

Рис. 4. Продолжительность (t) взаимодействия воздуха с оставленным в выработанном пространстве углем при отработке пласта лавой ($v_{оч} = 25 \text{ м·мес}^{-1}$), тип кровли A_2 ($Ш_0 = l_0 = 30 \text{ м}$; $l_k = 25 \dots 30 \text{ м}$) при прямоточной схеме проветривания и инкубационном периоде самовозгорания угля $t_{и} = 0,65 \text{ мес.}$; 1-лава; 2 - вентиляционная выработка, $Q_{л}$, $Q_{исх}$, $Q_{ут}$ -соответственно расход воздуха в лаве, в исходящей струе участка, утечки через выработанное пространство

© Костенко В.К. 2004

УДК 614.841

КАБЕРА А.Л. (ДонНТУ)

РАЗРАБОТКА НОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО СПОСОБА ТУШЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ

Проанализированы результаты экспериментов, связанных с исследованием влияния электрического поля на пламя. Представлены полученные зависимости значений напряжения, которое приводит к гашению источника пламя.

В настоящее время является актуальной разработка принципиально нового способа предупреждения и тушения шахтных пожаров. Необходимо отметить, что пока не найден универсальный способ тушения пожаров разных классов, а современные средства пожаротушения не являются абсолютно безопасными для окружающей среды.

Исследования, связанные с возможностью тушения пожаров принципиально новым способом, проводятся в настоящее время в Донецком национальном техническом университете (ДонНТУ). Данный способ основан на влиянии электрического поля на пламя источника горения. Теоретические исследования в этой области начались в начале XX века и проводились профессором А.Э.Малиновским [1], но практического распространения и применения они не получили. Экспериментальные исследования, направленные на разработку нового способа тушения конвейерной ленты проводились в НИИГД [2].

Для изучения влияния электрического поля на пламя, в ДонНТУ была разработана и испытана специальная установка, представляющая собой два электрода, между которыми находится источник горения. На электроды подается высокое напряжение (порядка нескольких десятков кВ) и изучается поведение пламени в возникшем электрическом поле, а именно: фиксируется факт гашения пламени и напряжение, при котором было достигнуто гашение. На первом этапе исследований изучалось влияние вида электрического поля (постоянное или переменное), материала и формы электродов на эффективность гашения пламени [3]. Для опытов было изготовлено три вида электродов:

- 1) иглообразный остро заточенный электрод;
- 2) круглая плоская пластина;

3) пластина из диэлектрического материала с набором шипов, каждый из которых подключается отдельным проводом.

Как показали эксперименты, независимо от формы и материала электродов, целесообразно использовать переменное электрическое поле, а из трех приведенных выше форм электродов, наиболее рациональной является первая. Поэтому в дальнейшем, применялось именно переменное электрическое поле. Для продолжения экспериментов, по известной методике [4], была составлена матрица планирования, включающая в себя ряд опытов, связанных с варьированием такого параметра, как форма электрода, для продолжения исследования влияние формы электродов на пламя. Были применены следующие варианты формы и расположения электродов:

- 1) иглообразный остро заточенный электрод;
- 2) тонкая медная струна;
- 3) пластина с острой кромкой, развернутой по направлению к пламени;
- 4) крест из двух пластин;
- 5) пластина, расположенная под источником пламени, плоскостью вверх.

В таблице 1 приведены результаты наиболее значимых опытов, которые привели к положительному результату, а именно к гашению пламени.

Как видно из таблицы 1, наиболее эффективной, с точки зрения гашения пламени, является 1 форма правого электрода и 5 – левого.

Табл. 1. Зависимость напряжения гашения от формы электродов

№ п/п	Форма левого электрода	Форма правого электрода	Расстояние от пламени до левого электрода, см	Расстояние от пламени до правого электрода, см	Напряжение гашения, кВ
1	2	1	2	2	46
2	1	1	2	2	21
3	3	1	2	2	44
4	5	1	8	2	18
5	5	3	8	2	20
6	3	4	5	2	42

Следует так же отметить, что в 5 опыте перед тем, как погаснуть, пламя сильно «раздувается» (его как бы разрывает во всех направлениях), что нежелательно при тушении. Очевидное преимущество имеет схема в 4 опыте, которая является наиболее эффективной. Для этой схемы был проведен ряд описанных ниже опытов, результаты которых представлены в виде графиков. Для большей наглядности, схема проведения опытов представлена на рисунке 1.

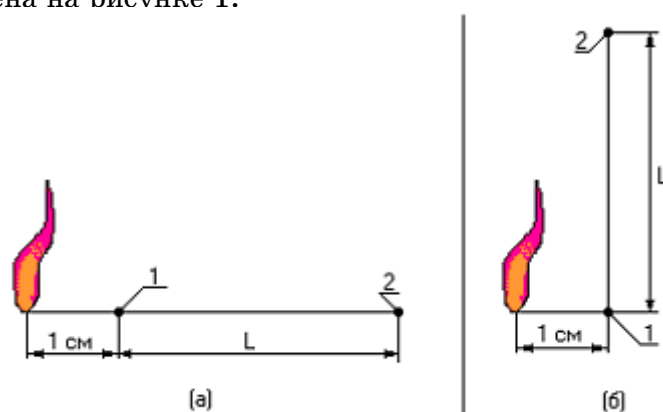


Рис. 1. Схема проведения опытов; 1-исходная точка, 2-конечная точка, L-изменяемое расстояние

На рисунке 2а приведена зависимость напряжения гашения от расстояния между правым электродом и основанием источника пламени. Исходным является положение, когда электрод находится на одном горизонтальном уровне с основанием пламени и на расстоянии 1 см от него. Постепенно расстояние увеличивается и каждый раз измеряется напряжение гашения. Измерения прекращаются, когда при максимальном напряжении на электродах пламя перестает гаснуть.

На рисунке 2б так же приведена зависимость напряжения гашения от расстояния между правым электродом и основанием источника пламени. Исходным является положение, при котором электрод находится на одном горизонтальном уровне с основанием пламени и на расстоянии 1 см от него. Постепенно изменяем положение электрода, поднимая его вертикально вверх. На оси абсцисс откладывается расстояние, начиная от исходной точки. После каждого изменения расстояния измеряется напряжение гашения. Измерения прекращаются, когда при максимальном напряжении на электродах пламя перестает гаснуть.

При обработке полученных результатов была построена линия тренда (на графике это пунктирная линия), уравнение которой для 1-го графика имеет вид:

$$y = 0.0606x^4 - 0.8283x^3 + 3.6515x^2 - 4.3405x + 29.429,$$

а достоверность аппроксимации $R^2 = 0.9888$.

Для 2-го графика:

$$y = 0.6208x^4 - 5.5583x^3 + 16.829x^2 - 17.892x + 32$$

$$R^2 = 1$$

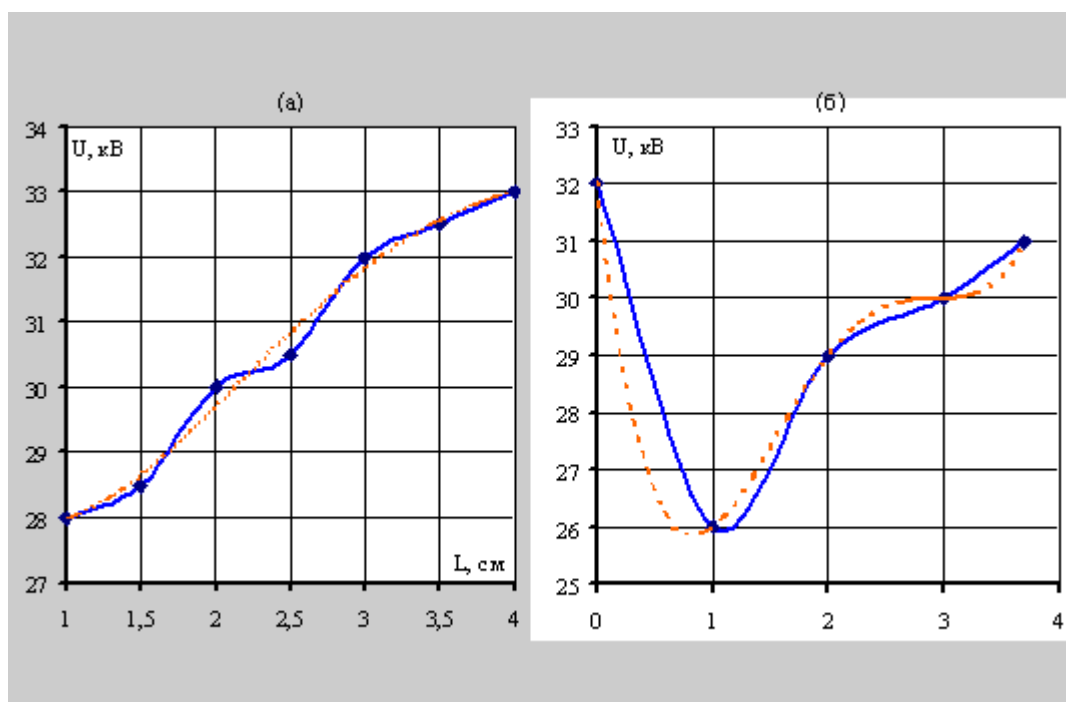


Рис. 2. Зависимость напряжения гашения от расстояния между правым электродом и основанием источника пламени

Как видно из графика на рисунке 2а, при удалении электрода от основания источника пламени в горизонтальном направлении, значение необходимого напряжения для гашения пламени равномерно увеличивается. Из графика на рисунке 2б видно, что наилучший эффект гашения возникает когда электрод находится на 1 см выше уровня основания пламени. При дальнейшем увеличении расстояния, значение необходимого напряжения для гашения пламени, как и в первом случае равномерно увеличивается. Значение напряжения равное 32 кВ при нахождении электрода на одном уровне с основанием пламени ($L=0$), можно объяснить погрешностью эксперимента вызванной сложностью расположения линий электрического поля в непосредственной близости к электроду. Поскольку начальные точки расположения электрода по отношению к источнику в 1 и 2-й серии опытов одинаковы и в 1-й серии опытов значение напряжения равнялось 28 кВ, то наличие ошибки – очевидно. Исключим эту точку из полученного ряда значений. Тогда график, представленный на рисунке 2б, примет вид, показанный на рисунке 3.

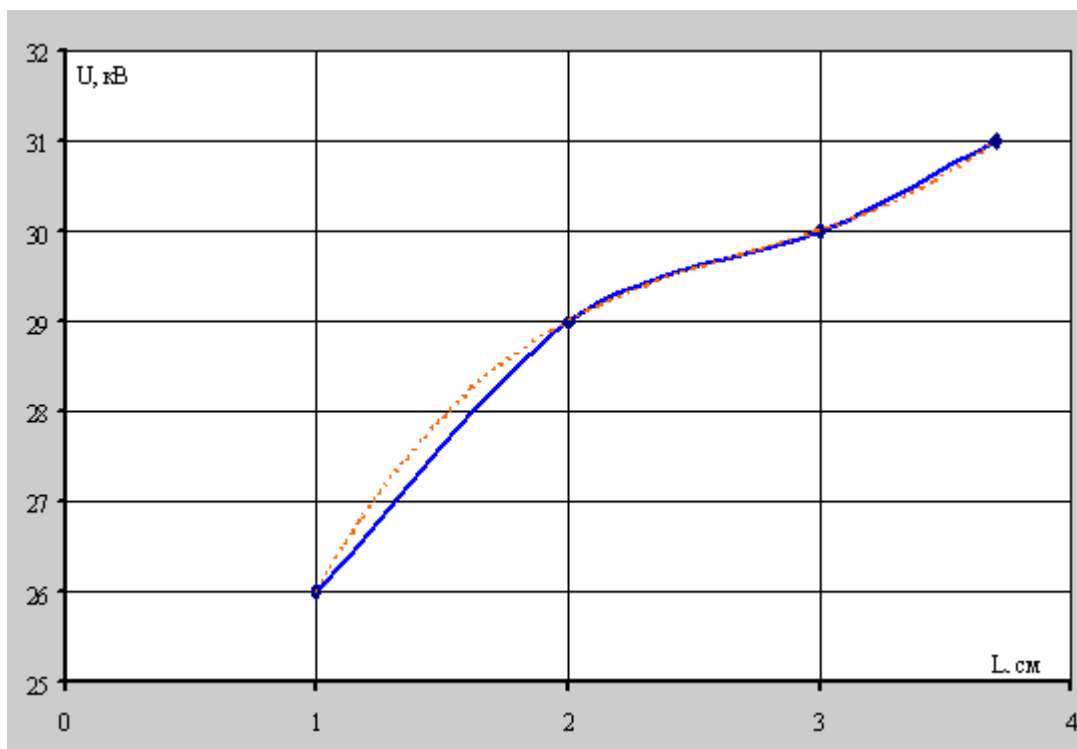


Рис. 3. Зависимость напряжения гашения от расстояния между правым электродом и основанием источника пламени

На рисунке 3 так же показана линия тренда уравнение которой для данного графика имеет вид:

$$y = 0.4637x^3 - 3.7824x^2 + 11.101x + 18.218$$

а достоверность аппроксимации $R^2 = 1$.

Таким образом, экспериментальным методом было установлено, что наиболее эффективной комбинацией электродов, с точки зрения гашения пламени является следующая: правый – иглообразный остро заточенный электрод, левый – пластина, расположенная горизонтально под источником пламени. Были получены экспериментальные зависимости напряжения гашения пламени от расстояния между правым электродом и основанием источника пламени. Данный эффект планируется использовать при разработке экологически чистого способа предотвращения и тушения возгораний на шахтном оборудовании. Возможность разработки такого способа подтверждена экспериментально.

Библиографический список

1. **Малиновский А.Э.** Роль заряженных частиц в процессах горения и взрыва // Социалистическая реконструкция и наука. –1934. -№7. –с.24-37.
2. **Булгаков Ю.Ф., Дикенштейн И.Ф., Зуйкова С.Н.** Отчет о научно-исследовательской работе. – Донецк: НИИГД, 1997. -25 с.
3. **Булгаков Ю.Ф., Кавера А.Л., Бершадский И.А.** Разработка нового способа предотвращения возгораний шахтного высоковольтного оборудования // Известия Донецкого горного института, 2004. №1, с. 60-63.
4. **Тимошенко Г.М., Зима П.Ф.** Теория инженерного эксперимента: Учеб. Пособие. – К.: УМК ВО, 1991. – 124 с.

© Кавера А.Л., 2004