

УДК 621.316.9

И.А. Бершадский¹, канд. техн. наук, доц.,
Е.А. Тукмачева²1 – Государственное высшее учебное заведение „Донецкий
Национальный технический университет“, г. Донецк,
Украина, e-mail: ibersh@rambler.ru2 – Частное акционерное общество „ТЭТЗ-Инвест“,
г. Торез, Украина, e-mail: evgeniya-toukmatcheva@yandex.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПЕРЕСЧЕТА ВОСПЛАМЕНЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ В ИСКРОБЕЗОПАСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

I.A. Bershadskiy¹, Cand. Sci. (Tech.),
Associate Professor,
Ye.A. Tukmacheva²1 – State Higher Educational Institution “Donetsk National Technical
University”, Donetsk, Ukraine, e-mail: ibersh@rambler.ru2 – Private Joint Stock Company “TETZ-Invest”, Torez,
Ukraine, e-mail: ibersh@rambler.ru

IMPROVEMENT OF EXPLOSIVE MIXTURES FLAMMABILITY PARAMETERS CONVERSION METHOD IN INTRINSICALLY SAFE ELECTRICAL CIRCUITS

Цель. Разработка методики, позволяющей уточнить зависимости для пересчета воспламеняющих параметров контрольной взрывоопасной газовой смеси группы II по известным аналогичным параметрам группы I. Также, если рассматривается взрывоопасная смесь, для которой не проводились испытания во взрывной камере, а известна только минимальная воспламеняющая энергия, ставится задача пересчета опасных параметров по известной энергоотдаче в разряд.

Методика. Существующая методика пересчета воспламеняющих параметров контрольных газовых смесей имеет ряд недостатков, которые приводят к значительным погрешностям расчета прогнозируемых значений. Получена новая расчетная зависимость для пересчета указанных параметров на другую смесь и проведена сравнительная оценка с экспериментальными энергиями воспламенения.

Для увеличения точности расчета отражено влияние кратности снижения минимальных энергий воспламенения газовых смесей в соответствии с различным влиянием электродов искрообразующего механизма на энерговыделение в разряд, а также внесена корректировка по отношению к длительности разряда.

Результаты. Результаты расчета воспламеняющих энергий сравнивались с известными экспериментальными данными ГОСТ Р 51330.10-99 и методикой В.П. Диденко. Установлено, что разработанный метод позволяет уменьшить погрешность на 22 % для смеси группы IIА и на 35 % для смеси группы IIВ.

Научная новизна. Получил дальнейшее развитие метод аналитического пересчета энергии и длительности разряда, определяющий опасность искрения во взрывоопасной среде подгрупп IIА, IIВ, IIС при различных скоростях коммутации искрообразующего механизма, отличающийся повышенной, по сравнению с известными методами, точностью прогнозируемых значений. Впервые обоснована возможность пересчета воспламеняющих параметров взрывоопасных смесей в условиях неполных исходных данных – по минимальной воспламеняющей энергии электрической искры.

Практическая значимость состоит в том, что расширены возможности расчетного метода оценки искробезопасности электрических слаботочных цепей взрывозащищенного оборудования и показаны примеры его использования для получения воспламеняющих параметров более агрессивных, чем 8,3 процентная метано-воздушная смесь.

Ключевые слова: воспламеняющая энергия, взрывоопасная смесь, искробезопасность, длительность разряда, скорость коммутации

Постановка проблемы. Экспериментальные данные, приведенные в работе [1], а также результаты исследований математической модели воспламенения метано-воздушной смеси (МВС) от искрового разряда [2] позволили определить, что для большинства скоростей размыкания цепи ν зависимости минимальной воспламеняющей энергии от длительности разряда $W(T, \nu)$ в логарифмических координатах с достаточной точностью аппроксимируются линейными участками (рис. 1): 1 – убывающий, применяется для малых времен разряда с $T < 40$ мс (на рис. 1

не показан); 2 – область постоянной энергии; 3 – возрастающий, описывается уравнением

$$W = bT^k, \quad (1)$$

где T – длительность разряда, мс; W – энергия воспламенения, мДж; b, k – коэффициенты, определяемые для каждой взрывоопасной смеси и скорости ν (приведены в [1]).

Согласно ГОСТ 12.1.011-78, взрывоопасные смеси подразделяются на группы (категории) взрывоопасности в зависимости от величины безопасного экспериментального максимального зазора и значения соотношения между минимальным током вос-

пламенения испытуемого газа или пара и минимальным током воспламенения метана. Для классификации большинства газов и паров достаточно применения одного из указанных критериев.

Таким образом, взрывоопасные смеси подразделяются на группы: I – метан на подземных горных выработках; II – газы и пары за исключением метана. В свою очередь взрывоопасные смеси группы II делятся на подгруппы взрываемости, к которым они могут быть отнесены условно по сходству химической структуры. Приняты для представительных смесей следующие подгруппы: ПА (пропано-воздушная), ПВ (этилено-воздушная), ПС (водородо-воздушная).

Располагая минимальными воспламеняющими энергиями 8,3 % метано-воздушной смеси (группа I), в зависимости от определяющих факторов (длительность разряда, скорость размыкания, форма, размер и материал электродов), необходимо получить аналогичные зависимости для более агрессивных контрольных смесей подгрупп ПА, ПВ, ПС, согласно [3]. Эта задача условно относится к 1-му типу.

Также, если рассматривается взрывоопасная смесь, для которой не проводились испытания во взрывной камере, а известна только минимальная воспламеняющая энергия (МВЭ) [4], актуальна задача пересчета опасных параметров по известной энергоотдаче в разряд. Такая задача условно относится ко 2-му типу.

Анализ последних исследований и публикаций. В.П. Диденко использовал следующую методику [5] (в дальнейшем – методика 1) для пересчета коэффициентов b и k в уравнениях вида (1). Были взяты значения минимальных воспламеняющих токов омической цепи напряжением 24 В по ГОСТ [1] (выбор напряжения обусловлен его большой распространенностью и достаточно точными данными экспериментов по определению минимальных воспламеняющих токов). Затем находились расчетная энергия и длительность разряда при наиболее опасной скорости коммутации $v = 0,046$ м/с для указанных подгрупп взрывоопасных смесей. Пары значений W и T соответствуют областям постоянной энергии (участок 2, на рис. 1).

Из характеристик $W(T, v)$ для подгрупп ПА, ПВ, представленных в ГОСТ, следует, что они имеют тот же физический закон изменения мощности от времени разряда (уравнение (1) и рис. 1).

Переход к газовой смеси, отличной от 8,3 % метано-воздушной в [5], осуществлялся, исходя из отношения

$$\frac{W1}{W} = \frac{b1 \cdot T1^{k1}}{b \cdot T^k}, \quad (2)$$

где b и k относятся к метано-воздушной смеси и приведены в ГОСТ [1], а $b1$ и $k1$ неизвестны; $W1$ и W – минимальные воспламеняющие энергии в наклонной части графика для смесей групп II и I, мДж; $T1$ и T – длительности разряда для смесей групп II и I, мс.

Обозначив $W^* = W1/W$, $T^* = T1/T$, находят

$$b1 = b \frac{W^*}{(T^*)^k}.$$

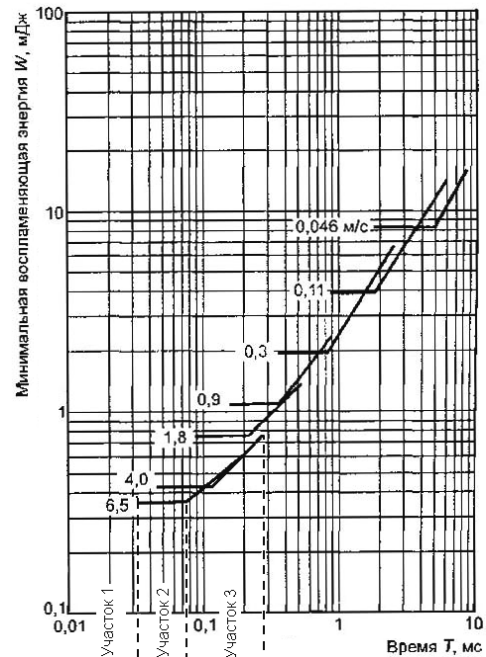


Рис. 1. Зависимость воспламеняющей энергии W , мДж контрольной смеси группы I от длительности разряда T , мс при различных скоростях размыкания цепи v , м/с

Коэффициент k определяет наклон зависимости (1) в логарифмических координатах. Было принято, что k зависит только от скорости размыкания цепи и эта зависимость одинакова для всех групп газовых смесей.

Указанная методика пересчета воспламеняющих параметров контрольных газовых смесей имеет ряд недостатков, которые приводят к значительным погрешностям расчета (табл. 2–4), особенно сильно проявляющимся в конце наклонного участка 3 и при переходе к смесям с агрессивностью, значительно превосходящей смесь группы I.

Причины погрешностей [5], на наш взгляд, следующие:

- отношение энергий, полученных в результате расчета омической цепи, не отражают кратность снижения минимальных энергий воспламенения газовых смесей, так как различно влияние электрода искрообразующего механизма на энерговыделение в разряд;
- при расчете воспламеняющей энергии газовой смеси, отличной от 8,3 % метано-воздушной смеси, необходимо внесение корректировки по отношению к длительности разряда T^* – см. формулу (6).

Цель статьи. Разработать методику, позволяющую уточнить зависимости для пересчета воспламеняющих параметров взрывоопасной газовой смеси группы II по известным аналогичным параметрам группы I.

Изложение основного материала. Для увеличения точности расчета принимается следующая методика (в дальнейшем – методика 2). Исходными данными служит информация, относящаяся к смеси группы I (скорости коммутации v , коэффициенты k и b , время перегиба T_n графика рис. 1).

$$\beta = \frac{W_{\min II}}{W_{\min I}}, W I = W \cdot \beta.$$

Исходя из последнего выражения и (2)

$$b I = \frac{\beta \cdot b T^k}{T I^{k I}}; \quad (3)$$

$$W I = \frac{\beta \cdot b T^k}{T I^{k I}} \cdot (T_n \cdot T^*)^{k I}. \quad (4)$$

Из (4) найдем $k I$

$$k I = \frac{\ln(b T^k) - \ln(W)}{\ln(T I) - \ln(T_n \cdot T^*)}; \quad (5)$$

$$W = b I \cdot (T^* \cdot T_n)^{k I}, \quad (6)$$

где $W_{\min II}$ и $W_{\min I}$ – минимальная энергия электрической искры для воспламенения смесей групп I и II (справочные данные [4]); T^* – отношение длительности разряда к таковой для контрольной смеси группы I; T_n – время перегиба наклонной части графика воспламеняющей энергии (рис. 1), мс; W – воспламеняющая энергия разряда для смесей группы II на наклонном участке 3.

Значения минимальных воспламеняющих токов для омических цепей приведены в ГОСТ [1], а длительности разряда определяются согласно [2] с использованием модели разряда размыкания при скорости коммутации $v = 0,046$ м/с. Результаты расчетов приводятся в табл. 1.

Новая методика пересчета параметров газовой смеси позволяет проанализировать степень снижения длительности разряда T^* по отношению к минимальной энергии электрической искры для воспламенения смесей β (рис. 2). Так, воспламеняющая энергия уменьшается в 14,7 раза, а длительность разряда в 2,03 раза с повышением агрессивности смеси для группы ПС.

Зависимость $\beta(T^*)$ аппроксимируется выражениями вида

$$\beta(T^*) = 1,068 \cdot (T^*)^{3,35}$$

или

$$\beta(T^*) = 0,174 \cdot e^{2,156 \cdot T^*} - 0,449.$$

Полученные в результате новые коэффициенты $b I$ и $k I$ аппроксимирующего выражения (6) сведены в табл. 2–5. В них анализировались энергии в начале и в конце наклонного участка 3 (W_n и W_k).

Результаты расчета воспламеняющих энергий сравнивались с известными экспериментальными данными ГОСТ [1] и методикой В.П.Диденко [5]. Установили, что разработанный метод позволяет уменьшить погрешность на 22 % для смеси группы ПА и на 35 % для смеси группы ПВ (рис. 3).

Таблица 1

Исходные данные для пересчета воспламеняющей энергии и времени разряда взрывоопасных смесей, полученные с использованием [2]

Параметры	Смесь группы			
	I	ПА	ПВ	ПС
Минимальный воспламеняющий ток омической цепи, мА	1120	896	650	261
Длительность разряда, T , мс	3,731	3,410	2,966	1,835
Отношение минимальных энергий электрической искры для воспламенения смесей $\beta = \frac{W_{\min II}}{W_{\min I}}$	1	0,929	0,428	0,0678
Отношение длительностей разрядов, T^*	1	0,914	0,795	0,491
Минимальная энергия электрической искры для воспламенения смесей, W_{\min} , мДж	0,28	0,26	0,12	0,019

Таблица 2

Сравнение расчетных коэффициентов и энергий разряда для смеси группы ПА

v , м/с	Значения	ГОСТ [1]	Методика 1 [5]	Методика 2
0,046	Коэффициент $b I$	1,425	0,920	1,253
	Коэффициент $k I$	1,033	1,235	1,192
	Энергия разряда в начале наклонного участка 3 (рис. 1), W_n , мДж	7,4	6,955	7,67
	Энергия разряда в конце наклонного участка 3 (рис. 1), W_k , мДж	9	8,712	9,532
Погрешность определения энергии по сравнению с ГОСТ [1], %			6	3,6
			3,2	5,9
6,5	$b I$	1,304	1,052	1,348
	$k I$	0,552	0,531	0,531
	W_n , мДж	0,31	0,256	0,313
	W_k , мДж	0,4	0,341	0,417
Погрешность определения энергии по сравнению с ГОСТ [1], %			17,4	9,6
			14,7	4,2

Таблица 3

Расчетные коэффициенты и энергии разряда для смеси группы ПВ

v, м/с	Расчетные величины	Методика 2
0,046	b1	0,683
	k1	1,192
	Wн, мДж	4,18
	Wк, мДж	5,195
6,5	b1	0,67
	k1	0,531
	Wн, мДж	0,145
	Wк, мДж	0,193

Таблица 4

Сравнение расчетных коэффициентов и энергий разряда для смеси группы ПВ

v, м/с	Расчетные величины	ГОСТ	Методика 1 [5]	Методика 2
4	b1	1,681	1,358	0,901
	k1	0,648	0,662	0,636
	Wн, мДж	0,133	0,174	0,143
	Wк, мДж	0,24	0,348	0,28
Погрешность определения энергии по сравнению с ГОСТ [1], %			28,9	5,9
			45	16,7

Таблица 5

Расчетные коэффициенты для смеси группы ПС

v, м/с	Расчетные величины	Методика 2
0,046	b1	0,191
	k1	1,199
6,5	b1	0,67
	k1	0,531

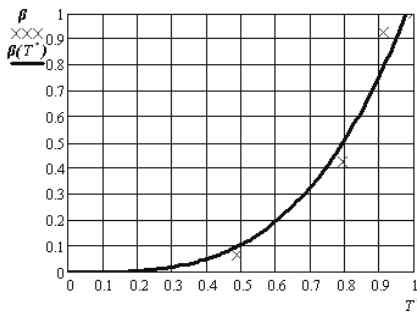


Рис. 2. Зависимость отношения минимальной энергии электрической искры для воспламенения смесей β от относительной длительности разряда T^* к таковым для контрольной смеси группы I

Пример. Даны скорости коммутации по ГОСТ $v = 0,046; 0,11; 0,3; 0,9; 1,8; 4; 6,5$ м/с и коэффициенты $k = 1,235; 1,11; 1,097; 0,835; 0,661; 0,662; 0,531$ и $b = 1,146; 1,919; 2,363; 2,528; 2,056; 1,757; 1,384$ для смеси группы I.

Воспламеняющая энергия на плоском участке зависимости $W = bT^k$: $W = 8,26; 3,89; 1,94; 1,06; 0,74; 0,42; 0,35$ мДж для смеси группы I. Время перегиба для смеси группы I $T_{п} = 5; 2; 0,85; 0,33; 0,22; 0,1; 0,075$ мс.

Время разряда T определяем расчетным методом для омической цепи с $v=0,046$ м/с по табл.1.

Требуется найти воспламеняющую энергию для смеси группы ПА при одинаковом времени разряда T .

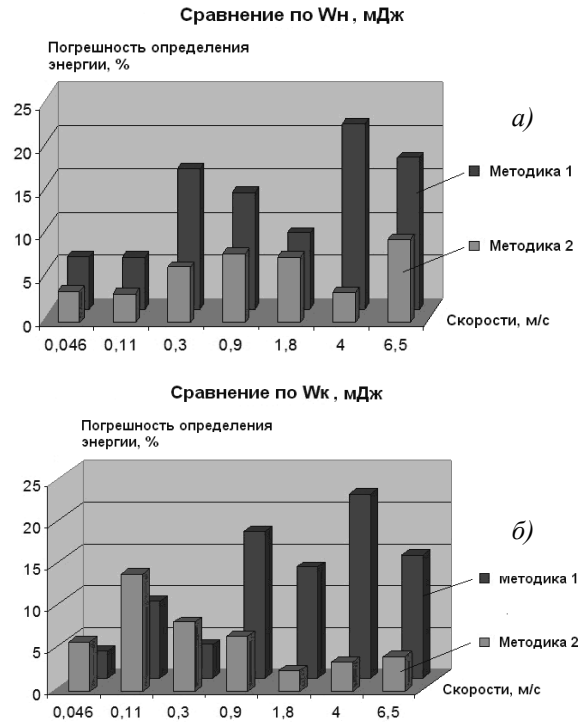


Рис. 3. Сравнительная характеристика погрешностей прогноза воспламеняющих энергий для смесей группы ПА: а) в начале наклонного участка 3 графика минимальной воспламеняющей энергии (рис. 1); б) то же в конце участка

Решение.

1. Находим коэффициент $\beta = 0,26/0,28 = 0,929$.

2. Согласно табл.1 выписываем время разряда для метано-воздушной смеси (группа I) $T = 3,731$ мс и смеси группы ПА $T_I = 3,410$ мс. Находим $T_p^* = \frac{T}{T_I} = \frac{3,410}{3,731} = 0,914$. В том случае, если T_I неизвестно, T_p^* определяем, исходя из зависимости рис. 2 при известном β .

3. Находим коэффициенты $k1$ и $b1$ по формулам (3) и (5)

$$b1 = \frac{\beta \cdot b(T)^k}{(T_I)^{k1}} = \frac{0,929 \cdot 1,146(3,731)^{1,235}}{(3,410)^{1,192}} = 1,253 ;$$

$$k1 = \frac{\ln(b \cdot T^k) - \ln(W)}{\ln(T_I) - \ln(T_p \cdot T_p^*)} = \frac{\ln(1,146 \cdot 3,731^{1,235}) - \ln(8,26)}{\ln(3,410) - \ln(5 \cdot 0,914)} = 1,192 .$$

4. Выполним проверку. Для смеси группы ПА в ГОСТ даны экспериментальные значения времени разряда в начале и в конце наклонного участка 3: $T_{Iн} = 5$ мс, $T_{Ik} = 6$ мс. Рассчитаем воспламеняющие энергии по (6) и сравним с данными ГОСТ [1], мДж

$$W_H = bI \cdot (T^* \cdot T_{IH})^{kI} = 1,253 \cdot (0,914 \cdot 5)^{1,192} = 7,67,$$

по ГОСТ – 7,4;

$$W_K = bI \cdot (T^* \cdot T_{IK})^{kI} = 1,253 \cdot (0,914 \cdot 6)^{1,192} = 9,532,$$

по ГОСТ – 9.

Выводы. На основе анализа известных методик пересчета воспламеняющих энергий от времени разряда и скорости коммутации для смесей группы II выявлены их возможные ошибки, приводящие к завышению прогнозируемых значений.

Получены новые расчетные зависимости для пересчета указанных параметров на другую смесь группы II по известным данным для метано-воздушной смеси (группа I) и проведена сравнительная оценка с экспериментальными энергиями воспламенения по ГОСТ Р51330.10-99 (IEC60079-11). Установлено, что разработанный метод позволяет уменьшить погрешность определения минимальной воспламеняющей энергии на 22 % для смеси IIА и на 35 % для смеси группы IIВ.

Список литературы / References

1. ГОСТ Р51330.10-99 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь „i“. – [Введ. с 01.01.2001]. – М.: Госстандарт России, 2000. – 118 с.

GOST R 51330.10-99 *Electrooborudovanie vzryvo-zashcheshchennoye. Chast 11. Iskrobepazasnaya elektricheskaya tsep „i“*. [Valid since January 1, 2001], (2000), Gosstandart Rossii, Moscow, Russia.

2. Ковалев А.П. Моделирование параметров разряда и расчетная оценка искробезопасности при размыкании электрической цепи / А.П. Ковалев, И.А. Бершадский, З.М. Йохельсон // – М.: Электричество. – 2009. – №11. – С. 62–69.

Kovalev, A.P., Bershadskiy, I.A. and Iokhelson, Z.M. (2009), “Modelling of parameters of discharge and evaluation of spark at breaking danger”, *Elektrichestvo*, no.11, pp. 62–69.

3. ГОСТ Р52350.11 Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь „i“. – [Введ. с 28.12.2005]. – М.: Стандартинформ, 2007. – 95 с.

GOST R52350.11 *Elektrooborudovanie dlia vzryvoopasnykh gazovykh sred. Chast 11. Iskrobepazasnaya elektricheskaya tsep „i“*, (2007), [Valid since December 28, 2005], *Standartinform*, Moscow, Russia.

4. Некоторые особенности взрывчатых газообразных смесей и паров жидких горючих [Электрон. ресурс] – 2007 – Режим доступа: [http:// piroman.org/articles/30.html](http://piroman.org/articles/30.html), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

“Some features of explosive gaseous mixtures and vapors of combustible fluids” (2007), available at: [http:// piroman.org/articles/30.html](http://piroman.org/articles/30.html).

5. Диденко В.П. Зависимости минимальной воспламеняющей энергии от длительности разряда и скорости коммутации / Диденко В.П. // Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок / Зб. наук. Праць. – Вип. 102–103. – Донецьк: ВАТ „НДІГМ ім М.М. Федорова“, 2008–2009. – С. 395–404.

Didenko, V.P. (2008–2009), “Dependence of minimal ignite energy on duration of discharge and switching speed” *Problemy ekspluatatsiyi obladnannia shakhtnykh statsionarnykh ustanovok*, Issue 102–103, Published by VAT „NDIGM im. M.M. Fedorova“, Donetsk, pp. 395–404.

Мета. Розробка методики, що дозволяє уточнити залежності для перерахунку запалюючих параметрів контрольної вибухонебезпечної газової суміші групи II по відомим аналогічним параметрам групи I. Також, якщо розглядається вибухонебезпечна суміш, для якої не проводилися випробування у вибуховій камері, а відома тільки мінімальна запалююча енергія, ставиться завдання перерахунку небезпечних параметрів за відомою енерговіддачею в розряд.

Методика. Існуюча методика перерахунку запалюючих параметрів контрольних газових сумішей має ряд недоліків, які призводять до значних похибок розрахунку прогнозованих значень. Отримано нову розрахункову залежність для перерахунку зазначених параметрів на іншу суміш і проведено порівняльну оцінку з експериментальними енергіями займання.

Для збільшення точності розрахунку відображено вплив кратності зниження мінімальних енергій займання газових сумішей відповідно до різного впливу електродів іскроутворюючого механізму на енерговиділення в розряд, а також внесено коректування по відношенню до тривалості розряду.

Результати. Результати розрахунку запалюючих енергій порівнювалися з відомими експериментальними даними ГОСТ Р51330.10-99 і методикою Діденко В.П. Встановили, що розроблений метод дозволяє зменшити похибку на 22% для суміші IIА і на 35% для суміші групи IIВ.

Наукова новизна. Отримав подальший розвиток метод аналітичного перерахунку енергії і тривалості розряду, що визначають небезпеку іскріння у вибухонебезпечному середовищі підгруп IIА, IIВ, IIС при різних швидкостях комутації іскроутворюючого механізму, що відрізняється підвищеною, у порівнянні з відомими методами, точністю прогнозованих значень. Уперше обґрунтовано можливість перерахунку запалюючих параметрів вибухонебезпечних сумішей в умовах неповних вихідних даних – за мінімальною запалюючою енергією електричної іскри.

Практична значущість полягає у тому, що розширено можливості розрахункового методу оцінки іскробезпечності електричних слабкострумових ланцюгів вибухозахищеного обладнання та показано приклади його використання для отримання запалюючих параметрів більш агресивних, ніж 8,3 відсоткова метано-повітряна суміш.

Ключові слова: запалююча енергія, вибухонебезпечна суміш, іскробезпека, тривалість розряду, швидкість комутації

Purpose. To develop a procedure allowing clarification of the dependence between the parameters of flammable explosive gas mixture of group II and the same parameters of explosive gas mixture of group I. Also for the case when the explosive mixture for which no tests were carried out in

the explosion chamber and for which only the minimum inflame energy is known should be considered, the task of converting hazardous parameters of the known energy efficiency in the discharge was set.

Methodology. The existing method of conversion of parameters of control flammable gas mixtures has several disadvantages, which lead to significant errors in calculating of probable values. A new dependence for conversion of the parameters for the other mixture has been designed and the comparative evaluation of the experimental energies of ignition has been carried out. To increase the accuracy of the calculation the influence of the multiplicity of reduction of the minimum ignition energy value of a gas mixture on energy release into a discharge taking into account different electrode spark mechanisms and discharge duration has been figured out.

Findings. Results of calculation of flammable energy have been compared with experimental data listed in normative document GOST R51330.10-99 and those received by V.P. Didenko methodology. It has been found out that

the presented method reduces the error by 22% for IIA group mixtures of and by 35% for IIB group mixtures.

Originality. The analytical method of converting values of the energy and the duration of the discharge determining risk of sparking in explosive environments of subgroups IIA, IIB, IIC at various switching speeds of sparking mechanism has been further developed. In comparison with already known methods it shows more accurate probable data. For the first time the possibility of converting the parameters of flammable explosive mixtures in condition of luck of input information has been proved.

Practical value. Potentialities of the method of assessment of low-voltage electrical chains use in explosion-proof equipment have been broadened and examples of its application for obtaining of flammable options more aggressive than 8.3% methane-air mixture are shown.

Keywords: *flammable energy, explosive mixture, intrinsically safe, discharge time, switching speed*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук
О.П. Ковальовим. Дата надходження рукопису 18.10.11*

УДК 622.1:528.481:622.58

**Г.Ф. Гаврюк, канд. техн. наук, доц.,
Е.В. Беличенко, канд. техн. наук**

Государственное высшее учебное заведение
“Национальный горный университет”, г. Днепропетровск,
Украина, e-mail: elena.belichenko@rbcmail.ru

ПОЛОЖЕНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОЛУМУЛЬДЫ ПРИ ПОДРАБОТКАХ В УСЛОВИЯХ ВОДОПОНИЖЕНИЯ

**G.F. Gavriuk, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
Ye.V. Belichenko, Cand. Sci. (Tech.)**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine, elena.belichenko@rbcmail.ru

POSITION OF CHARACTERISTIC POINTS OF THE DYNAMIC SEMI TROUGH DURING UNDERMINING IN THE CONDITIONS OF FALL OF WATER TABLE

Цель. Исследование динамических параметров процесса сдвижения над движущимся очистным забоем на Никопольском марганцевом месторождении.

Методика. Выполнение частотных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях на участке главного сечения мульды сдвижения, который до подработки был впереди очистного забоя, а после подработки оказался в плоском дне мульды. Анализ положения точек с максимальными значениями сдвижений и деформаций земной поверхности относительно движущегося забоя в главных сечениях мульды сдвижения.

Результаты. Натурными инструментальными наблюдениями установлено значительное превышение величин максимальных оседаний земной поверхности по отношению к вынимаемой мощности марганцеворудного пласта из-за влияния водопонижения, а также физико-механических свойств вмещающих пород. Предложены формулы для прогнозирования максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности в характерных точках динамической полумульды, а также для расчета максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности при движущемся забое.

Научная новизна. Исследование положения характерных точек динамической полумульды, возникающей на земной поверхности при подработках в условиях предварительного водопонижения.

Практическая значимость. Установление положения точек динамической полумульды с максимальными значениями величин сдвижений и деформаций земной поверхности позволяет выбирать наиболее эффективные меры охраны подрабатываемых зданий и сооружений.

Ключевые слова: *наблюдательная станция, частотные инструментальные наблюдения, динамическая полумульда, деформации земной поверхности*

Защита зданий и сооружений от вредного влияния подземных разработок имеет важное значение,

т.к. в оставленных целиках под застроенными территориями теряются значительные запасы полезных ископаемых. В то же время под многими объектами, такими как различные здания, сооружения, железные дороги и высотные объекты, можно извлекать полез-