

3. Васильченко А.В. Повышение огнестойкости железобетонной колонны при ее усилении обоймой из фиброжелезобетона / А.В.Васильченко, Хмыров И.М., С.С.Кучер // Сб. науч. трудов НУГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вып.34.– Харьков: НУГЗУ, 2013. – С.40-44.

4. МДС 21-2.2000. Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. Госстрой России, 2000.

## УДК 621.3

*С. В. Говаленков, кандидат технических наук, доцент, Д. П. Дубінін,  
Національний університет цивільного захисту України*

### **МОДЕЛЮВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО СТАНУ ПРОДУКТІВ ДЕТОНАЦІЇ ПРИ ВИБУХАХ ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ**

При низових лісових пожежах згорає поверхневий шар - суха трава, шар опалої хвої та сухого листя, мохи, лишайники, а також чагарники й підлісок, обгорає кора біля основи дерев. Локалізація пожеж – це дії по обмеженню розповсюдження горіння, основні прийоми по якому представлено в [1]. Одним з способів обмеження поширення горіння є створення протипожежних розривів за допомогою вибуху [2, 3]. Його доцільно використовувати в разі великого видалення вогнища пожежі від джерел води, на важкодоступних для техніки ділянках місцевості й кам'янистих поверхнях. Разом з тим, цей спосіб має недоліки, які призводять до обмеження його широкого застосування, наприклад ризику застосування вибухових речовин.

Слід відзначити, що одним з різновидів цього способу, який останнім часом набув широкого розвитку, є застосування об'ємних шлангових зарядів (ОШЗ), для формування протипожежних бар'єрів [4-6]. В даних роботах теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджена його ефективність, отримана залежність геометричних параметрів протипожежного бар'єру від діаметру ОШЗ, наприклад, при застосуванні шнурових зарядів типу ЕШ-1П та ПЖВ-20.

При практичній реалізації цього методу доцільно застосовувати вуглеводне паливо, на вибір якого впливає:

- детонаційна здатність в суміші з повітрям та можливість скраплення;
- температура випаровування;
- широта промислового застосування;
- безпека особового складу, що використовує необхідні засоби.

Під детонаційною здатністю в даному випадку розуміється критична енергія ініціювання детонації та межі детонації в суміші з повітрям. Кількість вибухової речовини, необхідної для ініціювання вибуху, визначається виходячи з критичної енергії ініціювання детонації. Очевидно, що найбільш прийнятним буде паливо, яке в суміші з повітрям має найменше значення критичної енергії. Температура випаровування палива визначає можливість створення газових сумішей в характерних для даної місцевості кліматичних умов. При холодних кліматичних умовах температура випаровування палива зменшується, що призводить до труднощів при створенні газової суміші. Під безпекою в даному випадку будемо розуміти вибухову безпеку й отруйні властивості речовин. Наприклад, ацетилен при невеликих тисках може детонувати навіть без окислювача, що робить його неприйнятним для використання в газоподібному вигляді в якості палива. Хоча цей газ детонує з повітрям в широких детонаційних межах і має дуже низьке значення критичної енергії ініціювання детонації.

Виходячи з вищезгаданого комплексу вимог, вважається найбільш раціональним застосування в якості палива ОШЗ газів пропану, бутану або їх сумішей. Розглянуто спосіб локалізації лісових пожеж створенням протипожежних бар'єрів за допомогою об'ємного вибуху. Вимоги до складу газу, що поставляється на експорт, задаються згідно [7]. В основу розрахунків для оцінки вибухового впливу була взята суміш пропан-бутан технічна. Згідно даних таблиці 1 [7], для даної суміші можна прийняти співвідношення пропану до бутану як (1 ÷ 1,5) в масових частках компонентів.

Розглянемо моделювання параметрів вибуху від детонації суміші пропан-бутан технічного з повітрям в стехіометричному співвідношенні у відповідності з методикою розрахунку, викладеною в роботі [8].

Розрахунок швидкості детонації  $D_n$  знаходимо з виразу:

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

де  $k$  – показник адіабати ( $k=1,27$ ),  $R$  – універсальна газова стала ( $R = 8,314472$  Дж/(моль·К)),  $M_{\Pi}$  – середня молекулярна вага продуктів детонації ( $M_{\Pi}=28,36 \cdot 10^{-3}$  кг/моль),  $T_{\Pi}$  – температура у фронті хвилі детонації ( $T_{\Pi} = 3189$  К).

Тиск у фронті хвилі детонації  $P_n$  визначається виразом [7]:

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

де  $T_0 = 273 \text{ K}$ ,  $\rho_0$  – щільність вихідної паливоповітряної суміші ( $\rho_0 = 1,32 \text{ кг/м}^3$ ),  $C_0$  – швидкість звуку у вихідній газовій суміші ( $C_0 = 330 \text{ м/с}$ ),  $P_0$  – початковий тиск в паливоповітряної суміші.

Слід врахувати, що тиск (2), характеризує тиск у фронті ударної хвилі. Відомо, що за фронтом хвилі тиск в продуктах детонації зменшується до двох разів, що дозволяє визначити динаміку розширення продуктів детонації. Його величину можна визначити відповідно до виразу [9]:

$$P_A = \frac{R \cdot T_0 \cdot \rho_0}{M_i} = 11 \cdot 10^5 \text{ Па.} \quad (3)$$

На відміну від відомих варіантів, техніка локалізації пожеж, що пропонується, дозволяє мобільно та якісно формувати в заряді паливоповітряну суміш, близьку до стехіометричного складу. Це дозволяє застосовувати пропан-бутан для створення паливоповітряної суміші для наповнення ОШЗ. Очевидно, що завдяки отриманню однорідного складу суміші досягається збільшення ударної дії вибуху, а формування суміші стехіометричного складу призводить до економії палива.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технические средства и способы тушения пожаров / С.С. Авакимов, В.П. Булгаков, М.И. Бушуй, Н.Д. Тараканов; Под ред. Б.П. Иванова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 256с.
2. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – М.: Наука, 1992. – 408с.
3. Рева Г.В. Метод розрахунку циліндричних відбивачів вибухових хвиль для гасіння лісових пожеж: Автореф. дис. канд. техн. Наук. – Донецьк, 2000. – 18с.
4. Говаленков С.В. Применение взрывного способа для борьбы с лесными пожарами / Говаленков С.В., Дубинин Д.П. // Системы обработки информации. – 2009. – Вип. 2 (76). – С. 135-139.
5. Сиротенко А.М. Экспериментальное исследование способа создания противопожарных разрывов объемными шланговыми зарядами/ Сиротенко А.М., Дубинин Д.П., Корытченко К.В. // Проблемы пожарной безопасности. – 2011. – Выпуск 30. – С. 234 – 241.
6. Дубинин Д.П. Исследование ширины противопожарного барьера, создаваемого взрывом топливовоздушных зарядов / Дубинин Д.П., Корытченко К.В. // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. Международный научно-практический журнал. – 2014. – Том 9, №1. С.21-25.
7. ГОСТ 21443-75. Газы углеводородные сжиженные, поставляемые на экспорт.

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

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

## УДК 614.84

*Н. Б. Григорьян, кандидат технических наук,  
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ВСПУЧИВАЮЩЕГОСЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ «ФЕНИКС СТС»**

Одним из эффективных способов повышения огнестойкости стальных колонн и балок является нанесение на их поверхность материалов, которые при тепловом воздействии в условиях пожара в десятки раз увеличивают свою исходную толщину. Такие огнезащитные покрытия (далее – ОЗП) имеют максимальную исходную толщину несколько миллиметров, и их называют вспучивающими или реактивными ОЗП [1, 2]. Целью данной работы являлось определение характеристики огнезащитной способности вспучивающегося ОЗП «Феникс СТС» для несущих стальных конструкций, что необходимо для его практического применения на объектах строительства.

Характеристикой огнезащитной способности ОЗП [1, 2] является зависимость минимальной толщины этого покрытия  $d_{Pmin}$  от приведенной толщины металлического профиля конструкции  $V/A_p$ , критической температуры металла  $\theta_{cr}$  и нормируемого предела огнестойкости конструкции  $t_\tau$ , которая выражается в виде следующей функции:

$$d_{Pmin} = f\left(\frac{V}{A_p}, \theta_{cr}, t_\tau\right), \quad (1)$$

где  $V$  – объем металлического профиля конструкции,  $m^3$ ,  $A_p$  – площадь поверхности металлического профиля конструкции, которая поддается огневому воздействию,  $m^2$ .

Для определения характеристики огнезащитной способности ОЗП «Феникс СТС» был применен экспериментально-расчетный метод, экспериментальная часть которого реализована в соответствии с европейским стандартом [1], а его расчетная часть выполнена с помощью метода решения обратной задачи теплопроводности (далее – ОЗТ), приведенного в национальном стандарте [2]. Решение ОЗТ проведено экстремальным методом