

закключение о том, что в качестве ПАВ для получения наиболее устойчивой к разрушению пены среди веществ одного ряда следует выбирать те, которые характеризуются наиболее низкой электропроводностью.

Список литературы

1. Шароварников А.Ф., Салем Р.Р., Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. - М.: Издательский дом "Калан", 2006. - 362 с.
2. Горшков В.И. , Гуринова Э.Л., Николаев В.М., Титов О.А. Электропроводность огнетушащих веществ // Вопросы горения полимерных материалов в обогащённых кислородом средах: Сборник трудов – Москва. – 1975. – С. 104-112
3. Андреев А.П., Герасимова И.Н. Пенообразующие составы для тушения, изоляции и дегазации проливов экологическиопасных веществ // Пожаровзрывобезопасность. 2005. № 6. С. 67-70.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОДУКТОВ ДЕТОНАЦИИ ПРИ ВЗРЫВЕ СМЕСИ ПРОПАН-БУТАНА С ВОЗДУХОМ

**Говаленков С.В., доцент
Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков
Дубинин Д.П., младший научный сотрудник
Украинский НИИ МЧС Украины, г. Харьков.
Корытченко К.В., начальник НИЛ
Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт» г. Харьков**

Ежегодно на территории СНГ возникает несколько тысяч пожаров. При этом, общие ежегодные убытки, причиненные лесными пожарами, достигают десятков миллионов долларов США, из которых основная часть затрачивается на тушение пожаров и возобновление лесов. Поэтому разработка способов, позволяющих с малыми затратами и с высокой производительностью локализовать очаги возникающих пожаров, является актуальным.

Гришиным А.М., Зимой В.П., Ревой Г.В. и др. предложена новая концепция борьбы с пожарами на больших площадях, основанная на локализации и последующем тушении пожара с малыми энергетическими затратами с помощью взрывных зарядов на основе конденсированных взрывчатых веществ [1,2]. Последующее развитие данной концепции, заключающееся в применении объемных шланговых зарядов (ОШЗ), представлено в работах [3,4]. В данных работах теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность формирования

противопожарных разрывов с помощью взрыва ОШЗ, получена зависимость ширины разрыва от диаметра и расположения ОШЗ.

При практической реализации способа создания противопожарных разрывов ОШЗ целесообразно применение распространенного углеводородного топлива. На выбор типа топлива влияет его детонационная способность в смеси с воздухом. Выбор типа газа, который наиболее рационально использовать для наполнения ОШЗ, определяется исходя из его детонационной способности, возможности сжижения, температуры испарения, широты промышленного применения, безопасности. Под детонационной способностью в данном случае понимается критическая энергия инициирования детонации и пределы детонации в смеси с воздухом. Количество взрывчатого вещества, необходимого для инициирования взрыва, определяется исходя из критической энергии инициирования детонации. Очевидно, что наиболее приемлемым будет топливо, которое в смеси с воздухом обладает наименьшим значением критической энергии. Температура испарения топлива определяет возможность создания газовых смесей в характерных для данной местности климатических условиях. При холодных климатических условиях температура испарения топлива уменьшается, что приводит к трудностям при создании газовой смеси. Под безопасностью в данном случае понимается взрывобезопасность и ядовитые свойства. Например, ацетилен при небольших давлениях может детонировать даже без окислителя, что делает его неприемлемым для использования в газообразном виде в качестве топлива. Хотя данный газ детонирует с воздухом в широких детонационных пределах и имеет очень низкое значение критической энергии инициирования детонации.

Исходя из вышеперечисленного комплекса требований, считается наиболее рациональным применение в качестве топлива объемного шлангового заряда газов пропана, бутана или их смесей. Рассмотрен способ локализации лесных пожаров созданием противопожарных барьеров с помощью объемного взрыва. Предложен вариант формирования топливовоздушной смеси в объемно шланговом заряде с помощью струи отработанных газов гусеничной техники. Требования к составу газа, поставляемого на экспорт, задаются согласно [5]. В основу расчетов для оценки взрывного воздействия была взята смесь пропан-бутан техническая. Согласно данным таблицы 1 [5], для данной смеси можно принять соотношение пропана к бутану как (1 ÷ 1,5) в массовых долях компонентов.

Проведем моделирование параметров взрыва от детонации смеси пропан-бутан технической с воздухом в стехиометрическом соотношении в соответствии с методикой расчета, изложенной в работе [6].

Расчет скорости детонации D_n находим из выражения:

$$D_n = \frac{k+1}{k} = \sqrt{\frac{k \cdot R}{M_f} \cdot T_f} = 1947, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где k – показатель адиабаты ($k=1,27$), R – универсальная газовая постоянная ($R = 8,314472$ Дж/(моль·К)), M_{Π} – средний молекулярный вес продуктов детонации ($M_{\Pi}=28,36 \cdot 10^{-3}$ кг/моль), T_{Π} – температура во фронте волны детонации ($T_{\Pi} = 3189$ К).

Давление во фронте волны детонации P_n определяется выражением [6]:

$$P_n - P_0 = \frac{\rho_0 D_n^2}{k + 1} \left(1 - \frac{C_0^2}{D_n^2} \right) = 21,3 \cdot 10^5, \text{ Па}, \quad (2)$$

где $T_0 = 273$ К, ρ_0 – плотность исходной топливоздушной смеси ($\rho_0 = 1,32$ кг/м³), C_0 – скорость звука в исходной газовой смеси ($C_0 = 330$ м/с), P_0 – начальное давление в топливоздушной смеси.

Следует учесть, что давление, определяемое выражением (2), характеризует давление во фронте ударной волны. Известно, что за фронтом волны давление в продуктах детонации уменьшается до двух раз, что позволяет определить динамику расширения продуктов детонации. Его величину можно определить согласно выражения [7]:

$$P_{\dot{A}} = \frac{R \cdot T_0 \cdot \rho_0}{M_{\dot{r}}} = 11 \cdot 10^5 \text{ Па}. \quad (3)$$

В отличие от известных вариантов, предлагаемая техника локализации пожаров позволяет мобильно и качественно формировать в заряде топливоздушную смесь, близкую к стехиометрическому составу. Это позволяет применять пропан-бутан для создания топливоздушной смеси для наполнения ОШЗ. Очевидно, что благодаря получению однородного состава смеси достигается увеличение ударного действия взрыва, а формирование смеси стехиометрического состава приводит к экономии топлива.

Список литературы

- 1.Рева Г.В. Метод розрахунку циліндричних відбивачів вибухових хвиль для гасіння лісових пожеж: Автореф. дис. канд. техн. Наук. – Донецьк, 2000. – 18с.
- 2.Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – М.: Наука, 1992. – 408с.
- 3.Говаленков С.В., Дубинин Д.П. Применение взрывного способа для борьбы с лесными пожарами // Системи оброки інформації: / ХУПС ім. І. Кожедуба - Вип. 2 (76). – Харків: 2009. – С. 135-139.
- 4.Сиротенко А.М., Дубинин Д.П., Корытченко К.В. Экспериментальное исследование способа создания противопожарных разрывов объемными

шланговыми зарядами Проблемы пожарной безопасности: Выпуск 30. – Харьков: НУГЗУ МЧС Украины, 2011.– С. 234 – 241.

5. ГОСТ 21443-75. Газы углеводородные сжиженные, поставляемые на экспорт.

6. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. – М: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. – 800 с.

7. Дубровский И.М., Егоров Б.В., Рябошапка К.П. Справочник по физике. – К.: Наукова думка, 1986. – 557 с.

ДИНАМИКА РАСТЕКАНИЯ ГОРЮЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Горпинич И.А.

Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

Построим математическую модель гравитационного растекания цилиндрического слоя жидкости на горизонтальной поверхности, учитывающую влияние сил трения и сил поверхностного натяжения. Принцип расчета гравитационного растекания цилиндрического слоя жидкости изложен в [1].

В начальный момент времени $t=0$ жидкость представляет собой цилиндр высотой h_0 и радиусом R_0 . Под действием силы тяжести жидкость растекается, сохраняя в любой момент времени t форму цилиндра с радиусом $R(t) \geq R_0$ и высотой $h(t) \leq h_0$.

Общая механическая энергия цилиндрического столба жидкости определяется суммой кинетической и потенциальной энергий:

$$W = W_k + W_{\text{п}}. \quad (2)$$

где W_k , $W_{\text{п}}$ – кинетическая и потенциальная энергия соответственно:

$$W_k = \frac{mv^2}{2}, \quad W_{\text{п}} = \frac{mgV}{2\pi R^2}, \quad (3)$$

где m , V – масса и объем жидкости соответственно; R – радиус цилиндра; v – средняя скорость движения жидкости.

При этом вектор скорости будет представлять собой сумму вертикальной составляющей скорости $v_z = dh/dt$, обусловленной уменьшением высоты цилиндра и горизонтальной составляющей $v_x = dR/dt$, обусловленной увеличением радиуса цилиндра. Выражая модуль средней скорости через модуль ее горизонтальной составляющей, получим выражение для механической энергии цилиндрического слоя жидкости в виде