УДК
621.31:622

А.Ю. Охапкин

ОЦЕНКА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ДИСКРЕТНЫХ НАГРЕТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СМЕСЕЙ IIA КАТЕГОРИИ ВЗРЫВООПАСНОСТИ

Представлены результаты исследований воспламенения пропано-воздушной смеси от нагретых малых элементов взрывозащищенного электрооборудования. Этими элементами являются разные датчики, интегральные микросхемы, резисторы, конденсаторы. При различных повреждениях электронных схем они нагреваются. Это может привести к взрыву газовой смеси. Для оценки этого риска предложен метод измерения электрических параметров работы электронных компонентов электрооборудования при взрыве газовой смеси. Газовая смесь имеет наиболее легко воспламеняемый состав. Полученные величины воспламеняющей электрической мощности связаны с геометрическими размерами электронных компонентов электооборудования. Обеспечить безопасность применения электронных компонентов во взрывоопасной смеси пропана с воздухом можно ограничением мощности на них. В описываемых исследованиях эти допустимые величины определены. Предложено проводить испытания термоэлементов в смеси водорода и кислорода. Состав такой смеси заменяет смесь пропана с воздухом по мощности воспламенения от нагретых элементов. И позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности функционирования термоэлементов.
Ключевые слова: термоэлемент, воспламеняющая мощность, температура воспламенения, пропан, воздух, взрыв, водород.

Риски возникновения неблагоприятных событий, аварий и катастроф на горных предприятиях связаны с такими явлениями, как внезапные выбросы угля, вмещающих пород и газа, горные удары, местные обрушения, суфлярные выделения газа, прорывы воды, самовозгорание угля и т.п. Помимо этого, существуют риски, связанные с применением технологического оборудования, использующего электрическую энергию. Эти

ISSN 0236–1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 300–305.
© 2016. А.Ю. Охапкин.

риски связаны с возникновением аварий от используемого при ведении горных работ различного технологического и электрического оборудования. Риски, возникающие в результате использования различного оборудования связанны с одной стороны с неправильным режимом его эксплуатации, а с другой стороны могут быть связаны с использованием оборудования, которое в не достаточной мере может обеспечивать его безопасное применение. Горные предприятия, как правило, относятся к предприятиям, на которых возможно возникновение взрывоопасной атмосферы. Это вынуждает использовать на таких предприятиях в основном взрывозащищенное оборудование. Для того, чтобы такое оборудование отвечало требованиям взрывозащищенности необходимо наличие полной и достоверной информация об области применения такого оборудования. Достичь этого возможно только на основе теоретических и экспериментальных исследований работы его средств взрывозащиты. В данной статье речь идет об обеспечении взрывобезопасности дискретных элементов горно-шахтного электрооборудования, эксплуатируемого в средах II B категории взрывоопасности. Представительным газом для этой категории взрывоопасности является пропановоздушная смесь, с использованием которой и проводились исследования.

Существующий к настоящему времени подход к обеспечению взрывобезопасности малых компонентов, нагреваемых электрическим током (различных датчиков, микросхем, резисторов) предлагает ограничивать температуру их поверхности температурным классом. Но эти ограничения для малых компонентов представляются избыточными – температуры самовоспламенния смеси, определяющие температурную группу и температурный класс оборудования определялись для нагретых поверхностей более 200 см^2. Иной подход связан с испытаниями таких компонентов (в дальнейшем называемым термоэлементами) непосредственно во взрывоопасной среде. Как показал цикл исследований, проведенный в ИПКОН РАН, термоэлементы с линейными размерами не более 1 мм можно оценивать по алгоритму, схожему с испытаниями на взрывобезопасность электрических цепей. Такие испытания проводятся на представительных смесях с распространением результатов на все смеси данной категории взрывоопасности. Для термоэлементов с линейными размерами более 1 мм необходимо уже учитывать снижение величины критерия воспламеняющей способности – Удельной Воспламеняющей Мощности (УВМ).

Таблица 1

Наиболее легко воспламеняемые концентрации пропановоздушной смеси

Размеры термоэлемента, мм	**НЛВК, % об.**	**Погрешность определения НЛВК, % об при *P*=0,95**
10×10×3	5,7	0,19
15×15×3	6,0	0,19
20×20×4	6,4	0,18
25×25×5	6,5	0,18

Изменяется и величина Наиболее Легко Воспламеняемой Концентрации смеси. Определению этих изменений воспламеняющих параметров термоэлементов при увеличении их размеров были посвящены нижеописываемые исследования. Эти исследования проводились на модели термоэлемента. Размеры термоэлемента составляли от 10 до 25 мм по длинной стороне при высоте 3, 4, 5 мм. Такие размеры характерны для гаммы микросхем, используемых в горно-шахтном электрооборудовании. Модель представляла собой замкнутый контур из нихрома с кварцевой засыпкой. Нагрев осуществлялся либо спиралью из нихрома, размещенной внутри термоэлемента, либо непосредственно от поверхности нагревателя. Это имитировала различный характер внутренних повреждений микросхемы.

На первом этапе исследований определялась НЛВК пропановоздушной смеси. Исследования выполнялись в стандартной взрывной камере [1]. Смесь пропана с воздухом приготавливалась объемным способом. Объем смеси обеспечивал 8-кратную промывку взрывной камеры. В табл. 1 представлены результаты определения НЛВК в зависимости от размеров термоэлементов.

Величины полученных НЛВК приближаются к аналогичным величинам, определяемым при воспламенении пропановоздушной смеси от нагретых поверхностей сопоставимых размеров [2]. Относительное обогащение смеси связано с более низким коэффициентом диффузии пропана в воздухе в сравнении с кислородом. Такое явление отмечалось и для воспламенения пропановоздушной смеси от спиралей из нихрома с характеристическими размерами до 50 мм.

Для определения УВМ в экспериментах измерялось падение напряжения на термоэлементе. Величина тока определялась по графику. Зависимость тока от напряжения питания для нагрева-

Таблица 2

Удельная воспламеняющая мощность при воспламенении пропановоздушной смеси от термоэлементов

Размеры термоэлемента, мм	**Большая диагональ, мм**	**УВМ, Вт/мм**	**Погрешность определения УВМ, % при *P* = 0,95**
10×10×3	14,45	1,77	±0,20
15×15×3	21,42	1,69	±0,20
20×20×4	28,57	1,64	±0,20
25×25×5	35,71	1,61	±0,20

телей из нихрома линейна. В первой серии экспериментов использовались термоэлементы с нагревом от нихромового контура. Для каждого типоразмера термоэлементов эксперименты повторялись 5 раз. Результаты представлены в табл. 2.

Практически полученные величины близки к ранее установленным величинам УВМ, определенным для воспламенения метановоздушной смеси от спиралей из нихрома.

С учетом экспериментальной погрешности зависимость УВМ от размеров может быть описана следующей формулой:

$$УВМ_{C_3H_8} = (1,80 - 0,008l)^{1,02}, \qquad (1)$$

где l – размер термоэлемента в мм.

В итоге выполненной работы предложен метод оценки взрывобезопасности термоэлементов для смесей II А категории взрывоопасности, основанный на измерении их электрических параметров. Предложена модель компонента электронной схемы, заменяющая его по существенным для воспламенения параметрам: геометрической форме, размерам, возможности электронагрева. Предложенная модель позволяет моделировать

Таблица 3

Удельная воспламеняющая мощность при воспламенении пропановоздушной смеси от термоэлементов цилиндрической формы

Размеры термоэлемента: длина× диаметр, мм	**Большая диагональ, мм**	**УВМ, Вт/мм**	**Погрешность определения УВМ, % при *P* = 0,95**
15×4	15,60	1,75	±0,25
20×5	20,62	1,71	±0,25
25×6	25,71	1,64	±0,25

распределенный поверхностный и точечный сосредоточенный нагрев термоэлемента. Это имитирует различные виды повреждения микросхемы. Установлены величина наиболее легковоспламеняемой концентрации пропановоздушной смеси при ее воспламенении от нагретых термоэлементов, моделирующих компоненты электронных схем горно-шахтного электрооборудования. В зависимости от размера большой диагонали термоэлемента эта величина составляет от 5,7%об до 6,5%об пропана в смеси с воздухом. Установлены величина удельной воспламеняющей мощности (УВМ), необходимой для воспламенения пропановоздушной смеси наиболее легковоспламеняемого состава и ее зависимость от размеров термоэлемента. Полученные результаты позволяют проводить испытания на взрывобезопасность компонентов электронных схем горно-шахтного электрооборудования как на представительной для IIA категории взрывоопасности пропановоздушной смеси, так и на эквивалентной или активизированной водородно-кислородной смеси [3, 4].

Работа была выполнена по плану НИР ИПКОН РАН по теме «Развитие теории разрушения горного массива и геомеханического обоснования инновационных технологий ведения горных работ на глубоких карьерах и рудниках при комплексном освоении недр» (№ гос. регистрации 01201354607).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 22782.5-78. Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь», технические требования и методы испытаний. Введ. от. 01.80. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 69 с.

2. *Ерыгин А. Т.*, *Охапкин А. Ю.* Методика оценки взрывозащищенности электрооборудования, эксплуатируемого при высокой температуре окружающей среды // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ8. – 2009. – С. 149–154.

3. *Охапкин А. Ю.* Результаты исследований воспламенения водородно-кислородной смеси нагретым телом малого размера // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ8. – 2009. – С. 313–315.

4. *Ерыгин А. Т.*, *Охапкин А. Ю.* Методика испытаний на взрывозащищенность электрооборудования применительно к индивидуальному горючему газу // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ1. –2012. – С. 526–533. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Охапкин Александр Юрьевич – кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
ИПКОН РАН,
e-mail 1958221@yahoo.com.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 7, pp. 300–305.

UDC
621.31:622

A.Yu. Okhapkin

EVALUATION EXPLOSION DISCRETE HEATED ELECTRICAL COMPONENTS FOR EXPLOSIVE MIXTURES CATEGORY IIA

The article presents the results of studies on ignition of propane mixture heated explosion-proof electrical equipment of small elements. These elements are different sensors, integrated circuits, resistors, capacitors. At various damage electronic circuits they are heated. This can lead to an explosion of the gas mixture. To assess this risk, the method of measurement of electrical parameters of electronic components electrical equipment in the explosion of the gas mixture. The gas mixture is the most flammable composition. The values obtained ignition electric power related to the geometrical dimensions of electronic components elektooborudovanie. Ensure the safety of the use of electronic components in an explosive mixture of propane and air power can be restricted to them. In these studies described allowable values are defined. Proposed to conduct tests of thermocouples in a mixture of hydrogen and oxygen. The composition of this mixture replaces a mixture of propane and air power ignition from heated elements. And allows to provide the necessary security operation thermocouples.

Key words: thermocouple, igniting power, ignition temperature, propane, air blast, hydrogen.

AUTHOR

Okhapkin A.Yu., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,
Institute of Problems of Comprehensive Exploitation
of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences,
111020, Moscow, Russia,
e-mail 1958221@yahoo.com.

REFERENCES

1. *Elektrooborudovanie vzryvozashchishchennoe s vidom vzryvozashchity «iskrobezopasnaya elektricheskaya tsep'», tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. GOST 22782.5-78* (Explosion-proof electrical equipment with type of protection «intrinsically safe», technical requirements and test methods. State Standart 22782.5-78), Moscow, Izd-vo standartov, 1979, 69 p.

2. Erygin A.T., Okhapkin A.Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 8. 2009, pp. 149–154.

3. Okhapkin A.Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 8. 2009, pp. 313–315.

4. Erygin A.T., Okhapkin A.Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 1. 2012, pp. 526–533.