

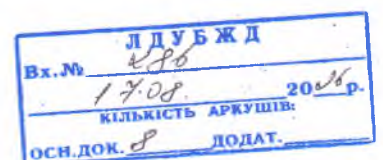
ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора **Шналя Тараса Миколайовича** на дисертаційну роботу **Лагна Дениса Вікторовича** на тему «Підвищення ефективності гасіння пожеж у забруднених радіонуклідами лісах», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 «Пожежна безпека» до спеціалізованої вченої ради Д 35.874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Ліси, забруднені радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції, охоплюють в межах зони відчуження близько 139,7 тис. га, а їх горіння супроводжується повторним винесенням радіоактивних аерозолів у навколишнє середовище. Так, лише під час пожеж у Чорнобильській зоні відчуження в 2020 р. в атмосферу було викинуто 0,7–1,2 ТБк ^{137}Cs , а димові шлейфи фіксувалися над територією України і аж до Західної Європи. Одночасно статистика лісових пожеж в Україні (1994 випадки у 2024 р. на площі 22 тис. га зі збитками понад 13,8 млрд грн, до ліквідації яких у 57 % випадків залучалися підрозділи ДСНС України) підтверджує масштаб проблеми на загальнодержавному рівні.

У поєднанні зі зміною клімату, збільшенням тривалості пожежонебезпечного періоду та необхідністю забезпечення особового складу пожежно-рятувальних підрозділів від додаткового радіаційного навантаження це формує актуальну науково-прикладну проблему, яка на момент виконання дисертаційного дослідження не мала комплексного вирішення: як показав здобувач в аналізі стану питання, праці С. В. Зібцева, С. І. Азарова, В. В. Поповича, В. А. Кашпарова та зарубіжних дослідників (М. Е. Alexander, Р. С. Rothermel та ін.) здебільшого не стосувалися підвищення ефективності та безпеки гасіння пожеж саме у радіоактивно забруднених лісах.



Отже, тема дисертаційної роботи є актуальною, а її вибір обґрунтованим і таким, що відповідає сучасним потребам розвитку пожежної безпеки та цивільного захисту України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами

Дисертаційне дослідження виконано відповідно до основних напрямів наукової діяльності Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України у 2016–2020 та 2021–2025 роках, узгоджується з положеннями Державної стратегії управління лісами України до 2035 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 № 1777-р), а також виконувалося в межах науково-дослідної роботи «Розробка методики формування дослідницької компетентності майбутніх фахівців з пожежної безпеки ЗВО ДСНС України» (державний реєстраційний номер 0121U108942), у якій здобувач був виконавцем. Це підтверджує планову основу дисертаційного дослідження та його зв'язок із пріоритетними напрямками розвитку науки у сфері цивільного захисту.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими і достовірними. Для їх отримання здобувачем застосовано комплекс взаємодоповнюваних методів: аналізу та синтезу наукових джерел, таксономічного методу з інтегральними показниками — для порівняльного оцінювання протипожежної техніки й обладнання, математичного моделювання на основі вдосконаленої моделі Ротермелла та еліптичної моделі поширення пожежі — для встановлення закономірностей поширення й локалізації пожежі, а також натурного експерименту (на спеціально створеному стенді з насосним агрегатом потужністю 18 кВт, витратою до 48 м³/год і тиском до 1 МПа, та в теплодимокамері навчально-тренувального комплексу ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України) з подальшою статистичною обробкою результатів.

Достовірність експериментальних результатів підтверджена коректним застосуванням методів математичної статистики: обчислено середні значення, середньоквадратичні відхилення, коефіцієнти варіації, асиметрії та ексцесу, нормальність розподілів перевірено за правилом «трьох сігм», а зв'язок між часом виконання завдань без пристрою орієнтування та з ним оцінено коефіцієнтом кореляції Пірсона $r = 0,96$ зі статистично значущою перевіркою за t -критерієм. Такий рівень методичного забезпечення відповідає вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертації полягає у розв'язанні актуального науково-прикладного завдання щодо підвищення ефективності гасіння пожеж у забруднених радіонуклідами лісах. Вперше:

за інтегральною оцінкою основних видів протипожежної техніки й обладнання (переносних, лафетних і комбінованих стволів Protek, пінних стволів низької, середньої та високої кратності, авіаційної техніки) встановлено найбільш ефективні їх типи для застосування в умовах радіоактивного забруднення, зокрема визначено переваги авіаційної техніки (літак АН-32П з інтегральним показником 0,90, гелікоптер ЕС Н225 — 0,51 та 0,45);

на основі експериментальних досліджень та розробленої математичної моделі функціонування запропонованого пристрою для створення водяної завіси, який одночасно виконує функції осадження продуктів горіння і пилу з вмістом радіонуклідів та захисту пожежних рукавів від теплової дії лісової пожежі (патент України на корисну модель UA 146149, с. 21), отримано залежність інтенсивності зрошування поверхні від напору $I = 2,132P^{0,457}$ із коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,986$;

на основі математичної моделі поширення й гасіння лісової пожежі (з урахуванням еліптичної форми контуру, швидкості вітру та управлінських рішень щодо розстановки сил і засобів) отримано аналітичну залежність часу локалізації пожежі як кореня похідної функції площі пожежі за часом.

Удосконалено методи орієнтування пожежників у просторі в умовах сильного задимлення на основі розробленого пристрою (патент України на корисну модель UA 146540), що засвідчено скороченням часу виконання завдань ланками у теплодимокамері в середньому на 24,8 % (з 537,57 с до 404,29 с). Набули подальшого розвитку способи пожежогасіння та захисту пожежників від радіаційного випромінювання у забруднених радіонуклідами лісах.

Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність роботи полягає у конкретних, придатних до впровадження рекомендаціях: обґрунтованому переліку найбільш ефективних ручних, лафетних та пінних стволів (зокрема РСП-50, СРК-50, РСК-50, Protek-366, Protek-360, Protek Style 922/622-2/622-1, СПП-4, СППЕ-4, ГПС-600, ГВП-50, ГВП-30) для застосування у радіоактивно забруднених лісах; конструкції пристрою для створення водяної завіси, що одночасно виконує функції осадження радіоактивного пилу й захисту рукавних ліній від теплової дії пожежі; а також пристрою для орієнтування пожежника в задимленому середовищі на базі ультразвукового датчика HC-SR04 та мікроконтролера ATmega328P.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в практичну діяльність Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника (акт впровадження від 07.11.2025) та в освітній процес Національного університету цивільного захисту України (акт впровадження від 05.12.2025), що підтверджує реальну затребуваність отриманих наукових результатів.

Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертація має чітку логічну структуру: анотація, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел (151 найменування) і 5 додатків загальним обсягом 171 сторінка, з них 125 сторінок основного тексту, 35 рисунків та 31 таблиця, що відповідає встановленим вимогам до обсягу кандидатських дисертацій.

У першому розділі «Проблеми виникнення та ліквідації пожеж у забруднених радіонуклідами лісах» здобувач на основі статистичних даних (у т. ч. щодо площ і кількості лісових пожеж в Україні за 2007–2024 рр. та в Чорнобильській зоні відчуження за 1992–2020 рр.) і аналізу параметрів радіоактивного забруднення після аварії на ЧАЕС (густина забруднення ґрунту ^{137}Cs — понад $8 \cdot 10^{12}$ Бк/км², ^{90}Sr — $7 \cdot 10^{12}$ Бк/км²) обґрунтовано сформулював проблему дослідження, визначив специфічні небезпечні фактори гасіння пожеж у радіаційно забруднених зонах та коректно поставив мету й завдання роботи.

У другому розділі «Методи досліджень» описано методичний апарат дослідження — таксономічний метод з інтегральними показниками, математичне моделювання на основі моделі Ротермелла та еліптичної моделі поширення пожежі, а також методику й обладнання експериментального стенду (насосний агрегат, витратомір СДМ-1, датчик тиску НК1100С, плата Arduino Mega 2560 з платою збору даних PLX-DAQ). Опис експериментальної бази є достатньо деталізованим і дозволяє відтворити умови досліджень.

У третьому розділі (с. 57–106) «Гасіння лісових пожеж на забруднених радіонуклідами територіях» за таксономічним методом виконано порівняльну оцінку ефективності ручних, лафетних, комбінованих та пінних пожежних стволів (таблиці 3.1–3.19), а також пожежної, броньованої та авіаційної техніки (таблиця 3.23, с. 85), і розроблено математичну модель поширення лісової пожежі еліптичної форми з урахуванням управлінських рішень щодо розстановки сил і засобів (формули 3.1–3.24), яка дозволяє аналітично визначити час локалізації пожежі. Розділ характеризується належним рівнем математичного опрацювання матеріалу.

У четвертому розділі (с. 108–140) «Радіаційний захист і підвищення ефективності роботи персоналу в умовах лісових пожеж на забруднених радіонуклідами територіях» обґрунтовано вибір турбінних розпилювачів НРТ-20 та НРТ-10 як найбільш ефективних засобів осадження

радіоактивного пилу (таблиця 4.5, с. 127), наведено конструкцію та результати випробувань запропонованого пристрою створення водяної завіси (з отриманою залежністю $I = 2,132P^{0,457}$, формула 4.7, с. 127), а також результати експериментального дослідження пристрою для орієнтування пожежників у задимленому середовищі (таблиці 4.6–4.7, с. 137–138), що підтвердили скорочення часу виконання завдань на 24,8 % при статистично значущому коефіцієнті кореляції $r = 0,96$. Розділ має виражену практичну спрямованість і завершує логіку дисертаційного дослідження.

Повнота викладення результатів дисертації у наукових публікаціях

Основні положення дисертації відображено у 16 наукових працях, серед яких 2 статті в періодичних виданнях, що індексуються в наукометричній базі Scopus, 3 статті у наукових фахових виданнях України, 2 патенти України на корисну модель та 9 матеріалів і тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях. Особистий внесок здобувача у працях, опублікованих у співавторстві, чітко визначений і полягає переважно у розробленні методик експериментальних досліджень, математичних моделей та участі у постановці завдань. Кількість, рівень і зміст публікацій відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України щодо оприлюднення результатів дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук. Основні результати апробовано на дев'яти міжнародних і всеукраїнських конференціях протягом 2019–2022 рр., що підтверджує їх наукову апробацію.

Зауваження до дисертаційної роботи

Разом із загальною позитивною оцінкою дисертаційної роботи слід відзначити такі зауваження та побажання, які не знижують її наукової і практичної цінності:

1. Яким чином проводилося випробування та визначення показників ефективності пристрою для створення водяної завіси, і чи достатньо цього для підтвердження достовірності отриманих результатів?

2. Чому за основу швидкості поширення пожежі (розділ 3) взято саме вдосконалену модель Ротермелла, а не іншу з існуючих моделей поширення лісових пожеж?

3. Чому для математичного опису контуру лісової пожежі (розділ 3, формули 3.3–3.4) обрано саме еліптичну, а не колову форму?

Наведені зауваження мають рекомендаційний характер, не впливають на достовірність отриманих результатів, не знижують наукової новизни, теоретичного рівня та практичної цінності дисертаційної роботи і можуть бути враховані автором у подальшій науковій діяльності.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Лагна Дениса Вікторовича на тему «Підвищення ефективності гасіння пожеж у забруднених радіонуклідами лісах» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому на належному науково-методичному рівні вирішено актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності гасіння лісових пожеж на радіоактивно забруднених територіях шляхом обґрунтування раціональних засобів пожежогасіння, розроблення математичної моделі поширення й локалізації пожежі та технічних рішень для захисту й підвищення ефективності роботи особового складу.

Одержані результати характеризуються достатнім рівнем наукової новизни, обґрунтованістю та достовірністю, підтвердженою відповідними актами впровадження та публікаціями, зокрема у виданнях, що індексуються в базі Scopus, і двома патентами України на корисну модель. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

За актуальністю, ступенем наукової новизни, теоретичним рівнем, практичним значенням, обґрунтованістю наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційна робота Лагна Дениса Вікторовича «Підвищення ефективності гасіння пожеж у забруднених радіонуклідами лісах» відповідає вимогам пунктів 9, 11 та 12 Постанови Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових

ступенів», що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 «Пожежна безпека», а її автор — Лагно Денис Вікторович — заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 «Пожежна безпека».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,

професор кафедри будівельних конструкцій та мостів

Національного університету «Львівська політехніка»

 Тарас ШНАЛЬ

«17» 08 2026 р.

Підпис професора Т.М. Шналя засвідчую.

Проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності Національного університету

«Львівська політехніка»





Ірина ЯРЕМЧУК