

ВІДГУК
офіційного опонента
доктора технічних наук, професора,
професора кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежно-рятувальної
техніки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності
КОВАЛИШИНА Василя Васильовича

на дисертаційну роботу **СЕРЕДИ Дмитра Володимировича**
«Удосконалення методу оцінювання небезпеки поширення пожежі
від вітрових електроустановок»

Актуальність дисертаційного дослідження та зв'язок з науковими програмами.

Актуальність дисертаційного дослідження обумовлена стрімким розвитком відновлюваної енергетики, необхідністю забезпечення пожежної безпеки об'єктів вітроенергетики та зростанням їх ролі у зміцненні енергетичної безпеки України. В умовах воєнного стану питання забезпечення надійності, стійкості та безпечної експлуатації об'єктів енергетичної інфраструктури набувають особливого державного значення, оскільки вітрові електроустановки є одним із перспективних джерел децентралізованого енергозабезпечення. Одним із ключових напрямів підвищення їх експлуатаційної безпеки є запобігання поширенню пожежі на суміжні об'єкти у разі виникнення аварійних ситуацій. Аналіз сучасного стану нормативного забезпечення свідчить, що існуючі методи визначення протипожежних відстаней не враховують найбільш небезпечні аварійні сценарії, пов'язані з руйнуванням конструкцій вітрових електроустановок, аварійним розливом оливи та її займанням. Водночас збільшення висоти опор, потужності сучасних вітрових електроустановок та обсягів пожежної навантаги обумовлює необхідність перегляду існуючих підходів до оцінювання небезпеки поширення пожежі. Недостатність експериментальних даних щодо закономірностей розвитку пожеж при аварійному падінні вітрових електроустановок істотно обмежує можливості удосконалення нормативних методів визначення безпечних протипожежних відстаней. Саме тому актуальним є проведення комплексних досліджень, які поєднують натурні вогневі експерименти, математичне моделювання та методи обчислювальної газогідродинаміки для дослідження процесів поширення пожежі. Отримані результати створюють наукове підґрунтя для розроблення більш точних розрахункових методів оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок та вдосконалення нормативної бази у сфері пожежної безпеки. Практична реалізація запропонованих рішень сприятиме підвищенню рівня захисту об'єктів енергетичної інфраструктури, зменшенню ризику виникнення вторинних надзвичайних ситуацій та забезпеченню безпечного розвитку вітроенергетики в Україні.

Тематика дисертаційної роботи повністю відповідає пріоритетним напрямкам державної політики у сфері пожежної безпеки та цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій. Дослідження спрямоване на вирішення актуальних завдань щодо зменшення ризику поширення пожежі між технологічними спорудами та узгоджується з положеннями Стратегії розвитку системи технічного регулювання на період до 2025 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2020 року № 443. Отримані результати є закономірним продовженням наукових досліджень, спрямованих на вдосконалення методичного забезпечення визначення безпечних протипожежних відстаней між об'єктами захисту, підвищення достовірності оцінювання ризиків та обґрунтування вимог пожежної безпеки під час проектування, будівництва й експлуатації енергетичних об'єктів.

Відповідність мети, об'єкту, предмету та завдань дослідження галузі знань та паспорту спеціальності. Метою дисертаційного дослідження є удосконалення розрахункового методу оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок на суміжні об'єкти як наукове підґрунтя для встановлення безпечних протипожежних відстаней.

Для реалізації поставленої мети в дисертаційній роботі сформульовано та розв'язано такі завдання:

1. Провести аналіз пожеж на вітрових електроустановках, що супроводжувалися поширенням вогню, зокрема на суміжні об'єкти, найбільш небезпечні аварійні ситуації та визначити недоліки наявних методів оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок на суміжні об'єкти.

2. Розробити математичну модель, яка дозволяє врахувати визначені пожежонебезпечні сценарії поширення пожежі на суміжні об'єкти та дослідити умови, які характеризують небезпеку поширення пожежі для такого типу споруд.

3. Розробити програму-методику натурних вогневих експериментальних досліджень розвитку пожежі під час аварійного падіння вітрової електроустановки, дослідити найбільш небезпечні фази горіння та систематизувати виявлені залежності.

4. Провести комп'ютерне моделювання процесів розвитку та поширення пожежі на суміжні об'єкти у разі падіння вітрової електроустановки, що супроводжується аварійним виливом оливи, з метою встановлення закономірностей теплового впливу за визначеними критеріями оцінювання. Здійснити оцінку теплової потужності осередку пожежі та визначити радіуси температурного впливу з урахуванням дії вітру, турбулентності повітряного потоку та висотного розподілу теплових потоків.

5. На основі отриманих закономірностей розробити удосконалений метод оцінювання безпечних протипожежних відстаней від вітрових електроустановок до суміжних об'єктів.

Об'єкт дослідження – процеси виникнення, розвитку та поширення пожеж між вітровою електроустановкою та суміжними об'єктами.

Предмет дослідження – конструктивні параметри вітрових електроустановок для оцінювання безпечних протипожежних відстаней.

За метою, об'єктом, предметом та завданнями дослідження дисертаційна робота відповідає галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

Аналіз змісту дисертації. Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків. Загальний об'єм дисертації становить 148 сторінок та включає 46 рисунків, 9 таблиць та 117 джерел використаної літератури.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану пожеж на вітрових електроустановках. Проведено аналіз статистичних даних щодо пожеж та аварій на вітрових електроустановках, які супроводжувалися поширенням вогню на суміжні об'єкти інфраструктури. Систематизовано основні причини виникнення пожежонебезпечних ситуацій та здійснено класифікацію вітрових електроустановок за типами і величиною пожежного навантаження. Проаналізовано вимоги нормативно-правових актів у частині забезпечення обмеження поширення пожежі від вітрових електроустановок. За результатами проведеного аналізу встановлено недоліки існуючих методів оцінювання безпечних протипожежних відстаней, зокрема неврахування аварійних сценаріїв «руйнування–пожежа» та «пожежа–руйнування», що стало підставою для формування мети та завдань дисертаційного дослідження.

У другому розділі досліджено теоретичні основи моделювання процесів горіння палива на горизонтальних поверхнях та супутніх тепломасообмінних процесів. Узагальнено відомі моделі теплового випромінювання пожежі та сформульовано систему математичних залежностей, що описують процеси формування енергії випромінювання для некруглих басейнів горіння. Визначено аналітичні співвідношення для оцінювання висоти полум'я, коефіцієнтів випромінювання, пропускання та розсіювання тепла в атмосфері. Обґрунтовано математичні підходи до моделювання пожеж класу В на поверхні ґрунту з урахуванням теплофізичних властивостей середовища та параметрів вуглеводневого палива. Досліджено вплив зовнішніх чинників на розвиток пожежі та розглянуто математичну модель поширення полум'я на топографічно нерівній поверхні. На основі отриманих результатів розроблено спрощену математичну модель оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок за аварійними сценаріями «руйнування–пожежа» та «пожежа–руйнування», що стало теоретичним підґрунтям для подальших експериментальних і чисельних досліджень.

У третьому розділі розроблено програму-методику натурних вогневих досліджень процесів поширення пожежі від вітрових електроустановок. Систематизовано вимоги до засобів виміральної техніки та обґрунтовано критерії оцінювання небезпеки поширення пожежі на суміжні об'єкти і їх граничні значення. Визначено параметри вогневої площадки та компонентів імітаційної моделі вітрової електроустановки, а також порядок проведення експериментальних досліджень. За результатами натурних вогневих випробувань встановлено характеристики розвитку пожежі під час аварійного падіння вітрової електроустановки, визначено площу пожежі та тривалість горіння, виокремлено дві характерні фази горіння розливу оливи та встановлено найбільш небезпечний

часовий інтервал розвитку пожежі. Також встановлено, що максимальна відстань до найвіддаленішої ураженої вогнем ділянки перевищує геометричну висоту установки на 56 %, що стало експериментальним підґрунтям для удосконалення методу визначення безпечних протипожежних відстаней.

У четвертому розділі за допомогою методів обчислювальної газо-гідродинаміки досліджено процеси поширення пожежі від вітрових електроустановок різних типів потужністю від 30 кВт до 9,5 МВт. Розроблено обчислювальну газо-гідродинамічну модель, яка відтворює сценарій розвитку пожежі після руйнування гондоли, аварійного виливу оливи та її подальшого займання. Проведено комп'ютерне моделювання процесів поширення пожежі за сценарієм «руйнування–пожежа», оцінено тепловий вплив полум'я на суміжні об'єкти, визначено площу можливого розливу оливи та критичні відстані безпечного розміщення вітрових електроустановок. На основі отриманих закономірностей сформовано пропозиції щодо удосконалення методу оцінювання небезпеки поширення пожежі, який передбачає додаткове врахування емпіричних коефіцієнтів, що характеризують висоту вітрової електроустановки та радіус площі розливу оливи. Також проведено оцінку економічного ефекту від застосування удосконаленого методу на прикладі реального об'єкта будівництва.

За результатами кожного розділу та дисертаційної роботи загалом сформульовано логічні, послідовні й аргументовані висновки, які повною мірою відображають отримані наукові результати та відповідають поставленим меті й завданням дослідження.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується чіткою постановкою мети та завдань дослідження, їх логічним взаємозв'язком із предметом та об'єктом дослідження, а також використанням комплексу взаємодоповнюючих методів дослідження, адекватних поставленим науковим завданням.

Автором проведено ґрунтовний аналіз сучасного стану пожежної небезпеки вітрових електроустановок, узагальнено статистичні дані щодо пожеж та аварій, систематизовано причини виникнення пожежонебезпечних ситуацій та здійснено критичний аналіз чинних нормативних вимог у сфері забезпечення безпечних протипожежних відстаней. Це дозволило обґрунтовано визначити наукову проблему та сформулювати напрями її вирішення.

Достовірність теоретичних результатів забезпечується використанням фундаментальних положень теорії тепло- і масообміну, теплопередачі, математичного моделювання процесів горіння та поширення пожежі, а також застосуванням сучасних методів розрахункового оцінювання теплового впливу небезпечних чинників пожежі. Розроблені математичні моделі базуються на відомих наукових положеннях і не суперечать сучасним уявленням у галузі пожежної безпеки.

Обґрунтованість експериментальних результатів підтверджується розробленням програми-методики натурних вогневих досліджень, застосуванням сертифікованих засобів вимірювальної техніки, проведенням серії експериментів в умовах, максимально наближених до реальних аварійних сценаріїв, а також належною обробкою та узагальненням отриманих результатів.

Достовірність результатів чисельного моделювання забезпечується використанням сучасного апарату обчислювальної газо-гідродинаміки, врахуванням конструктивних особливостей вітрових електроустановок, параметрів пожежного навантаження та зовнішніх чинників, що впливають на розвиток пожежі. Важливим аргументом на користь достовірності отриманих результатів є їх узгодженість із даними натурних вогневих досліджень та відомими закономірностями процесів горіння.

Сформульовані у дисертації наукові положення, висновки та рекомендації характеризуються внутрішньою логічною завершеністю та є наслідком послідовного виконання теоретичних, експериментальних і чисельних досліджень. Отримані результати взаємно доповнюють один одного та підтверджують правильність запропонованих наукових підходів щодо удосконалення методу оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок.

Достовірність і наукова цінність результатів дослідження також підтверджуються достатньою апробацією основних положень дисертації на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, а також їх опублікуванням у фахових наукових виданнях, що свідчить про належний рівень наукової верифікації отриманих результатів.

Наукова новизна роботи. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у одержанні нових науково обґрунтованих результатів, які в сукупності забезпечують удосконалення методу прогнозування небезпеки поширення пожежі на суміжні об'єкти від вітрових електроустановок з урахуванням їх конструктивних параметрів та аварійних сценаріїв, при цьому набув подальшого розвитку експериментальний метод визначення параметрів утворення зони пожежі та теплообміну з використанням дослідного зразка об'єкта.

Основні наукові результати:

Вперше:

– розроблено математичну модель визначення безпечної протипожежної відстані для вітрових електроустановок, яка відрізняється від існуючих урахуванням сценарію «руйнування – пожежа» та впливу вітрового навантаження на поширення теплового поля пожежі, що дало змогу встановити перевищення радіуса зони температур для суміжних об'єктів понад 250 °C над радіусом розливу оливи до 45 % за швидкості вітру понад 10 м/с та забезпечити підвищення точності визначення безпечних протипожежних відстаней для об'єктів вітроенергетики.

– встановлено закономірність формування зони пожежі під час аварійного падіння та розгерметизації оливовмісного корпусу вітрової електроустановки, яка на відміну від існуючих підходів, враховує сукупний вплив конструктивних параметрів установки та вітрового навантаження на геометричні характеристики зони пожежі, що дало змогу встановити перевищення відстані до найбільш віддаленого краю зони пожежі над геометричною висотою опори до 56 % та підвищити достовірність оцінювання небезпеки поширення пожежі.

Удосконалено:

– метод оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрової електроустановки, відмінністю якого є врахування фактичних конструктивних параметрів об'єкта, кількості пожежної навантаги та найбільш несприятливих умов розвитку пожежонебезпечної ситуації, зокрема аварійних сценаріїв «руйнування – пожежа» та «пожежа – руйнування», що дало змогу підвищити точність визначення безпечних протипожежних відстаней для вітрових електроустановок в умовах аварійного розвитку пожежі.

Набула подальшого розвитку:

– методика експериментального визначення параметрів теплообміну під час пожежі у відкритому просторі, яка, на відміну від існуючих, передбачає використання імітаційного зразка об'єкта, що піддається впливу найбільш несприятливих умов розвитку пожежонебезпечної ситуації.

Практичне значення отриманих результатів.

За результатами досліджень опубліковано 7 наукових праць у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань Міністерства освіти і науки України, а також 6 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Практична значущість та обґрунтованість рекомендацій підтверджується їх впровадженням у практичну діяльність Всеукраїнської громадської організації «Український союз пожежної та техногенної безпеки» при визначенні протипожежних відстаней від вітрових електроустановок до суміжних об'єктів інфраструктури, що засвідчує відповідний акт впровадження. Також отримані результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес Національного університету цивільного захисту України на кафедрі державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки при викладанні навчальної дисципліни «Системи забезпечення пожежної безпеки об'єктів». Крім того, під час розроблення змін до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» в частині удосконалення вимог щодо протипожежних відстаней під час влаштування вітрових електроустановок відносно суміжних об'єктів результати дисертаційних досліджень будуть враховані Міністерством розвитку громади та територій України.

Загальні зауваження до дисертаційної роботи. Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід зазначити деякі окремі зауваження, що потребують уточнення або додаткового обґрунтування.

1. Як проводилася валідація CFD-моделі? Які саме експериментальні параметри порівнювалися між моделлю та натурними вогневими випробуваннями?

2. В роботі не в повній мірі висвітлено питання того, як в разі зміни фізико-хімічних характеристик оливи у вітрових електроустановках (синтетична олива, мінеральна олива, трансмісійна олива тощо) зміниться динаміка та характер розвитку пожежі.

3. У роботі встановлено, що зона пожежі може перевищувати висоту вітрової електроустановки на 56 %. Чи можна вважати цю закономірність універсальною, чи вона залежить від конструкції конкретної турбіни?

4. Чи може запропонований метод бути адаптований для оцінювання протипожежних відстаней від інших енергетичних об'єктів, наприклад силових трансформаторів або акумуляторних систем накопичення енергії? Які зміни для цього необхідні?

Проте вказані зауваження та дискусійні питання не знижують загальної позитивної оцінки проведеного дослідження і не впливають на наукове та практичне значення отриманих результатів дисертаційної роботи.

Загальна оцінка дисертаційної роботи. Розглянута дисертаційна робота СЕРЕДИ Дмитра Володимировича за темою «Удосконалення методу оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок» є закінченою науковою роботою, у якій вирішено актуальне наукове завдання, що полягає в удосконаленні методу оцінювання пожежної небезпеки вітрових електроустановок. Дисертаційна робота відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами). А її автор СЕРЕДА Дмитро Володимирович заслуговує присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

Офіційний опонент:

професор кафедри експлуатації транспортних засобів
та пожежно-рятувальної техніки
навчально-наукового інституту пожежної
та техногенної безпеки
Львівського державного університету
безпеки життєдіяльності,
доктор технічних наук, професор

Василь КОВАЛИШИН

Василь КОВАЛИШИН

«16» 07 2026 року

