

РЕЦЕНЗІЯ

**доктора технічних наук, професора, проректора з наукової роботи
Національного університету цивільного захисту України
Рибки Євгенія Олексійовича на дисертаційну роботу
Середі 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.

Стрімкий розвиток вітроенергетики в Україні та світі супроводжується збільшенням кількості вітрових електроустановок значної потужності, що обумовлює необхідність підвищення рівня їх пожежної безпеки. Особливої актуальності набуває проблема забезпечення безпечного розміщення вітрових електроустановок відносно будівель, споруд та інших об'єктів інфраструктури. Аналіз реальних пожеж свідчить, що аварії на вітрових електроустановках в раді випадків супроводжуються руйнуванням конструкцій, розгерметизацією оливовмісних вузлів, виливанням горючої рідини та подальшим інтенсивним розвитком пожежі. За таких умов існує значний ризик поширення вогню і небезпечного теплового впливу на суміжні об'єкти, що може призводити до масштабних матеріальних збитків та створювати загрозу для життя людей. Водночас чинні підходи до визначення протипожежних відстаней переважно базуються на класичних моделях променистого теплообміну та нестационарної теплопровідності, які не враховують найбільш небезпечні аварійні сценарії, пов'язані з руйнуванням вітрової електроустановки. Недостатнє врахування зазначених факторів може призводити до заниження необхідних протипожежних відстаней та, відповідно, до підвищення ризику поширення пожежі. Крім того, експериментальні дані щодо закономірностей розвитку пожеж після аварійного падіння вітрових електроустановок є обмеженими, що ускладнює обґрунтування розрахункових моделей. Відсутність науково обґрунтованих підходів до врахування таких чинників стримує вдосконалення нормативної бази у сфері пожежної безпеки об'єктів вітроенергетики. У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи Середі Дмитра Володимировича, спрямована на удосконалення методу оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок, є своєчасною, актуальною та має важливе теоретичне і практичне значення для розвитку системи забезпечення пожежної безпеки об'єктів енергетичної інфраструктури.

Новизна наукових положень.

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені в дисертації, є достатньо обґрунтованими. Автором виконано ґрунтовний аналіз наукових джерел та нормативно-правових документів, застосовано сучасні методи

математичного моделювання, натурних вогневих експериментів та комп'ютерного моделювання процесів поширення пожежі. Достовірність отриманих результатів підтверджується узгодженістю теоретичних положень із результатами експериментальних досліджень та їх практичним впровадженням.

Наукова новизна дисертаційної роботи 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 найбільш небезпечних аварійних сценаріїв, при цьому серед основних результатів роботи слід відзначити:

- 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 роботи полягає в отриманні нових експериментальних даних та розробленні удосконаленого методу визначення безпечних протипожежних відстаней для вітрових електроустановок. Отримані результати можуть бути використані під час проектування, будівництва та експлуатації об'єктів вітроенергетики, а також при вдосконаленні нормативної бази у сфері пожежної безпеки.

Результати проведених досліджень впроваджені у практичну діяльність всеукраїнської громадської організації «Український союз пожежної та техногенної безпеки», який здійснює науково-технічну діяльність у сферах будівництва, архітектури та містобудування. Також результати роботи впроваджено в освітній процес кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України під час викладання дисципліни «Системи забезпечення пожежної безпеки об'єктів» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» (акт про впровадження від 18.12.2025).

Окремо слід відзначити, що за результатами проведених досліджень розроблено пропозиції щодо внесення змін до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» у частині встановлення нормативних вимог до мінімальних протипожежних відстаней під час розміщення вітрових електроустановок, що підтверджується довідкою впровадження від 16.12.2025.

Крім того, удосконалено метод визначення протипожежних відстаней за ДСТУ 9058:2020 «Пожежна безпека. Визначення протипожежних відстаней між об'єктами розрахунковими методами. Основні положення».

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність та обґрунтованість отриманих наукових результатів забезпечується системним підходом до вирішення поставлених наукових завдань, застосуванням сучасних методів критичного аналізу наукових джерел, використанням достовірних теоретичних положень і експериментальних вихідних даних, а також застосуванням взаємодоповнюючих теоретичних, експериментальних і чисельних методів досліджень. Обґрунтованість результатів підтверджується використанням сучасних математичних моделей процесів горіння, променистого теплообміну, теплопередачі та поширення пожежі, а також методів обчислювальної газогідродинаміки для моделювання розвитку пожежонебезпечних сценаріїв. Достовірність експериментальних досліджень забезпечено застосуванням каліброваних засобів вимірювальної техніки, дотриманням вимог чинних нормативних документів до проведення натурних вогневих випробувань, багаторазовим повторенням експериментів, статистичною обробкою отриманих результатів та оцінюванням їх відтворюваності. Надійність сформульованих висновків підтверджується

збіжністю результатів комп'ютерного моделювання з даними натурних вогневих досліджень, а також їх узгодженістю з відомими фундаментальними закономірностями процесів горіння, тепломасообміну та поширення пожежі. Отримані результати не суперечать сучасним науковим уявленням у галузі пожежної безпеки та корелюють із результатами досліджень провідних вітчизняних і зарубіжних науковців. Практична цінність і достовірність запропонованих рішень підтверджуються їх апробацією на реальних сценаріях розвитку пожежі, а також можливістю використання для удосконалення методів визначення протипожежних відстаней від вітрових електроустановок. Результати дисертаційного дослідження пройшли належну наукову апробацію шляхом опублікування у вітчизняних і міжнародних фахових наукових виданнях, а також доповідалися й обговорювалися на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, де отримали позитивну оцінку наукової спільноти.

Повнота викладення основних результатів в опублікованих наукових працях.

Результати дисертації автора відображені у 7 наукових працях, що повністю відповідає нормативним вимогам Міністерства освіти і науки України для здобувачів ступеня доктора філософії. Усі зазначені роботи опубліковані у наукових фахових виданнях, що включені до Переліку Міністерства освіти і науки України. Науковий доробок автора також включає 6 тез доповідей на науково-практичних конференціях. Особистий внесок здобувача у кожній із праць є визначальним і полягає у безпосередньому проведенні математичного моделювання, розробленні авторських методик та аналізі отриманих експериментальних даних.

Коротка характеристика роботи.

У першому розділі проаналізовано світовий досвід та статистику пожеж на вітрових електроустановках. Обґрунтовано недостатність існуючої нормативної бази України щодо визначення протипожежних відстаней для об'єктів вітрових електроустановок. Визначено, що наявні методики не враховують специфіку висотного розташування горючого навантаження (оливи) та вплив вітрових потоків на розвиток пожежі, що зумовлює актуальність теми дослідження.

Другий розділ присвячено розробці наукового підходу до оцінювання небезпеки поширення пожежі на суміжні об'єкти інфраструктури від вітрової електроустановки. Автором побудовано математичну модель динаміки пожежі при сценаріях «руйнування-пожежа». Детально розглянуто процеси тепломасообміну, вплив швидкості вітру та турбулентності на конфігурацію температурного поля факела полум'я.

В третьому розділі описано методику та результати проведених натурних вогневих досліджень з використанням фізичних моделей вітрових електроустановок. Завдяки експериментам верифіковано розроблені теоретичні моделі. Встановлено закономірності зниження температури та поширення горіння в залежності від висоти та вітрових навантажень. Доведено, що реальні межі небезпечної зони можуть значно перевищувати геометричні параметри об'єкта, що підтверджує необхідність коригування чинних норм.

В четвертому розділі наведено рекомендації щодо вдосконалення методу оцінювання протипожежних відстаней для вітрових електроустановок. Розглянуто практичні аспекти захисту суміжних об'єктів, зокрема в умовах будівництва вітрових електроустановок поблизу критичної інфраструктури (на прикладі Одеського регіону). Обґрунтовано економічну та технічну доцільність впровадження розроблених методів прогнозування, що дозволяє мінімізувати ризики техногенних аварій при проектуванні та експлуатації вітроенергетичних об'єктів.

Оцінка оформлення дисертації.

Дисертація оформлена на високому професійному рівні відповідно до вимог наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 (зі змінами). Робота має чітку та логічно вибудовану структуру, що забезпечує послідовний і зрозумілий виклад матеріалу. Структура дисертації включає анотацію, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки, які відповідають поставленій меті та завданням дослідження. Текст належним чином проілюстрований таблицями, рисунками та іншими графічними матеріалами, які є інформативними, доречними та сприяють кращому сприйняттю й аналізу отриманих результатів. Оформлення структурних елементів, посилань, таблиць, рисунків, формул і списку використаних джерел відповідає встановленим вимогам. Дисертаційна робота за своїм змістом повністю відповідає спеціальності 261 «Пожежна безпека». Перелік наукових праць автора, опублікованих за темою дисертації, повною мірою відображає основні положення, наукові результати та висновки проведеного дослідження.

Відсутність порушення академічної доброчесності.

Рецензування дисертації не виявило порушень академічної доброчесності. Також не виявлено ознак фальсифікації чи фабрикації результатів.

Зауваження та дискусійні положення:

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

1. Здобувачеві доцільно було б надати більш глибокий репрезентативний аналіз статистичних даних, використаних у підрозділі 1.1 для оцінювання аварійності на об'єктах вітроенергетичної промисловості. Залучення довідкової

бази даних громадської організації «Scotland Against Spin» (SAS) щодо 6427 аварій та 499 пожеж за період з 1996 по 2025 роки потребує додаткового зіставлення з даними офіційних органів державного нагляду або звітів провідних страхових компаній.

2. У математичних моделях пожежі на поверхні різних типів ґрунтів не враховано можливість утворення деформацій поверхні внаслідок механічного впливу падаючого тіла. Такі деформації можуть впливати на характер розливу горючої рідини та формування початкового осередку пожежі, а відтак – на подальший розвиток процесу горіння.

3. В третьому розділі дисертації окрім вогневих досліджень розвитку пожежі за сценарієм «руйнування-пожежа» для вітрової електроустановки доцільно розглянути та порівняти другий сценарій «пожежа-руйнування» та оцінити динаміку розвитку пожежі в разі перенесення палаючих уламків.

4. Необхідно звернути увагу на те, що при CFD-моделюванні у PyroSim ґрунтова поверхня представлена абсолютно непроникним твердим тілом. Здобувачеві варто було б оцінити, наскільки неврахування реальних показників та адсорбційних властивостей ґрунтів щодо оливи впливає на кінцевий час вигорання та максимальну площу пожежі.

5. Під час експериментів використовувалася модель вітрової електроустановки потужністю 2 кВт, а комп'ютерне моделювання виконувалося для установок до 9,5 МВт. Яким чином обґрунтовується коректність масштабування результатів між такими різними об'єктами?

Зазначені зауваження мають переважно дискусійний характер і не применшують наукової та практичної цінності дисертації.

Висновки.

Дисертаційна робота Середи Дмитра Володимировича «Удосконалення методу оцінювання небезпеки поширення пожежі від вітрових електроустановок» подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 26 «Цивільна безпека», спеціальності 261 «Пожежна безпека» є завершеною науково-дослідною працею, та містить нові науково-обґрунтовані результати.

Враховуючи актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, наукову новизну, теоретичне та практичне значення отриманих результатів, повноту викладеного матеріалу в наукових публікаціях та відсутність порушень академічної доброчесності встановлено, що дисертаційна робота відповідає вимогам 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).

Дисертаційна робота має значні наукові та прикладні результати, а її автор Середя Дмитро Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

Рецензент:

проректор з наукової роботи
Національного університету
цивільного захисту України,
доктор технічних наук, професор

«14» листопада 2026 р.



Євгеній РИБКА

