

А. Д. Кузик

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

К. Л. Драч

Головне управління ДСНС України у м. Києві

В. І. Товарянський

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАСІННЯ ТРАВ'ЯНИХ ПОЖЕЖ ПОТОКАМИ ПОВІТРЯ ТА ПОВІТРЯНО-ВОДЯНОЇ СУМІШІ

Постановка проблеми. Відповідно до статистичних даних пожежі у природних екосистемах трапляються як в Україні, так і у всьому світі, і мають тенденцію до щорічного зростання. Поряд із питаннями запобігання виникненню пожеж у природних екосистемах актуальним є дослідження сучасних засобів та методів їх локалізації та ліквідації, особливо на початковій стадії виникнення.

Мета роботи – обґрунтувати доцільність використання обприскувача Stihl SR 430 для гасіння трав'яної пожежі.

Опис матеріалу. За основу для проведення досліджень взято обприскувач з мотоприводом Stihl SR 430, який застосовували під час гасіння трав'яної пожежі поблизу м. Київ. Пристрій використовували з формуванням повітряного потоку і потоку повітряно-водяного струменя. Встановлено залежності швидкості потоку повітря, який створює такий пристрій, від частоти обертів двигуна, відстані від сопла та відхилення від напряму потоку.

Результати. Дослідженнями підтверджено, що практично у всьому діапазоні відстаней (0,2–3 м), швидкості потоку повітря, а також повітряно-водяної суміші за середньої частоти обертів двигуна внутрішнього згоряння, є меншими, ніж за максимальної, що свідчить про доцільність ефективної експлуатації пристрою саме в режимі середньої частоти обертів. Найкращі результати гасіння отримано за умов застосування повітряного потоку, сформованого за значенням середньої частоти обертів двигуна, який спрямований в осередок пожежі в горизонтальній площині під кутом 0°. Встановлено, що результативність гасіння трав'яної пожежі повітряними потоками досягається на відстані 0,4–1 м від сопла до осередку горіння. Використання повітряно-водяних потоків забезпечує відрив полум'я з швидкістю, значення якої в середньому є меншим в 1,24 раза від значення цієї величини для повітряного потоку.

Ключові слова: трав'яна пожежа, природні екосистеми, повітряний потік, повітряно-водяний потік

А. Д. Кузык

Lviv State University of Life Safety

К. Л. Драч

The Main Department of State Emergency Service of Ukraine in Kyiv

В. І. Товарянський

Lviv State University of Life Safety

EXPERIMENTAL STUDIES OF EXTINGUISHING GRASS FIRES BY AIR FLOWS AND AIR-WATER COMPOSITION

Formulation of the problem. According to statistics, fires in natural ecosystems occur not only in Ukraine, but also in the world, and tend to grow annually. Along with the issues of preventing the occurrence of fires in natural ecosystems, it is important to study modern means and methods of their localization and elimination, especially at the initial stage of occurrence.

The purpose of the work is to evaluate the expediency of using the Stihl SR 430 sprayer to extinguish a grass fire.

Description of the material. The research was based on a motorized sprayer Stihl SR 430, which was used to extinguish a grass fire near Kyiv. The device was used both with the formation of airflow and with an air-water jet flow. The dependences of the speed of the airflow generated by such a device on the engine speed, distance from the nozzle and deviation from the direction of flow have been established.

Results. Researchers have confirmed that in almost the entire range of distances (0,2–3 m), the airflow rate, as well as the air-water mixture at the average speed of the internal combustion engine of the equipment is less than at the maximum, which indicates the expediency of effective operation of the device precisely in medium speed mode. The best extinguishing results were obtained when using the airflow formed by the value of the average engine speed, which is directed into the fire centre in the horizontal plane at an angle of 0°. It has been established that the effectiveness of extinguishing a grass fire with air flows is achieved at a distance of 0.4–1 m from the nozzle to the combustion centre. The use of air-water flows ensures flame separation at a rate that is, on average, 1.24 times less than the value of this value for an airflow.

Keywords: grass fire, natural ecosystems, airflow, air-water flow.

Постановка проблеми. Згідно із статистичними даними пожежі в природних екосистемах становлять вагомую частку від загальної кількості пожеж не лише в Україні, а й у світі, і мають тенденцію до щорічного зростання. За даними NFPA в 2020 році індекс приросту пожеж у природних екосистемах становив 21,6%, що у понад 1,27 раза перевищує це значення у 2019 році [1]. До пожеж в природних екосистемах відносяться лісові, торф'яні, ландшафтні, степові (трав'яні), а також пожежі на сільськогосподарських угіддях [2]. Якщо лісові пожежі супроводжуються горінням здебільшого соснових насаджень та їх повним або частковим знищенням, то трав'яні – спричиняють практично абсолютне знищення рослинності на значних площах.

Поруч із питаннями запобігання пожежам у природних екосистемах актуальним є дослідження сучасних засобів та методів їх локалізації та ліквідації, особливо на початковій стадії виникнення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розкриттям сутності процесів виникнення, поширення, а також методів та способів ліквідації пожеж у природних, зокрема й трав'яних екосистемах займалось чимало вчених. Авторами в роботі [3] обґрунтовано доцільність поділу усіх рослин на пожежонебезпечні, слабкозаймісті та вогнестійкі, що дає можливість прогнозувати просторові особливості розвитку трав'яної пожежі з метою організації заходів пожежогасіння. У [4, 5] до пожежонебезпечних відносять рослини з тонким твердим листям (склерофіти), представниками яких є різноманітні злаки. А сповільнюють горіння рослини, вкриті широким м'ясистим листям, з високим вмістом солі [6]. Окрім цього, гасіння трав'яних пожеж залежить від видової належності рослин, сухого стану, місця зростання і кількості днів без дощу. Про ще один із методів запобігання виникненню таких пожеж сказано в [7], де наведено перелік вогнестійких речовин, рекомендованих для ландшафтів і присадибних територій поруч із лісом з метою захисту від поширення пожежі. Потрібно зазначити, що важливим аспектом для гасіння трав'яної пожежі є вибір технічного засобу для пожежогасіння. Так, в роботі [8] для дослідження процесів гасіння пожеж в лісових екосистемах запропоновано використовувати пристрій пожежогасіння, який забезпечує розпилення

вогнегасної речовини з використанням енергії надлишкового тиску.

Не зважаючи на традиційні методи та способи припинення пожеж у природних екосистемах, які базуються зокрема на застосуванні води та водних розчинів для гасіння трав'яного покриву, створенні мінералізованих смуг, здійсненні зворотного відпалу, використанні ручного інструменту для збивання полум'я та засипання його ґрунтом на початкових стадіях пожеж [9], перспективним на сьогодні є використання мобільних переносних пристроїв, зокрема обприскувачів, які дають змогу формувати не лише водяні, а й повітряно-водяні струмені [10]. Використання такого обладнання реалізує спосіб дії на вогонь, який полягає в утворенні повітряного або повітряно-водяного потоку відповідної швидкості, який охолоджує поверхню горючого матеріалу та ліквідує полум'я [11]. За наявності відповідної швидкості потоку повітря чи суміші повітря з вогнегасною речовиною пожежа не поширюється, і досягається результат її гасіння. А у випадку застосування повітряно-водяного потоку, горючий матеріал додатково зволожується, що ускладнює його горіння.

Мета роботи – обґрунтувати доцільність використання обприскувача Stihl SR 430 для гасіння трав'яної пожежі.

Прилади й методи. Для досліджень використовували переносний бензиновий обприскувач з мотоприводом Stihl SR 430, комплект перемінного оснащення обприскувача для зміни форми розпилювального потоку (струменя), метеостанцію Kestrel 4000. Дослідження проводили на ділянці сільськогосподарського призначення. Швидкості потоків повітря та повітряно-водяної суміші визначали на відстані 3 м (крок – 0,2 м) з урахуванням горизонтального напрямку формування потоку та кутів до поверхні ґрунту 30° і 45°. Робоче положення – ранець на плечі оператора, закріплений на висоті 0,5 м.

Виклад основного матеріалу. Із врахуванням вищезазначеного, виконано експериментальні дослідження гасіння трав'яних пожеж потоками повітря та повітряно-водяної суміші, які формуються під час роботи переносного бензинового (мото-) обприскувача Stihl SR 430. Випробування щодо гасіння експериментальної пожежі проводили в межах околиці м. Київ (рис. 1).



Рисунок 1 – Використання обприскувача Stihl SR 430 під час ліквідації трав'яної пожежі (авторське фото)

Експериментальний підпал здійснювали наприкінці серпня 2021 р. Метеорологічні умови під час проведення досліджень були такими: температура повітря навколишнього середовища – 24°C, вітер південно-східний зі швидкістю 1,2 м/с, опади не спостерігались впродовж 3 днів.

Дослідження проводили для горизонтального напрямку потоків повітря та повітряно-водяної суміші. Регулятором налаштовували мінімальне, середнє та максимальне значення частоти обертів двигуна внутрішнього згорання пристрою. Швидкість потоку повітря фіксували за допомогою мобільної метеостанції, зокрема при куті розташування обладнання 0° – за мінімального, середнього та максимального значень частоти обертів, а для кутів 30° і 45° – до уваги брали лише середнє значення частоти обертів. Це пояснюємо тим, що процес гасіння трав'яних пожеж зазвичай є тривалим, і у випадку роботи обладнання на максимальних обертах двигун швидко перегрівается, а ресурс його роботи зменшується. Результати дослідження швидкості потоку повітря, який формується обприскувачем Stihl SR430, зображено на рис. 2.

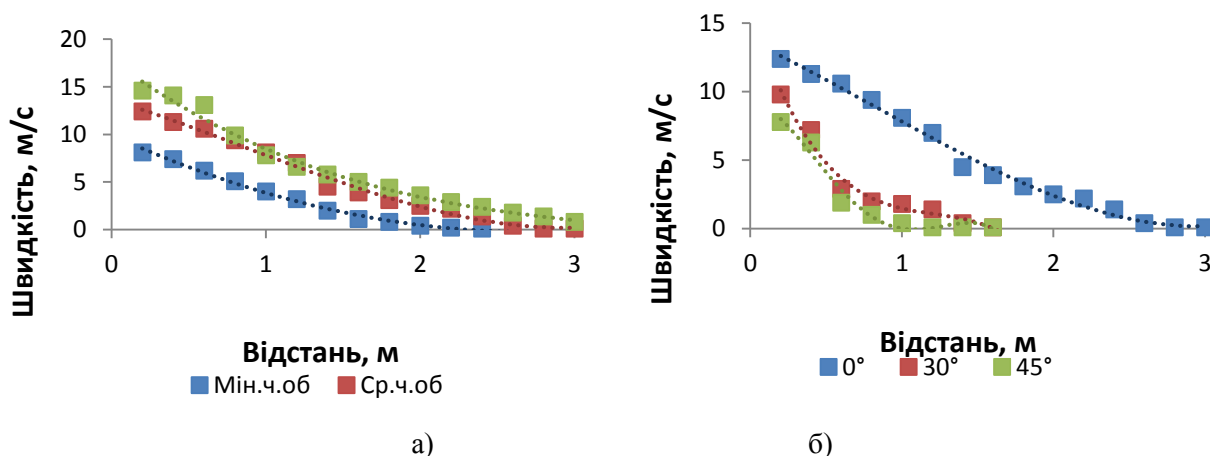


Рисунок 2 – Залежність швидкості потоку повітря, сформованого обприскувачем Stihl SR 430, від відстані в горизонтальній площині: а) в основному напрямку та за різних значень частоти обертів двигуна; б) в основному напрямку потоку 0° та з відхиленнями від нього на 30° і 45°

З рис. 2а видно, що практично у всьому дослідженому діапазоні відстаней (0,2–3 м) швидкості потоку повітря за середніх обертів двигуна є дещо меншими, ніж за максимальних, проте незначно, зокрема найбільші відхилення становлять 2,1 м/с і спостерігаються на відстані 0,8 м. У випадку врахування кутів відхилення (рис. 1б), на відстані до 0,5 м значення швидкостей різняться незначно, проте після 0,5 і до 2 м більші значення швидкості потоку властиві для напрямку 0°, особливо у діапазоні 0,5–1,2 м. Це свідчить про те, що дія потоку повітря від обприскувача на пожежу має локальний характер.

Залежність швидкості потоку повітря, сформованого обприскувачем, від відстані в горизонтальній площині, найкраще описується поліноміальною моделлю для трьох режимів роботи, а саме: $v = 1,3574l^2 - 7,4593l + 9,9727$ з коефіцієнтом достовірності апроксимації $R^2 = 0,9927$ для роботи за умови мінімальної частоти обертів; $v = 1,0403l^2 - 8,0505l + 14,574$ ($R^2 = 0,9885$) – середньої частоти обертів та $v = 1,6411l^2 - 10,276l + 17,296$ ($R^2 = 0,9843$) для максимальної частоти обертів, де v – швидкість потоку повітря, м/с, l – відстань до сопла, м. Залежності швидкості потоку повітря, сформованого обприскувачем в основному

напрямку потоку та з відхиленнями від нього, описуються таким чином: $v = 0,4564 l^3 - 1,1505 l^2 - 5,1549 l + 13,68$ ($R^2 = 0,9914$) – для напрямку 0° ; $v = -7,197l^3 + 26,128l^2 - 33,225 l + 15,779$ ($R^2 = 0,9752$) – з відхиленнями 30° та $y = -2,6831l^3 + 14,491l^2 - 23,983l + 12,493$ ($R^2 = 0,9608$) з відхиленням на 45° .

Щоб порівняти результати гасіння пожежі, застосовуючи пристрій з використанням води,

провели аналогічні дослідження. Для цього змінили насадку (решітку) для формування повітряного потоку, яка кріпиться до кінця нагнітального трубопроводу, на таку, яка дає змогу сформувати повітряно-водяний струмінь. Результати дослідження швидкості потоку повітряно-водяної суміші, яка формується обприскувачем Stihl SR 430, зображено на рис. 3.

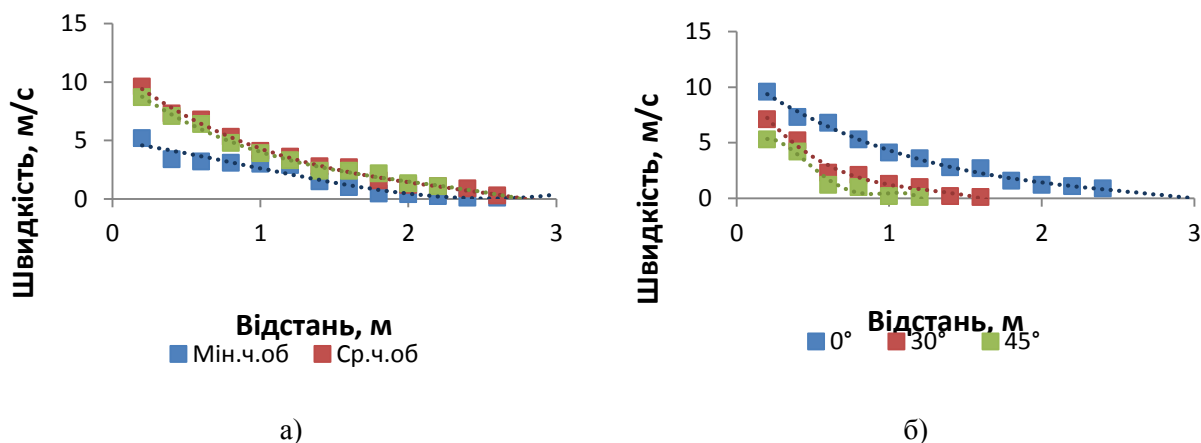


Рисунок 3 – Залежність швидкості потоку повітряно-водяного струменя, сформованого обприскувачем Stihl SR 430, від відстані в горизонтальній площині: а) в основному напрямку та різних значень частоти обертання обертів двигуна; б) в основному напрямку потоку 0° та з відхиленнями від нього на 30° і 45°

З рис. 3 видно, що швидкості потоків повітряно-водяного струменя зменшуються, як і у випадку застосування повітряних потоків. Зазначимо, що на відстані 0,2 м швидкість потоку повітряно-водяного струменя є нижчою в 1,29 раза від значення цієї величини для повітряного потоку. Залежність швидкості потоку повітряно-водяного струменя, сформованого обприскувачем, від відстані в горизонтальній площині описується поліноміальною моделлю для трьох режимів роботи, а саме: $v = 0,315l^3 - 0,8449l^2 - 1,8347l + 4,9846$ з коефіцієнтом достовірності апроксимації $R^2 = 0,9378$ для роботи за умови мінімальної частоти обертів; $v = -0,5121l^3 + 3,5669l^2 - 10,004l + 11,263$ ($R^2 = 0,9919$) – середньої частоти обертів та $v = -0,6046l^3 + 3,8141l^2 - 9,7433l + 10,558$ ($R^2 = 0,9917$) для максимальної частоти обертів, де v – швидкість потоку повітря, м/с, l – відстань до сопла, м. Залежності швидкості потоку повітряно-водяної суміші, сформованої обприскувачем в основному напрямку потоку та з відхиленнями від нього, описуються таким чином: $v = -0,416l^3 + 3,2292l^2 - 9,6797l + 11,189$ ($R^2 = 0,991$) – для напрямку 0° ; $v = -3,9457l^3 + 14,954l^2 - 20,554l + 10,771$ ($R^2 = 0,9793$) – з відхиленням на 30° та $y = 3,2407l^3 - 0,6448l^2 - 9,9729l + 7,4667$ ($R^2 = 0,9561$) з відхиленням на 45° .

Дослідженнями підтверджено, що практично в усьому діапазоні відстаней (0,2–3 м) швидкості потоку повітря, а також повітряно-водяної суміші за середньої частоти обертів двигуна внутрішнього згоряння обладнання, швидкості потоків є меншими, ніж за максимальної, що свідчить про доцільність ефективної експлуатації пристрою саме в режимі середньої частоти обертів. Найкращі результати гасіння зауважено за умов використання повітряного потоку, сформованого за середньої частоти обертів двигуна, який спрямований в осередок пожежі в горизонтальній площині під кутом 0° . Якщо формувати обприскувачем повітряно-водяну суміш, то охолодження в осередку горіння буде ефективнішим за одним лише потоком повітря, оскільки відбувається фазовий перехід внаслідок випаровування води, і процес горіння буде утруднений через зростання вологості повітря.

Отже, бензинові повітрорудні пристрої, які забезпечують формування потоків повітря або повітряно-водяної суміші від сопла у напрямку його осі, охолоджують горючий матеріал та здійснюють відрив полум'я. Вони ефективно гаситимуть трав'яну пожежу і у випадку пожежі низької та середньої інтенсивності можуть бути використані поряд з традиційними засобами.

Висновок. З використанням переносного пристрою Stihl SR 430, який дає змогу сформувати потоки повітря та повітряно-водяної суміші, встановлено, що гасіння трав'яної пожежі повітряними потоками досягається на відстані 0,4–1 м від сопла до осередку горіння. Обґрунтовано, що використання повітряно-водяних потоків забезпечує відривання полум'я з швидкістю, значення якої в середньому є меншим в 1,24 раза порівняно із значенням такої величини для повітряних потоків.

Список літератури:

1. National Fire Protection Association (NFPA). URL: <https://www.nfpa.org/Public-Education/Fire-causes-and-risks/Wildfire> (дата звернення 10.10.2021).
2. Сукач Р. Ю. Підвищення ефективності гасіння низових пожеж в екосистемах: автореф. дис.: 21.06.02. Львів, 2021. 24 с.
3. Ворон В. П., Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., Ткач О. М., Борисенко В. Г., Тимошук І. В., Бологов О. Ю. Пірогенна трансформація сосняків України. Монографія. ТОВ Планета-Прінт. Харків, 2021. 286 с.
4. Detweiler, A. J., Fitzgerald, S. (2006). Fire-resistant plants for home landscapes. Selecting plants that may reduce your risk from wildfire. PNW, 590, August. URL: <https://www.firefree.org/wp-content/uploads/2016/02/Fire-Resistant-Plants.pdf> (дата звернення 12.10.2021).
5. Fire – Wildland / Urban Interface. (2020). University of California. Central Sierra. URL: https://cecentralsierra.ucanr.edu/Resources_Publications/Publications/Fire_-_Wildland_Urban_Interface/ (дата звернення 18.11.2021).
6. Fire retardant plants. (2000). Community fire safe: Wildfire fact sheet, 16. URL: https://cecentralsierra.ucanr.edu/Resources_Publications/Publications/Fire_Wildland_Urban_Interface/ (дата звернення 10.10.2021).
7. Moore-Gough, C. (2001). Fire-Resistant Plants for Montana Landscapes. MSU Extension, MT200101AG, Reviewed 12/19. URL: <http://msuextension.org/publications/YardandGarden/MT200101AG.pdf> (дата звернення 10.10.2021).
8. Касымов, Д., & Гальцева, О. On the design of some devices for localization and extinguishing wildfires of different intensities. Вестник Карагандинского университета. Серия: Физика, (1), 2020. С. 115–124.
9. Karpowicz, M., & Gniazdowska, J. (2016). Postęp w technice gaszenia pożarów lasów. Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach. Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony

Przeciwpozarowej – Państwowy Instytut Badawczy. Józefów. T. 10.

10. Gedjo, V. M., Dubovyi, V. K., & Leonovich, A. A. (2019). New ways and means of localization and extinguishing surface forest fires. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 316, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.

11. Паныков, Ю. И., & Гуков, Г. В. Новое в технике и технологии тушения низовых лесных пожаров. Аграрный вестник Приморья, № 4, 2019. С. 51–54.

References:

1. National Fire Protection Association (NFPA). URL: <https://www.nfpa.org/Public-Education/Fire-causes-and-risks/Wildfire> (accessed 10.10.2021).
2. Sukach R.Yu. (2021). Improving efficiency of grassland fire-fighting in ecosystems. – Typescript: Lviv, 24 p.
3. Voron V.P. and others (2021). Pyrogenic transformation of Ukrainian pines. Typescript. Planeta-Print LLC. Kharkiv, 2021. 286 p.
4. Detweiler, A. J., Fitzgerald, S. (2006). Fire-resistant plants for home landscapes. Selecting plants that may reduce your risk from wildfire. PNW, 590, August. URL: <https://www.firefree.org/wp-content/uploads/2016/02/Fire-Resistant-Plants.pdf> (accessed 12.10.2021).
5. Fire – Wildland / Urban Interface. (2020). University of California. Central Sierra. URL: https://cecentralsierra.ucanr.edu/Resources_Publications/Publications/Fire_-_Wildland_Urban_Interface/ (accessed 12.10.2021).
6. Fire retardant plants. (2000). Community fire safe: Wildfire fact sheet, 16. URL: http://builditbackgreen.org/media/9664445/fact_sheet_fire_retardant_plants.pdf (accessed 10.10.2021).
7. Moore-Gough, C. (2001). Fire-Resistant Plants for Montana Landscapes. MSU Extension, MT200101AG, Reviewed 12/19. URL: <http://msuextension.org/publications/YardandGarden/MT200101AG.pdf> (accessed 10.10.2021).
8. Kasymov, D., & Galtseva, O. (2020). On the design of some devices for localization and extinguishing wildfires of different intensities. Karaganda University Bulletin. Series: Physics, (1), Pp.115–124.
9. Karpowicz, M., & Gniazdowska, J. (2016). Advances in the technique of extinguishing forest fires. Management of Nature Conservation in Forests. Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpozarowej – Państwowy Instytut Badawczy. Józefów. T. 10.
10. Gedjo, V. M., Dubovyi, V. K., & Leonovich, A. A. (2019). New ways and means of localization and

extinguishing surface forest fires. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 316, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.

11. Pankov, Yu.I., & Gukov, G.V. (2019). New in equipment and technology for extinguishing grassland fires. *Agrarnyy vestnik primor'ya*, (4), 6.

*** Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 10.11.2021 р.