

РАЗГИЛЬДЖЕВ Г.И.

БАРАНОВ С.Д.

ДОРЯКОВ Э.А.

Кузбасский политехнический институт

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ПЛАМЕНИ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ ДЛЯ ОБЕЗПЕЧЕНИЯ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Резюме. В работе рассматривается возможность создания специального вида взрывозащиты применительно к рудничному электрооборудованию, основанного на диссипативных свойствах пламени горючих газов при горении его в узкой щели, образованной параллельными или концентрическими поверхностями. Приводится описание экспериментальной установки и методика проведения экспериментов по определению рационального размера щели.

Применяемый для рудничного электрооборудования (РЭО) принцип обеспечения взрывозащиты (ВЗ) основан на локализации взрыва внутри оболочки.

Выполненное на основе данного принципа РЭО кроме известных положительных качеств обладает большой массой, требует значительных трудозатрат и расхода дефицитных материалов при его изготовлении.

Углубление горных работ на шахтах сопровождается увеличением выделения не только газа метана, но и гомологов насыщенных углеводородов, в связи с чем нормы проектирования РЭО, рассчитанного на рудничный метан, оказываются непригодными.

В связи с этим интерес представляет поиск новых принципов обеспечения взрывозащиты РЭО, которые смогут существенно повысить его безопасные свойства. Один из этих принципов состоит в использовании диссипативных свойств при горении газа в узкой щели.

Эффект гашения ядра пламени взрывоопасной смеси, возбужденного электрической искрой, был установлен Д.Морганом в 1923г., а идея минимального ядра была сформулирована еще раньше в 1920г. Уиллером. Затем Б.Льюис и Г.Эльбе доказали [1], что при определенном расстоянии между электродами, образующими щелевой зазор, взрывоопасная смесь не воспламеняется при любой энергии искры. Размер щели, при котором в ней невозможно воспламенить смесь, получил название минимального (критического) расстояния

пламягашения (КРП). Эти расстояния определены для многих газовых смесей и по данным [2] приведены в таблице, из которой видно, что размеры КРП в 1,8 - 1,9 раза больше безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ), являющегося критерием разделения взрывоопасных смесей на категории по ГОСТ 12.1.011-78.

Таблица 1

Наименование горючего вещества	Категория по ГОСТ 12.1.011-78	Минимальная энергия поджигания мДж	БЭМЗ по ГОСТ 12.1.011-78	КРП, мм
1. Метан (СН ₄) рудничный	I	0,28	1,14	2,06
2. Этан (С ₂ Н ₆)	IIA	0,26	0,91	1,78
3. Пропан (С ₃ Н ₈)	IIA	0,25	0,92	1,78
4. Бутан (С ₄ Н ₁₀)	IIA	0,24	0,98	1,78
5. Пентан (С ₅ Н ₁₂)	IIA	0,24	0,93	1,78
6. Гексан (С ₆ Н ₁₄)	IIA	0,32	0,93	1,78
7. Гептан (С ₇ Н ₁₆)	IIA	0,22	0,91	1,78
8. Водород (Н ₂)	IIC	0,013	0,29	0,55

Впервые свойства невозможности поджигания и распространения пламени взрывоопасных смесей в узких зазорах (диссипация или затухание горения) для обеспечения взрывоопасности при замыкании цепей с большой силой тока в виде фланцев на контактах, выполненных из изоляционного материала, было применено А.Г.Ихно [3].

Нами было предложено [4] использовать свойства диссипации пламени для обеспечения взрывозащиты РЭО. Суть предложения состоит в том, что если свободный объем внутри РЭО выполнить в виде щелей между плоскими или концентрическими поверхностями, расстояние между которыми меньше КРП, приведенных в таблице, то воспламенение смеси в этих щелях становится невозможным ни при каких энергиях поджигания.

Была проведена экспериментальная проверка этого предложения. Результаты эксперимента подтвердили возможность применения данного принципа обеспечения взрывозащиты рудничного электрооборудования. На основе экспериментальных данных было изготовлено 20 штук взрывозащищенных электродвигателей (ЭД) для категории смеси IIA путем трансформации общепромышленных ЭД 4А160М4.

Лабораторные испытания показали, что средства взрывозащиты опытных ЭД обладают свойством неповреждаемости и имеют отказные признаки, т.е. повреждение взрывозащиты приводит к нарушению работоспособности ЭД, а поэтому обнаруживаются сразу же после возникновения. Воспламенить взрывоопасную смесь в зазорах, образованных плоскими и подвижными соединениями, не удалось ни при каких условиях поджигания.

Опытная партия ЭД успешно прошла промышленные испытания на предприятиях со средой категории ПА.

Однако при реализации этого принципа обеспечения ВЗ встречаются трудности, главным образом технологического свойства. Так, для гомологов, которые могут выделяться из угольных пластов глубоких шахт, эти расстояния меньше, чем для газа метана и их трудно выполнить в конструкциях ГЭО. Выход может быть найден в изучении процессов горения смеси в щелях, размеры которых больше КРП.

Особенность горения смеси в щели между параллельными или концентрическими поверхностями состоит в том, что за счет пограничного слоя (рис.1), возникающего на границе фронта пламени, смесь сгорает не полностью, а только частично. Это обуславливается интенсивным теплоотводом на границе "пламя-стенка" и ведет к снижению давления в щели.

Очевидно, что пограничный слой, пропорциональный нормальной скорости горения и коэффициенту теплопроводности, может оказывать влияние на величину давления для таких щелей, в которых его размер соизмерим с шириной фронта пламени. Граничные параметры щелевого пространства, при котором пограничный слой еще влияет на величину давления взрыва, следует считать рациональным.

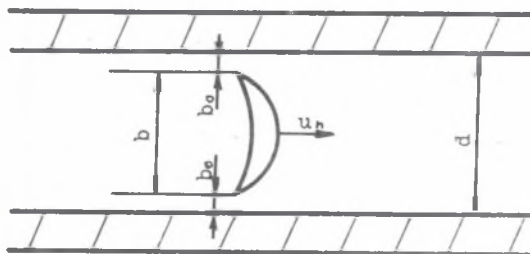


Рис.1. Схема горения пламени в зазоре (Щели) между параллельными плоскостями
 b – ширина фронта пламени; b_0 – ширина пограничного слоя; d – ширина щели;
 u_n – нормальная скорость распространения пламени

Fig. 1. System for testing a gas flame in a slot between two parallel planes

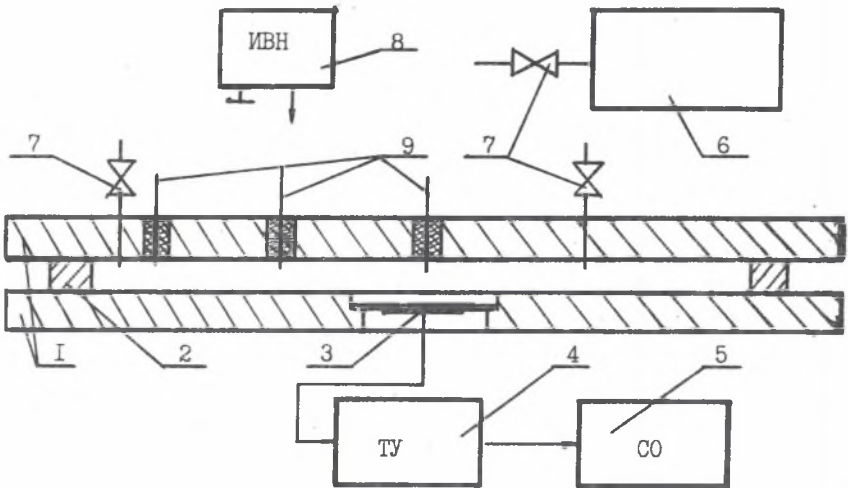


Рис. 2. Схема установки для определения давления взрыва в узких зазорах

1 - стальные диски; 2 - кольцо; 3 - мембрана с тензометрическим мостом;
 4 - тензоусилитель; 5 - светолучевой осциллограф; 6 - ёмкость с газом;
 7 - вакуумные краны; 8 - источник высокого напряжения; 9 - электроды

Fig. 2. Test stand system for research of explosion pressure in narrow slots

1 - steel discs, 2 - ring, 3 - membrane with strain gage bridge, 4 - amplifier, 5 - oscillograph tube, 6 - gas tank, 7 - valves, 8 - high voltage source, 9 - electrodes

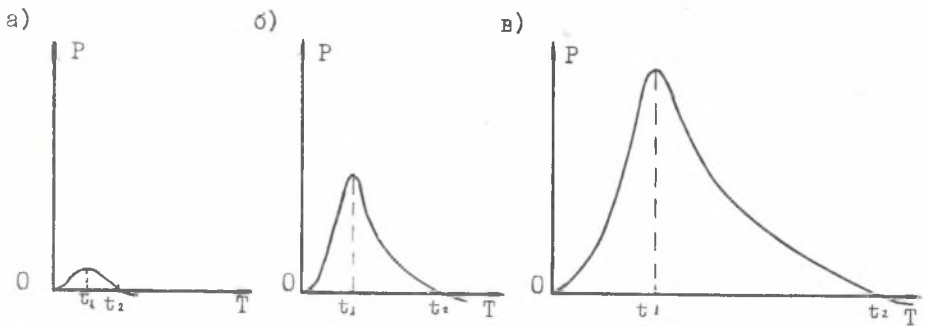


Рис. 3. Развитие давления при горении пламени в узкой щели
 а - $d = 2,2$ мм; б - $d = 3,0$ мм; в - $d = 5$ мм

Fig. 3. Variation of flame pressure in the narrow slot
 а) $d = 2,2$ мм, б) $d = 3,0$ мм, в) $d = 5$ мм

Для решения этого вопроса проводилась серия экспериментов на специально разработанной установке со взрывной камерой, показанной на рис. 2.

Она представляет собой два стальных диска диаметром 250 мм и высотой 10 мм, расстояние между которыми (ширина щели) изменялось с помощью специальных колец.

Опыты проводились на стехиометрическом составе смеси метана и воздуха. Воспламенение смеси производилось подачей на один из электродов импульса высокого напряжения от источника, позволяющего регулировать энергию искры, т.е. энергию воспламенения. Возникающее в камере давление фиксировалось тензометрическим датчиком и светолучевым осциллографом НИИ7.

На рис. 3 приведены осциллограммы развития давления в камере при сгорании взрывоопасной смеси метана и воздуха для различных расстояний a между дисками. Видно, что при увеличении пространства между дисками камеры растет не только амплитуда давления, но и время его действия.

Считаем, что влияние пограничного слоя происходит до тех пор, пока время нарастания давления до максимального значения будет больше или равно времени уменьшения давления за счет интенсивного охлаждения.

ВЫВОДЫ

1. Горение пламени в пространстве, образованном параллельными или концентрическими поверхностями, прекращается, если ширина этого пространства меньше критического расстояния пламягашения (КРП). Эти расстояния известны для большинства промышленных взрывоопасных смесей, а принцип может быть применен для обеспечения взрывозащиты. При этом существенно уменьшаются масса и габариты РЭО.
2. Величина давления, развивающегося при горении пламени в щелевом зазоре, образованном параллельными или концентрическими поверхностями, зависит от соотношения величины пограничного слоя и ширины щели.
3. При увеличении ширины щели увеличивается время действия давления внутри камеры. Этот эффект может быть использован для определения рационального параметра, при котором пограничный слой еще оказывает влияние на процесс формирования давления. Рациональные параметры щели могут служить основой для создания взрывозащиты РЭО на этом принципе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Льюис Б., Эльбе Г.: Горение, пламя и взрывы в газах. - М.: Мир, 1968.
- [2] Щетинков Е.С.: Физика горения газов. Наука, 1965.
- [3] Ихно А.Г.: Новый вид защиты от воспламенения рудничного газа электрическими искрами размыкания. - Бюллетень МагНИИ, 1948, № 17
- [4] Разгильдеев Г.И., Ефременко В.М., Баранов С.Д., и др.: Исследование воспламенения взрывоопасных смесей в узких зазорах электродвигателей. В кн.: Взрывозащитное и рудничное электрооборудование. - Науч. тр./НИИ ПО "Кузбассэлектромотор", вып. II Кемерово, 1985, ос. 17-21.

WYKORZYSTANIE DYSSYPACYJNYCH WŁAŚCIWOŚCI PŁOMIENIA GAZÓW PALNYCH
W PRZECIWWYBUCHOWEJ BUDOWIE URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH GÓRNICZYCH

S t r e s z c z e n i e

W artykule przedstawiono analizę możliwości uzyskania specjalnego rodzaju budowy przeciwwybuchowej urządzeń elektrycznych. Zaproponowano wykorzystanie właściwości rozpraszania energii palącego się gazu (mieszanki wybuchowej) w wąskich szczelinach płaskich i cylindrycznych. Opisano urządzenia badawcze i metodykę prowadzenia badań zmierzających do określenia racjonalnych wymiarów szczelin. Podano wyniki wstępnych badań.

Potrzeba doskonalenia budowy przeciwwybuchowej urządzeń elektroenergetycznych z osłoną ognioszczelną wynika przede wszystkim ze względnie dużych ich wymiarów zewnętrznych i ciężaru oraz pracochłonnej obróbki mechanicznej. Zwiększenie się głębokości eksploatacji powoduje natomiast zmianę warunków bezpieczeństwa i wymagań związanych z koniecznością uwzględniania nie tylko mieszanin metanowo-powietrznych, lecz także innych węglowodorów nasyconych. Celowe jest więc poszukiwanie także nowych rozwiązań budowy przeciwwybuchowej górnictwa - także opartych na innych zasadach. Jednym z nich może być wykorzystanie zjawiska dyssypacji płomienia - rozpraszania energii i gaszenie palącego się gazu w wąskich szczelinach. Podstawowym założeniem jest znana od 1920 r. prawidłowość, że przy odpowiednio dobranej odległości elektrod iskra elektryczna o dowolnej energii nie powoduje zapłonu mieszaniny wybuchowej [1]. Wymagane (krytyczne) wartości prześwitu szczeliny (KPII) dwa mieszania I klasy wybuchowości (metanu) oraz dla innych wybranych gazów II klasy wybuchowości podano w tablicy 2. Wynika z niej, że wartości te są 1,8-1,9 razy większe od klasyfikowanych (granicznych) przyjmowanych wg GOST jako kryterium klasyfikowania mieszanin wybuchowych do odpowiednich czterech (I, IIA, IIB, IIC) klas wybuchowości.

Można więc założyć, że "wypełniając wolną przestrzeń" w osłonie urządzenia odpowiednio dobranymi szczelinami wykluczy się możliwość zapłonu występującej tam mieszaniny wybuchowej - niezależnie od wartości energii

zapłonu. Według takiego założenia zrealizowano rekonstrukcję 20 silników elektrycznych budowy normalnej ogólnoprzemysłowej. Badania laboratoryjne i przemysłowe potwierdziły założoną tezę o skuteczności takiego rodzaju ochrony przeciwwybuchowej. W praktyce jednak należy liczyć się z trudnościami konstrukcyjno-technologicznymi takiej budowy, szczególnie jeżeli uwzględni się prześwity tych wielu szczelin wymagane dla homologów węglowodorowych występujących (spodziewanych) w pokładach głęboko zalegających.

Problemem jest więc optymalizacja wymiarów szczelin, tak aby można było dopuścić większe prześwity niż wymienione w tabelicy. Rozpoczęto badania w tym zakresie. W wyniku analizy procesu palenia się gazu w szczelinie (rys. 1) zbudowano specjalne stanowisko badawcze (rys. 2) i przeprowadzono badania w komorze wybuchowej ze stechiometryczną mieszaniną metanowo-powietrzną. Przedstawiono wnioski z wstępnych badań, uważając je jako zachęcające do dalszych prac w tym zakresie.

THE APPLICATION OF DISSIPATION PROPERTIES OF GAS FLAME ENERGY IN
AN EXPLOSION-PROOF STRUCTURE OF THE ELECTRIC EQUIPMENT FOR MINES

S u m m a r y

This article presents possibilities of obtaining the special kind of an explosion-proof structure of electric equipment.

The method of taking advantage of dissipation properties of gas flame energy in both plane and cylindrical narrow slots has been suggested.

The test stand equipment and the methods of carrying out experiments to determine the efficient slots dimensions have been described. The introductory tests results have been presented.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Florian Krasucki