



DOI <https://doi.org/10.32447/20786662.48.2026.12>

*Н. Ю. Соляник<sup>1</sup>, О. Б. Назаровець<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Печерське районне управління цивільного захисту, превентивної діяльності та взаємодії з органами державної влади ГУ ДСНС України, м. Київ, Україна*

<sup>2</sup> *Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5850-1360> – Н. Ю. Соляник

<https://orcid.org/0000-0003-4532-9259> – О. Б. Назаровець

✉ [o.nazarovets@ldubgd.edu.ua](mailto:o.nazarovets@ldubgd.edu.ua)

## РИЗИКИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ У ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМАХ ТА ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ

**Вступ.** Враховуючи ситуацію в енергетичному секторі України, попит на фотоелектричні системи (далі – ФЕС) продовжує зростати. Зокрема, спостерігається встановлення ФЕС на об'єктах критичної інфраструктури, закладах охорони здоров'я [1], закладах освіти [2] та багатоквартирних житлових будинках [3], з метою енергетичної незалежності та економії. Враховуючи, що системи встановлюються вже на існуючі будівлі/споруди, ФЕС в такому випадку не замінює звичних будівельних матеріалів проте складає додаткове горюче навантаження. Загалом, ФЕС поділяють на дві категорії [4]: ВІРV та ВАРV. Принцип ВІРV полягає в тому, що звичні будівельні матеріали (металочерепиця, скління, матеріали для облицювання фасаду тощо) замінюються на фотоелектричні компоненти. ВАРV – це ФЕС, що кріпляться вже на існуючі будівлі/споруди, враховуючи це, дана категорія систем є більш поширена, через економічний аспект, оскільки не передбачає капітального ремонту.

**Мета:** Метою роботи є комплексний аналіз пожежонебезпечних факторів, пов'язаних із експлуатацією з'єднувачів постійного струму типу МС-4 у ФЕС типу ВАРV, визначення основних дефектів під час монтажу та експлуатації, що призводять до пожежі, а також розробка рекомендацій щодо мінімізації ризиків шляхом удосконалення проектних рішень та технічного обслуговування.

**Методи:** Для досягнення мети роботи було проведено експериментальні дослідження з'єднувачів постійного струму МС-4 в умовах струмових перевантажень також застосовано метод аналізу та порівняння даних.

**Результати:** Експериментальні методи показали, що з'єднувачі постійного струму МС-4 вітчизняного виробника під час випробування досягли значних температур, що за умови відсутності протипожежних відстаней спричинить пожежу. Аналіз причин виникнення пожеж на ФЕС в Україні та закордоном показав, що з'єднувачі є одним з ключових питань пожежної безпеки ФЕС, що підкреслює актуальність досліджень. Запропоновано превентивні заходи спрямовані на запобігання пожеж на ФЕС типу ВАРV та мінімізацію ризиків пожежної небезпеки.

**Висновки:** Аналіз статистики пожеж в Україні у 2023–2025 роках показав, що всі зафіксовані випадки стосувалися саме систем типу ВАРV, тоді як на ВІРV пожеж не виникало. Це свідчить про ширше використання дахових та фасадних систем, які створюють додаткове горюче навантаження до існуючих будівель і ускладнюють процес ліквідації пожеж. Проведений аналіз та експериментальні дослідження підтвердили, що з'єднувачі постійного струму типу МС-4 є одним із найбільш пожежонебезпечних елементів фотоелектричних систем типу ВАРV. Саме вони найчастіше стають осередком виникнення коротких замикань та струмових перевантажень, що призводить до утворення електричної дуги та термічної деструкції матеріалів. Результати випробувань показали, що вітчизняні зразки з'єднувачів значно поступаються закордонним аналогам за стійкістю до перевантажень. Запропоновані превентивні заходи спрямовані на зменшення ймовірності виникнення пожеж, підвищення рівня безпеки обслуговуючого персоналу та пожежно-рятувальних підрозділів, а також на забезпечення надійної та безпечної експлуатації фотоелектричних систем у критичній інфраструктурі та житловому секторі.

**Ключові слова:** фотоелектричні системи, ВАРV, пожежна безпека, з'єднувачі постійного струму, фотоелектрика.

## **FIRE RISKS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS AND WAYS TO MINIMIZE THEM**

**Introduction.** Considering the current situation in Ukraine's energy sector, the demand for photovoltaic systems (PV systems) continues to grow. In particular, PV systems are increasingly being installed at critical infrastructure facilities, healthcare institutions [1], educational institutions [2], and multi-apartment residential buildings [3], to achieve energy independence and cost savings. Since these systems are mounted on existing buildings/structures, PV systems in this case do not replace conventional building materials but rather add additional combustible load. Overall, PV systems are divided into two categories [4]: BIPV and BAPV. The principle of BIPV is that conventional building materials (metal roofing, glazing, façade cladding materials, etc.) are replaced with photovoltaic components. BAPV refers to PV systems mounted on existing buildings/structures. This category of systems is more widespread due to economic considerations, as it does not require major renovations.

**Purpose:** The purpose of this study is to conduct a comprehensive analysis of fire hazard factors associated with the operation of MC-4 direct current connectors in BAPV systems, to identify the main defects during installation and operation that lead to fire incidents, and to develop recommendations for risk minimization through improved design solutions and maintenance practices.

**Methods:** To achieve the study's purpose, experimental tests of MC-4 direct-current connectors under current overload conditions were conducted, and methods for data analysis and comparison were applied.

**Results:** Experimental investigations demonstrated that MC-4 direct current connectors of domestic production reached significant temperatures during testing, which, in the absence of fire safety distances, may cause fire. The analysis of fire causes in PV systems in Ukraine and abroad confirmed that connectors are a key issue in PV fire safety, underscoring the relevance of this research. Preventive measures aimed at preventing fires in BAPV systems and minimizing fire risks has been proposed.

**Conclusions:** The analysis of fire statistics in Ukraine for 2023–2025 showed that all recorded incidents were related specifically to BAPV systems, while no fires occurred in BIPV systems. This indicates the wider use of rooftop and façade systems, which create additional combustible loads for existing buildings and complicate the process of fire suppression.

The conducted analysis and experimental studies confirmed that MC-4 direct current connectors are among the most fire-hazardous elements of BAPV photovoltaic systems. They most often become the source of short circuits and current overloads, leading to the formation of electric arcs and thermal degradation of materials. The test results demonstrated that domestic samples of connectors are significantly inferior to foreign analogues in terms of overload resistance. Under conditions of sudden changes in current, they quickly lost structural integrity, accompanied by intensive smoke formation and increased temperatures. The proposed preventive measures are aimed at reducing the likelihood of fire occurrence, increasing the safety of maintenance personnel and fire and rescue units, as well as ensuring reliable and safe operation of photovoltaic systems in critical infrastructure and the residential sector.

**Key words:** photovoltaic systems, BAPV, fire safety, direct current connectors, photovoltaics.

**Вступ.** Враховуючи відкриті дані медіа, в період 2023–2025 року на території України, зафіксовано 18 випадків пожеж, пов'язаних із експлуатацією фотоелектричних систем. Аналіз показує, що значна частина даних (6 випадків, 33 %) – це не встановлені причини виникнення пожежі. До конкретних технічних факторів належать короткі замикання (далі – КЗ) – 6 випадків (33 %), а також порушення умов зберігання 1 випадок (6 %) та неналежне технічне обслуговування (далі – ТО) 1 випадок (6 %). Природні та зовнішні чинники (механічні пошкодження) також мають вагомий вплив: зафіксовано випадок ураження блискавкою (1 випадок, 6 %) та виникнення пожежі внаслідок воєнних дій (2 випадки, 11 %).

За типом систем в абсолютній більшості переважають BAPV системи – 18 випадків (100%), тоді як на BIPV не виникало пожеж (0 %). Це свідчить про ширше використання дахових та наземних систем, що монтуються на існуючих будинках/спорудах, порівняно з інтегрованими рішеннями.

Географічний розподіл випадків (Рисунок 2) демонструє концентрацію у Закарпатській області (3 випадки), Одеській області (3 випадки) та Львівській області (2 випадки). Поодинокі випадки зафіксовано у Київській, Івано-Франківській, Рівненській, Тернопільській, Дніпропетровській, Вінницькій, Запорізькій та Хмельницькій областях.



Рис. 1. Наслідки пожежі у Львівській області на ФЕС, де причиною стало ураження блискавки, м. Радохів, Львівська область, липень 2025

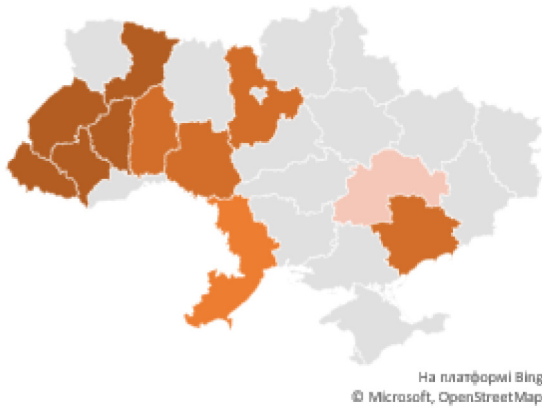


Рис. 2. Розподіл кількості пожеж, що виникли в областях України впродовж 2023–2025 років

**Аналіз останніх досягнень та публікацій.** Авторами [5] виконано розробку дерева несправностей ФЕС та проведено кількісний аналіз пожеж пов'язаних із ФЕС. Встановлено основні компоненти, що складають найбільший ризик пожежної небезпеки, серед яких – з'єднувачі (17 %). Розраховано частоту виникнення пожеж, яка складає: 29 пожеж на 1 ГВт встановленої потужності на рік. У роботі [6] представлено аналіз пожеж у Великій Британії де виробами-ініціаторами у більшості стали інвертори та з'єднувачі, ними запропоновано мінімальні протипожежні відстані між компонентами ФЕС та поряд розташованими протипожежними перешкодами, конструкціями, а також обґрунтовано запровадження протипожежних відстаней по периметру будівлі/споруди з метою забезпечення безпеки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

У роботі [7] проаналізовано температурні характеристики дугового замикання постійного струму, що у більшості випадків виникає в місцях з'єднання фотоелектричних модулів (ФЕМ). Роз'яснено час наростання температури дуги постійного струму та характерного розподілу довжини дуги. Дане дослідження підтверджує потребу розробки чітких протипожежних відстаней між фотоелектричними рядками (стрінгами), та іншими поряд розташованими

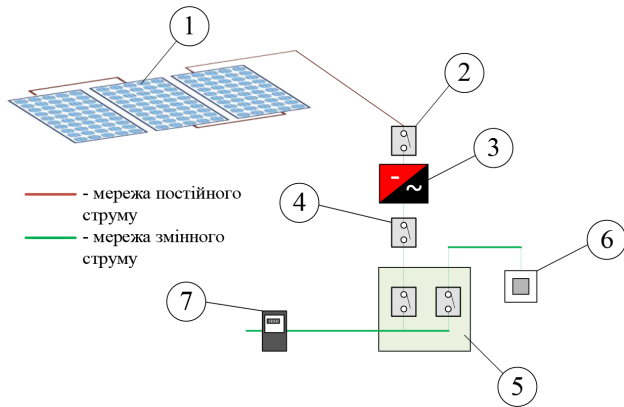
конструкціями, протипожежними перешкодами, тощо.

Необхідність зменшення ризику виникнення пожеж та своєчасного технічного обслуговування у своїй роботі окреслюють автори [8]. Ними досліджено явище гарячої точки, старіння панелей та визначено, що саме вони складають найбільший ризик. Умови за яких виникають дані явища: щільність пилу навколо масиву, температуру навколишнього середовища та матеріальну структуру панелей. Запропоновано превентивні заходи для зменшення ризику виникнення пожеж, зокрема розділено їх на два напрями: проектування, якісний монтаж ФЕМ та технічний огляд.

Відповідно до [6], [9], [10] значний відсоток із проаналізованих причин виникнення пожеж закордоном припадає на вимикачі постійного струму та з'єднувачі постійного струму. Не менш вразливими є інвертори та фотоелектричні кабелі. ФЕМ, як виріб – ініціатор, практично не складає ризику за умов якісного монтажу, проте через ефект «гарячих точок» та виробничих дефектів можуть спричинити пожежу.

З точки зору пожежної безпеки – способи розміщення на фасадах та дахах складають неабиякі ризики, оскільки значним чином залежать від оздоблення зовнішніх стін будинків та споруд, що у випадку пожежі, разом з компонентами ФЕС збільшать пожежну навантагу та складатимуть додаткові складнощі під час гасіння.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів.** Принципова схема ФЕС та її компоненти зображена на рисунку 3. Проаналізована нами інформація, щодо виникнення пожеж на території України впродовж останніх трьох років дала змогу окреслити основні рекомендації щодо безпечної експлуатації ФЕС. Враховуючи статистику, більшість пожеж (58 %) виникало на даховій ФЕС. Де найпоширенішими стали випадки неякісного монтажу, короткі замикання в місцях з'єднання з'єднувачів фотоелектричних, несправність інвертора та відсутність обслуговування.



**Рис. 3. Принципова будова ФЕС:**  
 1 – фотоелектричний рядок; 2 – вимикач постійного струму; 3 – інвертор; 4 – вимикач змінного струму; 5 – електричний щит; 6 – споживач; 7 – лічильник

Як можна побачити, кожен компонент ФЕС – важливий, та становить ризик пожежної небезпеки. Для визначення найкращих практик щодо попередження виникнення пожеж на ФЕС нами проведено дослідження [12], де у провіднику створювали струмові навантаження фіксували: час, значення температури та сили струму з’єднувача та провідника. Значення напруги та сили струму фіксувалися за допомогою вольтметра та амперметра, ввімкнених у схему лабораторної установки, а температури – за допомогою тепловізора та термопари. Гарячий спай термопари фіксували на поверхні контактної з’єднувача для отримання значень температури зовнішньої шару з’єднувача (ізоляції).

Щоб побачити наскільки впливає провідник на з’єднувач до швидкознімної гніздової частини приєднали провідник, який позиціонується на ринку, як кабель для з’єднань фотоелектричних систем (виконаний з лудженої міді, в якості ізоляції – полівінілхлорид), а до швидкознімної штекерної частини приєднали провідник вітчизняного зразка.

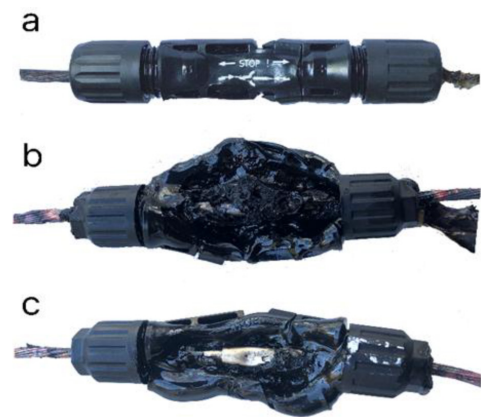
В ході проведення дослідів, поступово навантажували з’єднувальну ділянку за допомогою лабораторної установки. Змінювали параметри навантаження ділянки з’єднання частин фотоелектричної системи за допомогою автотрансформатора TV1. Експериментальні значення сили струму, обумовлені допустимими струмами для провідників певного перерізу, згідно з ПУЕ [11] табл. 1.3.4. імітувалось 2, 3 та 4-кратне струмове перевантаження.

Розміщення лабораторної установки, зразків, вимірювальної техніки та засобів фото-відео фіксації зображена на рисунку 4.

Результати випробувань зображено на рисунку 5. Протягом 35 хв автотрансформатором



**Рис. 4. Розміщення установки, зразків, вимірювальної техніки та засобів фото- і відеофіксації**



**Рис. 5. Фотоелектричні з’єднувачі типу MC-4 після проведеного випробування: а – зразок закордонного виробництва, b, c – вітчизняного**

створювалися струмові перевантаження, (сила струму, що протікала провідником та з’єднувачем, становила 110 А, на 35 хв змінили параметри на автотрансформаторі. Станом на 36 хв сила струму становила 160 А) [13].

З кожним наступним кроком зміни параметрів перенавантаження: температура та зовнішні ознаки цілісності з’єднувача та провідників змінювались.

Фотоелектричні з’єднувачі вітчизняного виробництва у порівнянні зі зразками закордонного – набагато гірше показали себе в умовах струмового перенавантаження. З’єднувачі вітчизняного зразка при стрімкій зміні сили струму втратили свою конструктивну цілісність через термічну деструкцію, при цьому інтенсивне димотворення збільшувалось зі зміною параметрів температури на з’єднувачі. Порівняльна характеристика з’єднувачів за результатами проведених досліджень наведена на рисунку 6.

Провівши дослідження визначили слабкі місця фотоелектричної системи саме на провідниках та



Рис. 6. Порівняльна характеристика з'єднувачів за результатами проведення дослідів

з'єднаннях [14]. Використання несертифікованого обладнання призведе до катастрофічних наслідків не лише суб'єкта господарювання, а й для оперативно-рятувальних служб цивільного захисту, що прибувають на ліквідацію надзвичайної ситуації.

Отже, як можемо побачити з'єднувачі закордонного зразка здатні витримувати струмове перенавантаження та при цьому не утворювати високих температур. Перспективним є також подальше дослідження вогнестійкості та інших показників пожежної безпеки фотоелектричних систем.

Враховуючи дані дослідження, з метою запобігання виникнення пожеж та подій на об'єктах ФЕС, а також попередження нещасних випадків (травмування, загибель), як власників так і пожежних-рятувальників проектування та експлуатація ФЕС повинно здійснюватися з урахуванням виконання базових вимог, що включають такі аспекти [10]:

- уникнення перешкод для роботи системи димовидалення, недопущення блокування світлових ліхтарів та ускладнення роботи природних систем відведення диму і тепла;
- запобігання поширенню пожежі від ФЕС на будівлю та/або між її окремими протипожежними відсіками;
- забезпечення застосування фотоелектричних кабелів, розподільчих щитів та з'єднувачів постійного струму на поширення пожежі на даху чи фасаді будівлі/споруди, де встановлено систему;
- забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу;
- забезпечення безпеки пожежно-рятувальних підрозділів.

**Висновок.** Запобігання пожежам на ФЕС що прикріпленні до фасаду будівлі/споруди неможливе без методу систематичного огляду всіх компонентів, оскільки, пошкоджений ФЕМ може генерувати потужності, які вказані виробником в технічному паспорті без суттєвих змін. Цей метод ефективний при виявленні тріщин, що можуть виникати, як від механічного так і від природного впливів,

«гарячих точок», а також при моніторингу стану з'єднань на ФЕМ або масиві. При огляді рекомендовано застосовувати тепловізори, як ручні, так і в складі безпілотних літальних апаратів, які за умови великих площ, зможуть швидше обстежити територію та визначити місця з підвищеним ризиком.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Укрінформ. У Харкові на даху дитячої лікарні встановили сонячну електростанцію. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3887129-uharkovi-na-dahu-ditacoi-likarni-vstanovili-sonacnu-elektrostanciu.html>
2. Energy Actua. 100 Solar Schools. URL: <https://www.energyactua.com/uk/100solarschools>
3. Київська міська державна адміністрація. Київська багатоповерхівка встановила сонячні панелі на даху, що дозволяють забезпечити роботу теплопункту в умовах відключення електроенергії. URL: [https://kyivcity.gov.ua/news/kivska\\_bagatopoverkhivka\\_vstanovila\\_sonyachni\\_paneli\\_na\\_dakhu\\_scho\\_dozvoliyayut\\_zabezpechiti\\_robotu\\_teplopunktu\\_v\\_umovakh\\_vidklyuchennya\\_elektroenergi\\_foto/](https://kyivcity.gov.ua/news/kivska_bagatopoverkhivka_vstanovila_sonyachni_paneli_na_dakhu_scho_dozvoliyayut_zabezpechiti_robotu_teplopunktu_v_umovakh_vidklyuchennya_elektroenergi_foto/)
4. Allianz Global Corporate & Specialty. Fire Hazards of Photovoltaic (PV) Systems = ARC Tech Talk. Vol. 8. Allianz Risk Consulting. Munich: Allianz Global Corporate & Specialty SE, 2019. 25 p. URL: <https://commercial.allianz.com/content/dam/onemarketing/commercial/commercial/pdfs-risk-advisory/ARC-Tech-Talk-Vol-8-Fire-Hazards-PV-Systems-EN.pdf>
5. Nizam Ong N. A. F. M., Sadiq M. A., Md Said M. S., Jomaas G., Mohd Tohir M. Z., Kristensen J. S. Fault tree analysis of fires on rooftops with photovoltaic systems. *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 46. 103752. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103752>
6. ZAG. Fire safety guideline for building applied photovoltaic systems on flat roofs : guideline. May 2024. 32 p. URL: <https://www.frissbe.eu> (дата звернення: 04.05.2026).
7. Armijo K. M., Johnson J., Hibbs M., Fresquez A. Characterizing fire danger from low-power photovoltaic

arc-faults. Albuquerque: Sandia National Laboratories, 2014. SAND2014-4593C. URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1146568>

8. Li Y., Wang Y., Zhang Y., Zhao Y. Research on fire safety of photovoltaic power generation systems. In: *Proceedings of the 2019 IEEE 3rd International Electrical and Energy Conference (CIEEC)*. Beijing: IEEE, 2019. P. 1887–1892.

9. Nizam Ong N. A. F. M., Sadiq M. A., Md Said M. S., Jomaas G., Mohd Tohir M. Z., Kristensen J. S. Fault tree analysis of fires on rooftops with photovoltaic systems. *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 46. P. 103752.

10. Mazziotti L., Cancelliere P., Paduano G., Setti P., Sassi S. Fire risk related to the use of PV systems in building facades. *MATEC Web of Conferences*. 2016. Vol. 46. 05001. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164605001>

11. Міненерговугілля України. Правила улаштування електроустановок. Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. Наказ від 21.07.2017 № 476.

12. Соляник Н. Ю., Назаровець О. Б., Рудик Ю. І. Випробування з'єднувачів фотоелектричних систем за термічними показниками пожежної безпеки. *Пожежна безпека*. 2023. № 43. С. 144–152.

13. Соляник Н., Дідич В., Назаровець О. Аналіз пожежної небезпеки прикріплених до фасаду будівлі фотоелектричних систем (BAPV). У: *Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Львів : ЛДУБЖД, 2024. С. 72–73.

14. Соляник Н., Назаровець О. Пожежна небезпека фотоелектричних з'єднувачів типу MC-4 під час струмових перенавантажень. У: *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності* : зб. наук. праць XIX міжнар. наук.-практ. конф. Львів : ЛДУБЖД, 2024. С. 249–251.

15. Uma J., Muniraj C., Sathya N. Diagnosis of photovoltaic (PV) panel defects based on testing and evaluation of thermal image. *Journal of Testing and Evaluation*. 2019. Vol. 47, No. 6. P. 4249–4262.

16. Wang Y., Zhang Y., Li Y., Zhao Y. Fire risk assessment of photovoltaic power generation systems. *Renewable Energy*. 2020. Vol. 145. P. 2290–2300.

## REFERENCES

1. Ukrinform. (2024). U Kharkovi na dakhu dytiachoi likarni vstanovyly soniachnu elektrostansiiu [A solar power plant was installed on the roof of a children's hospital in Kharkiv]. Retrieved from: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3887129-u-harkovi-na-dahu-ditacoi-likarni-vstanovili-sonacnu-elektrostanciu.html> [in Ukrainian].

2. Energy Actua. (n.d.). 100 Solar Schools. Retrieved from: <https://www.energyactua.com/uk/100solarschools>

3. Kyiv City State Administration. (n.d.). Kyivska bahatopoverkhivka vstanovyly soniachni paneli

na dakhu, shcho dozvoliaut zabezpechyty robotu teplopunktu v umovakh vidkliuchennia elektroenerhii [A Kyiv apartment building installed solar panels enabling operation of a heating point during power outages]. Retrieved from: [https://kyivcity.gov.ua/news/kivska\\_bahatopoverkhivka\\_vstanovila\\_son\\_yachni\\_paneli\\_na\\_dakhu\\_scho\\_dozvolyayut\\_zabezpechiti\\_robotu\\_teplopunktu\\_v\\_umovakh\\_vidklyuchennya\\_elektroenergi\\_foto/](https://kyivcity.gov.ua/news/kivska_bahatopoverkhivka_vstanovila_son_yachni_paneli_na_dakhu_scho_dozvolyayut_zabezpechiti_robotu_teplopunktu_v_umovakh_vidklyuchennya_elektroenergi_foto/) [in Ukrainian].

4. Allianz Global Corporate & Specialty. (2019). *Fire hazards of photovoltaic (PV) systems: ARC Tech Talk Vol. 8*. Allianz Risk Consulting. Retrieved from: <https://commercial.allianz.com/content/dam/onemarketing/commercial/commercial/pdfs-risk-advisory/ARC-Tech-Talk-Vol-8-Fire-Hazards-PV-Systems-EN.pdf>

5. Nizam Ong, N. A. F. M., Sadiq, M. A., Md Said, M. S., Jomaas, G., Mohd Tohir, M. Z., & Kristensen, J. S. (2022). Fault tree analysis of fires on rooftops with photovoltaic systems. *Journal of Building Engineering*, 46, 103752. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103752>

6. ZAG. (2024). *Fire safety guideline for building applied photovoltaic systems on flat roofs*. <https://www.frissbe.eu>

7. Armijo, K. M., Johnson, J., Hibbs, M., & Fresquez, A. (2014). Characterizing fire danger from low-power photovoltaic arc-faults. Sandia National Laboratories (SAND2014-4593C). <https://www.osti.gov/servlets/purl/1146568>

8. Li, Y., Wang, Y., Zhang, Y., & Zhao, Y. (2019). Research on fire safety of photovoltaic power generation systems. In *Proceedings of the 2019 IEEE 3rd International Electrical and Energy Conference (CIEEC)* (pp. 1887–1892). IEEE.

9. Nizam Ong, N. A. F. M., Sadiq, M. A., Md Said, M. S., Jomaas, G., Mohd Tohir, M. Z., & Kristensen, J. S. (2022). Fault tree analysis of fires on rooftops with photovoltaic systems. *Journal of Building Engineering*, 46, 103752.

10. Mazziotti, L., Cancelliere, P., Paduano, G., Setti, P., & Sassi, S. (2016). Fire risk related to the use of PV systems in building facades. *MATEC Web of Conferences*, 46, 05001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164605001>

11. Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine. (2017). *Rules for electrical installations (PUE)*. Kyiv, Ukraine. Order No. 476 (21.07.2017). [in Ukrainian].

12. Solianyk, N. Yu., Nazarovets, O. B., & Rudyk, Yu. I. (2023). Vyprovuvannia z'iednuvachiv fotoelektrychnykh system za termichnymy pokaznykamy pozhezhnoi bezpeky [Testing of photovoltaic connectors by thermal fire safety indicators]. *Pozhezhna bezpeka*, (43), 144–152. [in Ukrainian].

13. Solianyk, N., Didych, V., & Nazarovets, O. (2024). Analiz pozhezhnoi nebezpeky prykriplenykh do fasadu budivli fotoelektrychnykh system (BAPV) [Fire hazard analysis of building-applied PV systems]. In *Actual problems of fire safety and emergency prevention* (pp. 72–73). Lviv : LSU of Life Safety. [in Ukrainian].

14. Solianyuk, N., & Nazarovets, O. (2024). Pozhezhna nebezpeka fotoelektrychnykh z'iednuvachiv typu MC-4 pid chas strumovykh perevantazhen [Fire hazard of MC-4 connectors under overload conditions]. In *Problems and prospects of life safety system development* (pp. 249–251). Lviv : LSU of Life Safety. [in Ukrainian].

15. Uma, J., Muniraj, C., & Sathya, N. (2019). Diagnosis of photovoltaic (PV) panel defects based on testing and evaluation of thermal image. *Journal of Testing and Evaluation*, 47(6), 4249–4262.

16. Wang, Y., Zhang, Y., Li, Y., & Zhao, Y. (2020). Fire risk assessment of photovoltaic power generation systems. *Renewable Energy*, 145, 2290–2300.

© Н. Ю. Соляник, О. Б. Назаровець

**Оглядова стаття**

Дата першого надходження статті до видання: 20.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 29.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026