

*Д.І. Савельєв, вкладач, НУЦЗУ,  
В.Г. Борисенко, к.ф.-м.н., доцент, доцент каф., НУЦЗУ,  
І.О. Барабаш, інженер, НУЦЗУ*

## **ВОГНЕЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СИСТЕМ НА МОДЕЛЬНОМУ ВОГНЕЩІ НИЗОВОЇ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖІ ВЕЛИКИХ РОЗМІРІВ**

(представлена д.т.н. Кіреєвим О.О.)

Проаналізовано результати експериментальних досліджень вогнезахисної дії гелеутворюючої системи ( $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ ) по відношенню до хвойної лісової підстилки. Розглянута залежність часу вогнезахисної дії від швидкості потоку повітря і нахилу поверхні імітованого рельєфу.

**Ключові слова:** гасіння лісових пожеж, низові лісові пожежі, хвойна лісова підстилка, гелеутворюючі системи, окремо-последовне подання, вогнезахист, хімічні опорні смуги.

**Постановка проблеми.** Щорічна кількість лісових пожеж показує, що проблема пошуку ефективних методів їх гасіння потребує подальшого вивчення [1]. Для гасіння лісових пожеж застосовують різні способи, які мають свої переваги і недоліки. Деякі потребують залучення великих людських ресурсів, а інші залучення важкої техніки, експлуатація якої може бути вище ніж втрати від пожежі. Деякі способи зовсім, або майже не застосовуються у практиці гасіння лісових пожеж. Найчастіше для гасіння лісових пожеж застосовуються такі методи гасіння: нахльостування або закидання ґрунтом крайки лісової пожежі; гасіння водою або розчинами хімікатів; прокладання мінералізованих смуг; відпал лісових горючих матеріалів або метод пуску зустрічного вогню; гасіння із залученням авіації та інше. Найбільш поширеним способом гасіння лісової пожежі високої інтенсивності є створення загороджувальних або мінералізованих смуг, відпалу, запущеного від опорної смуги, яка може бути створена за допомогою засипання ґрунтом або розчинами хімікатів. Опорна смуга прокладається на відстані не менше ніж 80 м від фронту пожежі. У тилу лісової пожежі і на флангах, як правило, створюється загороджувальна мінералізована смуга без етапу відпалу [2]. Аналіз практики гасіння лісових пожеж виявляє суттєві недоліки існуючих методів. Тобто існує проблема невисокої ефективності гасіння таких пожеж, що і обумовлює підвищений інтерес до розробки більш ефективних засобів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Підвищення ефективності боротьби з лісовими пожежами пов'язують із використанням водо-пінних засобів пожежогасіння, використанням компресійних і твердих пін [3], застосуванням гелеутворюючих (ГУС) і піноутворюючих (ПУС) складів, які продемонстрували високі вогнезахисні характеристики відносно лісової підстилки у попередніх роботах [4, 5]; Про необхідність розробки нових більш ефективних вогнегасних і вогнезахисних складів для гасіння лісових пожеж свідчить і інтерес до цієї проблеми

вітчизняних і зарубіжних учених. Так із останнього, для боротьби з лісовими пожежами пропонують створення загороджувальних смуг водними розчинами антипіреново-антисептичної просочувальної композиції для деревини [6] та вогнезахисного засобу «АРГУСПРОФІ» [7]. Попри значний інтерес до проблеми гасіння лісових пожеж, пошук вогнезахисних складів з оптимальним часом вогнезахисної дії залишається актуальним.

**Постановка завдання та його вирішення.** Завданням роботи є дослідження вогнезахисних властивостей гелеутворюючих систем на модельному вогнищі низової лісової пожежі великих розмірів.

Для вирішення проблеми низької ефективності гасіння низових лісових пожеж пропонується використання БВС, які мають великий час вогнезахисної дії та низькі втрати ВР. Для застосування таких систем у практиці пожежогасіння необхідно визначити їх кількісні характеристики вогнезахисної дії в умовах наближених до реальних.

Раніше проведені дослідження вогнезахисних властивостей бінарних вогнегасних систем по відношенню до матеріалу лісової підстилки було проведено на малорозмірних модельних джерелах низової лісової пожежі у лабораторних умовах [8]. У таких випадках вогневий вплив на захищені зразки лісової підстилки суттєво відрізняється від реальних умов лісової пожежі. Частково до умов реальної лісової пожежі можна наблизитися, якщо збільшити розміри зразків лісової підстилки й розглянути додаткові чинники, що впливають на процес поширення полум'я (швидкість потоку вітру та особливості рельєфу місцевості).

Можливості проведення експерименту надано у спеціальній лабораторії кафедри фізико-математичних дисциплін Національного університету цивільного захисту України на спеціальній установці для вивчення лісових пожеж (рис. 1), яка складається з металевого столу, де розміщується лісовий горючий матеріал та установки створення потоку повітря. Розмір робочої поверхні установки для досліджень низових лісових пожеж у лабораторії становить довжина 4,5 метрів та ширина 2 метри (рис.1). Крім того, робоча поверхня дозволяє змінювати її кут нахилу до 50 градусів та вище (за необхідності). Ще однією особливістю цієї лабораторії є можливість створення повітряних потоків у межах від 0 до 4 м/с.

На базі вищезазначеної установки було проведено експериментальні дослідження з визначення вогнезахисної дії покриття, отриманого з використанням ГУС 5%  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2 + 35\% \text{CaCl}_2$ , нанесеного на лісовий горючий матеріал розміром 100 x 50 см., завантаженням 1,25 кг, що відповідає питомому завантаженню  $2,5 \text{ кг/м}^2$  і товщиною 5 см.

Склад лісової підстилки та її товщину було обрано близькими до досліджень на модельному джерелі низової лісової пожежі малих розмірів. Відмінність у складі полягала у включенні до складу хвойної лісової підстилки шишок і дрібних гілок в обсязі 20% від загальної ваги, що більшою мірою відповідало реальній підстилці в лісах Харківської області.

З метою проведення експерименту в умовах наближених до реальних, було використано установку для створення вітрових потоків різної швидкості, а також стіл зі змінним кутом нахилу. Стіл висотою 700 мм над підлогою складався із двох зварених з металу частин, одна з яких –

горизонтальна, розміром (2000x2000) мм зі зйомними бортами 200 мм, друга – з функцією підйому, розміром (2500x2000) мм, що дало можливість імітувати рельєф під певним кутом. Кут нахилу, який можна встановити завдяки наявності такої похилої стільниці, – від 0 до 60 градусів.



**Рис. 1.** Загальний вигляд робочої поверхні (стола) для імітації рельєфу

У ході експерименту також необхідно було використати систему імітації потоків повітря, яка мала розмір (1360x300) мм і була встановлена навпроти стола на висоті 750 мм і на відстані від підстилки 500 мм. Корпус цієї установки має: вентилятор, ресивер, решітку, сопло, що звукується. Решітка забезпечує рівномірний потік на вході в сопло, що звукується. Перед решіткою встановлений ресивер, у який подається повітря від двох вентиляторів. Також у корпусі використовуваної системи була встановлена дросельна заслінка, яка знижує швидкість потоку повітря шляхом перекриття прохідного отвору.

Основні параметри проведення експерименту:

- швидкість потоку повітря на виході – від 0 до 4 м/с;
- розмір підстилки – 1000x500 мм;
- товщина шару підстилки – 50 мм;
- маса хвої – 1250 г;
- ширина обробленої ділянки – 20 см;
- час сушки обробленої ділянки – 30 хв. (центр плану математичного планування експерименту);
- кут похилої поверхні 0/10/20/30/40 градусів;
- склад підстилки: суха соснова хвоя, дрібні гілочки й шишки.

Для виміру швидкості потоку вітру використовували анемометр.

Використовувана ГУС – 5%  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$  + 35%  $\text{CaCl}_2$ . На підготовлену підстилку розміром 1000x500 мм було нанесено вогнезахисне покриття із ГУС шириною 200 мм на всю глибину підстилки (5 см) роздільно-послідовним способом подачі. Компоненти подавали за допомогою ручних оприскувачів ОП-301 з питомою витратою ГУС 1; 0,85; 0,55; 0,4 г/см<sup>2</sup>. Близькій край підстилки шириною 10 см обливали бензином і підпалювали.

Експеримент проходив у кілька етапів на рівній поверхні та з кутами нахилу поверхні, які імітували рельєф місцевості. На кожному з етапів за допомогою установки створювали швидкість потоку повітря від 0 до 4 м/с (рис.2,3). У ході експерименту оцінювали глибину прогорілої частини обробленої ділянки підстилки після повного самозагасання горючих матеріалів. Також фіксували можливість проходження гетерогенного горіння в шарах обробленої ділянки й можливість „перекидання” полум’я через оброблену ділянку на горючі матеріали.



**Рис. 2. Установка для імітації потоку повітря з різною швидкістю з піднятим соплом**



**Рис. 3. Установка для імітації потоку повітря з різною швидкістю з опущеним соплом**

Під час проведення експерименту було встановлено, що при підвищенні кута нахилу поверхні збільшується інтенсивність впливу полум'я на підстилку, відстань по вертикалі між полум'ям і підстилкою зменшується і зростає ризик перекидання полум'я через оброблену смугу 20 см. Результат експерименту визнавали негативним, якщо оброблена ділянка ЛГМ прогорала хоча б на 5 см. Зі збільшенням швидкості потоку повітря до 3 м/с і вище на похилій поверхні полум'я нахилиється (притискається) до поверхні ЛГМ і в деяких випадках переходить у горіння підстилки під шаром гелю. У випадку горизонтальної поверхні при швидкості потоку вітру 4 м/с полум'я також притискається до поверхні ЛГМ і горіння в деяких випадках переходить у гетерогенне горіння підстилки під шаром гелю.

Результат експерименту представлено в табл. 1. Значок „+” означає, що полум'я не пододало вогнезахисну смугу й прогорання обробленої смуги не більше 1 см; „±” – вогнезахисна смуга прогоріла на (1 – 5) см, але полум'я не пододало всю смугу; „-” – полум'я пододало вогнезахисну смугу. Досліди не проводились при витратах ГУС більших, ніж ті, що дали позитивний результат у попередніх дослідах з меншими витратами.

**Табл. 1. Результатів залежності питомих витрат ВР від нахилу поверхні установки та швидкості потоку повітря**

Витрата ВР	Швидкість потоку повітря 1 – 4 м/с				
	0,4	0,55	0,7	0,85	1
Кут нахилу поверхні	0	10	20	30	40
0	>1 м/с	>2 м/с	>4 м/с	>4 м/с	>4 м/с
10	>1 м/с	>2 м/с	>4 м/с	>4 м/с	>4 м/с
20	>1 м/с	>2 м/с	>3 м/с	>4 м/с	>4 м/с
30	-	>1	>2 м/с	>3 м/с	>4 м/с
40	-	-	>1 м/с	>2 м/с	>4 м/с

**Висновок.** На підставі наведених у табл. 1. відомостей видно, що оброблена ГУС з витратою 0,7 г/см<sup>2</sup> лісова підстилка надійно забезпечує непоширення полум'я в інтервалі швидкостей повітряного потоку від 0 до 4 м/с при кутах нахилу поверхні до 40 градусів. Також було досліджено вплив іскор і розпечених фрагментів деревини на займання незахищеної горизонтальної лісової підстилки при різних швидкостях повітряного потоку. Такі дослідження показали, що від дрібних іскор вибрана лісова підстилка не загоряється при швидкостях повітряного потоку від 0 до 4 м/с. Одночасно було встановлено, що за наявності в лісовій підстилці сухої трави (~5 %) в ~25 % випадків траплялось локальне займання яке при швидкостях повітряного потоку від 0 до 2 м/с переходило в стійке горіння. При швидкостях повітряного потоку 3 – 4 м/с стійке горіння не спостережено, що зумовлено охолоджувальним ефектом повітряного потоку. У випадку подачі розпечених фрагментів деревини (тліючі гілочки довжиною 1 – 2 см) на поверхню лісової підстилки, як без сухої трави, так і з її наявністю, спостережено поодинокі випадки займання лісової підстилки при всіх швидкостях повітряного потоку.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 р. / Басараб А. С., Борисова А. С., Богуш Н. М., Євдін О. М., Калиненко Л. В., Кимаковська Н. О., Климась Р. В., Коваленко В. В., Ковалишин Б. М., Корепанова Н. В., Коробкін В. Ф., Коробко А. Д., Кравченко Р. І., Матвійчук Д. Я., Могильниченко В. В., Палагута С. В., Слюсар А. А., Фомін А. І., Хижняк В. В. // УкрНДІЦЗ, 2017. 208 с.

2. Кимстач И. Ф., Девлишев П. П., Евтюшкин Н. М. Пожарная тактика: учеб. пособие для пожарно-техн. училищ и нач. состава пожарной охраны / М.: Стройиздат, 1984. 590 с.

3. Кректунов А.А., Платонов Е.Ю., Торопов С.В., Хабибуллин А. Ф. Использование компрессионной пены при тушении лесных пожаров. Аграрное образование и наука. 2015. №1(12). С. 154.

4. Савельев Д.И., Киреев А.А., Жерноклев К.В. Экспериментальные исследования огнепреграждающих свойств лесной подстилки, обработанной пенообразующими системами. Проблемы пожарной безопасности. 2016. № 40. С. 169-173.

5. Савельев Д.И., Киреев А.А., Жерноклев К.В. Повышение эффективности использования гелеобразующих составов при борьбе с низовыми лесными пожарами. Проблемы пожарной безопасности. 2016. № 39. С. 237-242.

6. Антипіреново-антисептична просочувальна композиція для деревини: пат. 99800 Україна. № 201414042, заявл. 29.12.2014; опубл. 25.06.2015. Бюл. 12.

7. Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини «АРГУСПРОФІ». Технічні умови: ТУ У 20.5-40884080-001:2016

8. Савельєв Д.І., Чіркїна М.О., Дослідження вогнезахисної дії гелетворювального складу на хвойній лісовій підстильці в лабораторних умовах. Пожежна безпека. 2017. № 31. С. 110-114.

*Отримано редколегією 10.10.2019*

Д.И. Савельев, В.Г. Борисенко, И.А. Барабаш

**Огнезащитные свойства гелеобразующих составов на модельном очаге низового лесного пожара больших размеров**

Проанализированы результаты экспериментальных исследований огнезащитной действия гелеобразующие системы ( $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ ) по отношению к хвойной лесной подстилки. Рассмотрена зависимость времени огнезащитной действия от скорости потока воздуха и наклона поверхности имитируемого рельефа.

**Ключевые слова:** тушение лесных пожаров, низовые лесные пожары, хвойная лесная подстилка, гелеобразующие системы, огнезащита, химические опорные полосы.

D. Saveliev, V. Borisenko, I. Barabash

**Fire-retardant properties of gel-forming compositions on a model center of a large forest fire**

The results of experimental studies of the fire-retardant action of the gel-forming system ( $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ ) against coniferous forest floor are analyzed. The dependence of the time of fire retardant action on the velocity of air flow and the slope of the surface of simulated relief is considered.

**Keywords:** extinguishing forest fires, grassland forest fires, coniferous forest floor, gel forming systems, fire protection, chemical support strips.