

Д.В. Серeda, Я.В. Балло

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, Київ, Україна

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ВІД ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ ДО СУМІЖНИХ ОБ'ЄКТІВ

Приведено загальну методологію експериментального дослідження процесів обмеження поширення пожежі між об'єктом вітрової електроустановки до суміжно розташованого об'єкту. Визначено перелік критеріїв, які характеризують небезпеку поширення пожежі між об'єктами, а також можуть впливати на методику визначення безпечних протипожежних відстаней. Приведено перелік випробувального обладнання та засобів вимірювальної техніки для проведення експериментальних вогневих досліджень.

Ключові слова: вітрова електроустановка, протипожежна відстань, поширення пожежі.

Постановка проблеми

Статистичні дані, зібрані із загальнодоступних джерел, зокрема приведені в [1] свідчать про збереження сталої тенденції щодо кількості пожеж на вітрових електроустановках. Так, в період з 2000 року по 2024 рік в інформаційних джерелах було зафіксовано 492 пожежі на вітрових електроустановках, питома вага яких становить 8,7 % від загальної кількості зареєстрованих аварій.

Україна є не виключенням, оскільки за останні 5 років на вітрових електроустановках було зареєстровано 5 пожеж в результаті яких відбувалося руйнування вежі вітрової електроустановки за сценарієм «руйнування-пожежа» або «пожежа-руйнування». Проведеним аналізом таких аварійних ситуацій [2] встановлено, що у більш ніж 80 % при аварійній руйнації вежі корпус гондоли розламуються при падінні (ударі) об поверхню землі, а олива з корпусу гондоли розтікається та загоряється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання поширення пожежі та удосконалення методів визначення безпечних протипожежних відстаней між об'єктами досліджували низка науковців як в Україні так і за кордоном. Авторами в роботі [3] проведено аналіз підходів щодо розрахункового визначення протипожежних відстаней між будинками і спорудами та окреслені проблемні питання щодо розвитку наукових основ оцінювання необхідних значень протипожежних відстаней шляхом експертних оцінок на базі статистичних даних про пожежі із її поширенням від однієї споруди до іншої.

У роботі [4] було досліджено вплив протипожежної відстані між житловими будинками

та їх параметрів на швидкість поширення пожежі. За результатами проведення двох повномасштабних вогневих експериментів, що включали поширення пожежі між двома будинками, встановлено, що час займання горючих елементів суміжного будинку зростає експоненціально зі збільшенням відстані між ними, також критичний тепловий потік від осередку пожежі в житлового будинку може впливати на значення критичної відстані, необхідної для запобігання її поширенню.

Робота [5] присвячена визначенню характеристики поширення вогню по горючих матеріалах споруд павільйонів ринків. В цій роботі було визначено та обґрунтовано залежності швидкості горизонтального поширення вогню від типу горючих матеріалів та швидкості виділення тепла. Отримані результати дослідження, можна використовувати як простий засіб для заміни різноманітних і складних параметрів моделювання під час прогнозування поширення пожежі між об'єктами.

В роботі [6] автор проаналізував методи розрахунку для визначення протипожежної відстані між будинками, що наведені в нормативних документах окремих країн Європи та використовуючи метод CFD Large Eddy Simulation програмного пакета Fire Dynamics Simulator встановив мінімальні умови, які характеризують небезпеку та можливість займання віконних штор у суміжній будівлі, розташованій на різних відстанях до будівлі (3,5 м, 4,0 м і 4,5 м). Отримані результати використані під час обґрунтування протипожежних вимог ряду Європейських країн, проте в приведених дослідженнях відсутні дані щодо особливостей визначення протипожежних відстаней для вітрових електроустановок.

Враховуючи вище викладене, питання більш

точного визначення безпечних протипожежних відстаней між об'єктами, та зокрема об'єктами енергетики із специфічними геометричними параметрами є актуальною науковою задачею, а існуючі методики визначення протипожежних відстаней не враховують конструктивних особливостей вітрових електроустановок, зокрема їх висоти, розташування пожежного навантаження та ризику розтікання оливи в разі руйнування корпусу гондоли або інших оливомісних агрегатів під час падіння.

Формулювання мети статті

Метою цієї роботи є визначення залежностей впливу типу вітрових електроустановок та найбільш несприятливих умов їх аварії на методологію визначення безпечних протипожежних відстаней, як основа для забезпечення обмеження поширення пожежі між суміжними об'єктами. Виявлення та систематизація даних щодо закономірностей зміни площі розливу оливи внаслідок розгерметизації оливонаповнених вузлів та агрегатів вітрової електроустановки різної висоти (потужності) при падінні на землю дозволить більш точно прогнозувати потенційні наслідки від можливих пожеж.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- розробити загальну методологію проведення натурних експериментальних вогневих досліджень поширення пожежі від вітрової електроустановки до суміжних об'єктів;
- визначити тип, параметри і кількість необхідного обладнання та засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) для проведення експериментальних вогневих досліджень;
- обґрунтувати параметри вогневої площадки та компонентів імітаційної моделі вітрової електроустановки;
- визначити порядок проведення експериментальних вогневих досліджень щодо поширення пожежі від вітрової електроустановки до суміжних об'єктів.

Виклад основного матеріалу

Розроблення програми експериментальних досліджень поширення пожежі між об'єктами в результаті аварійної ситуації на одному із них має ключове значення для оцінювання рівня забезпечення безпеки людей (персоналу), збереження матеріальних цінностей та мінімізації екологічних і економічних наслідків. Ось основні ідеї розроблення програми в якій закладаються наступні принципи:

- потенційна мінімізація наслідків аварії, що в свою чергу впливатиме на визначення ефективних методів локалізації та гасіння пожежі;

- розробка заходів протипожежного захисту та зокрема визначення ефективних та водночас раціональних значень протипожежних відстаней між об'єктами;

- оцінка потенційних ризиків, які передбачають визначення критичних пожежонебезпечних зон, оцінювання небезпеки для населення та персоналу, який може обслуговувати вітрову електростанцію, в тому числі знаходитися в середині їх корпусу;
- оптимізація дій, заходів та ресурсів пожежно-рятувальної служби, а також безпека рятувальних підрозділів під час виконання дій за призначенням.

Існуючі підходи визначення протипожежних відстаней не враховують можливість аварійного сценарію, що супроводжується руйнуванням конструкції споруди, зокрема для вітрових електроустановок, який полягає в можливості руйнуванні їх вежі за сценарієм «руйнування-пожежа» або «пожежа-руйнування» [7].

За результатом аналізу пожеж та їх наслідків, які відбувалися на вітрових електроустановках визначено найбільш несприятливі варіанти її виникнення та розвитку. В основі сценарію пожежі при механічному пошкодженні та/або падінні вітрової електроустановки закладається наступний найбільш небезпечний сценарій: механічна несправність турбіни вітрової електроустановки, яка призводить до некерованого збільшення частоти обертів, вібрації корпусу та коливання опори гондоли з подальшим її руйнуванням та падінням вітрової електроустановки. Падіння опори вежі відбувається в сторону суміжного об'єкту, при цьому корпус гондоли розламується при падінні на землю, а мастило розтікається та загоряється.

Окрім цього враховується, що висота вежі, діаметр ротора та кількість оливи в механізмах вітрогенеруючого обладнання є взаємопов'язаними чинниками, а саме – чим вище висота вежі тим більша кількість оливи в корпусі гондоли, а відповідно і більше пожежної навантаги знаходиться в корпусі вітрової електроустановки [8]. Таким чином, в основі розроблюваної програми-методики визначення умов безпеки та не поширення пожежі на суміжний об'єкт закладаються завдання дослідити залежності формування осередку пожежі, та можливість її поширення на суміжний об'єкт згідно із визначеними критеріями небезпеки.

Серед об'єктів, які входять до програми досліджень є: імітаційна модель вітрової електроустановки з оливою наповненим корпусом, площадка для проведення експериментальних досліджень (випробувальний вогневий майданчик) з маркерами ідентифікації геометричних розмірів площі розливу палива та полум'я пожежі; вимірювальна техніка, мірні ємності та обладнання для проведення фото та відео зйомок. В якості

початкового осередку пожежі застосовується макетне вогнище пожежі класу В.

Передбачається, що вогневий майданчик розмірами 20×20 м має піщано-грунтову горизонтальну поверхню очищену від сухого трав'яного покриву із земляним обвалуванням по периметру висотою 0,1 м. Ухил випробувального вогневого майданчику не перевищує 0,05 м/м. Коефіцієнт просочування горючої рідини в ґрунт не застосовується, для імітації найгірших наслідків аварійної ситуації з найбільшою кількістю палива. На поверхні землі вогневого майданчику маркером виконується розмітка прямокутними комірками розміром 0,5×0,5 м кожна для забезпечення візуальної ідентифікації зони пожежі для можливості визначення її площі.

Вітрова електроустановка складається з вежі, гондоли (механічна частина установки, що генерує електроенергію за рахунок обертання ротора) та лопатей, які виготовляються з композитних матеріалів, таких як склопластик або вуглепластик, які мають високу міцність, але можуть сприяти поширенню вогню у разі займання установки [9]. Вежа електроустановки має висоту 10 м та встановлюється на одній із сторін вогневого майданчика. Займання елементів вітрової електроустановки руйнування опори та є імітаційним процесом, а тому зона його падіння та потенційна зона можливої пожежі є прогнозованими. Кількість пожежної навантаги в гондолі залежить від потужності вітрової електроустановки. Для даної серії експериментальних досліджень використовувалась вітрова електроустановка потужністю 2 кВт з об'ємом оливи в корпусі до 20 л.

На рис. 1 наведено загальний вигляд вогневого майданчику та елементи, що використовуються в програмі експериментальних досліджень.



1- вітрова електроустановка; 2 – вежа яка тримає гондолу; 3 – допоміжна споруда операторів досліджень; 4 – межа вогневого майданчику; 5 – маркерна сітка для фіксації площі розливу оливи.
Рис. 1. Зовнішній вигляд випробувального вогневого майданчику

Макет вітрової електроустановки складається з вежі, гондоли (механічна частина установки, що генерує електроенергію за рахунок обертання ротора) та лопатей, які виготовляються з композитних матеріалів, таких як склопластик або вуглепластик, які мають високу міцність, але можуть сприяти поширенню вогню у разі займання установки [9].

Три лопаті вітрової електроустановки мають довжину 1,3 м ($\pm 0,01$ м) та ширину 0,25 м ($\pm 0,01$ м), які відповідають параметром вітрової електроустановки потужністю 2 кВт [10]. Вежа установки виготовлена із сталевих труб діаметром 75 мм та довжиною 10 м ($\pm 0,05$ м). В нижній частині вежі встановлено направляючу скобу, яка є елементом безпеки та контролює напрямок падіння вежі установки, а під час підготовки до вогневих досліджень є одним із елементів її фіксації. ВЕУ встановлюється в зоні допоміжної споруди операторів досліджень для можливості запалення початкового осередку пожежі та механічного впливу на її конструкцію під час імітації її падіння. На рис.2. наведено описані елементи вітрової електроустановки.



Рис. 2. Зовнішній вигляд основних елементів вітрової електроустановки

Гондола установки складається з електричного двигуна (електрогенератора) зі шківом та оливою наповненого полімерного корпусу трансмісійного блоку. В якості пожежного навантаження гондоли використовується синтетична трансмісійна олива об'ємом 18 л та бензин марки А-95 у кількості 2 л. Верхня частина гондоли також фіксується запірним пристроєм до фасаду допоміжної споруди. На верхній частині корпусу гондоли встановлюється макетне вогнище пожежі класу В, у яке заливають 200 грам бензину марки А-95 для імітації початкового осередку пожежі.

Перелік засобів виміральної техніки (далі - ЗВТ), які використовуються під час експериментальних досліджень, а також їх метрологічні характеристики наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік засобів вимірювальної техніки

Найменування ЗВТ	Призначення ЗВТ	
	діапазон вимірювання	клас точності ЗВТ, невизначеність / похибка
Анемометр цифровий AR856	вимірювання швидкості вітру	
	від 0,3 м/с до 45 м/с	$U = 0,82 \text{ м/с} / \Delta = \pm 0,2 \text{ м/с}$
Барометр-анероїд М67	вимірювання атмосферного тиску	
	від 610 мм рт. ст. до 790 мм рт. ст.	$U = 0,52 \text{ мм рт. ст.} / \Delta = \pm 1 \text{ мм рт. ст.}$
Рулетка «Stanley»	вимірювання довжини	
	від 0 м до 60 м	$U = 0,30 \text{ мм} / \Delta = \pm 1 \text{ мм}$
Секундомір СОС пр. 2Б-2-010	вимірювання часу	
	від 0 с до 3600 с; від 0 с до 60 с; більше 60 с	2 клас точності; $U = 0,163 \text{ с} / \Delta = \pm (0,4 \cdot \tau_{\text{вим}} / 60) \text{ с}; \Delta = (0,4 + 1,5 \cdot (\tau_{\text{вим}} - 60)) / 3540 \text{ с}$
Термогігірометр Testo 608-H1	вимірювання температури та вологості	
	від 0 °C до 50 °C від 2 % до 98 %	$U = 0,3 \text{ °C} / \Delta = \pm 0,5 \text{ °C}$ $U = 1,3 \% / \Delta = \pm 3 \%$
Фотовідеокамера Nikon D3110 18-55VR Kit	здійснення відео- та фотофіксації	
	14,2 пікс.	—
Мірна ємність	вимірювання об'єму	
	Від 0 л до 10 л	$\Delta = \pm 0,5 \text{ л}$
Тепловізор	здійснення фіксації теплового випромінювання	
	8,0 Мпікселів	—

Підготовка для проведення експериментальних досліджень передбачає наступні заходи. На першому етапі на поверхні вогневого майданчику еластичним маркером наносять розмітку з розміром чарунки 500 мм для забезпечення візуального контролю майбутньої зони горіння. Переводять вежу макету вітрової електроустановки у вертикальне положення та закріплюють за допомогою пристрою з штопорним гвинтом до допоміжної споруди. На верхню частину вежі макету вітрової електроустановки монтується гондола з лопатями, при цьому перевіряється цілісність, надійність кріплень та герметичність корпусу випробуваного макету вітрової електроустановки. На генератор (двигун) закріплюється деко макетного вогнища пожежі класу В діаметром 20 см та об'ємом 1 л.



Рис. 3. Фото імітації падіння макету вітрової електроустановки під час вогневих досліджень

Наступний етап передбачає підготовку вимірювального обладнання та обладнання для проведення фото- та відео зйомок. Тепловізор влаштовується на штатив на верхівці допоміжної споруди таким чином, щоб уникнути можливості його падіння. Для більш якісного зняття значень температур з поверхні досліджуваного зразка виставляється коефіцієнт випромінювання згідно з рекомендаціями по використанню приладу. Учасники досліджень, що проводять фото-відео зйомку знаходяться за межами вогневого майданчику на відстані не менше 20 м в захисному одязі, який стійкий до потрапляння нафтових продуктів. Готуються первинні засоби пожежогашіння та перевіряється цілісність захисного одягу особи, що проводить вогневі етапи роботи безпосередньо на допоміжній вежі.

Перед початком вогневих досліджень проводиться вимірювання і реєстрація параметрів зовнішнього середовища, а саме: температури повітря, швидкості вітру (повинна бути не більше 5 м/с), відносна вологість повітря, значення атмосферного тиску.

Заключний етап підготовки досліджень передбачає наповнення корпусу вітрової електроустановки оливою та бензином у пропорціях 1:10 (на 10 л оливи додають 1 л бензину). Для даного типу вітрової електроустановки використовувалося 18 літрів оливи та 2 літри бензину. В деко макетного вогнища пожежі, яке використовується як первинне джерело пожежі, влаштовується ззовні на корпусів вітрової електроустановки та заповнюється 200 грамами бензину.

Безпосередньо перед початком етапу вогневих досліджень, розпочинається відео зйомка та вмикається тепловізор. За командою керівника проведення випробувань, паливо в деці підпалюють факелом, розштопорюють страхувальне кріплення вежі макету вітрової електроустановки до допоміжної споруди, а оператор вогневих робіт штовхає контрукцію в бік розміченої площадки та одночасно вмикають секундомір. На рис. 3 наведено фото фрагменту вогневих досліджень.

Під час всієї тривалості проведення вогневих досліджень фіксується площа горіння пожежі. Тривалість кожного дослідження складає 20 хвилин, що обґрунтовано максимальним нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів згідно з [11]. За допомогою нанесеної розмітки фіксуються точки по периметру зони горіння, де спостерігається горіння довше 2 хв. В якості критерію границі температурної зони визначається значення температури в 225 °C, що відповідає температурі займання трав'яної підстилки в екосистемах згідно довідкових даних [12]. На рис. 4. наведено приклад фото із фіксацією зони горіння в результаті падіння дослідного макету вітрової електроустановки.

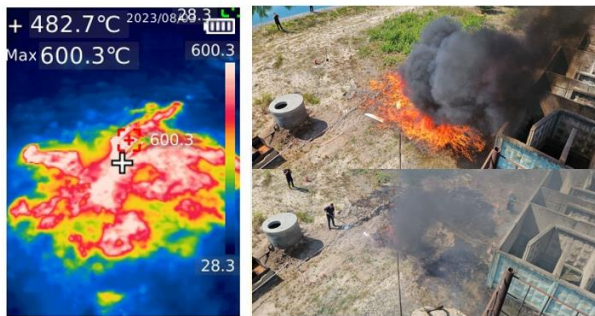


Рис. 4. Фото вогневих досліджень під час імітації падіння вітрової електроустановки

Результати вогневих експериментальних досліджень дані заносяться до протоколу разом із фото матеріалами кожного проведеного дослідження. Отримані дані плануються застосувати під час обґрунтування уточнювального коефіцієнту в розрахунковий метод визначення протипожежних відстаней із використанням рівняння променистого теплообміну та рівняння нестационарної теплопровідності, що застосовується під час визначення безпечної протипожежної відстані від вітрової електроустановки до суміжних об'єктів інфраструктури різного функціонального призначення.

Висновки

За результатами проведених досліджень обґрунтовано методологічні підходи щодо організації натурних вогневих досліджень під час визначення безпечних протипожежних відстаней між вітровими електроустановками з врахуванням їх специфічних геометричних параметрів, а також потенційних сценаріїв аварійної ситуації, яка супроводжується пожежею. Наведено та систематизовано основні вимоги щодо засобів вимірювальної техніки та основних компонентів досліджень, які застосовуються під час проведення вогневих випробувань. Обґрунтовано основні критерії, які характеризують небезпеку поширення пожежі на суміжні об'єкти, а також їх граничні

значення, що дозволить більш точно спрогнозувати потенційні пожежонебезпечні наслідки від аварійної ситуації. Подальші дослідження будуть спрямовані на практичну реалізацію розробленої методики, шляхом проведення серії натурних вогневих досліджень. Також, передбачається визначення залежностей впливу конструктивних параметрів вітрових електроустановок на процеси поширення пожежі на суміжні об'єкти, як наукова основа для удосконалення існуючого розрахункового методу оцінювання протипожежних відстаней між будівельними об'єктами.

Література

1. Summary of Wind Turbine Accident data to 31 December 2024. URL: <https://scotlandagainstspin.org/turbine-accident-statistics/>.
2. Ragheb, M. (2011). Safety of wind systems. Disponible à l'adresse <http://netfiles.uiuc.edu/mragheb/www/NPRE>.
3. Ніжчик В.В. (2019). Підходи щодо визначення протипожежних відстаней між будинками та спорудами. Сучасні проблеми архітектури та містобудування, (53), 215-226.
4. Cicione, A., Walls, R., Sander, Z., Flores, N., Narayanan, V., Stevens, S., & Rush, D. (2021). The effect of separation distance between informal dwellings on fire spread rates based on experimental data and analytical equations. Fire technology, 57, 873-909.
5. Yun, H. S., Nam, D. G., & Hwang, C. H. (2020). An Experimental Study on the Fire Spread Rate and Separation Distance between Facing Stores in Passage-Type Traditional Markets. Energies, 13(17), 4458.
6. Pesic, D., Zigar, D., Raos, M., & Anghel, I. (2017). Simulation of fire spread between residential buildings regarding safe separation distance. Tehnički vjesnik, 24(4), 1137-1145.
7. Сєреда Д.В., Балло Я.В. До питань удосконалення розрахункового методу визначення протипожежних відстаней для вітрових електроустановок. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів, м. Львів, 28-29 березня 2024 р. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 151-154.
8. Сєреда Д.В., Балло Я.В. (2024). Удосконалення розрахункового методу визначення протипожежних відстаней для вітрових електростанцій. Пожежна безпека, 45, 71-80.
9. Reddy, S. S. P., Suresh, R., MB, H., & Shivakumar, B. P. (2021). Use of composite materials and hybrid composites in wind turbine blades. Materials Today: Proceedings, 46, 2827-2830.
10. БТС-ІНЖИНІРИНГ. Ветрогенератор M-Series RX-2000M 2 кВт горизонтальний. URL: https://bts.net.ua/ua/alternative-energy-sources-and-generators/wind-power-generators/horizontal-wind-power-generators/v-trogenerator-m-series-rx-2000m-2-kvt-gorizontalniy/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAh6y9BhBREiwApBLHC532XOdhs3ODVogENxrL0aCWYZyoxRJ8ckp3PCmOO_xTu4Xl_mXJBoCR5YQAvD_BwE.
11. Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) оперативно-

ратувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини) : Постановою КМУ від 27 листопада 2013 р. № 874 / Офіційний вісник України. 2013. №96. С.113. Ст. 3555.

12. Довідник керівника гасіння пожеж / П.А. Короткий та ін. ; за ред. В.С. Кропивницького. Київ : ТОВ «Літера-Друк», 2016. 320 с.

References

1. Summary of Wind Turbine Accident data to 31 December 2024. Retrived from <https://scotlandagainstspin.org/turbine-accident-statistics/>.
2. Ragheb, M. (2011). Safety of wind systems. Disponible à l'adresse Retrived from [http://netfiles. uiuc. edu/mragheb/www/NPRE](http://netfiles.uiuc.edu/mragheb/www/NPRE).
3. Nizhnyk V.V. (2019). Pidkhody shchodo vyznachennia protypozhezhnykh vidstanei mizh budynkamy ta sporudamy. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia, (53), 215-226.
4. Cicione, A., Walls, R., Sander, Z., Flores, N., Narayanan, V., Stevens, S., & Rush, D. (2021). The effect of separation distance between informal dwellings on fire spread rates based on experimental data and analytical equations. Fire technology, 57, 873-909.
5. Yun, H. S., Nam, D. G., & Hwang, C. H. (2020). An Experimental Study on the Fire Spread Rate and Separation Distance between Facing Stores in Passage-Type Traditional Markets. Energies, 13(17), 4458.
6. Pesic, D., Zigar, D., Raos, M., & Anghel, I. (2017). Simulation of fire spread between residential buildings regarding safe separation distance. Tehnički vjesnik, 24(4), 1137-1145.
7. Sereda D.V., Ballo Ya.V. Do pytan udoskonalennia rozrakhunkovoho metodu vyznachennia protypozhezhnykh vidstanei dlia vitrovykh elektrostanoek. Problemy ta perspektyvy rozvytku systemy bezpeky zhyttiedialnosti: Zb. nauk. prats XIX Mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh, kursantiv ta studentiv, m. Lviv, 28-29 bereznia 2024 r. Lviv: LDU BZhD, 2024. S. 151-154
8. Sereda D.V., Ballo Ya.V. (2024). Udoskonalennia rozrakhunkovoho metodu vyznachennia protypozhezhnykh vidstanei dlia vitrovykh elektrostantsii. Pozhezhna bezpeka, 45, 71-80.
9. Reddy, S. S. P., Suresh, R., MB, H., & Shivakumar, B. P. (2021). Use of composite materials and hybrid composites in wind turbine blades. Materials Today: Proceedings, 46, 2827-

2830.

10. BTS-INZhYNIRYNH. Vitrohenegator M-Series RX-2000M 2 kVt horyzontalni. Retrived from https://bts.net.ua/ua/alternative-energy-sources-and-generators/wind-power-generators/horizontal-wind-power-generators/v-trogenerator-m-series-rx-2000m-2-kvt-horizontalniy/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAh6y9BhBREiwApBLHC532XOdhs3ODVogENxrLOaCWYZyoxRJ8ckp3PCmOO_xTu4Xl_mXJBoCR5YQAvD_BwE.

11. Pro zatverdzhennia kryteriiv utvorennia derzhavnykh pozhezhno-riatuvalnykh pidrozdiliv (chastyn) operatyvno-riatuvalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu v administratyvno-terytorialnykh odynitsiakh ta pereliku subiektiv hospodariuvannia, de utvoriuiutsia taki pidrozdily (chastyny) : Postanovoiu KМУ vid 27 lystopada 2013 r. № 874 / Ofitsiyni visnyk Ukrainy. 2013. №96. S.113. St. 3555.

12. Dovidnyk kerivnyka hasinnia pozhezh / P.A. Korotkyi ta in. ; za red. V.S. Kropyvnytskoho. Kyiv : TOV «Litera-Druk», 2016. 320 s.

Рецензент: д-р техн. наук, доцент, Р.С. Яковчук, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

Автор: СЕРЕДА Дмитро Володимирович старший науковий співробітник науково-дослідного сектору дослідження та статистики пожеж науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

E-mail – seredadmitriy2019@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9645-5864>

Автор: БАЛЛО Ярослав В'ячеславович доктор технічних наук, старший дослідник, заступник начальника центру - начальник науково-дослідного відділу нормативного регулювання науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

E-mail – 2801397@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9044-1293>

FIRE SPREAD INVESTIGATION METHODOLOGY FROM A WIND POWER PLANT TO ADJACENT OBJECTS

D.V. Sereda, Y.V. Ballo

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The research is devoted to the development and disaggregation of the carbon methodology to the extension of processes from wind power plants to adjacent objects. It has been determined that the most unsafe and unpleasant scenario for the development of fires for wind power plants is "ruin-fire" or "fire-ruin". The authors carried out an analysis of the main shortcomings in the approaches to the rozrakhunkovogo identification of the opposite relations between the bodies and spores and the identification of problematic nutritional issues to the development of the scientific foundations of the assessment of the necessary values of the opposite ones between objects with specific geometric parameters, as well as other areas of interest. Fire safety measures and restrictions during full-scale fire experimental studies are justified, and environmental conditions and external wind influences are determined. Based on the most significant parameters that are involved in the process of assessing anti-fire structures, a

proprietary methodology for conducting full-scale fire experimental investigations for the processes of fire expansion under wind has been developed. electrical installations to small objects. It is determined that the type, characteristics and extent of the necessary equipment and features of vimiruv technology for conducting experimental fire investigations are determined. The parameters of the fire platform and the main components of the imitation model of the wind power plant have been determined, as well as safety precautions for personnel have been determined. Further investigations will be aimed at the practical implementation of the fragmented methodology, by conducting a series of full-scale fire investigations. Also, the significance of the deposits is transferred to the infusion of design parameters of wind power plants in the process of expansion of the same objects, as a scientific basis for improving the basic rozrunkov method of assessing contrasting sections between everyday objects.

Keywords: wind power plant, fire protection distance, fire spread.