

УДК 614.842/.847:331.43

ОСОБЛИВОСТІ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ І СПОРУДАХ ІЗ НАЯВНІСТЮ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1.128-140>

Кодрик А. І., ORCID iD 0000-0002-3787-5674

Борисов А. В*, ORCID iD 0000-0001-6858-0492

Тітенко О. М., ORCID iD 0000-0002-4950-8580

Іллюченко П. О., ORCID iD 0000-0001-6687-6388

*E-mail: andr.borisov@ukr.net

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ АНОТАЦІЯ

Надійшла до редакції:

24.04.2022

Пройшла рецензування:

20.05.2022

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

безпека праці, енергетичний об'єкт, нормативне забезпечення, пожежогасіння, сонячна електростанція

У Законі України «Про альтернативні джерела енергії» визначені види альтернативних джерел енергії. Для нашої країни найбільш актуальним є застосування сонячної та вітрової енергії. Проведено аналіз світового досвіду щодо управління та організації гасіння пожеж в електроустановках під напругою. Розглянуто особливості гасіння пожеж на об'єктах із наявністю сонячних та вітрових електростанцій. Проаналізовано вітчизняні та зарубіжні праці за цим напрямом. Встановлено, що на сьогодні доступною є інформація (як вітчизняна, так і закордонна), що стосується вітрових та сонячних станцій, проте іншим об'єктам альтернативної енергії мало приділяється уваги. Проаналізовано нормативні документи щодо будівництва об'єктів альтернативної енергії, їх експлуатації, а також щодо організації гасіння цих об'єктів та забезпечення безпечних умов праці особового складу оперативно-рятувальних підрозділів. Об'єкти альтернативної енергії мають загальні складові частини (обладнання для перетворення електроенергії) з традиційними енергогенеруючими об'єктами, які є загальновідомими та використовуються в різних галузях господарства. Для них розроблено інструкції з гасіння пожеж [1–3], що можуть застосовуватись на об'єктах сонячної та вітрової енергії. Визначено особливості, що відрізняють гасіння пожеж на об'єктах з альтернативною енергетикою від енергетичних об'єктів, що працюють на викопному паливі та є основними причинами виникнення аварій. Насамперед це наявність у системі постійного струму, що виробляється навіть під час вимикання розподільних пристроїв, перегрів кабельних мереж і можливість виникнення короткого замикання. Щодо вітрових електростанцій, то на гасіння пожеж впливають їх розміри, віддаленість від населених пунктів, метеорологічні умови. Наведено можливі сценарії дій оперативних підрозділів під час гасіння пожежі, ступені ризику виникнення загроз та заходи щодо їх усунення.

Постановка

Аналізуючи наведену на рис. 1 динаміку росту об'єктів відновлюваної електроенергетики в Україні, відзначимо, що найпоширенішими з них, які

проблеми.

використовують альтернативні джерела, є сонячні електростанції та вітрові електростанції, малі гідроелектростанції та біоенергетика.

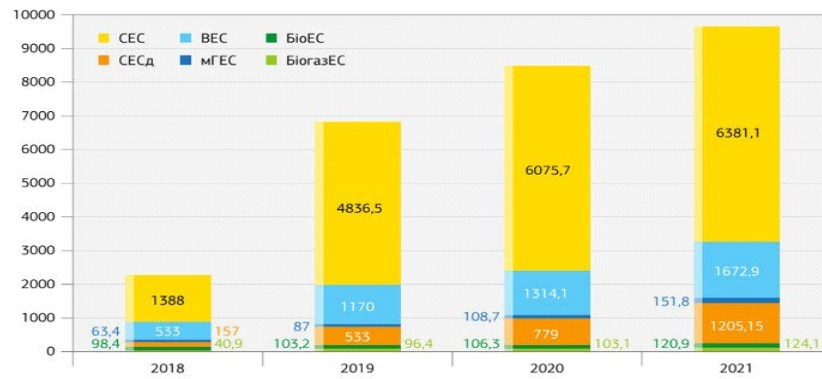


Рисунок 1 – Динаміка розвитку об'єктів альтернативної енергетики та їх структура

Наведені види енергетичних об'єктів є потенційно пожежонебезпечними, та кожен із них має свої особливості, які потрібно враховувати під час ухвалення рішень та проведення робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій. Рівень пожежонебезпечності енергетичних об'єктів, в яких використовуються альтернативні джерела енергії, різний і залежить від технології отримання енергії, типу електрогенеруючих пристроїв, конструктивного виконання та розмірів об'єктів.

Нині в Україні немає нормативних документів, у яких би враховувались особливості гасіння пожеж та проведення робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій на об'єктах альтернативної енергетики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні кількість доступних публікацій, в яких досліджуються питання особливостей гасіння пожеж на об'єктах з наявністю альтернативних джерел енергії, обмежена. Серед вітчизняних праць, в яких приділяється увага цьому питанню, можна відзначити Методичні рекомендації [4], розроблені фахівцями ГУ ДСНС України в Хмельницькій області, та наукові публікації «Питання безпечного гасіння пожеж на об'єктах з наявністю сонячних електростанцій» [5], «До питання безпечного гасіння пожеж на об'єктах з наявністю сонячних електростанцій» [6], автори яких вказують на стрімкий розвиток альтернативних джерел енергії як в Україні, так і в усьому світі.

Методи дослідження. В роботі використано аналітичні методи досліджень, зокрема аналіз

і узагальнення вимог вітчизняних та закордонних нормативних документів щодо ефективності організації оперативно-тактичних дій пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння об'єктів альтернативних джерел енергії.

Формулювання цілей дослідження: проведення аналізу вимог вітчизняних і закордонних нормативних документів щодо гасіння та організації оперативно-тактичних дій пожежно-рятувальних підрозділів на об'єктах альтернативних джерел енергії із наявністю сонячних та вітрових джерел, забезпечення безпечних умов праці особового складу. Визначення відмінностей, які можуть впливати на порядок організації процесу гасіння та на безпеку пожежників під час роботи на об'єктах з використанням наведених джерел енергії.

Об'єктом досліджень є процеси гасіння пожеж на об'єктах альтернативної енергетики, предметом досліджень є порядок дій пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж на цих об'єктах.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Особливості ліквідації надзвичайних ситуацій та гасіння пожеж на об'єктах і спорудах із використанням сонячних джерел вироблення електроенергії

Фактично всі пожежі в системах вироблення електроенергії з використанням енергії сонця спричинені дуговими замиканнями постійного струму [4; 7–10], які виникають тільки в сонячних системах постійного струму. Звичайні

сонячні електростанції (далі – СЕС) можуть генерувати до 600В постійного струму високої напруги.



а)



б)

Рисунок 2 – Варіанти розташування та склад промислових СЕС: а – на землі та склад; б – на дахах приміщень

Під час ліквідації пожежі на сонячних електростанціях [4] та в домогосподарствах із сонячними панелями для забезпечення безпеки пожежників необхідно дотримуватися такої послідовності дій: провести розвідку місця пожежі, обійти всю територію будівлі з метою виявлення місця розташування сонячних панелей, обладнання для перетворення енергії та обладнання для її накопичування. Сучасні сонячні панелі можуть бути вмонтовані в конструкцію покрівлі й бути непомітними, зокрема в темний час та в умовах підвищеної задимленості, тому пожежники можуть дізнатися, що вони встановлені на будівлі тільки діставшись даху. Акумуляторні батареї зазвичай мають встановлюватися зовні будівлі, в підвалі або гаражі. Варто знайти схеми розташування обладнання, які можуть бути в розподільному щиті. На жаль, в Україні немає вимог до власників будівель щодо розміщення на видному місці основної інформації про фотоелектричну систему – схему підключення, розташування окремих

елементів та кабелів, а також розміщення поруч із інвертором та іншим обладнанням.

Слід відключити електроживлення будівлі, вимикачі від постійного та змінного струму від сонячних батарей та акумуляторних батарей. Дуже важливо відключити всі системи, тому що у разі відключення тільки основного вимикача буде генеруватися зворотний електричний струм від акумуляторних батарей, а це небезпечно для пожежників. Водночас необхідно брати до уваги, що інвертори і вимикачі постійного струму часто встановлюються на верхньому поверсі будівлі або на/під дахом. Ймовірно вони не будуть доступними для пожежників, які здійснюють гасіння пожежі в будівлі.

Якщо приміщення, де розташовані акумуляторні батареї, перебувають під загрозою дії вогню, можливе виділення небезпечних газів, тому необхідно ретельно провітрити його і тільки після цього розпочинати гасіння пожежі.

Необхідно зауважити, що навіть повністю відключена сонячна батарея може генерувати електричний струм вдень від сонця, а вночі від потужних освітлювальних пристроїв та від світлового випромінювання близького вогнища [4; 7; 10]. Пожежникам доведеться припустити щодо кожної установки, що її вимкнено не було.

Як превентивні заходи необхідно наносити на поверхню сонячних панелей компресійну піну, яка має велику адгезію навіть до похилих поверхонь. Це блокує генерацію електричного струму від будь-яких джерел світлового випромінювання. Використання звичайної піни як світлонепроникного захисту не є ефективним через низьку адгезію та внаслідок стікання. Використання брезенту як ізолювального матеріалу можливе тільки за нульової швидкості вітру та невеликих розмірів сонячних панелей.

Відповідно до чинних норм сонячні електростанції можна гасити водою так само, як і інше електрообладнання напругою до 400 В, а саме:

-відстань 1 м між пожежником та електричним пристроєм під час гасіння розпиленими струменями води;

-відстань 5 м між пожежником та електроприладом, підключеним до електрики, під час гасіння компактними струменями води [1; 3; 10].

Фотоелектричні модулі є вогнетривкими і не сприяють поширенню вогню. З огляду на це засоби пожежогасіння застосовуються безпосередньо до них лише у разі пожежі на даху будівлі, на якому вони встановлені. Необхідно брати до уваги, що сонячні панелі досить міцні. Це ускладнює використання звичайної стратегії пожежогасіння в будівлі – пробивання отворів у стелі для випускання тепла та диму. Сонячні панелі, навіть сухі, є дуже слизькими, що створює для пожежників небезпеку падіння з даху. Якщо сонячні панелі встановлені на відстані від покрівлі, це становить велику загрозу для накопичення під панелями горючого сміття, внаслідок чого можливий швидкий розвиток пожежі навіть від маленької іскри.

Якщо дах будівлі зазнає пожежі, то додаткове механічне навантаження через

вагу сонячних панелей або додаткове навантаження від вітру може спричинити його раннє обвалення. Існує ризик, що панелі або скло можуть впасти на пожежників.

Небезпеки, які загрожують аварійним службам у разі виникнення пошкоджень

Згідно з [10; 12] можливі небезпеки для працівників оперативно-рятувальних підрозділів, які перебувають у місця розташування фотогальванічних систем, відносять до дев'яти можливих категорій відповідно до схеми таких небезпек, як інгаляційне отруєння, тривожність, поширювання пожежі, іонізуюче випромінювання, хімічні речовини, травмування, вибух, електрика та обвалення конструкцій.

Небезпеки, пов'язані з ураженням електричним струмом, під час гасіння пожеж на фотогальванічних системах потрібно розглядати для різноманітних сценаріїв, також слід вживати належних заходів для захисту персоналу підрозділів.



Рисунок 3 – Займання проводки та трансформаторів на території фотоелектричної станції в Херсонській області

Генерування електричної напруги на фотогальванічних модулях може спричинити не тільки інсоляція. Небезпечні значення напруги можуть виникати навіть під час використання штучного освітлення, як у разі освітлення місця пожежі. Цій небезпеці можна протидіяти дотриманням достатньої відстані між освітлювальними приладами і модулями. Контактна безпечність фотогальванічних систем надзвичайно важлива у разі розташування сонячної батареї на покриттях будівель. Ураження електричним струмом, зокрема на покрівлях, а також падіння будівлі можуть

призвести до тяжких травм. Вплив пожежі, а також механічні причини, такі як гроза, можуть пошкодити електричні лінії фотогальванічних систем незалежно від типу або способу їх монтування (наприклад, монтування на покритті будівлі або стіні, системи, розміщені на відкритому просторі).

Використання різноманітного (електропровідного) робочого обладнання може призвести до пошкодження фотогальванічних модулів і, як наслідок, до безпосереднього контактування з частинами, які перебувають під напругою.

Під час гасіння пожеж, а також виконання робіт із надання технічної допомоги може виникнути потреба в доступі до покриття будівлі, наприклад для прибирання снігу, можливе ставання ногами на поверхні модуля. З огляду на це слід розуміти, що статичне навантаження є

небезпечним. Наявність у модулі пошкоджень, що виникли раніше або сталися через ставання на нього, може призвести до контактування з частинами, на яких є напруга безпосередньо або опосередковано.



Рисунок 4 – Пожежа сонячних панелей на даху будівлі

Пошкодження внаслідок пожежі або механічних впливів може призвести до виникнення електродугових розрядів. Велика кількість енергії, що виділяється в умовах температур електродугового розряду величиною в декілька тисяч градусів, може призвести до опіків або тимчасового пошкодження очей (унаслідок спалаху).

Затоплення компонентів фотогальванічної системи може призвести до контактування частин, які перебувають під напругою. В такому разі стає можливим перенесення напруги на предмети, які перебувають в безпосередній близькості від затоплених частин системи.

Особливості гасіння пожеж
Вогнегасні речовини, які подаються на

пошкоджені частини системи, можуть спричинити передавання напруги незалежно від типу установки. Завдяки низькій електропровідності струменя води передавання напруги відбувається тільки у разі збігу декількох несприятливих параметрів.

З цієї причини ймовірність настання події доволі низька. З іншого боку, травми внаслідок її настання можуть бути тяжкими. Інколи гасіння пожежі може потребувати розкриття покриття будівлі з тактичних міркувань.

З огляду на це може виникнути контактування з частинами фотогальванічних систем, які перебувають під напругою, якого потрібно уникати.



Рисунок 5 – Гасіння пожежі на фотогальванічній системі, змонтованій на житловому будинку, та виникнення контактної пожежі

Пожежі на фотогальванічних системах, розміщених на відкритому просторі, можуть спричинити небезпечні пошкодження інверторами або трансформаторними станціями, а також станціями живлення [4; 11–14]. Загалом на цих «станціях помірної напруги» значення напруги можуть досягати 20 кВ. Зазвичай частини системи на виході високої напруги оснащують знаками безпеки і захищають від несанкціонованого доступу.

Зона уламків – це небезпечна зона, в яку уламки можуть падати дотолу. Під час надзвичайних ситуацій, які супроводжуються пошкодженнями (пожежі, землетруси, змивання тощо), у зонах уламків є небезпека для життя. Перебування в них рекомендоване тільки для негайного порятунку людей або підпирання чи розбивання уламків. Наприклад, фасадні стіни можуть легко завалитися, якщо решта конструкцій будівлі прослабла або вже не існує.

Виконання операцій може потребувати ставання на покриття будівлі та навіть на модулі. Потрібно припускати, що поверхні покриттів будівель, щодо яких не вжито додаткових заходів безпеки, зумовлюють ризик падіння. Модулі зазвичай не розраховано на напруження, яке виникає у разі ставання на них. Крім того, модулі можуть падати донизу крізь пошкоджені конструкції покриттів будівель.

У разі пожежі термічні напруження, зумовлені, наприклад, проникненням вогню крізь модуль або холодною водою, що подається на гасіння, можуть спричинити надзвичайно високе напруження у склі модуля, що надалі може призвести до його вибухоподібного руйнування з утворенням дрібних уламків скла. Це пов'язано з небезпекою травмування. Механічне напруження у склі, спричинене зміщенням та змінюванням кута ухилу, також може призвести до утворення більш дрібних частинок під час прибирання уламків.

Затоплення частин фотогальванічної системи водою, яка надходить внаслідок повені або подається на гасіння, може спричинити електроліз у разі одночасної наявності напруги постійного струму між позитивною та негативною клемами

системи. В такому разі утворюється водень (газоподібна речовина, що утворюється внаслідок електролізу), з яким пов'язана небезпека вибуху в закритому або неналежним чином вентильованому просторі.

У разі використання літій-іонних акумуляторів за екстремальних умов усунути небезпеку «розгону» ланцюгової хімічної реакції з підвищеним накопиченням теплоти неможливо. Це може спричинити пожежу безпосередньо на самій акумуляторній батареї, можливо в режимі вибуху. У разі руйнування акумуляторної батареї потрібно прогнозувати витік токсичних та їдких хімічних речовин. Інша небезпека виникає через руйнування скла під впливом теплоти. Дрібні уламки скла та покриттів можуть розлітатися в усіх напрямках. Потрібно контролювати можливе утворення вибухонебезпечних газоподібних речовин або утворення горючої суміші.

Під час пожеж на фотогальванічних системах можна прогнозувати виділення речовин, отруйних під час вдихання, зокрема в концентраціях, більших за граничні (гранично допустимі рівні впливання). Залежно від використовуваних пластмас можлива поява високотоксичних та їдких речовин (наприклад, фтороводневої кислоти HF). Потрібно знизити концентрацію шкідливих речовин, запобігти їх вдиханню й контактуванню зі шкірою (використання захисного одягу та засобів індивідуального захисту органів дихання).

Механічне пошкодження гальванічних елементів акумуляторів може, з одного боку, призвести до витіку рідких хімічних речовин, а з іншого боку, у разі використання літій-іонних батарей виникає ризик термічного «розгону» акумулятора. Крім того, у доквіллі виділяються значна кількість теплоти з утворенням вибухоподібного полум'я або навіть з вибухом, а також токсичні та їдкі речовини.

Це має велике значення у разі встановлення акумуляторних батарей у підвалах, яке трапляється часто, де необхідно забезпечувати достатню вентиляцію.

Відключення навантаження у системах

У разі використання інверторів, установлених у колах, функцію вимикання частково виконує сам інвертор. Вимикання кіл у цьому разі можливе за допомогою штекерного з'єднувача на вході інвертора. Зазвичай в умовах навантаження можна використовувати тільки перемикачі або вимикачі навантаження. Решту пристроїв вимикання можна використовувати тільки, якщо немає навантаження. У розподільних коробках або на інверторі можуть виникати напруги у разі обернення полярності через наявність паралельних підключень. В умовах опромінення фотогальванічні модулі [4; 7–8; 11] завжди перебувають під напругою. Сонячні елементи генерують електрику, доки до них надходять сонячні промені. Хоча за низького рівня опромінювання ця напруга дуже низька, вона швидко зростає зі збільшенням його рівня, досягаючи максимального значення. Струм, що надходить від сонячного елемента, пропорційний рівню опромінювання. На відміну від акумуляторних батарей, сонячні генератори не можна вимикати без вживання додаткових заходів. Ця особливість, яка відрізняє їх від традиційних джерел напруги, потребує певних обсягів робіт як під час монтування та технічного обслуговування гальванічних систем, так і під час проведення рятувальних операцій у будівлях, оснащених фотогальванічними системами, або навіть на системах, установлених на відкритому просторі.

Працівники рятувальних підрозділів під час виконання робіт на електроустановках завжди повинні припускати (незважаючи на можливу наявність пристрою вимикання), що установка не знеструмлена.

Відповідно вони повинні дотримуватись перевірених основних правил стосовно наближення до електроустановок тільки на дозволenu відстань – 1 м для частин, які перебувають під напругою, на 1 м під час гасіння розпиленним струменем, на 5 м під час гасіння компактними струменями води.

Під час пожежі в будівлі, що загрожує людям, працівники рятувальних

підрозділів завжди спочатку намагатимуться провести оперативно-тактичні дії всередині відповідно до встановлених правил, а не приділятимуть першочергової уваги покриттю сонячного генератора, яке буде продовжувати виробляти електрику.

Для ізоляції світлонепроникного покриття сонячного генератора можливе застосування протипожежної піни, брезенту і навіть непрозорого гелю. Ці засоби мають свої недоліки. Протипожежна піна зазвичай не прилипає до похилих і гладких поверхонь модулів, для нанесення гелю необхідно дуже багато часу, а використання брезенту потребує практично нульової швидкості вітру і не може застосовуватися для установок з великими розмірами. Як ефективний засіб рекомендуємо використання компресійної піни, яка має великі адгезивні властивості, утримується на похилих поверхнях, має більшу стійкість та надійно ізолює від світла покриття сонячного генератора.

Вимикання електрики усередині самої фотогальванічної системи передбачає можливість вимикання і на рівні генератора, і на рівні модуля. Передбачено обидва варіанти для відключення і короткого замикання.

Заходи щодо підвищення безпеки праці працівників оперативно-рятувальних підрозділів

Фотогальванічні системи, розміщені на покриттях будівель, не завжди видимі, особливо в умовах сильного задимлення. Інформація щодо наявності фотогальванічної системи на будівлі є основним чинником для безпеки пожежників під час виконання робіт. Вона маркується за допомогою попереджувального знака на ділянці введення або на розподільній коробці будівлі. Ризики для пожежників виникають, зокрема, від напруги постійного струму, що утворюється в полі генератора, напруги, яка залишається після відключення від комунальної електромережі на виході постійного струму упродовж усього часу, поки світло падає на модулі.

Незважаючи на можливу наявність пристрою вимикання [10], вони повинні

завжди припускати, що напругу із системи не знято.

Необхідно розрізняти базову відстань, якої мають дотримуватися працівники рятувальних підрозділів, і відстань, яку слід витримувати під час гасіння пожеж.

Необхідно дотримуватися мінімальної відстані від усіх низьковольтних систем і компонентів систем. Якщо це можливо або якщо ситуація не є з'ясованою, то безпечну ділянку потрібно огорожувати.

У разі витримування мінімальних необхідних відстаней (1 м у разі гасіння розпиленням струменем та 5 м у разі гасіння компактним струменем) небезпека для працівників рятувальних підрозділів від небезпечних електричних струменів, що проходять через струмисько вогнегасної речовини, не виникає. Необхідно пам'ятати, що вологі засоби захисту практично не забезпечують захисної ізоляції.

Затоплені водою підвальні приміщення являють собою потенційно високу небезпеку для працівників оперативно-рятувальних підрозділів. Пошкоджені кабелі фотогальванічної системи, а також такі, які провисають, можуть спричинити протікання струму через воду у разі одночасного дотику до заземлених систем. Небезпечні струми можуть проходити через тіло людини навіть за низьких значень напруги (близько 100 В).

Зважаючи на високу питому електропровідність води, смертельно небезпечні значення струму в діапазоні декількох ампер можуть виникати навіть на відстанях у декілька метрів.

Під час використання пожежних стволів у разі гасіння пожеж поблизу фотогальванічних систем працівники оперативно-рятувальних підрозділів не наражаються на суттєву небезпеку від струмів витоку через воду, яка подається на гасіння, за напруги 1000 В постійного струму за умови дотримання безпечних значень.

Необхідно пам'ятати, що використовувані засоби захисту є ефективними ізоляторами у разі перебування в сухому стані,

вони захищають працівників оперативно-рятувальних підрозділів від уражень електричним струмом.

Натомість просочений водою одяг не забезпечує захисту, внаслідок чого за високих значень напруги та руху струму шляхом «рука – рука» через тіло людини можуть проходити смертельно небезпечні струми. Це відбувається у разі одночасного дотику до обох клем кіл постійного струму. У разі постійного дотримування безпечної відстані величиною принаймні один метр від установок під напругою цей сценарій неможливий, проте цілком можливий на практиці в умовах поганої видимості і задимленості.

Необхідно пам'ятати, що вологі засоби [15] захисту практично не забезпечують захисної ізоляції. У вологих підвалах електроустановки, які перебувають під напругою, такі як інвертори або електричні акумулятори (акумуляторні батареї), у разі несправності являють собою небезпеку!

Окрім ризику ураження електричним струмом, можуть утворюватися іскри та вибухонебезпечні газоподібні речовини (газоподібні речовини, що утворюються під час електролізу). У такому разі рекомендовано застосовувати провітрювання приміщень.

Засоби, що використовуються пожежним підрозділом під час виконання операцій вночі, зазвичай можуть спричинити виникнення у фотогальванічних модулях постійного струму значних величин.

Штучне освітлення [10–11] здатне призводити до утворення небезпечних величин напруги і струму у фотогальванічній системі. У разі дотримування заданих значень мінімальної відстані до джерел освітлення та застосування тільки світлодіодних світильників небезпеку від штучного освітлення потрібно вважати нехтувано низькою.

Особливості ліквідації надзвичайних ситуацій та гасіння пожеж на об'єктах і спорудах із наявністю вітрових джерел електроенергії

До особливостей, які потрібно враховувати під час проведення робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій та

гасіння пожеж на об'єктах і спорудах із наявністю вітрових джерел електроенергії [11; 14–15], насамперед належать:

- автономність роботи вітрової електростанції (далі – ВЕС) у поєднанні з віддаленістю від пожежних станцій;

- великі розміри сучасних ВЕС (висота башт досягає 130 м, діаметр лопатів ротора до 120 м);

- відсутність на певний час засобів подавання вогнегасних речовин на таку висоту;

- великі розміри та маси лопатів роторів, що обертаються, створюють велику небезпеку для пожежників від падіння частин лопатів.



Рисунок 6 – Загальний вигляд вітрової електростанції (а); пожежі внаслідок механічних несправностей (б); пошкодження від пожежі внаслідок удару блискавки (в)

До основних пожежонебезпечних об'єктів ВЕС загалом належать:

- а) гондола з розташованими всередині редуктором, генератором, шафою перетворювача частоти та шафою управління, первинними трансформаторами і системами охолодження та мастила, системою гальмування, шафою контролю стану обладнання, кабельними лініями;

- б) опора трубного типу з розташованим усередині пристроєм середньої напруги, шафами управління, приводом ліфта і кабельними лініями;

- в) зовнішні трансформатори та електричні мережі.

Ризики отримати травми за звичайних умов мінімальні, але потужність вітру суттєво впливає на унікальні індустріальні ризики для персоналу, який працює у небезпечних умовах. До них належать: відокремлення лопатей від валу ротора, руйнування вітрової електроустановки (далі – ВЕУ), руйнування (колапс) вежі, перегрів і пожежа на елементах ВЕУ, небезпечні погодні умови, робота на суттєво великих висотах (близько 100 м для ВЕУ > 2МВт), користування машинним устаткуванням,

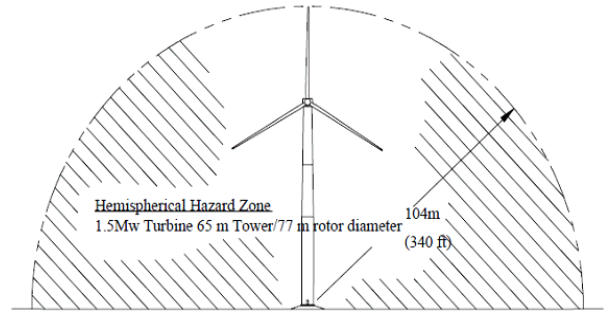
що обертається, підіймання і утримання важкого устаткування, користування високою електричною напругою, транспортний доступ, удари блискавки, експозиція до небезпечних розчинних хімічних речовин під час виробництва роторів, масляні проливи, нашарування криги тощо.

Пошкодження або відмова окремих елементів ВЕУ може відбутися, якщо достатньо сильний вітер чинить навантаження на будівлю / механізми ВЕУ.

Перед тим як розпочати виконання робіт особливу увагу потрібно приділити реальній максимальній швидкості вітру. На сьогоднішньому рівні метеорологічних знань передбачати максимальну швидкість вітру є здебільшого нереальним. Унаслідок екстремального вітру може статися руйнування вежі (колапс) ВЕУ, а зона, в межах якої є ризик для третьої сторони, в цьому разі визначається розмірами ВЕУ. Розрахунки також показують, що розкидання лопатей (уламків лопатей) для ВЕУ з роторами діаметром 70–80 м і максимальною швидкістю обертання 20–22 об/хв може складати відстань до 150 м.



а



б

Рисунок 7 – Руйнування лопатей ВЕУ під час штормового вітру

Кінцівки лопатей роторів (рис. 7 б) повинні витримувати швидкість вітру до 320 км/год. Розрахунки показують (рис. 8 в), що розкидання лопатей (уламків лопатей) для ВЕУ з роторами діаметром 70–80 м за максимальної швидкості обертання 20–22 об/хв становить відстань до 150 м.

В особливих метеоумовах можливе утворення криги на поверхні ротора ВЕУ. Крижані шматки можуть розлітатися навколо ВЕУ під час її роботи на досить великі відстані, становлячи загрозу не лише для людей. Результати оцінки ризику дають змогу ідентифікувати безпечну дистанцію величиною 200–250 м від будь-якої ВЕУ, поза якою істотного ризику для людини від крижаних фрагментів немає.

На практиці [14; 16] для регулювання ризику третьої сторони навколо потенційно небезпечних об'єктів встановлюється зона громадської безпеки (далі – ЗГБ), яка є аналогом санітарно-захисної зони, з межами уздовж контурів індивідуального ризику нормативних значень.

Основну частину робіт, пов'язаних із реагуванням на надзвичайну ситуацію або усуненням загрози її виникнення, виконують сили цивільного захисту підприємства, установи чи організації, де сталася така ситуація, з наданням їм необхідної допомоги силами цивільного захисту адміністративно-територіальної одиниці, на території якої розташоване таке підприємство, установа чи організація, а також відповідними формуваннями Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Додаткові сили цивільного захисту залучаються до

ліквідації наслідків надзвичайної ситуації за рішенням керівника робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

У разі залучення до ліквідації надзвичайної ситуації на ВЕС для забезпечення безпеки підрозділів ДСНС необхідно дотримуватися такої послідовності дій:

- оцінити можливість фізичного доступу до башти, враховуючи метеорологічні обставини та їх можливий розвиток;

- якщо пожежа охопила лопаті ротора, і вони обертаються, то не можна перебувати біля башти;

- якщо пожежа не охопила лопаті ротора, і вони обертаються з нормованою швидкістю, то необхідно виконати аварійне зупинення ротора. Цю процедуру може виконувати тільки представник сервісної служби, яка обслугує ВЕС;

- пам'ятати, що на сучасних вітрогенераторах зазвичай встановлені системи автоматичного пожежогасіння, важливо здійснювати контроль за їх роботою;

- у разі виникнення пожежі в гондолі підійматися пожежникам до місця пожежі не можна із-за загрози їх життю через зупинення під'ємних механізмів;

- у разі зупинення ротора під час виникнення пожежі в розподільних шафах необхідно вимкнути вимикачі, які з'єднують шахи з гондолою та зовнішньою електричною мережею. Цю процедуру може виконувати тільки представник сервісної служби, яка обслугує ВЕС. Після цього можна розпочати гасіння пожежі;

- здійснювати постійний контроль за розвитком подій (поведінка ротора, електричних мереж та електричних шаф).



Рисунок 8 – Руйнування вежі ВЕС біля автобана внаслідок екстремального вітру

Особливості організації і гасіння пожеж на обладнанні ВЕС – дотримання правил безпеки праці та взаємодія з черговим персоналом, що визначені Статутом дій органів управління та підрозділів. Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж, Інструкцією з гасіння пожеж на енергетичних об'єктах України, Правилами пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України тощо.

Порядок ліквідації пожежі на обладнанні ВЕС має багато спільного з ліквідацією пожеж на інших енергетичних об'єктах, це стосується особливостей гасіння пожеж:

- на електроустановках під напругою;
- у кабельних спорудах;
- у синхронних компенсаторах;
- у трансформаторах і маслонаповнених реакторах.

Для того щоб гасіння пожежі в гондолах на великій висоті було можливим рекомендовано до штатних автоматичних систем пожежогасіння встановлювати систему подавання компресійної піни сухотрубами в гондолу ВЕС з можливістю підключення установок генерування компресійної піни в нижній частині башти.

Висновки та напрями подальших досліджень. Під час проведення аналізу надзвичайних ситуацій, що виникли на об'єктах альтернативної енергетики в країнах Європи, та дослідження сучасного стану організації пожежогасіння таких об'єктів у країні з'ясовано, що чітких

вказівок щодо боротьби з пожежею на об'єктах альтернативної енергетики немає.

Нині в Україні також немає нормативної документації щодо зобов'язання власників об'єктів альтернативної енергетики розміщувати на видному місці основну інформацію про їх технологічні параметри, схеми розташування потенційно небезпечного обладнання, схеми підключення окремих установок, елементів та кабелів, що потребує внесення змін до чинних законодавчих актів. Зокрема, це стосується приватних господарств.

Наявність такої інформації має вирішальне значення для ухвалення рішення щодо способу подальшого пожежогасіння та використання засобів гасіння.

Успішне гасіння пожеж на об'єктах альтернативної енергетики залежить від заздалегідь проведеної підготовки особового складу підрозділів, які беруть участь у ліквідації надзвичайних ситуацій, що виникли на цих об'єктах, або залучатимуться до проведення робіт.

Аналіз світового досвіду в управлінні та організації гасіння пожеж об'єктів альтернативної енергетики доводить, що існують проблеми аналогічні українським. Водночас слід визнати, що модель організації управління та гасіння пожеж на цих об'єктах на національному рівні не відповідає сучасним вимогам щодо безпеки проведення робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій та гасіння пожеж і потребує реформування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Інструкції з гасіння пожеж на енергетичних об'єктах України : наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 22.12.2011 № 863. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0013-12#Text> (дата звернення : 20.03.2023).
2. Про затвердження Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України : наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 26.09.2018 року № 491. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-19#Text> (дата звернення : 20.03.2023).
3. Про введення в дію Інструкції із складання Карток оперативно-тактичних дій на пожежах та їх вивчення в системі службової підготовки : окреме доручення Голови ДСНС від 04.10.2017 № В-155. URL : <https://dsns.gov.ua/uk/zakonodavstvo/departament-reaguvannya-na-nadzvichayni-situaciyi-docs> (дата звернення : 20.03.2023).
4. Методичні рекомендації щодо порядку дій аварійно-рятувальних формувань ДСНС під час гасіння пожеж на сонячних електростанціях. URL : https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya_diyalnosti/slugbova_pidgotovka/navchalno_metoduchne_zabezpechennya/dodatkov_i_zanyattya/2.pdf (дата звернення : 20.03.2023).
5. Скоровагачко Т. М., Ілліченко П. О., Пруський А. В., Тищенко В. О. До питання безпечного гасіння пожеж на об'єктах з наявністю сонячних електростанцій. *Проектування безпечного середовища громад* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 02 лип. 2021 р. Маріуполь. С. 372–376.
6. Скоровагачко Т. М. Борисов А. В., Ілліченко П. О., Пруський А. В., Дівізінюк М. М., Гудович О. Д., Питання безпечного гасіння пожеж на об'єктах з наявністю сонячних електростанцій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2021. № 2(12). С. 82–91.
7. DIN VDE 0132 VDE 0132:2008-08. Firefighting and assistance in or near electrical installations. Class/Status : Standard, withdrawn. Released: 2008-086.
8. Гуральчик В., Титко Р. Фотоелектрики. Прилади, фотоелектричні та електричні установки. Краків : Видавництво та друкарня Словацького товариства в Польщі, 2016.
9. Кушнір М., Капало П., Враней Ф. Фотоелектрики у світі. Кошице : Технічний університет Кошице, 2014.
10. Oxford PV, the Perovskite Company, Perovskite PV to transform the global solar market, URL : <https://www.oxfordpv.com> (дата звернення : 20.03.2023).
11. Стандарт VDE 0132: 2008 (Німеччина) «Боротьба з пожежами в електроустановках або поблизу них». URL : <https://www.dw.com/ru/solnechnaja-jenergetika-v-germanii-vse-bolshe-solnca-panelej-i-deneg/a-62254025> (дата звернення : 20.03.2023).
12. Німецька страхова асоціація (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. - GDV) 27.10.2022. Видавництво : VdS Schadenverhütung GmbH • Amsterdamer Str. 174 • 50735 Кельн, Німеччина
13. Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Deloping Safety Concepts for Risk Minimization // Berner Fachhochschule Technik und Informatik, Berufsfeuerwehr München, Currenta GmbH & Co. OHG und andere // Інф.с сайта PV Fire Safety Fire Guideline - Translation - V04 20180614 - FINAL PDF
14. Звіт з оцінки впливу на довкілля від планованої діяльності. Проект будівництва вітрової електростанції потужністю 65 Мвт. URL : <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics>. (дата звернення : 25.03.2023).
15. S. Starr Turbine Fire Protection URL : <http://windssystemsmag.com/article/detail/136/turbine-fire-protection>. (дата звернення : 20.03.2023).
16. ДСТУ ІЕС 61400-1-2001 Системи турбогенераторні вітряні. Ч. 1. Вимоги безпеки (ІЕС 61400-1:1999, IDT)

REFERENCES

1. Pro zatverdzhennya Instrukcii z gasinnya pozhhez na energetichnih ob'ektah Ukraïni : Nakaz M-va energetiki ta vugil. prom-sti Ukraïni vid 22.12.2011 r. № 863. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0013-12#Text>
2. Pro zatverdzhennya Pravil pozhheznoi bezpeki v kompaniyah, na pidpriemstvah ta v organizacijah energetichnoi galuzi Ukraïni : Nakaz M-va energetiki ta vugil. prom-sti Ukraïni vid 26.09.2018 r. № 491 : stanom na 20 sich. 2023 r. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-19#Text>
3. Instrukciya zi skladannya kartok operativno-taktichnih dij na pozhhezah ta ih vivchennya v sistemi sluzhbovoi pidgotovki : vid 04.10.2017 r. № V-155.
4. Metodichni rekomendacii shchodo poryadku dij avarijno-ryatuval'nih formuvan' DSNS pid chas gasinnya pozhhez na sonyachnih elektrostanciyah Retrieved from : https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya_diyalnosti/slugbova_pidgotovka/navchalno_metoduchne_zabezpechennya/dodatkov_i_zanyattya/2.pdf
5. Do pitannya bezpechnogo gasinnya pozhhez na ob'ektah z nayavnistyu sonyachnih elektrostancijyu. roektuvannya bezpekovogo seredovishcha громад : materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. m. Mariupol', 2 lip. 2021 r. 2021. S. 372–376.
6. Pitannya bezpechnogo gasinnya pozhhez na ob'ektah z nayavnistyu sonyachnih elektrostancij / T. SKOROBAGAT'KO ta in. *Naukovij visnik: Civil'nij zahist ta pozhhezna bezpeka*. 2021. № 2(12). S. 82–91. URL: [https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.2\(12\).82-91](https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.2(12).82-91)
7. Firefighting and assistance in or near electrical installations. Class/Status: Standard, withdrawn. Released : no. DIN VDE 0132 VDE 0132:2008-08.
8. V. Gural'chik, R. Titko / Fotoelektriki. Priladi, fotoelektrichni ta elektrichni ustanovki. Vidavnictvo ta drukarnya Slovac'kogo tovaristva v Pol'shchi. 2016. Krakiv
9. M. Kushnir. Fotoelektriki u sviti / M. Kushnir P. Kapalo, F. Vraney // Tekhnichnij universitet Koshice, Koshice, 2014.
10. Oxford PV, the Perovskite Company, Perovskite PV to transform the global solar market // <https://www.oxfordpv.com/>
11. "Fighting fires in or near electrical installations" Standard VDE 0132: 2008 (Germany). // <https://www.dw.com/ru/solnechnaja-jenergetika-v-germanii-vse-bolshe-solnca-panelej-i-deneg/a-62254025>
12. German Insurance Association (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. - GDV) 10/27/2022. Publisher: VdS Schadenverhütung GmbH • Amsterdamer Str. 174 • 50735 Cologne, Germany
13. Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Deloping Safety Concepts for Risk Minimization // Berner Fachhochschule Technik und Informatik, Berufsfeuerwehr München, Currenta GmbH & Co. OHG und andere // Інф.с сайта PV Fire Safety Fire Guideline - Translation - V04 20180614 - FINAL PDF

14. Report on the assessment of the impact on the environment from the planned activity. The project for the construction of a wind power plant with a capacity of 65 MW. <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm> 301
15. S.Starr Turbine Fire Protection // <http://windsystemsmag.com/article/detail/136/turbine-fire-protection>
16. Wind turbine generator systems. Part 1. Safety requirements : DSTU IES 61400-1-2001 (IEC 61400-1:1999, IDT), 2001

FEATURES OF FIRE EXTINGUISHING AT OBJECTS AND BUILDINGS USING ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

A. Kodryk, A. Borysov, O. Titenko, P. Illiuchenko

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Ukraine

KEYWORDS: ANNOTATION

occupational
safety, energy
facility, regulatory
support, fire
extinguishing,
solar power plant.

The Law of Ukraine «On Alternative Energy Sources» defines the types of alternative energy sources, but the most relevant for Ukraine is the use of solar and wind energy. In the work, an analysis of the world experience in the management and organization of extinguishing fires in electrical installations under voltage was carried out, the peculiarities of extinguishing fires at facilities with the presence of solar and wind power plants were considered. The domestic and foreign works of scientists in this direction were analyzed. Most of the publications about their fire hazards concern wind and solar plants, while other alternative energy facilities receive little attention. Normative documents on the construction of alternative energy facilities, their operation, and other regulatory documents on the organization of extinguishing these facilities and ensuring safe working conditions of operational and rescue units were analyzed. Alternative energy facilities have common components (electricity conversion equipment) with traditional energy generating facilities. These common constituent parts are generally known and used in various sectors of the economy, and there are firefighting instructions for them [1–3] and can be used in extinguishing fires of solar and wind energy facilities. Features that distinguish firefighting at facilities with alternative energy from others and the main causes of accidents are determined. First of all, it is the presence of direct current in the system, which is produced even when it is disconnected in the distribution devices, overheating of cable networks and the possibility of a short circuit. Regarding the features of wind power plants, their size, location away from populated areas, and meteorological conditions are added.