

РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ

проф., д.т.н. Булгаков Ю.Ф., аспирант Кавера А.Л.
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

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

Неотъемлемой частью при разработке нового и совершенствовании имеющегося оборудования, является его пожарная безопасность. Согласно статистике за период с 1991 по 2000 год, 50% экзогенных пожаров приходится на пожары, возникшие в результате воспламенения оболочек кабеля (29,3%), конвейерной ленты (17,8%), оболочек в электрических машинах (2,9%). Проблема состоит в том, что при современном уровне развития противопожарной защиты не существует средств предотвращения воспламенения электрооборудования и конвейерных лент, а существуют только способы их тушения, которые не являются универсальными. Например, тушить водой электрооборудование не разрешается, а при тушении порошком происходит порча оборудования. В связи с этим возникает актуальный вопрос о разработке принципиально нового способа предотвращения и тушения возгораний. Способ основан на способности электрического поля влиять на пламя.

Впервые, установка для тушения пламени была разработана в НИИГД в 1997 году, где был проведен ряд опытов по изучению влияния электрического поля на процесс горения конвейерной ленты. Теперь эти исследования нашли продолжение в ДонНТУ. Установка, разработанная в ДонНТУ, позволяет генерировать электрическое поле при напряжении на электродах до 75 кВ. Был проведен ряд экспериментов по определению оптимальных параметров для тушения пламени.

Установка состоит из блока питания (повышающий трансформатор), пульта управления и двух электродов. С помощью пульта управления на электродах плавно увеличивается напряжение, в результате чего между ними возникает электрическое поле. Оно способствует движению радикалов и ионов в зоне горения и образованию так называемого «ионного ветра» (рис. 1). Этот «ионный ветер» приводит к срыву пламени с поверхности горения (рис. 2).

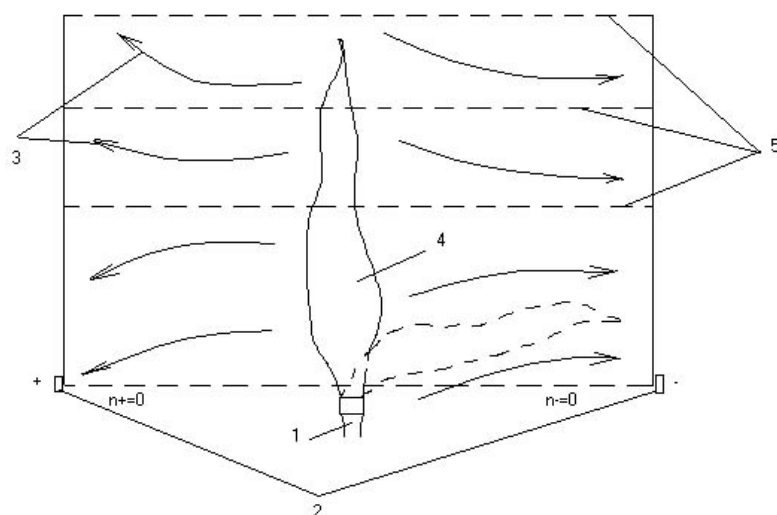


Рисунок 1 - Схема структуры потока и формы пламени: 1-горелка; 2-электроды; 3-линии тока; 4-пламя; 5-силовые линии.

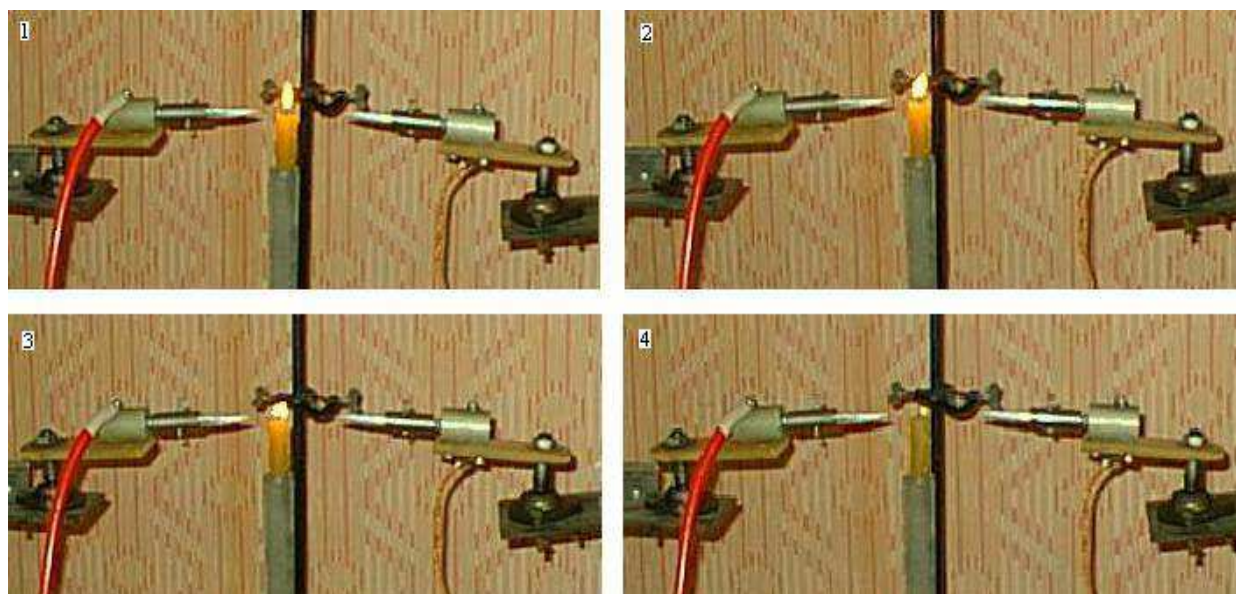


Рисунок 2 – Затухание пламени в электрическом поле

При помощи вольтметра на блоке управления фиксируется напряжение, при котором пламя, расположенное между электродами полностью гаснет. Для исследования влияния электрического поля на источник пламени, была составлена программа проведения экспериментов. Она включала в себя матрицу планирования экспериментов, в которой предусматривалось проведение ряда опытов, направленных на изучение влияния на пламя вида электрического поля (постоянное или переменное), формы электродов и материала из которого сделаны электроды.

В результате проведенного ряда опытов было установлено, что переменное электрическое поле оказывает более существенное влияние на пламя, чем постоянное, поскольку значение напряжения, при котором полностью гаснет источник пламени, установленный между электродами, ниже в случае использования переменного напряжения. Кроме того, при

использовании переменного напряжения, исключается необходимость использования выпрямителя напряжения, что упрощает конструкцию установки.

Материал, из которого сделаны электроды, а были испытаны электроды из алюминия и меди, не оказал влияния на факт гашения пламени, но форма электродов явилась существенным фактором. 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 подключался отдельным проводом.

Третий тип электродов был задуман для создания объемного поля. Однако, как выяснилось, наиболее эффективной формой, с точки зрения гашения пламени, является первый тип электродов. Для этого типа был проведен ряд описанных ниже опытов, результаты которых представлены в виде графиков. Для большей наглядности, схема проведения опытов представлена на рисунке 3.

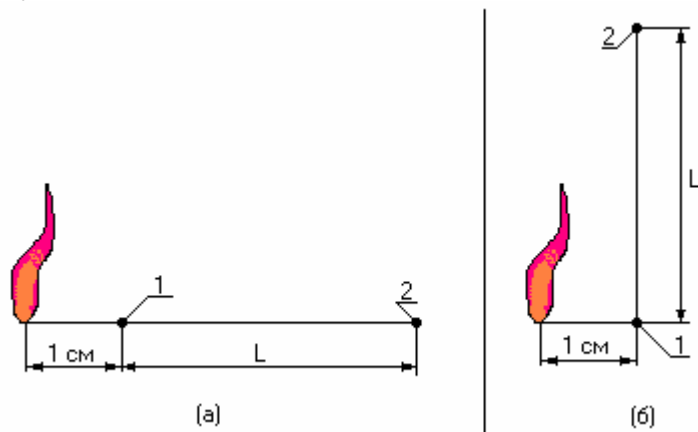


Рисунок 3 - Схема проведения опытов; 1-исходная точка, 2-конечная точка, L-изменяемое расстояние

На рисунке 4а 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 4б 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:

$$y = 0.6208x^4 - 5.5583x^3 + 16.829x^2 - 17.892x + 32$$
$$R^2 = 1$$

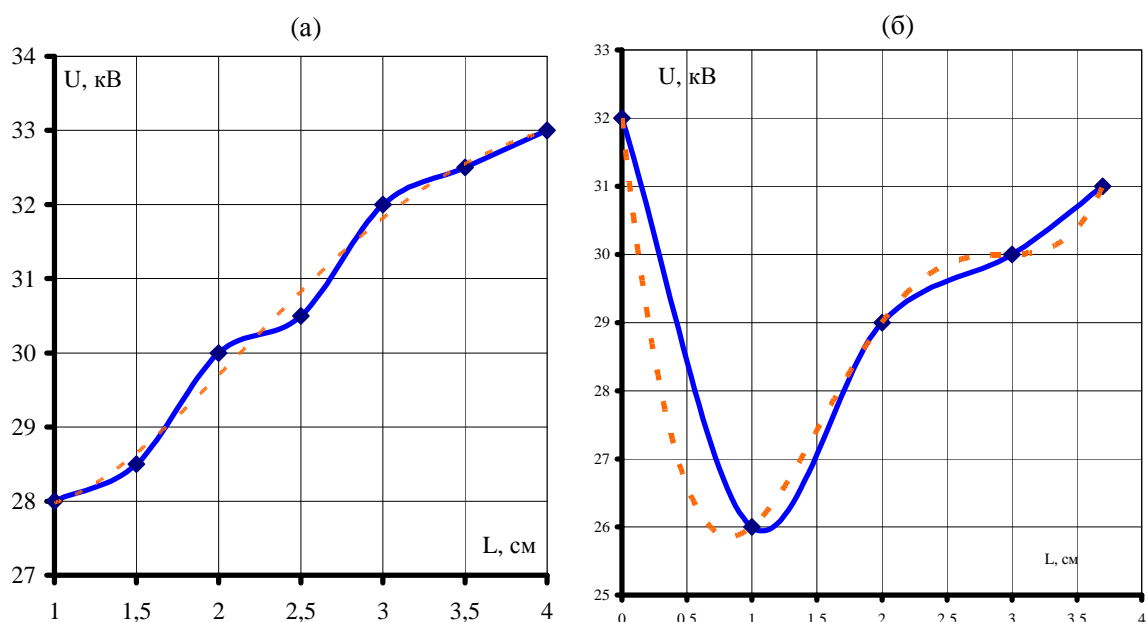


Рисунок 4 - Зависимость напряжения гашения от расстояния между правым электродом и основанием источника пламени

Как видно из графика на рисунке 4а, при удалении электрода от основания источника пламени в горизонтальном направлении, значение необходимого напряжения необходимого для гашения пламени равномерно увеличивается. Из графика на рисунке 4б 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 4б, примет вид, показанный на рисунке 5.

На рисунке 5 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 $R^2 = 1$.

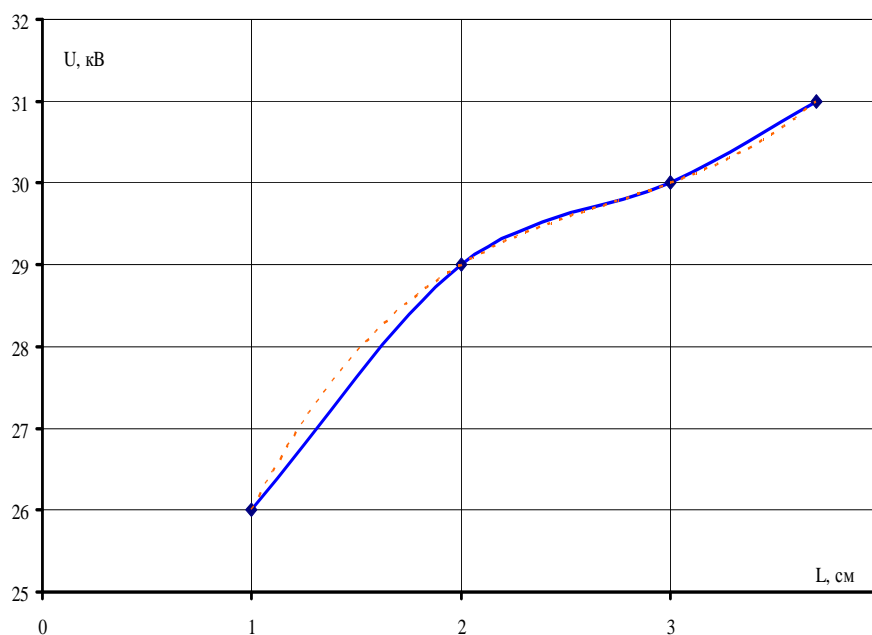


Рисунок 5 - Зависимость напряжения гашения от расстояния между правым электродом и основанием источника пламени

Чтобы убедиться в том, что пламя сбивается «ионным ветром», был поставлен следующий опыт. Источник пламени был помещен в стеклянный цилиндр с открытым верхом, для доступа кислорода и отвода продуктов горения. Цилиндр препятствовал влиянию «ионного ветра», на пламя горелки, которое приобрело форму шара. Вероятно, это вызвано тем, что цилиндр сверху открыт. Значит эффект гашения достигается в результате аэродинамического воздействия потока заряженных частиц на пламя.

Таким образом, экспериментальным методом было установлено, что пламя сбивается аэродинамическим потоком заряженных частиц и этот процесс носит механический характер. Решающими факторами являются форма электродов, образующих электрическое поле, напряжение между электродами и расстояние до источника горения.

Исходя из проведенных теоретических исследований и экспериментов, было предложено использовать данное явление для разработки способов предотвращения возгораний различных объектов, в том числе электроустановок, оболочек электрических кабелей и конвейерной ленты.

Список литературы

1. Лёвкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины. - Макеевка: МакНИИ, 2002. – 392 с.
2. Малиновский А.Э. Роль заряженных частиц в процессах горения и взрыва // Социалистическая реконструкция и наука. –1934. -№7. –с.24-37.
3. Ю.Ф.Булгаков, И.Ф.Дикенштейн, С.Н.Зуйкова Отчет о научно-исследовательской работе. – Донецк: НИИГД, 1997. -25 с.
4. Булгаков Ю.Ф., Кавера А.Л., Бершадский И.А. Разработка нового способа предотвращения возгораний шахтного высоковольтного оборудования // Известия Донецкого горного института, 2004. №1.
5. Тимошенко Г.М., Зима П.Ф. Теория инженерного эксперимента: Учеб. Пособие. – К.: УМК ВО, 1991. – 124 с.

Зав. каф. «Охрана труда
и аэрология»

Булгаков Ю.Ф.