



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**ДУБІНІН ДМИТРО ПЕТРОВИЧ**

**УДК 614.84**

**ЛОКАЛІЗАЦІЯ ЛАНДШАФТНИХ ПОЖЕЖ  
ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ  
БАР'ЄРІВ ВИБУХОМ ЗАРЯДІВ З СУМІШІ  
ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ**

Спеціальність 21.06.02 – пожежна безпека

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Гвардійському ордену Червоної Зірки факультеті військової підготовки імені Верховної Ради України Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», МО України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник Коритченко Костянтин Володимирович, факультет військової підготовки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри бронетанкового озброєння та військової техніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник Ключка Юрій Павлович, Національний університет цивільного захисту України ДСНС України, начальник науково-дослідної лабораторії моніторингу надзвичайних ситуацій;

кандидат технічних наук Мовчан Іван Олександрович, Львівській державний університет безпеки життєдіяльності ДСНС України, проректор зі стратегічного планування та контролю.

Захист відбудеться “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. о \_\_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.707.01 в Національному університеті цивільного захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного університету цивільного захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

Автореферат розіслано “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

А.О. Михайлюк

Підписано до друку 20.04.2015 р. Формат 60×84/16.  
Папір офсетний. Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman.  
Умовн. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Зам. № 2/18.

---

Надруковано в друкарні ФВП НТУ «ХП»

61098, м. Харків-98, вул. Полтавський шлях, 192  
тел. 372-61-67, додатковий 3-48

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Щорічно на планеті виникає до 400 тисяч ландшафтних пожеж, які наносять значні збитки. Для локалізації ландшафтних пожеж знайшли широке застосування методи припинення подальшого поширення горіння на основі створення протипожежних бар'єрів (ПБ), мінералізованих смуг, протипожежних розривів і протипожежних заслонів. На теперішній час створення ПБ здійснюється шляхом використання ґрунтообробних механізмів або вибуховим способом.

Вибуховий спосіб дозволяє з більш високою продуктивністю, порівняно з використанням інженерної техніки, створювати ПБ. За рахунок ударної дії вибуху заряду у фітоценозі відбувається миттєве розчищення ділянок місцевості від рослинного горючого матеріалу (РГМ). Додатковою перевагою вибухового способу є можливість його використання у важкодоступних місцях. Але реалізація вибухового способу, в якому використовують конденсовані вибухові речовини (КВР), вимагає проведення складних підготовчих робіт по розподілу і укладанню зарядів в умовах вибухонебезпеки. Ведення таких робіт в умовах обмеженого часу призводить до зростання чинника ризику. Також, при застосуванні КВР відбувається повалення дерев, що викликає суттєве зростання часу відновлення рослинного покриву. Вирішення цих проблем досягається за рахунок застосування зарядів з суміші вибухонебезпечних газів (зарядів з СВНГ), здатних до детонації. У разі заміни КВР на заряд з СВНГ відбувається підвищення ефективності ударної хвилі за однаковою енергією заряду, що дозволяє збільшити ширину протипожежного бар'єру. Це досягається за рахунок підвищеної у декілька разів питомої теплоти згорання вуглеводневих палив по відношенню до КВР. Використання поліетиленових шлангів з їх подальшим наповненням газоподібною детонаційно-здатною сумішшю забезпечує істотне зменшення маси таких зарядів, що дозволяє безпечно їх розподіляти на рослинному покриві одному - двом рятувальникам.

У даний час існують багато робіт, в яких розглядаються різні способи і методи локалізації ландшафтних пожеж, а також роботи із створення ПБ вибуховим способом. Це роботи Ю.О. Абрамова, Г.В. Реви, М.П. Курбатського, А.М. Грішина, Е.М. Валендіка, Е.В. Конєва, R. Ries, W. Rosenstock, V. Schutte, E.W. Wagner. Детально процес створення ПБ вибуховим способом теоретично і експериментально описано в роботах А.М. Грішина і його учнів. Результати цих досліджень відносяться до зарядів на основі КВР. Таким чином, враховуючи переваги вуглеводного палива по ряду показників, розробка вибухового методу створення ПБ із застосуванням зарядів з СВНГ та підвищення ефективності локалізації ландшафтних пожеж на основі його застосування є актуальною науково-практичною задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася відповідно до планів науково-дослідних

робіт факультету військової підготовки НТУ «ХП» та Національного університету цивільного захисту України в рамках науково-дослідної роботи «Розробка способу локалізації лісових пожеж на основі паливноповітряних зарядів» (№ ДР 0114U002243) та науково-пошукової роботи по удосконаленню пожежного танка.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності локалізації ландшафтних пожеж шляхом створення ПБ вибухом зарядів з СВНГ.

В дисертації для досягнення мети поставлені і розв'язані наступні задачі.

1. Розробка математичної моделі ударної дії вибуху зарядів з СВНГ на фітоценоз при створенні ПБ.

2. Проведення чисельного розрахунку залежності ступеня обривання РГМ в ПБ, який утворюється вибухом зарядів з СВНГ, від діаметра і кількості зарядів.

3. Проведення експериментальних досліджень ударної дії вибуху зарядів з СВНГ на фітоценоз при створенні ПБ.

4. Розробка рекомендацій щодо застосування зарядів з СВНГ для локалізації ландшафтних пожеж.

**Об'єктом дослідження** є процес створення ПБ для локалізації ландшафтної пожежі під дією ударної хвилі, яка утворюється в результаті вибуху заряду з СВНГ.

**Предметом дослідження** є закономірності і механізми впливу параметрів заряду з СВНГ на ширину ПБ для локалізації ландшафтних пожеж.

**Методи дослідження** - методи вирішення рівнянь газодинаміки для ударних хвиль, які поширюються в середовищі з опором газовому потоку; методи розрахунку термодинамічного стану продуктів детонації паливноповітряних сумішей; методи аналітичного моделювання для розрахунку стану продуктів детонації; статистичні методи для обробки результатів експериментальних досліджень.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Вперше запропоновано застосування вибухового методу для локалізації ландшафтних пожеж шляхом створення ПБ вибухом зарядів з СВНГ.

2. Дістала подальшого розвитку математична модель ударної дії вибуху зарядів з СВНГ у фітоценозі при створенні ПБ, що відрізняється урахуванням початкового просторового розподілу термодинамічних параметрів продуктів детонації заряду.

3. Вперше експериментально визначена залежність частки залишкової маси рослинного горючого матеріалу в ПБ, який утворюється внаслідок вибуху зарядів з СВНГ, від діаметру, кількості та їх розташування.

4. Вперше виявлена ефективність зарядів з СВНГ у створенні ПБ для локалізації ландшафтних пожеж за показниками ширини бар'єру і питомої маси заряду.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані в роботі теоретичні та експериментальні результати дозволяють оперативно здійснювати локалізацію ландшафтних пожеж на важкодоступних для техніки ділянках місцевості, а також на ділянках, що далеко розташовані від джерел води. За результатами виконаних досліджень розроблені рекомендації по створенню ПБ вибуховим способом, які впроваджені в діяльність Департаменту цивільного захисту Харківської обласної державної адміністрації. Застосування вдосконаленого методу локалізації ландшафтних пожеж шляхом створення ПБ за рахунок вибуху заряду з СВНГ дозволяє збільшити ширину ПБ в 1,5 – 2 рази порівняно до заряду типу ЕШ-1П при однаковій енергії вибуху із зменшенням маси заряду в 3 – 5 разів і підвищенні швидкості створення ПБ до 500 м/год. вручну і до 3000 м/год. за допомогою транспортних засобів. Метод локалізації ландшафтних пожеж шляхом створення ПБ вибухом зарядів з СВНГ і рекомендації по створенню ПБ вибуховим способом впроваджені в навчальний процес Національного університету цивільного захисту України при викладанні дисципліни «Пожежна тактика» та в практичну діяльність 53-ДПРЧ ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області. Використання вказаного методу в діяльності Данилівського дослідного державного лісгоспу дозволило збільшити ширину протипожежного бар'єру до 3 разів за рахунок одночасного вибуху двох розташованих поруч зарядів з СВНГ.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є результатом самостійної роботи автора. Особистий внесок здобувача в працях, написаних у співавторстві, полягає в наступному. В роботах [1, 2] автором проведено аналіз методів локалізації ландшафтних пожеж за допомогою вибуху; в роботах [3, 4] здійснено аналіз патентування способів і засобів локалізації ландшафтних пожеж; в роботах [5-8] обґрунтовано вибір математичної моделі вибуху заряду у фітоценозі, початкових і граничних умов задачі, проведено обробку результатів чисельного моделювання; в роботах [9-13] проведено обґрунтування методики проведення експерименту з дослідження способу створення ПБ, опрацьовано результати експериментальних досліджень, отримано емпіричні залежності; в роботах [14-17] обґрунтовано вибір горючої суміші для заряду з СВНГ; в роботі [18] виконано дослідження ширини протипожежного бар'єру, що створюється вибухом зарядів з СВНГ.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертації доповідалися й обговорювалися на міжнародній науково-практичній конференції «Природничі науки та їх застосування в діяльності служби цивільного захисту» (Черкаси, 2008, 2010); міжнародній науково-практичній конференції «Теорія та практика ліквідації надзвичайних ситуацій» (Черкаси, 2009); II международной научно-технической конференции «Информационно-математические технологии в экономике, технике и образовании» (Екатеринбург, РФ, 2007); науково-практичній конференції «Проблемні питання службово-бойового застосування сил охорони

правопорядку» (Харків, 2008); міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми технічних та природничих наук у забезпеченні цивільного захисту» (Черкаси, 2009, 2010, 2011); XXII международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности» (Москва, РФ, 2010); международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы» (Воронеж, РФ, 2010, 2012); VII науково-практичній конференції «Наглядно-профілактична діяльність МНС України» (Харків, 2010).

**Публікації.** Результати дисертаційної роботи викладені в 18 публікаціях, з них: 5 статей у фахових наукових виданнях України, 1 – у закордонному фаховому виданні, 12 тез доповідей у матеріалах наукових конференцій.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних джерел зі 106 найменувань на 13 сторінках та 4-х додатків на 6 сторінках. Повний обсяг дисертаційної роботи становить 134 сторінки, містить 46 рисунків, 20 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**В першому розділі** проведено аналіз технічних засобів та способів локалізації ландшафтних пожеж. Визначено, що для локалізації ландшафтних пожеж широке застосування знайшли такі способи локалізації, як створення загороджувальних смуг і здійснення відпалювання. Реалізація даних способів забезпечується шляхом створення протипожежного бар'єру за допомогою наземних технічних засобів або за рахунок вибуху спеціальних зарядів.

За показником продуктивності вибуховий спосіб має переваги у створенні ПБ. За рахунок ударної дії відбувається миттєве розчищення місцевості від рослинності, припинення розповсюдження пожежі шляхом руйнування структури її фронту і обривання рослинного горючого матеріалу в положі лісу. Підвищений імпульс тиску, що виникає від вибуху заряду з СВНГ, в порівнянні з імпульсом тиску від зарядів на основі КВР, більш високий ступінь безпеки при роботі з зарядами з СВНГ, формування зарядів безпосередньо в місці застосування, зручність транспортування, можливість використання на важкодоступних ділянках місцевості роблять доцільним проведення досліджень вибухового способу локалізації ландшафтних пожеж шляхом створення протипожежного бар'єру вибухом заряду з СВНГ.

В існуючих математичних моделях процесу видалення рослинності під дією ударної хвилі враховується опір рослинного середовища. Зокрема, в моделі А.М. Грішина в диференціальне рівняння збереження імпульсу введено складову сили опору середовища. Стосовно вибуху заряду з СВНГ, модель А.М. Гришина вимагає удосконалення, яке викликане зміною початкового розподілу термодинамічного стану продуктів вибуху заряду з СВНГ в порівнянні зі станом продуктів вибуху КВР. Крім того, рішення задачі не може



бути одержано в автономному вигляді, оскільки розширення продуктів детонації заряду з суміші вибухонебезпечних газів не підкоряється законам сильного вибуху.

На підставі аналізу встановлено, що науково-прикладну задачу підвищення ефективності локалізації ландшафтних пожеж доцільно розв'язувати шляхом створення протипожежного бар'єру вибухом заряду з СВНГ.

**В другому розділі** отримано математичну модель та здійснено чисельні дослідження процесу створення ПБ під дією ударної хвилі, яка враховує особливості вибуху заряду з СВНГ та їх просторовий розподіл. Задача розглядалась в постановці миттєвого вибуху. Процес ударного розширення продуктів вибуху в фітоценозі описується системою рівнянь нестационарної газодинаміки для багатокомпонентної не реагуючої суміші з урахуванням опору середовища, доповненого рівнянням стану ідеального газу, в тривимірній декартовій системі координат:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial (P + \rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial \rho uv}{\partial y} + \frac{\partial \rho uw}{\partial z} = f_x, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \frac{\partial \rho uv}{\partial x} + \frac{\partial (P + \rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial \rho vw}{\partial z} = f_y, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} + \frac{\partial \rho uw}{\partial x} + \frac{\partial \rho vw}{\partial y} + \frac{\partial (P + \rho w^2)}{\partial z} = f_z, \quad (4)$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial [(E + P)u]}{\partial x} + \frac{\partial [(E + P)v]}{\partial y} + \frac{\partial [(E + P)w]}{\partial z} = 0, \quad (5)$$

де  $t$  – час;  $f_x, f_y, f_z$  – проекції сили опору середовища, де  $f_i = -sc_d \cdot \rho \cdot q_i |\vec{q}|$ ,  $sc_d$  – параметр, що характеризує силу опору;  $\vec{q}$  – вектор швидкості;  $u, v, w$  – складові вектора швидкості;  $\rho, P$  – густина і тиск, відповідно;  $E$  – повна енергія одиниці об'єму суміші газів,  $E = \rho \left( e + \frac{1}{2}(u^2 + v^2 + w^2) \right)$ , де  $e$  – внутрішня енергія одиниці маси газу;  $x, z$  – координати вздовж земної поверхні;  $y$  – координата перпендикулярно земної поверхні.

Як окремі компоненти розглядаються продукти детонації та повітря, що викликано відмінностями у фізичних властивостях. Перенесення компонентів з урахуванням дифузії визначається за виразом:

$$\frac{\partial (\rho N)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u N)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho v N)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho w N)}{\partial z} = \rho \dot{N}, \quad (6)$$

де  $N$  – відносна масова густина продуктів детонації (відношення густини газоподібної речовини продуктів детонації до густини суміші повітря з продуктами детонації);  $\rho\dot{N}$  – інтенсивність зміни густини продуктів детонації в результаті дифузії (відповідно до закону Фіка) –  $\rho\dot{N} = \text{div}(\rho\mathfrak{D}_D \text{grad}N)$ ;  $\mathfrak{D}_D$  – коефіцієнт дифузії, що визначається за методикою М.Є. Берлянда. Внутрішня енергія визначається за виразом:

$$e = \frac{P}{(\gamma-1)\rho}, \quad (7)$$

де  $\gamma$  – показник адіабати.

Для визначення початкових умов в області вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів розраховано термодинамічний стан продуктів детонації. Тиск у фронті хвилі детонації  $P_n$  та тиск за фронтом хвилі  $P_D$  визначаються за формулами:

$$P_n - P_0 = \frac{\rho_0 D_n^2}{\gamma + 1} \left( 1 - \frac{C_0^2}{D_n^2} \right), \quad (8)$$

$$P_D = \frac{R \cdot T_B \cdot \rho_0}{M_n}, \quad (9)$$

де  $\rho_0$  – густина паливноповітряної суміші;  $D_n$  – швидкість детонації;  $C_0$  – швидкість звуку у вихідній газовій суміші;  $P_0$  – початковий тиск в паливноповітряної суміші;  $T_B$  – температура вибуху;  $M_n$  – середня молекулярна вага продуктів детонації;  $R$  – універсальна газова стала.

Розрахунок термодинамічного стану продуктів детонації проведено стосовно до стехіометричної суміші ацетилену з повітрям і суміші пропан-бутану технічного (ПБТ) з повітрям.

В залежності від умов застосування передбачається розміщення заряду з суміші вибухонебезпечних газів у фітоценозі за трьома варіантами (рис. 1).

Відповідно, у площині XZ, що перетинає заряди у поперечному перерізі, їх розміщення набуває вигляду: за схемою *a* заряд розміщуються у низькорослому лісі (висотою близько 3 м); за схемами *b* та *в* – у високорослому лісі для створення протипожежного бар'єру під час боротьби з ландшафтними пожежами.

У розрахунковому варіанті (рис.1a) проведено порівняння ефективності створення протипожежного бар'єру, що виникає від вибуху шнурового заряду ЕШ-1П і заряду з суміші вибухонебезпечних газів. У розрахунках розглядалися заряди з рівним значенням збереженої енергії на одиницю довжини заряду.

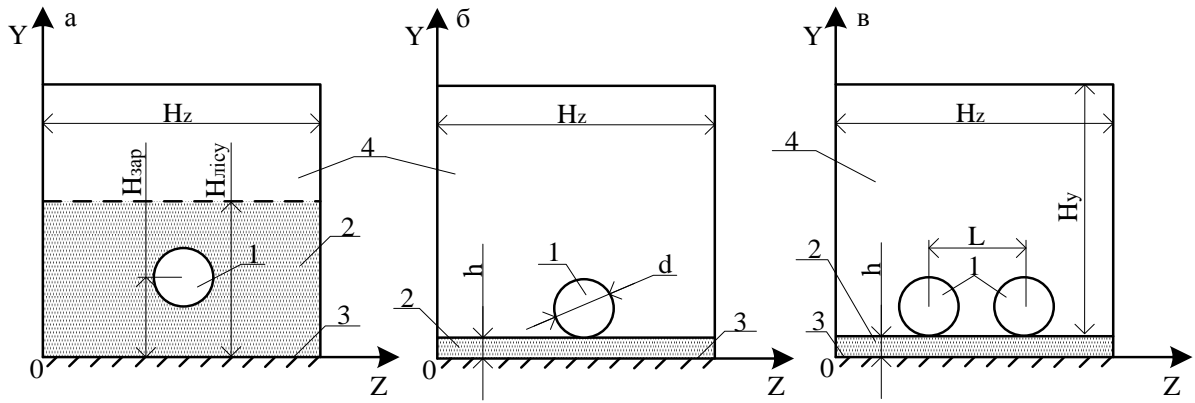


Рис. 1. Схеми розміщення заряду з СВНГ у фітоценозі: 1 – заряд, 2 – фітоценоз, 3 – земна поверхня, 4 – повітря,  $d$  – діаметр заряду,  $L$  – відстань між зарядами,  $h$  – висота наземного горючого матеріалу,  $H_{лісу}$  – висота фітоценозу,  $H_{зар}$  – висота розміщення заряду з суміші вибухонебезпечних газів,  $H_z, H_y$  – розміри розрахункової області

Початкові умови для першого розрахункового варіанту мають наступний вигляд. У області детонації заряду з суміші вибухонебезпечних газів:

$$(y - H_{зар})^2 + \left(z - \frac{H_z}{2}\right)^2 < \frac{d^2}{4}; \quad 0 < x < H_x, \quad \text{приймалося: } P|_{t=0} = 1,4 \text{ МПа};$$

$T|_{t=0} = 3480 \text{ К}; \gamma|_{t=0} = 1,267, u|_{t=0} = 0; v|_{t=0} = 0; w|_{t=0} = 0; N|_{t=0} = 1.$  У області повітряного простору:  $H_{лісу} < y < H_y; 0 < x < H_x; 0 < z < H_z,$  приймалося:  $P|_{t=0} = 0,1 \text{ МПа}; T|_{t=0} = 293 \text{ К}; \gamma|_{t=0} = 1,4; u|_{t=0} = 0; v|_{t=0} = 0; w|_{t=0} = 3 \text{ м/с}; N|_{t=0} = 0.$

У області фітоценозу 
$$\begin{cases} 0 < y < H_{лісу} \\ (y - H_{зар})^2 + \left(z - \frac{H_z}{2}\right)^2 \geq \frac{d^2}{4} \end{cases}; \quad 0 < x < H_x; \quad 0 < z < H_z,$$

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

Розміри розрахункової області дорівнювали:  $H_x = 20 \text{ м}, H_y = 8 \text{ м}, H_z = 10 \text{ м}.$  Параметр, що характеризує силу опору визначався за умови

$$sc_d = \begin{cases} 0; & H_y > H_{лісу} \\ 0,7; & H_y \leq H_{лісу} \end{cases}.$$

В розрахунковому варіанті за першими початковими умовами  $d \approx 0,95 \text{ м}.$  При цьому енергія вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів відповідає енергії вибуху шнурового заряду типу ЕШ-1П на одиницю довжини.

Поширення пожежі в фітоценозі забезпечується переважно за рахунок низової пожежі. Тому заряд з суміші вибухонебезпечних газів необхідно розташовувати безпосередньо поверх наземного горючого матеріалу (НГМ). Початкові умови для розрахункового варіанту (рис.1б) мають наступний вигляд.

У області детонації заряду з суміші вибухонебезпечних газів:

$$\left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2}\right)^2 < \frac{d^2}{4}; \quad 0 < x < H_x, \quad \text{приймалося: } P|_{t=0} = 1,4 \text{ МПа};$$

$T|_{t=0} = 3480 \text{ К}; \gamma|_{t=0} = 1,267, u|_{t=0} = 0; v|_{t=0} = 0; w|_{t=0} = 0; N|_{t=0} = 1.$  У області повітряного простору :  $h < y < H_y; \quad 0 < x < H_x; \quad 0 < z < H_z;$

$$\left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2}\right)^2 \geq \frac{d^2}{4}, \quad \text{приймалося: } P|_{t=0} = 0,1 \text{ МПа}; \quad T|_{t=0} = 293 \text{ К};$$

$\gamma|_{t=0} = 1,4; u|_{t=0} = 0; v|_{t=0} = 0; w|_{t=0} = 3 \text{ м/с}; N|_{t=0} = 0.$  У області фітоценозу:  $0 < y < h; \quad 0 < x < H_x; \quad 0 < z < H_z,$  приймалося:  $P|_{t=0} = 0,1 \text{ МПа}; \quad T|_{t=0} = 293 \text{ К};$

$\gamma|_{t=0} = 1,4; u|_{t=0} = 0; v|_{t=0} = 0; w|_{t=0} = 0 \text{ м/с}; N|_{t=0} = 0.$  Параметр, що характеризує

силу опору визначався за умови  $sc_d = \begin{cases} 0; & H_y > h \\ 0,5 - 0,7; & H_y \leq h \end{cases}.$  Для початкових умов з

одним зарядом з СВНГ досліджувалися розрахункові варіанти з діаметром заряду  $d = \{0,95; 1,3; 1,8\}$ . Товщина шару НГМ приймалася рівною  $h = 0,1 \text{ м}.$

Розподіл зарядів дозволяє підвищити ширину протипожежного бар'єру, що досліджувалося в варіанті початкових умов (рис.1в). Данні умови мають наступний вигляд: у області детонації заряду з суміші вибухонебезпечних

$$\text{газів: } \left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} + 1\right)^2 < \frac{d^2}{4}; \quad \left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} - 1\right)^2 < \frac{d^2}{4};$$

$0 < x < H_x,$  приймалося:  $P|_{t=0} = 1,4 \text{ МПа}; \quad T|_{t=0} = 3480 \text{ К}; \quad \gamma|_{t=0} = 1,267, u|_{t=0} = 0;$   
 $v|_{t=0} = 0; w|_{t=0} = 0; N|_{t=0} = 1.$  У області повітряного простору:  $h < y < H_y;$

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

$$\left(y - h - \frac{d}{2}\right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} - 1\right)^2 \geq \frac{d^2}{4}, \quad \text{приймалося: } P|_{t=0} = 0,1 \text{ МПа}; \quad T|_{t=0} = 293 \text{ К};$$

$\gamma|_{t=0} = 1,4; u|_{t=0} = 0; v|_{t=0} = 0; w|_{t=0} = 3 \text{ м/с}; N|_{t=0} = 0.$  У області фітоценозу:  $0 < y < h; \quad 0 < x < H_x; \quad 0 < z < H_z,$  приймалося:  $P|_{t=0} = 0,1 \text{ МПа}; \quad T|_{t=0} = 293 \text{ К};$

$\gamma|_{t=0} = 1,4; u|_{t=0} = 0; v|_{t=0} = 0; w|_{t=0} = 0 \text{ м/с}; N|_{t=0} = 0.$

Для початкових умов з двома зарядами з СВНГ досліджувалися розрахункові варіанти з діаметром заряду  $d = \{0,95; 1,3\}$ . Товщина шару НГМ приймалася рівною  $h = 0,1 \text{ м}.$  Відстань між осями зарядів складала  $L = 2 \text{ м}.$

В граничних умовах приймалось, що на земній поверхні, що моделюється, виконувалась умова непротікання:  $q\vec{n} = 0,$  де  $\vec{n}$  – вектор нормалі до розглянутої поверхні.

В результаті чисельного моделювання була отримана динаміка зміни термогазодинамічних параметрів в процесі вибуху заряду з СВНГ у фітоценозі за різними розрахунковими варіантами (рис. 2, 3).

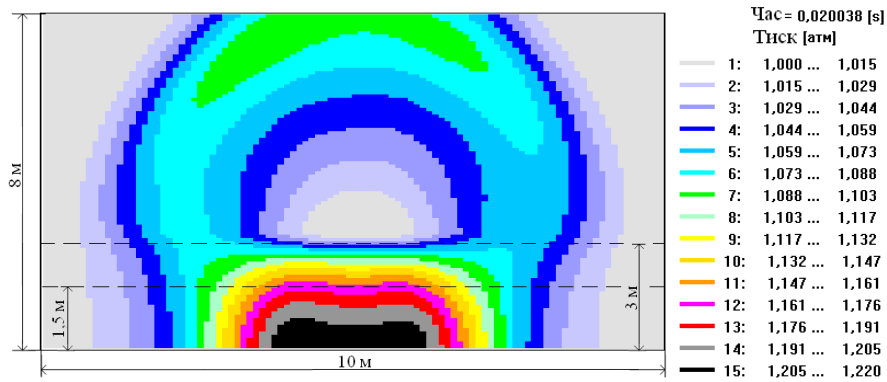


Рис. 2. Поле тиску, сформоване на момент часу 0,02 с від початку розльоту продуктів детонації за першим варіантом початкових умов

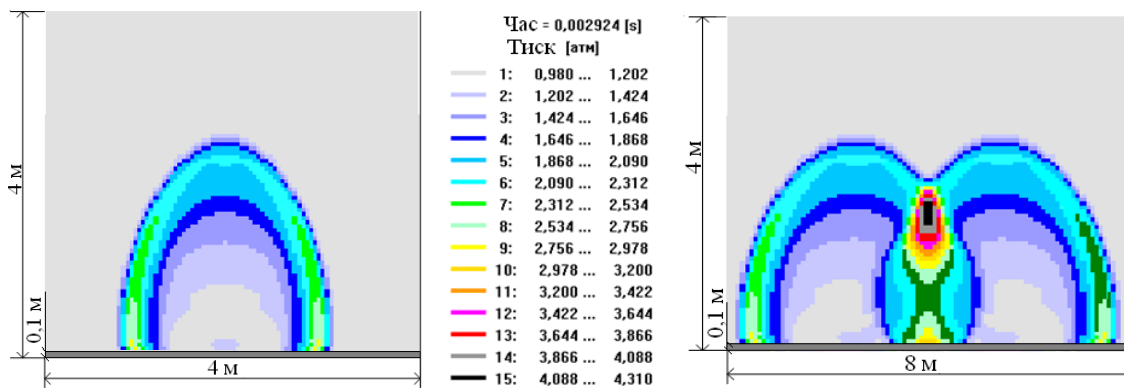


Рис. 3. Поле тиску в поперечному перерізі заряду з суміші вибухонебезпечних газів діаметром 0,95 м на момент часу близько 3 мс від початку вибуху за другим (ліворуч) та третім (праворуч) варіантами початкових умов

Виявлено, що в подовжньому напрямі спостерігається посилення ударної хвилі не більше ніж в 1,4 рази в порівнянні з ударною дією вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів в поперечному напрямі (рис. 4).

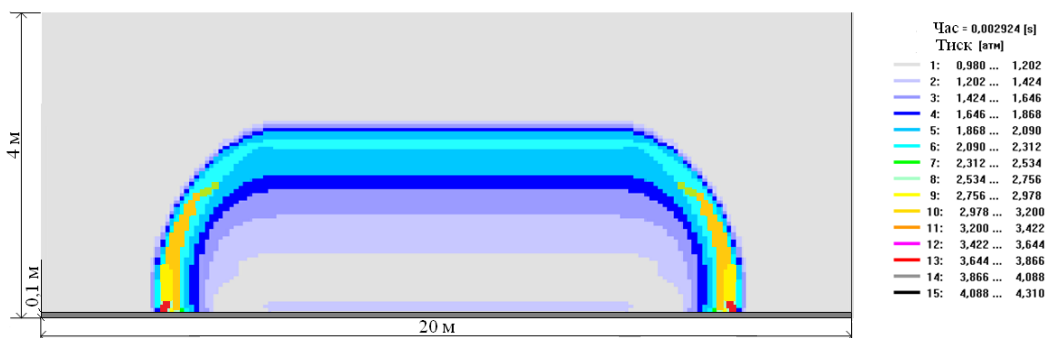


Рис. 4. Поле тиску в подовжньому перетині одного заряду з СВНГ діаметром 0,95 м на момент часу близько 3 мс від початку вибуху

Визначення ширини протипожежного бар'єру, що формується в результаті вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів, проводилося з аналізу максимальних значень тиску, який виникає в області дії ударної хвилі (рис. 5).

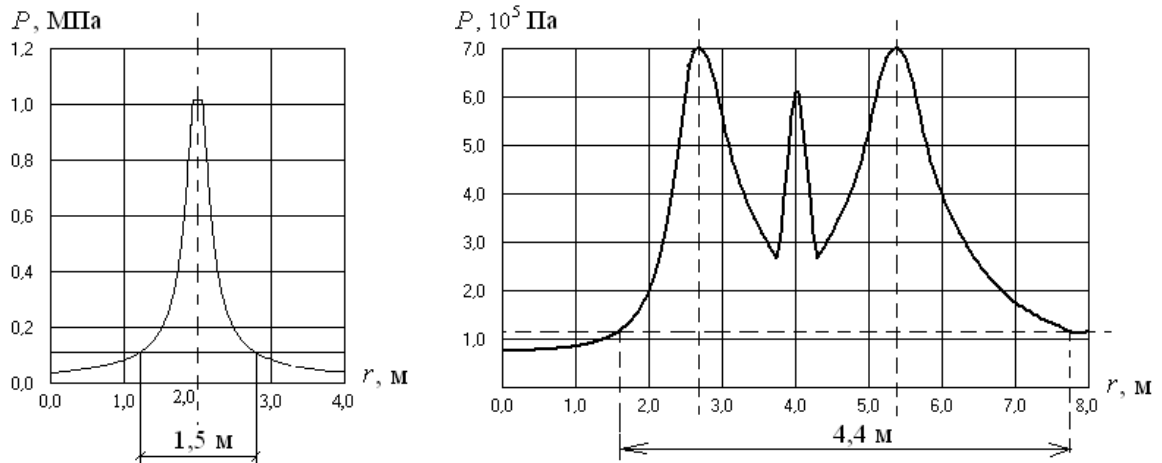


Рис. 5. Максимальні значення тиску в модельованому шарі наземного горючого матеріалу діаметром заряду 0,95 м і коефіцієнтом опору середовища 0,7 за другим (ліворуч) та третім (праворуч) варіантами початкових умов

Приймалося, що обривання рослинного горючого матеріалу зі ступенем обривання  $\chi = 0,75$  забезпечує ударна хвиля з надлишковим тиском на фронті понад  $\Delta P = 1,2 \cdot 10^5$  Па. Визначено залежність ширини протипожежного бар'єру від параметрів заряду та умов його застосування (табл. 1).

З'ясовано, що для локалізації ландшафтної пожежі доцільно використовувати подвійний заряд з суміші вибухонебезпечних газів замість одинарного, з його розстиланням поверх наземного горючого матеріалу.

Для отримання протипожежного бар'єру шириною 7 – 8 м достатньо застосування двох паралельних зарядів, розташованих на відстані 2 м між осях, діаметром по 1,3 м.

Таблиця 1 – Ширина протипожежного бар'єру при вибуху заряду з СВНГ

Параметри заряду (кількість × діаметр)	Ширина протипожежного бар'єру, м		
	при коефіцієнтах опору середовища $sc_d$		
	0,5	0,6	0,7
1×0,95	1,7	1,6	1,5
1×1,3	2,3	2,0	1,8
1×1,8	3,4	2,9	2,5
2×0,95	4,8	4,6	4,4
2×1,3	> 8	8	7,5

**В третьому розділі** обґрунтована експериментальна техніка і методика вимірювань ударної дії вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів на рослинність.

У експерименті в якості палива використовувався ацетилен, генерування якого здійснювалося з карбиду кальцію за допомогою розробленої газогенераторної установки (рис. 6).

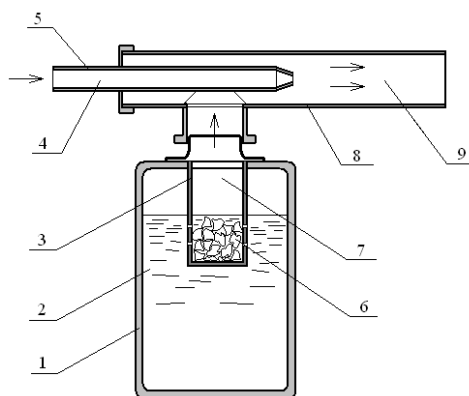


Рис. 6. Схема газогенератора з ежекційною системою змішування: 1 – ємність; 2 – вода; 3 – сітчаста ємність; 4 – канал; 5 – сопло; 6 – карбід кальцію; 7 – верхня порожнина ємності; 8 – сформований корпус; 9 – камера змішування

На підставі аналізу критичних умов виникнення детонації в необмеженому просторі розраховано мінімальний діаметр  $D_{\text{мін}}$  заряду з СВНГ залежно від типу горючої суміші (табл. 2) та витрату палива на створення заряду з СВНГ (табл. 3).

Таблиця 2 – Мінімальний діаметр заряду з СВНГ залежно від типу палива

Тип палива	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
$D_{\text{мін}}, \text{ м}$	0,32	10	0,27	0,78	1,76	1,44	1,7

Таблиця 3 – Витрата палива на створення заряду з СВНГ різних діаметрів

Діаметр заряду, м	Витрата палива $W_{\text{п}}, \text{ г/м}$				
	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
0,95	18	62	56	52	46
1,3	32	109	99	92	87

Використовуючи дані по густині повітря  $\rho_{\text{п}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$  в нормальних умовах, розрахунок маси  $m_{\text{п}}$  палива, необхідного на створення 1 м<sup>3</sup> стехіометричної суміші в заряді, здійснено за формулою, яка отримана в роботі:

$$m_{\text{п}} = \rho_{\text{п}} \cdot (1 - 0,01\beta_{\text{v}}) \cdot 0,01\beta_{\text{м}} / (1 - 0,01\beta_{\text{м}}), \quad (10)$$

де  $\beta_{\text{v}}$  – об'ємна частка палива в стехіометричній суміші з повітрям;  $\beta_{\text{м}}$  – масова частка палива в стехіометричній суміші з повітрям.

Інтенсивність ударної хвилі вимірювалася з використанням п'єзокерамічних датчиків тиску. Ініціюючий заряд розташовувався на відстані, де похибка вимірювань тиску не перевищувала 7 %. Проведено розрахунок безпечної відстані у разі використання заряду з СВНГ діаметром 1,3 м, величина якої склала не менше 40 м.

Вимірювались ступінь обривання рослинності та розподіл динамічного тиску вздовж земної поверхні відповідно схеми (рис. 7). Обривання маси рослинного покриву під дією вибуху визначалася у відносних одиницях. Для цього, поблизу ділянки експериментальних досліджень на рівній місцевості скошувалась контрольна смуга шириною 40 см і завдовжки 3 м.

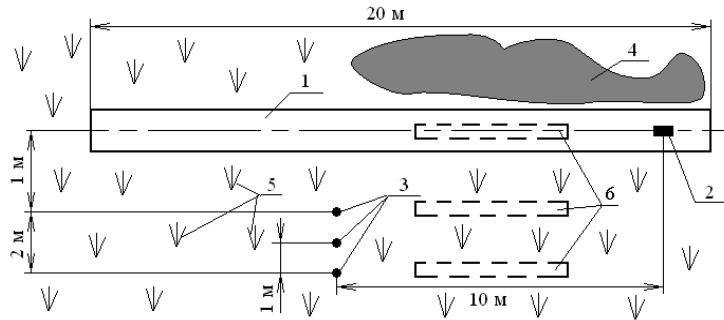


Рис. 7. Схема проведення експерименту: 1 – заряд з СВНГ; 2 – ініціатор детонації; 3 – датчики тиску; 4 – лісовий масив; 5 – трав'яний покрив; 6 – контрольні смуги

Вздовж вісі заряду висота нескошеної частини трав'яної рослинності не перевершувала 2 см. Скошена трава збиралася і зважувалася. Після дії ударної хвилі на РГМ на ділянках з частковим видаленням рослинності, уздовж вісі заряду на різних відстанях від неї викошувалися смуги шириною 20 см і завдовжки 6 м.

Частка  $\delta$  залишкової маси в рослинному покриві визначалася за формулою:

$$\delta = \frac{m_{\text{ост}}}{m_{\text{вих}}}, \quad (11)$$

де  $m_{\text{вих}}$  – маса трав'яної рослинності в контрольній смузі до вибуху;  $m_{\text{ост}}$  – маса трав'яної рослинності в контрольній смузі після вибуху.

За станом гілок дерев, розташованих біля заряду з СВНГ, визначалася відстань, на якій відбувається повне обривання листя. Результати експериментальних досліджень представлені у четвертому розділі.

**У четвертому розділі** наведені результати експериментальних досліджень, проведена оцінка ефективності застосування заряду з суміші вибухонебезпечних газів та обґрунтовані практичні рекомендації щодо застосування заряду з СВНГ для локалізації ландшафтних пожеж. З метою визначення впливу діаметру і кількості зарядів з суміші вибухонебезпечних газів на ширину створюваних протипожежних бар'єрів була проведена серія експериментальних досліджень. У дослідженнях використовувалися як одинарні, так і подвійні заряди. У разі дослідження подвійних зарядів відстань



між їх осями складала 2 м, що відповідає ширині колії найбільш поширених транспортних засобів. Довжина зарядів складала 20 м, за винятком заряду діаметром 1,8 м, довжина якого склала 12 м.

За результатами обробки відеозйомки вибуху було встановлено, що генератор суміші забезпечив формування практично стехіометричної детонуючої суміші. Про це свідчить відсутність фази догорання палива після проходження детонаційної хвилі по заряду (рис.8).



Рис. 8. Розліт продуктів детонації і оболонки заряду (ліворуч) та вид земної поверхні після вибуху(праворуч)

Встановлено, що основна маса рослинної маси, що залишилася, складалася з дрібно розірваних елементів рослинності, що впали на земну поверхню після вибуху.

У всіх випадках спостерігався загальний характер формування протипожежного бар'єру. Поблизу осі заряду частка залишкової маси була мінімальною із поступовим збільшенням частки залишкової маси при віддаленні від осі заряду (табл. 4).

Таблиця 4 – Результати досліджень частки залишкової маси трав'яного покриву і хвойної рослинності при віддаленні від проекції осі одиночного заряду і від середини подвійного заряду (без врахування обірваної рослинності)

Діаметр і кількість зарядів	Частка залишкової маси (трав'яного покриву і хвойної рослинності/листяної рослинності)				
	при віддаленні від заряду на відстань, м				
	0	1	2	3	4
0,95	0,04/0,02	0,37/0,35	0,94/0,92	0,99/0,97	1
1,3	0,03/0,01	0,06/0,04	0,92/0,9	0,98/0,96	1
1,8	0,05/0,03	0,07/0,04	0,14/0,12	0,78/0,75	1
2×0,95	0,05/0,05	0,07/0,06	0,55/0,4	0,9/0,7	1
2×1,3	0,05/0,05	0,09/0,08	0,15/0,12	0,65/0,5	0,95/0,9

Обробка результатів досліджень проводилася методом найменших квадратів. Функція розподілу рослинності від осі заряду, з урахуванням

осідання після вибуху обірваної рослинності, має вигляд:

$$\delta(Q_{np}, r) = \frac{r^5}{r^5 + \exp(0,2Q_{np})^2} \cdot \quad (12)$$

де  $Q_{np}$  – питома енергія заряду;  $r$  – відстань від проекції осі заряду.

При вибуху одиночного заряду діаметром 1,8 м шляхом обробки результатів експериментальних досліджень отримано наступний розподіл рослинності від осі заряду (рис.9). У розподілі значенню 1 відповідає 100 % рослинності до вибуху.

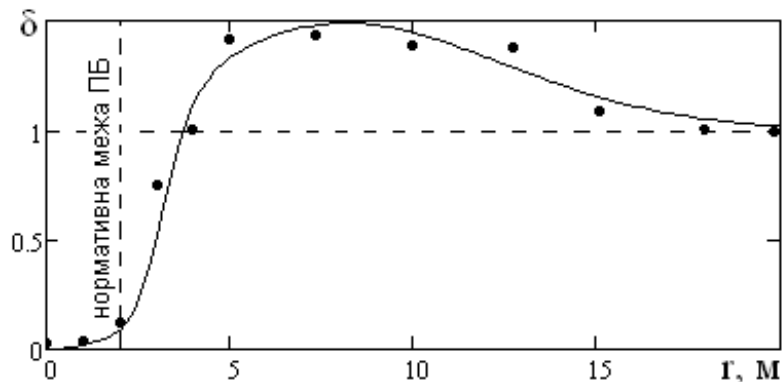


Рис. 9. Графік розподілу рослинності від осі заряду у відносних одиницях

В результаті вибуху відбувається здування лише тонких гілок, що дозволяє швидко відновити рослинний покрив після пожежі, оскільки падіння дерев не відбувається. За масовою оцінкою рослинного покриву на земній поверхні до і після вибуху встановлено, що відбувається видалення не менше 90 % рослинної маси поблизу вісі заряду. Шляхом порівняння розрахункових даних по ширині ПБ з експериментальними даними по розподілу тиску і експериментально одержуваної ширині ПБ встановлено, що коефіцієнт опору середовища для трав'яної рослинності і хвої дерев дорівнює 0,6 – 0,7, а для обривання листя листяних дерев коефіцієнт опору середовища 0,5 – 0,6.

Розроблений спосіб локалізації ландшафтних пожеж вимагає виконання етапів в наступній послідовності: транспортування спеціального обладнання і особового складу до місця локалізації ландшафтної пожежі, інструктаж по заходах безпеки і порядку виконання робіт, розгортання та наповнення оболонки зарядів з суміші вибухонебезпечних газів на місцевості, розміщення особового складу у вибухобезпечних місцях, ініціація вибуху, локалізація окремих осередків пожеж (при їх наявності).

Для створення ПБ в фітоценозі різних типів рекомендується використання зарядів з СВНГ наступних розмірів (табл. 5).

Таблиця 5 – Рекомендовані розміри зарядів з СВНГ

Параметри заряду	Інтенсивність пожежі			
	Середня		Сильна	
	Хвойний ліс	Листяний ліс	Хвойний ліс	Листяний ліс
Діаметр, м.	1,3 – 1,4	0,95 – 1	1,3 – 1,4	0,95 – 1
Кількість, шт.	1	1	2	2

Розгортання оболонки заряду на важкодоступних для транспорту місцевості здійснюється вручну з розрахунку 2 людини на одну оболонку. Середня швидкість розгортання оболонки вручну складає 500 м/год. На зручних для проїзду ділянках місцевості розгортання може здійснюватися в автоматичному режимі, а середня швидкість розгортання досягати від 2000 – 3000 м/год.

## ВИСНОВКИ

В роботі одержано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності забезпечують розв'язання актуальної науково-практичної задачі підвищення ефективності локалізації ландшафтних пожеж шляхом створення протипожежних бар'єрів вибухом зарядів з СВНГ.

1. Вперше запропоновано застосування вибухового методу для локалізації ландшафтних пожеж шляхом створення протипожежних бар'єрів вибухом зарядів з СВНГ, що забезпечить підвищення імпульсу тиску та ступеня безпеки при роботі, зменшення маси зарядів, формування зарядів безпосередньо в місці застосування, зручність транспортування, можливість використання на важкодоступних ділянках місцевості.

2. Вдосконалено математичну модель вибуху для зарядів з СВНГ, яка відрізняється урахуванням початкового просторового розподілу термодинамічних параметрів продуктів детонації заряду, при різних значеннях опору середовища та взаємодії газових потоків від одночасного вибуху двох зарядів що дозволяє врахувати дифузію та розвиток процесу в тривимірному просторі.

3. Проведено розрахунок початкових умов, що визначають термодинамічний стан продуктів детонації після вибуху зарядів з СВНГ. Розглянуто заряди на основі стехіометричної суміші пропан-бутану технічного з повітрям і суміші ацетилену з повітрям. Отримано, що для суміші ПБТ з повітрям тиск продуктів детонації складе  $P_d \approx 1,1$  МПа, а для суміші ацетилену з повітрям  $P_d \approx 1,4$  МПа. Суміш ПБТ є більш безпечною в практичному використанні, хоча має меншу питому енергію вибуху ніж ацетилен.

4. Показано, що за результатами чисельного моделювання та експериментальних досліджень для локалізації ландшафтної пожежі доцільно

використовувати подвійний заряд з СВНГ замість одинарного, з розстиланням поверх наземного горючого матеріалу. Для отримання ПБ шириною 7 – 8 м в хвойному лісі достатньо застосування двох зарядів діаметром по 1,3 м, розташованих на віддаленні 2 м від осі. У листяному лісі доцільно застосовувати заряди діаметром 0,95 м для отримання ПБ шириною до 5 м.

5. Вперше обґрунтовано доцільність використання в якості пального для наповнення заряду суміш ПБТ з повітрям. При цьому витрати ПБТ на 1 метр заряду діаметром 0,95 м складає 46 г.

6. Шляхом порівняння розрахункових даних по ширині ПБ з даними експериментів по розподілу тиску і експериментально отримуваній ширині ПБ встановлено, що коефіцієнт опору середовища для трав'яної рослинності і хвоїнок дерев слід прирівняти до 0,6 – 0,7. З аналізу обривання листя листяних дерев коефіцієнт опору середовища слід прирівнювати до 0,5 – 0,6.

7. Вперше експериментально отримана залежність частки залишкової маси рослинного горючого матеріалу в ПБ, який утворюється в результаті вибуху зарядів з СВНГ, від діаметру, кількості і розташування зарядів

8. Визначено, що швидкість створення ПБ шириною 8 – 9 м в фітоценозі для локалізації низової пожежі з використанням подвійних зарядів з СВНГ механізованим способом складе не менше 2000 м/год. В порівнянні з конденсованими вибуховими речовинами застосування зарядів з СВНГ при локалізації ландшафтних пожеж дозволяє підвищити швидкість розстилання заряду в 5 – 10 разів і збільшити ширину протипожежного бар'єру в 2 – 4 рази, при цьому маса заряду зменшується до 5 разів при однаковій енергії вибуху.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Говаленков С.В. Применение взрывного способа для борьбы с лесными пожарами / С.В. Говаленков., Д.П. Дубинин // Системи обробки інформації. – 2009. – № 2 (76). – С. 135 – 139.

2. Говаленков С.В. Анализ применения взрывного способа для локализации низовых лесных пожаров / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин // Природничі науки та їх застосування в діяльності служби цивільного захисту: II міжнар. наук.-практ. конф.: тези допов. – Черкаси, 2008. – С. 40 – 42.

3. Говаленков С.В. Аналіз динаміки патентування способів та приладів локалізації та ліквідації лісових пожеж / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинін, Р.В. Корнієнко // Системи управління навігації та зв'язку. – 2010. – № 1 (13). – С. 213 – 218.

4. Говаленков С.В. Аналіз динаміки патентування способів локалізації та ліквідації лісових пожеж / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинін, А.А. Назаренко // Теорія та практика ліквідації надзвичайних ситуацій: міжн. наук.-практ. конф.: тези допов. – Черкаси, 2009. – С. 23 – 25.

5. Говаленков С.В. Математическое моделирование параметров взрыва

объемно-шлангового заряда в пологе леса. / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин // Системи обробки інформації. – 2011. – № 2 (92). – С. 282 – 285.

6. Говаленков С.В. Модель определения объемной концентрации частиц в облаке газовой смеси / С.В. Говаленков, С.С. Говаленков, Д.П. Дубинин // Информационно-математические технологии в экономике, технике и образовании: II междунар. науч.-техн. конф.: тезисы докл. – Екатеринбург, 2007. – С. 212 – 215.

7. Дубинин Д.П. Моделювання вибухової хвилі з урахуванням впливу рослинності при лісових пожежах / Д.П. Дубинин, С.В. Говаленков // Проблемні питання службово-бойового застосування сил охорони правопорядку на сучасному етапі: наук.-практ. конф., 4-5 бер. 2008 р.: тези допов. – Х., 2008. – С. 257 – 258.

8. Говаленков С.В. Исследование локализации низовых лесных пожаров объемными шланговыми зарядами / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин // Природничі науки та їх застосування в діяльності служби цивільного захисту: міжнар. наук.-практ. конф.: тези допов. – Черкаси, 2010. – С. 14 – 17.

9. Корытченко К.В. Экспериментальное исследование применения объемных шланговых зарядов / К.В. Корытченко, Д.П. Дубинин, С.В. Говаленков // Актуальні проблеми технічних та природничих наук у забезпеченні цивільного захисту: III міжнар. наук.-практ. конф., 6-7 квітня 2010 р.: тези допов. – Черкаси, 2010. – С. 107 – 110.

10. Говаленков С.В. Использование ударного действия объемных шланговых зарядов для локализации низовых лесных пожаров / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин // Актуальные проблемы пожарной безопасности: XXII междунар. науч.-практ. конф.: тезисы докл. – М., 2010. – С. 209 – 211.

11. Дубинин Д.П. Экспериментальные исследования локализации низовых лесных пожаров объемными шланговыми зарядами / Д.П. Дубинин, К.В. Корытченко, С.В. Говаленков // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: междунар. науч.-практ. конф.: тезисы докл. – Воронеж, 2010. – С. 94 – 96.

12. Говаленков С.В. Дослідження меж детонації газоповітряних сумішей / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин // Актуальні проблеми технічних та природничих наук у забезпеченні діяльності служби цивільного захисту: IV міжнар. наук.-практ. конф., 7-8 квітня 2011 р.: тези допов. – Черкаси, 2011. – С. 39 – 40.

13. Сиротенко А.М. Экспериментальное исследование способа создания противопожарных разрывов объемными шланговыми зарядами / А.М. Сиротенко, Д.П. Дубинин, К.В. Корытченко // Проблемы пожарной безопасности. – 2011. – № 30. – С. 234 – 241.

14. Дубинин Д.П. Особенности создания объемных шланговых зарядов / Д.П. Дубинин, С.В. Говаленков // Актуальні проблеми технічних та

природничих наук у забезпеченні цивільного захисту: II міжвузів. наук.-практ. конф., 30-31 бер. 2009 р.: тези допов. – Черкаси, 2009. – С. 73 – 75.

15. Говаленков С.В. Локализация лесных пожаров объемными шланговыми зарядами / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин // Наглядно-профілактична діяльність МНС України: VII наук.-практ. конф.: тези допов. – Харків, 2010. – С. 27 – 29.

16. Говаленков С.В. Моделирование термодинамического состояния продуктов детонации при взрыве смеси пропан-бутана с воздухом / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин, К.В. Корытченко // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: III Всероссийская науч.-практ. конф. с междунар. участием.: тезисы докл. – Воронеж, 2012. – С. 204 – 207.

17. Сиротенко А.М. К вопросу о практической реализации способа создания противопожарных разрывов объемными шланговыми зарядами / А.М. Сиротенко, Д.П. Дубинин, А.А. // Проблемы пожарной безопасности. – 2012. – № 32. – С. 207 – 214.

18. Дубинин Д. П. Исследование ширины противопожарного барьера, создаваемого взрывом топливовоздушных зарядов / Д.П. Дубинин, К.В. Корытченко // Международный научно-практический журнал «Чрезвычайные ситуации: образование и наука». – Гомель, ГИИ МЧС республики Беларусь, 2014. – Т 9. – № 1. – С. 21 – 25.

## АНОТАЦІЯ

**Дубінін Д.П. Локалізація ландшафтних пожеж шляхом створення протипожежних бар'єрів вибухом зарядів з суміші вибухонебезпечних газів.**  
– Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – “Пожежна безпека”. Національний університет цивільного захисту України, Харків, 2015 р.

Дисертація присвячена удосконаленню методу локалізації ландшафтних пожеж на основі створення протипожежних бар'єрів шляхом вибуху одинарних та подвійних зарядів з суміші вибухонебезпечних газів. Розроблено математичну модель вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів в фітоценозі, яка відрізняється від існуючих урахуванням початкового просторового розподілу термодинамічних параметрів продуктів детонації заряду з суміші вибухонебезпечних газів, при різних значеннях опору середовища та взаємодію газових потоків від одночасного вибуху двох зарядів. Експериментально визначена залежність частки залишкової маси рослинного горючого матеріалу в ПБ, який утворюється в результаті вибуху заряду з СВНГ, від діаметру, кількості і розташування зарядів. Визначено коефіцієнт опору середовища для трав'яної рослинності і хвої дерев дорівнює 0,6 – 0,7, а для

обривання листя з листяних дерев слід прирівнювати до 0,5 – 0,6.

Застосування запропонованого методу вибуху заряду з СВНГ дозволяє підвищити ефективність локалізації ландшафтних пожеж шляхом створення протипожежних бар'єрів за рахунок збільшення ширини бар'єру в 2 – 4 рази порівняно до КВР при однаковій енергії вибуху із зменшенням маси в 3 – 5 разів і підвищення швидкості прокладання заряду з суміші вибухонебезпечних газів для створення протипожежних бар'єрів до 500 м/год. вручну і до 3000 м/год. за допомогою механізованих транспортних засобів.

*Ключові слова:* ландшафтні пожежі, протипожежні бар'єри, заряди з суміші вибухонебезпечних газів, наземний горючий матеріал, конденсовані вибухові речовини.

## АННОТАЦІЯ

**Дубинин Д.П. Локалізація ландшафтних пожег путем создания противопожарных барьеров взрывом зарядов из смеси взрывоопасных газов.** – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 – “Пожарная безопасность”. Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, 2015 г.

В работе получены новые научно обоснованные результаты, которые в совокупности обеспечивают решение актуальной научно-практической задачи повышения эффективности локализации ландшафтных пожаров путем создания противопожарных барьеров взрывом зарядов из смеси взрывоопасных газов.

Проведен анализ средств и способов локализации ландшафтных пожаров для создания противопожарных барьеров. Приведены особенности использования взрывного способа для локализации ландшафтного пожара путем создания противопожарного барьера, проанализирована существующая математическая модель взрыва конденсированных взрывчатых веществ

Получена математическая модель, которая позволяет исследовать влияние на ширину противопожарного барьера, создаваемого взрывом, диаметра заряда из смеси взрывоопасных газов, пространственного расположения заряда в фитоценозе и количества применяемых зарядов. Особенность модели заключается в учете пространственного распределения продуктов взрыва, учета диффузии и развития процесса взрыва в трехмерном пространстве, а также позволяет исследовать создание противопожарного барьера в результате взрыва зарядов из смеси взрывоопасных газов.

Выявлена зависимость доли остаточной массы растительного горючего материала в ПБ, который образуется в результате взрыва зарядов из смеси взрывоопасных газов, от диаметра, количества и расположения зарядов.

Осуществлено обоснование коэффициента сопротивления среды, что позволило оценить эффективность обрыва горючего материала в зависимости от типа растительности. Для травяной растительности и хвои коэффициент

сопротивления среды составляет 0,6 – 0,7, а для лиственных деревьев – 0,5–0,6.

Показано, что производительность создания противопожарного барьера шириной 6 – 8 м в лесном массиве для локализации низового пожара с помощью двойных зарядов из смеси взрывоопасных газов механизированным способом составит не менее 2000 м/ч. По сравнению со способом создания противопожарного барьера с помощью шнуровых зарядов типа ЭШ-1П достигается повышение производительности в 5 – 10 раз и возрастание ширины создаваемого противопожарного барьера в 2 – 4 раза. При этом масса заряда уменьшается не менее чем в 3 – 5 раза. Разработаны рекомендации по созданию противопожарного барьера взрывным способом.

*Ключевые слова:* ландшафтные пожары, противопожарные барьеры, заряды из смеси взрывоопасных газов, наземный горючий материал, конденсированные взрывчатые вещества.

## ANNOTATION

**Dubin D.P. Improvement in a method of containing of forest fires by creation of fire-prevention barriers due to the explosion of fuel-air charges. – Manuscript.**

This work is a PhD thesis in engineering sciences of a specialty 21.06.02 – “Fire safety”. National university of civil protection of Ukraine, Kharkiv, in 2015.

The aim of the dissertation is an improvement of method of localization of forest fires on the basis of creation of fire-prevention barriers by the explosion of the fuel-air charges located in parallel. The numerical model of explosion of gas detonating charge in forest biocenosis is developed. The special features of the model are a consideration of the initial spatial distribution of thermodynamics parameters of detonation products obtained from a fuel-air charge, a consideration of an uneven distribution in space of an environment resistance and a calculation of an interaction of gas streams from the simultaneous explosion of two charges. It was experimentally investigated a dependence of remaining mass of forest combustible material into a fire-prevention barrier, which appears as a result of explosion of fuel-air charges, from a diameter, an amount and location of charges. It was found out efficiency of the fuel-air charges in creation of fire-prevention barriers localized a forest fires by the criteria of width of barrier, specific mass and ecological indexes. Application of the improved method of a forest fires localization by creation of fire-prevention barriers due to the explosion of charges located in parallel allows to multiply the width of fire-prevention barrier in 2 - 4 times it is comparative with a charge of ESh-1 type at identical energy of explosion with reduction of mass in 3 - 5 times and increase of speed of creation of fire-prevention barriers to 500 m/h by hand and to 3000 m/h by the mechanized transport vehicles.

*Key-words:* forest fires, fire-prevention barriers, fuel-air charges, ground combustible material, condensed explosive.