

---

---

# ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

---

---

## О ТУШЕНИИ ПЛАМЕНИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

**М.Д. Маслаков, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

**А.В. Башаричев, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проанализирована возможность тушения пламени электрическим полем высокой напряженности. Рассмотрена имеющаяся литература, посвященная этому вопросу. Предложено создать макет устройства в Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России для проведения на нем необходимых исследований, поскольку в имеющейся литературе нет материалов по исследованию вопросов безопасности применения такого способа тушения пламени. Предложена схема макета устройства для тушения пламени электрическим полем.

*Ключевые слова:* тушение пламени, электрическое поле, высокая напряженность электрического поля, безопасность способа

## EXTINGUISHING OF THE FLAME ELECTRIC POLEMM ON

M.D. Maslakov; A.V. Basharichev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Review the possibility of extinguishing the flames of an electric field of high tension. Reviewed the available literature on the subject. Asked to create a model of the device at the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia to conduct the necessary research on it because there is no available literature materials for security studies of application of this method extinguish flames. The scheme of model of the device for extinguishing the flame electric field.

*Keywords:* fire extinguishing, electric field, a high electric field strength, security method

Пламя возникает в результате взаимодействия химических и физических процессов при горении. Наиболее высокотемпературная поверхность пламени в тонком поверхностном слое, ограничивающем пламя, где протекают окислительно-восстановительные реакции, называется фронтом пламени. Именно во фронте пламени происходят термоокислительные реакции с выделением теплоты и образованием продуктов горения, а также диссоциация и ионизация продуктов горения [1, с. 43]. При горении неоднородной (предварительно не перемешанной) горючей смеси важную роль играют процессы диффузии горючих газов, паров и окислителя во фронт пламени. Интенсивность диффузии кислорода в зону горения определяется его концентрацией внутри пламени (равна нулю) и в окружающем воздухе

(начальная равна 21 %). С уменьшением этой разности концентраций скорость диффузии кислорода уменьшается, и при ее снижении ниже определенного значения горение прекращается.

В работе [2, с. 290] отмечается, что в подавляющем числе случаев химические реакции в пламени идут по сложному механизму, чаще всего, по цепному разветвленному механизму – с участием осколков молекул с ненасыщенными валентностями, атомов и радикалов (то есть атомов или групп атомов, имеющих свободные валентности).

Таким образом, в фронте пламени и продукты горения и окислитель находятся в ионизированном состоянии, при которых и происходит реакция горения. Если пламя разместить между электродами, которые подключены к источнику постоянного тока, создающего напряженность электрического поля между электродами, например 2–5 кВ/см, то ионизированные и разноименно заряженные продукты горения и окислитель будут интенсивно притягиваться к электродам, имеющим противоположный знак заряда, в результате чего окислительно-восстановительная реакция во фронте пламени прекратится и пламя потухнет.

В работе [3] приводится результат эксперимента, когда при тушении пламени высотой в 1 м потребовалось всего 3 с времени и электрическая мощность 3–4 ватт при напряженности электрического поля 3 кВ/см, чтобы пламя погасло, то есть способ является достаточно быстродействующим. Этот эксперимент показывает также, что мощность источника тока требуется небольшая для реализации предложенного способа тушения пламени [4]. Дудышев В.Д. утверждает, что, исходя из типа пламени и его интенсивности, требуемая напряженность электрического поля может изменяться в пределах 2–25 кВ/см.

Анализируя способ тушения пламени, заявленный в работе [4], следует признать его эффективным, но только для тушения открытого пламени. Он не будет эффективным при тушении тления (беспламенного) горения. А такому виду горения подвержены пористые вещества и материалы, образующие твердый углистый остаток при нагревании, а также в ряде случаев горючие жидкости, пропитавшие твердые пористые материалы [1, с. 33]. При тлении образуются продукты неполного горения, которые при определенных условиях способны привести к пламенному горению, когда устройство тушения пламени будет перемещено в другое место.

Однако устройство для тушения пламени может обеспечить возможность спасателю, потушив пламя, пройти в горящее здание и вывести из него какое-то количество находящихся там людей, то есть спасти их от гибели и самому не погибнуть. Учитывая, что человеческая жизнь бесценна, такое устройство безусловно окупит затраты на его производство.

Автор способа тушения пламени электрическим полем предложил и переносной электроогнетушитель для его реализации (его следовало назвать электропламятушитель). Блок-схема переносного электроогнетушителя содержит заплечный ранец из жаропрочного диэлектрика, в котором размещены миниатюрная аккумуляторная батарея емкостью 10 А-час и напряжением 12 В, блок стандартной электроники зажигания двигателя внутреннего сгорания, присоединенный к стандартной автомобильной катушке зажигания, которая обеспечивает напряжение не менее 4 кВ. Выход катушки зажигания через высоковольтный конденсатор присоединен высоковольтным кабелем, проходящим внутри диэлектрического полого цилиндра к активному элементу (электроду), выполненному в виде прямоугольного каркаса из полый трубки и обтянутого металлической сеткой.

Таким образом, в заплечном ранце будет создаваться напряжение не менее 4 кВ. Если такое напряжение, подведенное к электродам электроогнетушителя, способно вытягивать из фронта пламени разноименно заряженные частицы и этим обеспечивать тушение пламени, то следовало провести исследование и определить, как повлияет такое напряжение, создаваемое в заплечном ранце, на человека. Но поскольку о проведении таких исследований автором электроогнетушителя ничего не сообщается, то, надо полагать, они и не проводились. А между тем, известно, что в плазме крови содержатся катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,

$\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  и анионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_2^-$ ,  $\text{HPO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ . Плазма крови постоянно обменивается электролитами с микросредой клеток и содержание в ней электролитов в значительной мере определяет и фундаментальные свойства клеточных элементов органов – возбудимость и сократимость, секреторную активность и проницаемость мембран, биоэнергетические процессы. И как на все это повлияет сильное электрическое поле, создаваемое за плечами в ранцевом электроогнетушителе, следовало обязательно исследовать.

А указанная автором техника безопасности при эксплуатации электроогнетушителя, включает четыре пункта:

- перед началом работы одеть прорезиненные защитные перчатки;
- не включать намокшее устройство и не работать в намокшей одежде;
- строго соблюдать порядок включения устройства;
- не прикасаться к активным частям устройства (электродам) во время работы (не обеспечивает защиту от воздействия электрического поля высокой напряженности на человека).

Учитывая, что устройство для тушения пламени может оказаться полезным для спасения людей из горящего объекта, автор настоящей статьи считает необходимым создать в Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России макет такого устройства не в заплечном ранце, а на передвижной тележке. Рукоятка такой тележки может обеспечить нахождение спасателя на нужном расстоянии от электрического поля и этим обеспечить его безопасность от воздействия поля. На таком макете необходимо будет провести испытания и установить безопасное расстояние спасателя от электрического поля, которое будет обеспечиваться соответствующей длиной рукоятки для приведения тележки в движение. Учитывая, что электрик при обслуживании высоковольтного щита может безопасно находиться от его шин на расстоянии 1,0–1,5 м, для устройства тушения пламени на тележке достаточно будет рукоятки длиной 1,0–1,5 м. Однако окончательно это будет установлено только после проведения соответствующих испытаний макета.

Действие устройства тушения пламени электростатическим полем следует рассматривать применительно для тушения пламени горящих веществ, находящихся в жидком и твердом агрегатном состоянии. В случае пыли или газов в открытом пространстве горение будет происходить очень кратковременно (взрывом) и применение предлагаемого устройства будет нецелесообразным.

Что же требуется для создания такого макета устройства тушения пламени?

Прежде всего автономный источник питания. В качестве источника питания целесообразно использовать кадмиево-никелевый герметичный аккумулятор. Согласно ГОСТ 24956–81, такие аккумуляторы выпускаются емкостью до 16 А/ч. Две параллельно включенные батареи кадмиево-никелевых герметичных аккумуляторов, каждая из которых состоит из 10 последовательно включенных аккумуляторов, обеспечат емкость 32 А/ч. При выбранной емкости устройство тушения пламени, по данным автора [4], будет работоспособно в течение 32 ч. Саморазряд кадмиево-никелевых аккумуляторов не превышает 25 % в месяц, они работоспособны в интервале температуры окружающей среды от -20 до +45 °С, средняя наработка их может достигать 1000 циклов.

Напряжение от аккумуляторной батареи 12 В будет подаваться на преобразователь постоянного тока в переменный mobil En SP 1500 мощностью 1500 Вт, который будет вырабатывать переменный ток 220 В, 50 Гц. Такой преобразователь имеется в продаже и его можно будет закупить.

Переменное напряжение 220 В, 50 Гц с преобразователя будет подключено на первичную обмотку повышающего трансформатора, выполненного по типу катушки зажигания классической системы батарейного зажигания с замкнутой магнитной цепью [5]. При этом число витков вторичной обмотки повышающего трансформатора и диаметр провода можно принять равной 25 000 и 0,07 ... 0,09 мм, а число витков первичной обмотки повышающего трансформатора и диаметр провода можно принять 220 и 0,52 ... 0,86 мм, как

допускается для катушки зажигания [5]. Для получения выходного напряжения 5, 10, 15 кВ, которое может потребоваться для создания необходимой напряженности поля при тушении различных типов пламени, из вторичной обмотки следует сделать три соответствующих вывода и общий вывод, напряжение с которых могло бы подаваться на высоковольтное выпрямительное устройство и далее по высоковольтному кабелю на электроды устройства для тушения пламени.

В качестве выпрямительного устройства можно использовать выпрямитель 15 ГЕ 1440 У – С, который состоит из 1 440 селеновых пластин в одном корпусе и может работать при напряжении до 40 кВ.

Все перечисленные элементы следует смонтировать на гетинаксовой панели, которую необходимо закрепить на двухосной тележке с металлическими колесами. Тележка будет приводиться в движение спасателем с помощью рукоятки, выполненной из диэлектрика и отстоящей от тележки на расстоянии 1,0–1,5 м (необходимая длина будет установлена после проведения исследований).

От выпрямительного устройства напряжение будет подаваться к электродам устройства тушения пламени с помощью двух телескопических штанг, выполненных из жаропрочного диэлектрика, внутри которых будут размещаться высоковольтные кабели, от которых постоянное высокое напряжение будет подключаться к электродам.

Электроды будут выполнены в виде прямоугольного каркаса из полой трубки, обтянутого металлической сеткой.

Для проведения исследований по безопасности применения такого устройства необходимо приобрести измеритель параметров электростатического поля ИПЭП-1, который позволяет измерять напряженность до 1000 кВ/м. Ориентировочная цена его на сегодняшний день 96 760 руб. с НДС.

### **Литература**

1. Теория горения и взрыва: учеб. для вузов / В.Р. Малинин [и др.]; под ред. проф. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 280 с.
2. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович [и др.]. М.: Наука, 1980. 480 с.
3. Дудышев В.Д. Новая технология тушения и предотвращения пожаров // Экология и промышленность России. 2003. дек.
4. Дудышев В.Д. Способ тушения пламени. А.с. СССР № 1621234. 12 марта 1988 г. // Независимый науч.-техн. портал. URL:<http://www.ntpo.com> (дата обращения: 17.06.2015).
5. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей: учеб. для вузов. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Горячая линия-Телеком, 2009. С. 150–152.