

Відгук
офіційного опонента,
кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника
Боровикова Володимира Олександровича
на дисертаційну роботу **Сукача Романа Юрійовича** за темою
**“ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАСІННЯ НИЗОВИХ ПОЖЕЖ
В ЕКОСИСТЕМАХ”**,
поданої на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

Для опонування надано автореферат на 24 сторінках та дисертацію повним обсягом 174 сторінки, яка складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, 4 додатків, 37 рисунків, 12 таблиць і 108 посилань на використані джерела, а також ксерокопії наукових праць здобувача за темою. Дисертацію виконано у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності. Дисертацію та автореферат викладено державною мовою. Графічний матеріал виконано якісно, він повною мірою ілюструє наведені в дисертаційній роботі наукові положення та висновки.

Актуальність роботи та її зв'язок з науковими планами і темами

Пожежі на великих площах є одним із основних чинників довгострокових шкідливих змін природних екосистем і несприятливого впливу на умови проживання населення. Щорічно у багатьох країнах світу стається декілька сотень тисяч пожеж, які знищують ліси, чагарники, луки та торфовища на площі в декілька мільйонів гектарів. Більшість природних трав'яних і очеретяних масивів України горять щороку або один раз на 2-3 роки, а деякі території горять по 2-3 рази на рік, що супроводжується інтенсивним утворенням парникових газів (насамперед діоксиду вуглецю), а також шкідливих для людини і довкілля хімічних речовин, у тому числі стійких органічних забруднювачів (насамперед бензпірену), крім того, пожежі в екосистемах на територіях з високим радіаційним забрудненням (насамперед у Зоні відчуження) можуть супроводжуватися надходженням у повітря радіоізотопів (насамперед цезію-137 і стронцію-90), що можуть переноситися вітром на десятки і сотні кілометрів.

Виходячи з вищесказаного, постає необхідність в удосконаленні і розробленні способів та технічних засобів гасіння низових пожеж в екосистемах з включеннями торфу.

Одним із способів запобігання та гасіння низових пожеж в екосистемах з трав'яними покривами є прокладання пінних загороджувальних смуг з використанням відповідних способів і засобів.

З урахуванням викладеного, проведення досліджень щодо необхідної ширини пінної загороджувальної смуги, прокладеної з використанням робочого розчину піноутворювача для гасіння пожеж, що забезпечує генерування піни з підвищеною стійкістю, необхідної для стримування процесу поширювання полум'я, є **актуальними**. Воно спрямоване на визначення співвідношення між висотою трав'яного покриву та шириною пінної загороджувальної смуги, необхідної для стримування розвитку пожежі.

Дисертацію виконано в рамках науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності під назвою “Розроблення та удосконалення методів гасіння лісових пожеж, торфорозробок та торф’яників” (держ. реєстр. №0120U105714), в якій здобувач був виконавцем.

Аналіз змісту дисертації

Анотацію до дисертації, як і надалі її текст викладено згідно з вимогами Наказу Міністерства освіти і науки України “Про затвердження Вимог до оформлення дисертації” від 12.01.2017 р. №40, в ній стисло подано основні результати дослідження із зазначенням наукової новизни та практичне значення роботи.

У вступі наведено актуальність, мету дисертаційної роботи, задачі, об’єкт та предмет досліджень, відображено наукову новизну отриманих результатів, дані щодо апробації, а також публікації її результатів.

У першому розділі на підставі аналізу вітчизняних та іноземних літературних джерел змодельовано процеси виникнення і поширювання низових пожеж та визначено, що більшість моделей, які застосовують для визначення пожежної небезпеки пов’язані з лісовими пожежами та пов’язані з середовищем лісу, є непридатними для оцінювання пожежної небезпеки, оскільки на їх поширення впливає низка чинників. Для досягнення більш достовірних даних впливу чинників на результати оцінювання пожежної небезпеки визначено мету дисертаційної роботи, а саме аналізування основних чинників, що впливають на виникнення та поширювання пожеж травостою; удосконалення математичної моделі процесів поширювання низової пожежі трав’яними покривами з урахуванням рельєфу та вітру; здійснення математичного планування експерименту для дослідження основних чинників впливу на низові пожежі в екосистемах, що утворені трав’яними покривами. Запропоновано заходи для забезпечення запобігання поширенню низових пожеж в екосистемах та проаналізовано перспективне обладнання для генерування повітряно-механічної піни для прокладання пінних загороджувальних смуг.

У другому розділі проведено математичне моделювання процесів поширювання низової пожежі в екосистемах з урахуванням залежності лінійної швидкості поширювання пожежі від напрямку та кута нахилу площини до горизонту, наведені формули описують межу поширювання пожежі в кожен момент часу. Запропоновано метод, придатний до застосування у випадку поверхонь, які мають декілька вершин, а формули координат точок межі пожежі в кожен момент часу можуть бути основою моделі поширювання пожежі для підсистеми автоматизованої системи керування пожежно-рятувальними підрозділами. Також було проведено математичне моделювання поширювання низової пожежі з урахуванням впливу різноманітних чинників, таких як фізичні характеристики горючого матеріалу, швидкість вітру і ухил поверхні, якою вона поширюється. Перевірку математичної моделі здійснено для даних експериментальних досліджень поширювання пожежі горизонтальною поверхнею і площиною, нахиленою під кутом 5° , 15° та 30° , без впливу вітру та з його впливом.

Перевірено математичну модель поширювання пожежі горизонтальною площиною та під вказаними кутами до горизонту, проведено порівняння

розрахункової швидкості її поширювання з результатами експерименту та в умовах дії вітру із швидкостями 0,5 м/с, 1 м/с, 2 м/с і 3 м/с, а також визначено залежність швидкості поширювання полум'я від швидкості вітру на трав'яних покривах за кута ухилу 15°. Обґрунтовано необхідність застосування коефіцієнта поправки на характер рельєфу місцевості в математичній моделі, що описує поширювання пожежі трав'яним покривом. Побудовано дослідно-емпіричну залежність для визначення швидкості поширювання полум'я залежно від швидкості вітру, кута ухилу поверхні та висоти полум'я, яка дає змогу більш обґрунтовано вибирати відстань для створення загороджувальних смуг та бар'єрів.

З огляду на те, що теоретичні дослідження не завжди точно описують реальні процеси, особлива увага приділялася дослідженню моделей на адекватність зіставленням результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

У **третьому розділі** представлено результати експериментальних досліджень з визначення впливу чинників (швидкості вітру, рельєфу) на розвиток низових пожеж трав'яного покриву. На підставі аналізу результатів експериментальних досліджень встановлено, що із збільшенням кута ухилу трав'яного покриву швидкість поширювання полум'я зростає, причому із зростанням кута інтенсивність її зростає з певним приростом. Аналогічний вплив спричиняє швидкість вітру, причому її зростання інтенсифікує процес поширювання полум'я. Зростання швидкості вітру та його напряму призводить до підвищення швидкості поширювання полум'я із найбільшим приростом. Визначено, максимальну температуру полум'я (674 °С (947 К)) за найсприятливіших умов для горіння трав'яної смуги та зафіксовано тепловий потік величиною 19,74 кВт/м².

Проведено експериментальні дослідження для визначення параметрів пінних загороджувальних смуг, прокладених з використанням робочих розчинів піноутворювача, що забезпечує генерування піни з підвищеною стійкістю, під час проведення яких запропоновано використовувати пожежну автоцистерну та розпилювач РВ-12, встановлений на насос. Встановлено, що оптимальні значення швидкості руху пожежної автоцистерни під час нанесення загороджувальної смуги з використанням робочого розчину піноутворювача "Барс S-2", що забезпечує генерування піни з підвищеною стійкістю знаходяться в межах 20 – 30 км/год, а висота пінної загороджувальної смуги із змінюванням швидкості від 10 км/год до 20 км/год досить істотно зростає (з 5,2 см до 9,2 см).

Проведено дослідження стійкості піни на сухому трав'яному покриві у природних умовах за температури навколишнього середовища 22 °С та побудовано графіки залежності стійкості піни від висоти нанесення та часу. Для визначення необхідної ширини пінних загороджувальних смуг проводилися дослідження за різної ширини, а саме: 10, 25, 40 та 55 см та висоти 20 см. За результатами експериментальних досліджень помічено, що ширина пінної загороджувальної смуги, одержаної з використанням піноутворювача, що забезпечує отримання піни підвищеною стійкістю, має дуже велике значення, оскільки від цього залежатиме ефективність поширювання та гасіння полум'я трав'яного покриву. В лабораторних умовах встановлено, що загороджувальна

смуга шириною 55 см ефективно запобігає розповсюдженню полум'я за найсприятливіших умов для його поширення та встановлено, що найкращим співвідношенням висоти загороджувальної смуги та її ширини є 1:3. Водночас, висота пінної загороджувальної смуги менше впливає на процес стримування полум'я, ніж її ширина. Тому ширину такої смуги необхідно обирати з урахуванням рельєфу місцевості, швидкості вітру, висоти полум'я та конвекційних потоків.

Визначено тактико-технічні характеристики спеціального пожежного ствола для гасіння та запобігання підземним пожежам під час гасіння низових пожеж в екосистемах та запропоновано і експериментально підтверджено ефективність застосування як вогнегасної речовини водного розчину амофосу з концентрацією 10 % і 20 % з додаванням 0,5 % піноутворювача.

У четвертому розділі викладено розроблені рекомендації щодо запобігання та гасіння низових пожеж в екосистемах з трав'яними покривами та підземних пожеж з торф'яним включенням, за допомогою прокладання пінних загороджувальних смуг. Адаптовано існуючі основні тактичні схеми гасіння пожеж травостою та торф'яних включень щодо їх запобігання та гасіння за допомогою пінних загороджувальних смуг.

Описано впровадження існуючої схеми запобігання та гасіння низових пожеж із торф'яним включенням з охопленням фронту використання спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж та подавання водного розчину амофосу концентрацією 10 % і 20 % з додаванням 0,5 % піноутворювача за периметром фронту пожежі.

Вдосконалено розрахунок сил та засобів для гасіння пожеж на торфовищах, які межують з трав'яними покривами.

Складання рекомендацій щодо коригування чинних нормативних документів є важливою складовою для впровадження результатів наукових досліджень в практику. Запропоновано внести доповнення до вітчизняних нормативних документів, що стосуються гасіння лісових та торф'яних пожеж.

Об'єм проведених досліджень та отриманих наукових результатів цілком достатній для реалізації поставлених завдань і обґрунтування основних наукових положень та висновків.

Найбільш суттєві наукові результати, отримані особисто здобувачем і їх новизна. Дисертантом

- *уперше* теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено ефективність застосування пінних загороджувальних смуг, прокладених з використанням робочих розчинів піноутворювачів, що забезпечують генерування піни з підвищеною стійкістю (на прикладі "Барс S-2"), що створило передумови підвищення ефективності гасіння низових пожеж в екосистемах. Встановлено, що мінімальна ширина такої захисної смуги залежить від погодних умов (швидкості вітру, вологості, температури середовища), рельєфу, висоти полум'я. Визначено, що співвідношення ширини загороджувальної смуги до висоти трав'яного покриву має бути 3:1 на рівнині за майже безвітряної погоди. Висота шару піни повинна бути не меншою за 0,2 м, причому ширина має вагомий вплив. За наявності вітру

та ухилу рельєфу ширина смуги має пропорційно зростати за залежністю, що враховує відповідні коефіцієнти поправки.

- *уперше* показано, що поташ (K_2CO_3) за концентрацій у водному розчині від 5 % до 20 % на теплові умови самозаймання торфу не впливає. Водний розчин амофосу ($NH_4H_2PO_4$) за концентрації 5 % на них також не впливає, проте додавання до такого водного розчину піноутворювача “Барс S-2” у кількості 0,5 % сприяє зниженню здатності торфу до самозаймання. Водний розчин амофосу з концентрацією 10 % і більше з додаванням піноутворювача чи без його додавання повністю запобігає самозайманню торфу;
- *удосконалено* конструкцію спеціального пожежного ствола створенням шнекової частини і підвищенням продуктивності до 13,24 – 15,98 л/с і збільшенням радіусу зрошення за тисків 0,4 – 0,7 МПа та розроблено рекомендації щодо його застосування з одночасним використанням поверхнево-активних речовин для гасіння торф’яних включень під час низових пожеж в екосистемах;
- *удосконалено* математичну модель, що на відміну від існуючих дає змогу описати залежність швидкості поширювання фронту пожежі з врахуванням ухилу та вітру і коефіцієнту поправки на характер рельєфу місцевості;
- *набули подальшого розвитку* способи нанесення пінних загороджувальних смуг, прокладених з використанням робочих розчинів піноутворювача, що забезпечує генерування піни з підвищеною стійкістю (на прикладі “Барс S-2”) для гасіння низових пожеж в екосистемах з трав’яними покривами.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів та висновків забезпечено ґрунтовним аналізом інформаційних джерел та нормативної бази, застосуванням апробованих методів досліджень та їх апробацією на наукових та науково-практичних національних та міжнародних конференціях.

Практичне значення результатів роботи та ступінь їх впровадження полягає в тому, що:

- розроблено конструкцію та виготовлено спеціальний пожежний ствол для гасіння підземних пожеж, захищений патентом України на корисну модель;
- розроблений дослідний зразок спеціального пожежного ствола для гасіння підземних пожеж поставлено в оперативний розрахунок в пожежно-рятувальному підрозділі ДСНС України у Львівській області;
- в ДСП “Північна Пуща” Державного агентства України з управління зоною відчуження проведено полігонні випробування піноутворювача “Барс S-2”, що засвідчено відповідним актом впровадження;
- розроблено методичні рекомендації щодо запобігання та гасіння низових пожеж в екосистемах, що утворені трав’яними покривами, з використанням пінних загороджувальних смуг, які дають змогу підвищити ефективність роботи пожежників завдяки визначеній послідовності дій та наведеним тактичним схемам гасіння, що використовуються під час викладання дисциплін “Пожежна тактика” та “Пожежі в природних екосистемах” в ЛДУ БЖД ДСНС України, про що засвідчують відповідні акти впровадження;
- розроблено методичку досліджень з визначення стійкості піни під час створення загороджувальної смуги з використанням піноутворювача, що

забезпечує генерування піни з підвищеною стійкістю піни, типу "Барс S-2", визначенню змочувальної здатності піни та утримування її на трав'яному покриві, про що засвідчують відповідні акти впровадження.

Особистий внесок здобувача полягає в участі формування мети і завдання досліджень, об'єкта та предмета досліджень, самостійному аналізуванні вітчизняних та закордонних джерел інформації, удосконаленні та розробленні методик досліджень та обладнання, проведенні експериментальних досліджень та обробленні їх результатів, формулюванні та узагальненні висновків. Участь автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведено в списку опублікованих праць за темою дисертації.

Дискусійні положення та зауваження до автореферату та дисертації:

1. В роботі не подано опис і результати полігонних випробувань з гасіння пожеж в лісосмугах з використанням пінних загороджувальних смуг.
2. Незрозуміло, яким чином амофос впливає на займистість торфу за діапазону його концентрацій у водному розчині від 5 % до 10 %.
3. Слід було б обґрунтувати необхідну витрату води, забезпечувану спеціальним пожежним стволом для гасіння підземних пожеж.
4. Роздільна здатність рисунків 2, 3 автореферату не дає змогу однозначно сприйняти індекси швидкостей.
5. Незрозуміло, чи існують обмеження щодо нанесення пінних смуг залежно від висоти трави.

Зауваження не є принциповими і не впливають на цілком позитивне сприйняття роботи.

Дисертацію та автореферат викладено у логічній послідовності сучасною українською мовою із застосуванням загальноприйнятої галузевої науково-технічної термінології із застосуванням загальноприйнятою термінології.

Повнота викладених основних результатів наукових досліджень дисертації в опублікованих працях та особистий внесок у роботах за співавторства:

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 13 наукових роботах, з яких 6 статей у фахових виданнях (з них 1 у закордонному виданні), а також 7 тез доповідей на міжнародних та національних науково-практичних конференціях. За результатами роботи отримано один патент України на корисну модель.

Особистий внесок у статтях, матеріалах та тезах, опублікованих за співавторства відображено в авторефераті, а також в дисертації.

Загальний висновок

Дисертаційна робота за темою "Підвищення ефективності гасіння низових пожеж в екосистемах" є кваліфікованою науковою працею, виконаною особисто здобувачем у вигляді рукопису, вона відповідає формулі і напрямам досліджень, регламентованих паспортом спеціальності, за якою її подано до захисту, вона містить висунуті здобувачем нові науково обґрунтовані результати досліджень, які в комплексі вирішують актуальну наукову задачу виявлення взаємозв'язку між чинниками, що впливають на поширювання пожеж травостою з торф'яними включеннями та визначення ефективних технічних засобів і способів для гасіння низових пожеж в екосистемах.

Зміст автореферату і дисертації відповідають вимогам п. п. 9, 11-14 положення про “Порядок присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р., №567 зі змінами, а її автор, Сукач Роман Юрійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент
канд. техн. наук, с. н. с.



Володимир БОРОВИКОВ

Підпис Боровикова В.О. засвідчую:

Директор ТОВ “Фіттіх АГ” – Україна”

