при Государственном учреждении образования «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь по адресу: 220118, г.Минск, ул. Машиностроителей, 25, зал заседаний ученого совета, телефон ученого секретаря: 345-33-54

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного учреждения образования «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь.

Автореферат разослан 29 октября 2007

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент



А.С. Дмитриченко

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Анализ случаев пожаров и взрывов на промышленных предприятиях показывает, что приблизительно в 25 % их причиной являются фрикционные искры, которые представляют один из распространенных источников зажигания взрывоопасных сред.

В настоящее время существует большой объем разноречивых данных по поджигающей способности фрикционных искр, что, в свою очередь, приводит к необоснованным требованиям по обеспечению фрикционной безопасности технологических процессов. Требования, не учитывающие реальной опасности фрикционных искр, вызывают неоправданные материальные и трудовые затраты. В действующих нормативных документах отсутствуют критерии оценки пожароопасности фрикционных искр и стандартные расчетные и экспериментальные методы определения искробезопасности технологических процессов. Приведенные в стандартах методики носят в основном рекомендательный характер.

Таким образом, разработка новых и уточнение существующих экспериментальных методов и расчетных методик оценки искробезопасности материалов, разработка стандартов для эксплуатации технологического оборудования и инструментов в условиях потенциально взрывопожароопасных газовоздушных, паровоздушных и пылегазовых атмосферах является актуальной задачей.

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Результаты диссертационной работы получены в ходе выполнения задания «Разработать методы оценки фрикционного искрообразования материалов для нормирования их применения во взрывопожароопасных зонах» Государственной научно-технической программы «Защита от чрезвычайных ситуаций» (№ госрегистрации 20052940).

Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка надежных критериев и методов оценки опасности возгорания потенциально взрывопожароопасных газо- и паровоздушных сред от фрикционных искр, образующихся в различных технологических процессах, и выработка предложений по изменению действующей нормативно-технической документации.

Для достижения поставленной цели в ходе исследования решались следующие задачи:

1. Разработка математической модели процесса фрикционного искрообразования и на ее базе расчетного метода определения зажигающей способности фрикционных искр.
2. Разработка испытательной установки и экспериментального метода для оценки искробезопасности твердых материалов и определения параметров фрикционных искр, возникающих в различных технологических процессах.



ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

3. Разработка методики оценки пожароопасности технологических процессов, сопровождающихся искрообразованием вследствие трения и удара.

Положения, выносимые на защиту

1. Критерии оценки опасности возгорания газо- и паровоздушных смесей, разработанные на основе математического моделирования процессов фрикционного искрообразования.

2. Методика определения пожарной опасности одиночной фрикционной искры, учитывающая теплофизические, геометрические и гидродинамические параметры раскаленной частицы и горючей среды.

3. Методика экспериментального определения вероятности зажигания газо- и паровоздушных смесей, учитывающая параметры технологических процессов, сопровождающихся искрообразованием вследствие трения и удара, и экспериментальный стенд, реализующий данную методику.

4. Методика оценки уровня пожароопасности искрообразующих технологических процессов, основанная на анализе теплофизических, геометрических и гидродинамических параметров фрикционных пар и горючих сред и результатах экспериментальных исследований, позволяющая выработать профилактические мероприятия по ограничению применения искроопасных материалов в технологических процессах.

Личный вклад соискателя

Все результаты и положения, выносимые на защиту, получены лично автором. Научный руководитель принимал участие в постановке задач, определении возможных путей их решения, предварительном анализе и обсуждении результатов теоретических и практических исследований, проведенных автором самостоятельно. В публикациях с соавтором вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертационной работе результатов.

Апробация материалов диссертации

Результаты проведенных исследований докладывались автором на II, III и IV Международных научно-практических конференциях «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (Минск, 2003 г., 2005 г., 2007 г.), XIX Международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений» (Москва, 2005 г.), Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации» (Гомель, 2006 г.), XX Международной научно-практической конференции «Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах» (Москва, 2007 г.)

Опубликованность результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 12 работ, из них 5 (1,85 авторского листа) соответствуют п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь и 7 (0,95 авторского листа) – материалы научных конференций.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов и приложений. Работа изложена на 116 страницах, содержит 27 рисунков, 9 таблиц, 6 приложений на 45 страницах, список литературы из 103 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен аналитический обзор литературы по проблеме фрикционного искрообразования.

Анализ существующих стандартов показывает, что определение воспламеняющей способности фрикционных искр проводится расчетным и статистическим методами.

При расчетном методе (ГОСТ 12.1.004-91) определяется время остывания фрикционной искры от температуры плавления до температуры самовоспламенения горючей смеси и количество теплоты, передаваемое горючей среде за это время. При этом используются приближенные соотношения для коэффициента теплоотдачи, не учитывающие его зависимость от температуры, особенности конвективного теплообмена при движении частицы в горючей смеси и теплофизические свойства среды. Предложенный способ определения времени зажигания горючей смеси с помощью определения критерия Фурье графическим методом дает существенные погрешности. Помимо этого в расчетном методе не указаны предельные значения времени остывания искры и количество переданной от нее энергии, по которым можно делать вывод о пожароопасности искры по отношению к данной горючей среде. Отсутствие критериев оценки пожароопасности фрикционных искр делает невозможным использование расчетной методики на практике.

Экспериментальное определение воспламеняющей способности фрикционных искр проводится статистическими методами, основанными на определении вероятности воспламенения горючей смеси. При этом в стандартах отсутствует предельное значение вероятности, на основании которого делается вывод о пожароопасности фрикционных искр. Фрикционные искры в существующих экспериментальных стендах, как правило, генерируются за счет процессов удара (установки копрового типа) либо трения (установки с вращающимся диском). Во ВНИИПО МЧС РФ разработана установка, в которой за счет применения диска со срезанными сегментами объединяются режимы трения и соударения. Экспериментальные стенды в настоящее время не стандартизированы, так как не позволяют создать условия, адекватные реальным технологическим процессам, и исследовать широкий спектр применяемых в них фрикционных материалов и горючих смесей.

На основании проведенного анализа обоснованы основные задачи и направления исследований.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

трения фрикционных частиц. Показано, что размер фрикционных частиц зависит от материала фрикционной пары и не превышает $0,5 \times 10^{-3}$ м [4–6].

1.4 Из решения уравнения теплопроводности для неограниченной пластины определена средняя температура поверхности в зоне фрикционного взаимодействия диска и пластины. Установлено, что источником зажигания в процессе проведения эксперимента является не разогретая поверхность пластины, а фрикционная искра. Результаты расчета подтверждены экспериментальными исследованиями [5, 6].

1.5 Теоретически решена задача и разработаны критерии оценки зажигающей способности одиночной фрикционной искры. Данная способность определяется путем расчета энергии, которую движущаяся частица отдает горючей смеси за время перемещения на расстояние, сравнимое с радиусом газового шарового слоя. Условием зажигания является превышение рассчитанной энергии над минимальной энергией зажигания горючей смеси [4].

1.6 Разработана методика оценки пожарной безопасности технологических процессов, сопровождающихся выделением механических искр. Показано, что основными параметрами, определяющими пожарную безопасность технологического процесса, являются материал элементов фрикционной пары, скорость фрикционного взаимодействия и минимальная энергия зажигания горючей смеси. Методика положена в основу СТБ 11.05.04-2007 «Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы контроля фрикционной искробезопасности» и позволяет выработать профилактические мероприятия по ограничению применения искроопасных материалов в технологических процессах [4, 9–12].

2. Рекомендации по практическому использованию результатов

2.1 Разработанный экспериментальный стенд для оценки искробезопасности твердых материалов и методика проведения испытаний внедрены в Научно-исследовательском институте пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь и используются при проведении сертификационных испытаний по определению искробезопасности фрикционных пар (Аттестат аккредитации ВУ № 112 02.1.0.0042).

2.2 Результаты диссертационных исследований использованы при разработке СТБ 11.05.04-2007 «Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы контроля фрикционной искробезопасности» (Постановление Госстандарта Республики Беларусь от 28.06.2007 № 35).

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Иванов, Ю.С. Пожарная опасность фрикционных искр и методы ее определения // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2004. – №5(15). С.56 – 64.
2. Иванов, Ю.С. Метод экспериментальной оценки пожарной опасности фрикционных искр // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2004. – № 6(16). С.47 – 53.
3. Иванов, Ю.С. Моделирование тепловых полей, возникающих в зоне фрикционного контакта // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2004. – № 8(18). С.43 – 47.
4. Ivanov, J.S. Fiziko-matematyczny model procesu iskrzenia ciernego // Bezpieczenstwo I Technika Pożarnicza. – 2007. – №2. S. 57 – 65.
5. Иванов, Ю.С., Колпащиков, В.Л., Шнип, А.И., Яновский, С.Ю. Моделирование процесса искрообразования на установке с вращающимися ударными элементами // Тепло- и массоперенос – 2007. Минск: «ИТМО им. А.В.Лыкова» НАНБ, 2007. С.301 – 308.
6. Иванов, Ю.С., Колпащиков, В.Л. Яновский С.Ю. Исследование процессов теплообмена в зоне фрикционного контакта для определения пожарной опасности фрикционных искр // Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», Минск, 2007г., С.136 – 149.
7. Иванов, Ю.С., Лушик, А.П. Исследование искроопасности веществ и материалов. // Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», Минск, 23 – 25 июля 2003г., Ч1., С.195 – 196.
8. Иванов, Ю.С. Определение пожарной опасности фрикционных искр // Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», Минск, 2005г., Т1., С.261 – 264.
9. Иванов, Ю.С., Колпащиков, В.Л., Яновский, С.Ю. Определение пожарной опасности фрикционных искр. Развитие методики определения пожароопасных параметров. // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений», Москва, 2005г., С.156 – 158.
10. Иванов, Ю.С. О необходимости внесения изменений в действующую нормативную документацию в части определения фрикционной искроопасности веществ и материалов. // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации», Гомель, 2006, С.121 – 122.
11. Иванов Ю.С., Колпащиков, В.Л. Уровень пожарной безопасности технологических процессов, сопровождаемых операциями, способными инициировать

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

фрикционные искры // Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», Минск, 2007г., Т2., С.70 – 72.

12. Иванов, Ю.С., Определение уровня пожарной безопасности технологических процессов, сопровождаемых операциями, способными инициировать фрикционные искры // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах», Москва, 2007г., С.42 – 44

13. Реакционный сосуд устройства для испытания твердых материалов на искрообразование: пат.3617 Респ. Беларусь, МПК (2006) G01 N 3/60, A62C 3/00/ А.Н. Кудряшов, А.П. Лущик, Ю.С. Иванов, А.С. Климович. И.М. Стрижак; заявитель НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси. – № u 20060788; заявл. 24.11.2006; опубл. 30.06.2007// Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – С.227.

14. Устройство для испытания твердых материалов на искрообразование: пат.3629 Респ. Беларусь, МПК (2006) G01 N 3/60, A62C 3/00/ А.Н. Кудряшов, А.П. Лущик, Ю.С. Иванов, А.С. Климович. И.М. Стрижак; заявитель НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси. – № u 20060779; заявл. 20.11.2006; опубл. 30.06.2007// Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – С.226.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

РЕЗЮМЕ

Иванов Юрий Сергеевич

Пожарная безопасность технологических процессов при возникновении фрикционных искр, инициированных вследствие трения и удара

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

Объектом исследования являются технологические процессы, реализуемые на предприятиях со взрывопожароопасным производством.

Предметом исследования являются искры, инициируемые фрикционным контактом твердых материалов, изделий и оборудования, способных являться источником зажигания взрывоопасных смесей газов и (или) паров с воздухом.

Целью работы является разработка научнообоснованных критериев и методов оценки опасности возгорания потенциально взрывопожароопасных газо- и паровоздушных сред от фрикционных искр, образующихся в различных технологических процессах, и разработка предложений по изменению в действующую нормативную документацию.

Методы исследования. В диссертационной работе применяется формирующий эксперимент и математическо-статистическая обработка экспериментальных данных.

Полученные результаты. Разработан экспериментальный стенд, позволяющий осуществлять оценку искроопасности твердых материалов при различных видах фрикционного контакта, соответствующих реальным технологическим процессам, и экспериментально обосновано значение предельной вероятности зажигания потенциально опасной смеси. Теоретически рассчитаны и экспериментально подтверждены механические и геометрические параметры фрикционных искр. Теоретически решена задача по определению зажигающей способности одиночной фрикционной искры с учетом поправки на возможность зажигания горючей смеси не от фрикционных искр, а от разогретой поверхности. Данная способность определяется путем сравнения энергии, которую движущаяся частица отдает горючей смеси за время перемещения на расстояние, сравнимое с радиусом газового шарового слоя, с минимальной энергией зажигания горючей смеси. Разработана методика оценки пожарной безопасности технологических процессов, сопровождающихся выделением механических искр.

Степень использования. Результаты исследований использованы при разработке СТБ 11.05.04-2007 «Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы контроля фрикционной искробезопасности», применяемом в НИИ ПБ и ЧС при проведении сертификационных испытаний по определению искробезопасности фрикционных пар.

Область применения. Пожарная и промышленная безопасность, пожарная профилактика, прогнозирование и мониторинг чрезвычайных ситуаций.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

РЭЗИЮМЭ

Иваноў Юрий Сяргеевич

Пажарная бяспечнасць тэхналагічных працэсаў пры ўзнікненні фрыкцыйных іскр, ініцыраваных у выніку трэння і ўдару.

Ключавыя словы: фрыкцыйныя іскры, фрыкцыйны кантакт, іскрабяспечнасць, выпрабавальная ўстаноўка, мадэліраванне.

Аб'ектам даследвання з'яўляюцца тэхналагічныя працэсы, рэалізуюцца на прадпрыемствах з выбуховапажаранебяспечнай вытворчасцю.

Прадметам даследвання з'яўляюцца іскры, ініцыраваныя фрыкцыйным кантактам цвёрдых матэрыялаў, вырабаў і абсталявання, здольных з'яўляцца крыніцай запальвання выбухованебяспечных сумесей газаяў і (альбо) параў з паветрам.

Мэтай работы з'яўляецца разпрацоўка навуковаабаснаваных крытэрыяў і метадаў адзнакі небяспекі ўзгарання патэнцыяльна выбухова-пажаранебяспечных газа- і пара-паветраных асяродзяў ад фрыкцыйных іскр, узнікаючых у розных тэхналагічных працэсах, і разпрацоўка прамоў па змяненню ў дзеючую нарматыўную дакументацыю.

Метады даследвання. У дысертацыйнай рабоце прымяняецца фарміруючы эксперымент і матэматычна-статыстычная апрацоўка эксперыментальных дадзеных.

Атрыманая вынікі. Разпрацаваны эксперыментальны стэнд, дазваляючы ажыццяўляць адзнаку іскранебяспечнасці цвёрдых матэрыялаў пры розных відах фрыкцыйнага кантакту, адпаведных сапраўдным тэхналагічным працэсам, і эксперыментальна абаснавана значэнне гранічнай верагоднасці запальвання патэнцыяльна небяспечнай сумясі. Тэарэтычна падлічаны і эксперыментальна падцвержаны механічныя і геаметрычныя параметры фрыкцыйных іскр. Тэарэтычна вырашэна задача па вызначэнню запальваючай здольнасці адзіночнай фрыкцыйнай іскры з улікам папраўкі на магчымасць зажыгання гаручай сумясі не ад фрыкцыйных іскр, а ад загагрэтай павехні. Гэтая здольнасць вызначаецца шляхам параўнання энэргіі, якую двіжучуюся часцінка аддае гаручай сумясі за час перамяшчэння на растаянне, параўнальнае з радыусам газавога шаравога слою, з мінімальнай энэргіяй запальвання гаручай сумясі. Разпрацавана метадыка адзнакі пажарнай бяспечнасці тэхналагічных працэсаў, суправаджаючыхся выдзяленнем механічных іскр.

Ступень выкарыстання. Вынікі даследванняў выкарыстаны пры разпрацоўке СТБ 11.05.04-2007 «Сістэма стандартаў пажарнай бяспекі. Пажарная бяспечнасць тэхналагічных працэсаў. Метады кантролю фрыкцыйнай іскрабяспечнасці», прымяняемай у НДІ ПБ І НС пры правядзенні сэртыфікацыйных выпрабаванняў па вызначэнню іскрабяспечнасці фрыкцыйных пар.

Вобласць выкарыстання. Пажарная і прамысловая бяспека, пажарная прафілактыка, прагназаванне і маніторынг надзвычайных сітуацый.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

SUMMARY

Yuri S. Ivanov

Fire Protection of Technological processes at occurrence of friction sparkles, induced as a result of friction or direct hit.

Key words: friction sparkles, friction contact, sparkle protection, testing facility, and modeling.

Research object is a technological process which takes place on the plants production line that uses potentially explosive substances.

Research subject is a sparkle induced by a friction contact with the solid materials, samples and equipment that can be a potential source to ignite the explosive gas composition if oxygen becomes accessible.

The purpose of work is to develop the research criteria, to measure the alert level for the ignition of explosive gas and gas-steam mixture from friction sparkles which take place in various processes and to circle necessary changes in the documentation of the existing normative process.

Research methods. Statistical analyses of experiment and forming experiment method are used in this research.

Obtained results. The testing facility capable to measure the sparkle capacity of solid materials at various friction contacts should correspond to the real technological processes. The value of finite probability of ignition of gas mixture was experimentally measured. The task to determine sparkle capability of burning mixture accounting the probability to ignite from hot surface but not from friction sparkles was completed. This is determined by comparison of the energy transfer from the hot particle to a hot mixture. The time counted is given for a particle to move at the distances that can be compared to the radius of circle gas layer when igniting mixture energy is minimal. The evaluation methodology of the fire protection of the technological processes capable to cause the mechanical sparkles was developed.

Application extent. The results were applied to STB 11.05.04-2007 "System of standarts for fire safety. Fire safety of technological processes. Control methods of frictional spark-safety" used at RIFS when conducting the certification testing to measure the sparkle protection of the friction surfaces.

Field of application. Fire industrial protection, preventive maintenance, forecast and monitoring of accidents.

