

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИБУХОВОГО МЕТОДУ ПОДВІЙНИХ ЗАРЯДІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ БАР'ЄРІВ

Щорічно на землі виникає близько 0,5 млн. природних пожеж, які знищують близько 1 % загальної площі території рослинності Земної кулі та викидають в атмосферу мільйони тонн продуктів згорання. Природні пожежі завдають величезних збитків довкіллю, якості життя людини, ефективності його діяльності, а також в цілому економіці країни. Одним з шляхів підвищення рівня захищеності населення від природних пожеж є створення протипожежних бар'єрів.

В роботі [1] пропонується створювати протипожежні бар'єри за допомогою вибуху шнурових зарядів типу ЕШ-1П. Зокрема, шнуровий заряд забезпечує створення протипожежного бар'єру шириною 1,4 м, а для локалізації природних пожеж потрібно, як правило, протипожежний бар'єр шириною не менше 2,8 м [2, 3]. В роботі [4, 5] в якості альтернативи шнуровим зарядам пропонується застосування для створення протипожежних бар'єрів, одинарні заряди з суміші вибухонебезпечних газів, які мають ряд переваг, а саме вищий рівень безпеки при роботі із зарядами, підвищений імпульс тиску та вища питома теплота згорання палива. Передбачається, що при застосуванні подвійних зарядів, ширина протипожежного бар'єру при вибуху може складати близько 7-8 м, що значно перевищує нормативну та ширину при застосуванні одинарних зарядів.

Для проведення математичного моделювання запропонованого методу розроблена математична модель вибуху подвійних зарядів з суміші вибухонебезпечних газів, яка представлена у якості системи рівнянь, що описують нестационарний тривимірний перебіг двокомпонентної суміші газів в декартовій системі координат:

$$\frac{\partial \vec{a}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{b}}{\partial x} + \frac{\partial \vec{c}}{\partial y} + \frac{\partial \vec{d}}{\partial z} = \rho \vec{n}, \quad (1)$$

де \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} , \vec{d} , \vec{n} – вектор-стовпці, які мають вид:

$$\vec{a} = [\rho, \rho u, \rho v, \rho w, E]^T,$$

$$\vec{b} = [\rho u, P + \rho u^2, \rho uv, \rho uw, (E + P) u]^T,$$

$$\vec{c} = [\rho v, \rho uv, P + \rho v^2, \rho vw, (E + P) v]^T,$$

$$\vec{d} = [\rho w, \rho uw, \rho vw, P + \rho w^2, (E + P) w]^T,$$

$$\vec{n} = [0, f_x + f_y, f_z]^T,$$

де $f_x = -s c_d \cdot \rho u \sqrt{u^2 + w^2}$; $f_z = -s c_d \cdot \rho w \sqrt{u^2 + w^2}$ – проекція сили опору на осі координат ($s c_d$ – параметр, що характеризує силу опору одиниці об'єму фітоценозу); ρ , T , P – густина, температура і тиск газової фази, відповідно; t – час; u , w – компоненти вектора швидкості газового потоку \vec{q} ; x , z – координати в декартовій системі координат вздовж земної поверхні; s – питома поверхня фітомаси пологу лісу; c_d – емпіричний коефіцієнт опору пологу лісу; v – складова вектора швидкості газового потоку \vec{q} по осі OX; y – декартова координата по осі, перпендикулярній земній поверхні; E – повна енергія одиниці об'єму суміші газів.

В основу покладено припущення, що при використанні подвійних зарядів з суміші вибухонебезпечних газів за рахунок їх одночасного вибуху в області взаємодії ударних хвиль відбувається стрімке посилення тиску, що дозволить збільшити ширину протипожежного бар'єру за рахунок викиду рослинного горючого матеріалу на значну відстань від центру вибуху. Тому розташування подвійних зарядів в області моделювання задавалося згідно схеми (рис. 1).

Для цього подвійний заряд з суміші вибухонебезпечних газів необхідно розташовувати безпосередньо поверх наземного горючого матеріалу на відстані 2 м між осями зарядів, що відповідає середній відстані між коліями пожежного автомобіля.

Для визначення початкових умов для проведення досліджень процесів вибуху подвійних зарядів з суміші вибухонебезпечних газів приймаємо діаметр оболонки заряду $d = \{0,95; 1,3\}$ та товщину шару наземного горючого матеріалу рівною $h = 0,1$ м. Швидкість набігаючого потоку вітру рівною $q_z = 3$ м/с, як середню швидкість вітру для м. Харкова і Харківської області [4].

Таким чином, початкові умови для подвійних зарядів з суміші вибухонебезпечних газів мають наступний вигляд.

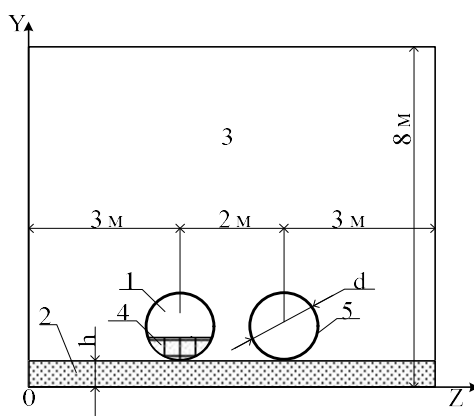


Рис. 1. Розміщення подвійних зарядів з суміші вибухонебезпечних газів в розрахунковій області: 1 – продукти детонації, 2 – шар рослинності, 3 – повітря, 4 – місце розрахунку, 5 – початкова межа розташування продуктів детонації, h – товщина шару покрову, d – початковий діаметр заряду

В області детонації заряду:

$$\left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} + 1\right)^2 < \frac{d^2}{4}, \quad \left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} - 1\right)^2 < \frac{d^2}{4}, \quad 0 < x < H_x. \quad (3)$$

приймалося: $P|_{t=0} = 1,4$ МПа; $T|_{t=0} = 3480$ К; $\gamma|_{t=0} = 1,267$, $u|_{t=0} = 0$; $v|_{t=0} = 0$; $w|_{t=0} = 0$; $N|_{t=0} = 1$.

В області повітряного простору:

$$h < y < H_y, \quad 0 < x < H_x, \quad 0 < z < H_z,$$

$$\left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} + 1\right)^2 \geq \frac{d^2}{4}, \quad \left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} - 1\right)^2 \geq \frac{d^2}{4}. \quad (4)$$

приймалося: $P|_{t=0} = 0,1$ МПа; $T|_{t=0} = 293$ К; $\gamma|_{t=0} = 1,4$; $u|_{t=0} = 0$; $v|_{t=0} = 0$; $w|_{t=0} = 3$ м/с; $N|_{t=0} = 0$.

В області фітоценозу:

$$0 < y < h, \quad 0 < x < H_x, \quad 0 < z < H_z. \quad (5)$$

приймалося: $P|_{t=0} = 0,1$ МПа; $T|_{t=0} = 293$ К; $\gamma|_{t=0} = 1,4$; $u|_{t=0} = 0$; $v|_{t=0} = 0$; $w|_{t=0} = 0$ м/с; $N|_{t=0} = 0$.

Таким чином, граничні умови мають наступний вид. Земна поверхня в розрахунках представлялася у вигляді множини непроникних ділянок, які у сукупності моделюють розрахункову область поверхонь [4]. На цих поверхнях виконувалася умова не протікання: $q\vec{n} = 0$, де \vec{n} – вектор нормалі до даної поверхні.

Процес ударного розширення продуктів вибуху описується системою рівнянь нестационарної газодинаміки з урахуванням опору середовища, доповненої рівнянням стану ідеального газу, в тривимірній декартовій системі координат.

В роботі наведена математична модель, початкові та граничні умови, які дозволяють провести чисельний розрахунок та дослідити процес вибуху подвійних зарядів з суміші вибухонебезпечних газів при створенні протипожежного бар'єру за допомогою математичного моделювання. Це дозволить за допомогою апробованих програм визначити залежність ширини протипожежного бар'єру від діаметру заряду та типу рослинності та дасть змогу в подальшому провести експериментальні дослідження в реальних умовах для оцінки ефективності застосування даного методу для локалізації природних пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – М.: Наука, 1992. – 408 с.
2. Правила пожежної безпеки в лісах України: НАПБ А.01.002-2004. – К.: Держкомлісгосп України, 2004.
3. Методичні рекомендації щодо зниження небезпеки пливу лісових пожеж на арсенали, бази і склади боєприпасів, що розташовані в лісових масивах. Наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 25 серпня 2011 р. № 890. – Режим доступу: <http://www.dsns.gov.ua/files/2011/8/26/890.pdf>.
4. Дубінін Д.П. Математичне моделювання вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів для створення протипожежного бар'єру / Д.П. Дубінін, А.А. Лісняк // Проблеми пожежної безпеки. – 2016. – Вып. 40. – С. 84 – 89. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol40/dubinin.pdf>.
5. Говаленков С.В. Математическое моделирование параметров взрыва объемно-шлангового заряда в пологе леса / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин // Системи обробки інформації: – Х., 2011. – № 2 (92). – С. 282 – 285