

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора, начальника науково-дослідної лабораторії пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України Нуянзіна Олександра Михайловича на дисертацію Середи Дмитра Володимировича за темою «Удосконалення методу оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

Актуальність роботи.

Актуальність дисертації Середи Д. В. зумовлена наявністю правових і методологічних недоліків у нормативному забезпеченні вимог пожежної безпеки щодо визначення протипожежних відстаней від вітрових електроустановок до суміжних об'єктів, що існують у вітчизняній будівельній галузі. Відповідно до чинного законодавства України, об'єкти вітроенергетики за умови позитивного висновку з оцінки впливу на довкілля відносяться до класу незначних наслідків (СС1), що звільняє їх від обов'язкової державної експертизи проектної документації. Зокрема, чинні будівельні норми, у тому числі ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій», а також інші нормативно-правові акти не містять конкретних вимог і методичних підходів до встановлення протипожежних відстаней від вітрових електроустановок до наземних об'єктів інфраструктури, лісових масивів та підземних інженерних комунікацій. Така нормативна невизначеність ускладнює забезпечення належного рівня пожежної безпеки під час проектування, будівництва та експлуатації об'єктів вітрової енергетики, призводить до неоднозначного застосування вимог законодавства та створює ризики виникнення пожеж і поширення їх небезпечних факторів на суміжні об'єкти. У зв'язку з активним розвитком вітроенергетики в Україні вирішення зазначеної науково-практичної проблеми є актуальним і має важливе значення для вдосконалення нормативної бази у сфері пожежної безпеки та забезпечення безпечного розміщення вітрових електроустановок.

На сьогоднішній день в більшості випадків проектувальники застосовують розрахункові методи визначення безпечних протипожежних відстаней, що регламентуються ДСТУ 9058:2020. Проте стандартні моделі променистого теплообміну та нестационарної теплопровідності, закладені в цьому документі, розраховані на класичні сценарії пожеж у будівлях і в повній мірі не враховують специфіку аварій вітрових електроустановок. Зокрема, ігнорується критичний для енергетичних споруд сценарій «руйнування-пожежа», коли внаслідок втрати несучої здатності вежі відбувається її падіння, руйнування гондоли на землі та миттєве утворення великої площі горіння за рахунок розливу мастильних матеріалів.

Наукова розробка здобувача безпосередньо вирішує цю прикладну проблему. Запропонований ним удосконалений метод при застосуванні коригувальних коефіцієнтів, які враховують висоту вежі та потенційний радіус

розливу оливи для ДСТУ 9058:2020 дозволяє усунути існуючі невирішені питання у системі забезпечення обмеження поширення пожежі на суміжні об'єкти. Окремо варто відзначити актуальність роботи в умовах сучасних воєнних загроз. Розосереджене розміщення вітрових електроустановок, відсутність критичної залежності від єдиного генерувального об'єкта та підвищена стійкість до одночасного виведення з ладу значної кількості генерувальних потужностей зумовлюють доцільність їх застосування для підвищення енергетичної безпеки держави та забезпечення більш надійного функціонування енергосистеми в умовах енергетичного дефіциту й можливих цілеспрямованих атак на об'єкти енергетичної інфраструктури.

Новизна наукових положень.

Наукова новизна дисертації полягає в 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 розвинено експериментальний метод визначення параметрів утворення зони пожежі та теплообміну з використанням імітаційного зразка об'єкта.

При цьому:

- 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.

- вперше 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 дисертаційних досліджень.

Практичне значення дисертаційного дослідження полягає в отриманні нових науково обґрунтованих результатів, які спрямовані на підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів вітроенергетики. Зокрема, автором було вдосконалено методику розрахунку протипожежних відстаней шляхом врахування специфічних аварійних сценаріїв, таких як «руйнування–пожежа» та «пожежа–руйнування». Це дозволяє значно точніше прогнозувати безпечні відстані між вітровими електроустановками та суміжними об'єктами порівняно з існуючими підходами.

У межах роботи вперше розроблено математичну модель визначення безпечної протипожежної відстані, що враховує вплив вітрового навантаження на поширення теплового поля пожежі. Крім того, було створено обчислювальну газо-гідродинамічну модель, яка дозволяє поетапно моделювати розвиток пожежі після руйнування гондоли вітрової електроустановки з виливанням оливи.

Експериментальне підґрунтя дослідження було значно розширено завдяки розвитку методики визначення параметрів теплообміну під час пожежі у відкритому просторі з використанням імітаційних зразків. Проведені натурні вогневі дослідження дозволили встановити закономірності формування зони пожежі, що суттєво підвищило достовірність оцінювання небезпеки.

Окрім цього, результати роботи використані Міністерством розвитку громад та територій України під час розроблення змін до ДБН Б 2.2-12:2019 «Планування і забудова територій», в частині удосконалення вимог встановлення протипожежних відстаней від вітрових електроустановок до суміжних об'єктів, що засвідчено довідкою про впровадження від 16.12.2025 року № 37118/26/14-25. Також в практичній діяльності Українського союзу пожежної та техногенної безпеки, що здійснює науково-технічну діяльність у сферах будівництва, промисловості будівельних матеріалів, архітектури і містобудування (акт впровадження результатів дисертації від 03.12.2025). При цьому результати дисертації впроваджені в освітній процес на кафедрі державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України при викладанні дисципліни «Системи забезпечення пожежної безпеки об'єктів» здобувачам другого рівня вищої освіти за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» (акт про впровадження результатів дисертації від 18.12.2025).

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційного дослідження забезпечується використанням основних законів термодинаміки, тепломасообміну та теорії пожежовибухонебезпеки, що в поєднанні із системним підходом до аналізу

аварійних ситуацій на об'єктах енергетики гарантує логічну несуперечливість теоретичних побудов. Достовірність результатів підтверджується використанням сучасних методів математичного моделювання та верифікованих методик та засобів виміральної техніки, які дозволили врахувати специфічні фактори по.

Значну роль у забезпеченні достовірності відіграла експериментальна перевірка: застосування сучасних обчислювальних газо-гідродинамічних комплексів узгоджується з даними натурних вогневих досліджень, проведених на імітаційних зразках у реальних умовах. Висока збіжність між розрахунковими даними та фактичними показниками формування зони пожежі, отримана під час експериментів, свідчить про надійність запропонованих математичних моделей.

Окрім того, отримані результати наукових досліджень підкріплена апробацією результатів на профільних міжнародних науково-практичних конференціях та підтверджена розрахунками економічної ефективності на прикладі реального об'єкта, що доводить практичну життєздатність та реалістичність розроблених рішень.

Таким чином, комплексне поєднання теоретичного аналізу, комп'ютерного моделювання та натурних експериментальних досліджень забезпечує високий рівень наукової достовірності та обґрунтованості отриманих автором результатів.

Повнота викладення основних результатів в опублікованих наукових працях.

Науковий доробок Дмитра Володимировича Середи повністю відповідає встановленим Міністерством освіти і науки України критеріям для здобувачів ступеня доктора філософії, що підтверджується публікацією 7 наукових праць у наукових фахових виданнях України, а також підготовкою 6 тез доповідей для участі в науково-практичних конференціях. Особистий внесок автора є ключовим у кожній із цих робіт: здобувач самостійно здійснював математичне моделювання, розробляв оригінальні методики та проводив аналіз результатів експериментальних досліджень.

Коротка характеристика роботи.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан пожежної безпеки об'єктів вітроенергетики. Автором проведено ґрунтовний огляд літературних джерел, нормативно-правової бази та статистичних даних щодо аварійності на вітрових електроустановках. Визначено критичні чинники, що сприяють виникненню та поширенню пожеж, а також обґрунтовано недостатність існуючих методик розрахунку протипожежних відстаней, що вимагає розробки нових підходів до оцінювання небезпеки.

У другому розділі розкрито методологічне та математичне забезпечення дослідження. Здобувач розробив математичну модель визначення безпечних протипожежних відстаней, яка враховує динамічний вплив вітрового навантаження на тепловий потік. Окрему увагу приділено створенню обчислювальної газо-гідродинамічної моделі, що дозволяє поетапно

відстежувати розвиток пожежі при руйнуванні гондоли з виливанням паливно-мастильних матеріалів, що забезпечує наукову новизну підходу.

У третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень. Автор удосконалив методику визначення параметрів теплообміну під час пожежі на відкритому просторі та реалізував натурні вогневі випробування з використанням імітаційних моделей вітрових електроустановок. Отримані експериментальні дані дозволили верифікувати розроблені математичні моделі та виявити закономірності формування зон пожежної небезпеки в умовах реального вітрового впливу.

У четвертому розділі здійснено практичну апробацію та впровадження отриманих результатів. На прикладі існуючого об'єкта вітроенергетики розраховано економічну ефективність впровадження запропонованого методу, що підтвердило його доцільність через зниження ризиків масштабних пошкоджень. У розділі сформульовано прикладні рекомендації для удосконалення проектних рішень та нормативного регулювання, що спрямовані на підвищення пожежної безпеки об'єктів вітроенергетики.

Оцінка оформлення дисертації.

Дисертація оформлена на високому професійному рівні відповідно до вимог наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами). Робота має чітку логічну структуру, виклад матеріалу в ній послідовний. Дисертація містить анотацію, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Текст супроводжується необхідною кількістю таблиць та ілюстрацій, що полегшують сприйняття матеріалу. Дисертація за змістом відповідає спеціальності 261 «Пожежна безпека». Перелік опублікованих праць за темою дослідження в повному обсязі відображає зміст дисертації.

Відсутність порушення академічної доброчесності.

За результатами перевірки дисертації та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Факти фальсифікації та фабрикації результатів відсутні.

Зауваження та дискусійні положення:

Позитивно оцінюючи основні результати дисертації в цілому, слід зробити певні зауваження, які полягають у такому:

1. У першому розділі дисертації автором недостатньо повно розкрито питання можливих напрямів удосконалення конструктивних і технологічних рішень вітрових електроустановок, реалізація яких могла б сприяти запобіганню виникненню та розвитку пожежі на її початковій стадії. У зв'язку з цим доцільно пояснити, чи розглядалися такі рішення під час виконання дослідження та чому вони не були включені до предмету дисертації.

2. У роботі за результатами натурних вогневих досліджень виокремлено дві фази горіння розливу оливи, а саме: перша фаза горіння, тривалістю близько 2 хвилин та друга фаза тривалістю до 10 хвилин. Водночас не обґрунтовано, чи є встановлена закономірність характерною лише для досліджуваної вітрової

електроустановки, чи вона зберігатиметься і для інших типів вітрових електроустановок.

3. Здобувачеві варто було б врахувати вплив сучасних автоматичних систем пожежогасіння (наприклад, газових або з використанням тонкорозпиленої води), які встановлюються безпосередньо в гондолах сучасних промислових вітрових електроустановок, на ймовірність реалізації найгіршого сценарію «руйнування-пожежа».

4. Запропонована математична модель враховує вплив швидкості вітру. Чому автором в якості визначального критерію обрано швидкість вітру 10 м/с? Чи змінюються закономірності поширення пожежі для екстремальних погодних умов, характерних для районів розміщення вітрових електростанцій?

Зазначені зауваження мають переважно дискусійний характер і не применшують наукової та практичної цінності проведених у дисертації досліджень та отриманих результатів.

Висновки.

Дисертація Середи Дмитра Володимировича на тему «Удосконалення методу оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок» подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 26 «Цивільна безпека», спеціальності 261 «Пожежна безпека» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково-обґрунтовані результати. Робота відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та постанови Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 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).

Вважаю, що автор дисертації, Середа Дмитро Володимирович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

Рецензент:

Начальник науково-дослідної лабораторії
пожежної та техногенної безпеки
навчально-наукового інституту
пожежної та техногенної безпеки
Національного університету
цивільного захисту України
доктор технічних наук, професор

«09» листопада 2026 р.

Олександр НУЯНЗІН

