

УДК 614.841

ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНАЩЕНОСТІ ТЕРИТОРІЇ ВІДКРИТИХ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК 750/330 КВ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ПЕРВИННИМИ ЗАСОБАМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1.56-65>

Фещук Ю. Л. ORCID iD 0000-0003-4328-8473

Голікова С. Ю., ORCID iD 0000-0002-7793-2901

Жихарев О. П., ORCID iD 0000-0003-4323-1880

Циганков А. О.* ORCID iD 0000-0003-1971-9640

*E-mail: 0502879336@ukr.net

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

АНОТАЦІЯ

Надійшла до редакції: 26.01.2023

Пройшла рецензування: 14.02.2023

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

Ключові слова: первинні засоби пожежогасіння, пожежний щит, території ВРУ 750/330 кВ АЕС, пожежна навантага, системний аналіз, моделювання осередків пожежі.

На основі системного аналізу з використанням трьох альтернативних рішень здійснено вибір найбільш раціонального залежно від визначених критеріїв оцінки, а саме: встановлення пожежних щитів, укомплектованих тими засобами, що можуть бути застосовані з огляду на особливості їх місця розміщення на території відкритих розподільних установок 750/330 кВ (далі – ВРУ) атомних електростанцій (далі – АЕС) у пожежонебезпечних місцях. За результатами комп'ютерного моделювання обґрунтовано площу пожежі на території ВРУ, яка може розвинути до моменту застосування первинного засобу пожежогасіння, а також максимальну відстань від пожежного щита до осередку пожежі. Встановлено, що для забезпечення пожежної безпеки територій ВРУ 330 кВ потрібно передбачити не менше чотирьох пожежних щитів, а для ВРУ 750 кВ – не менше дев'яти. Запропоновано орієнтовну схему їх розміщення. З огляду на загрози та небезпеки територій ВРУ 330/750 кВ АЕС запропоновано необхідну комплектацію пожежних щитів саме тими засобами, які можуть бути використані під час виникнення пожежі.

Постановка проблеми. Щороку в Україні на трансформаторних підстанціях, в електророзподільних пунктах у середньому фіксується близько 166 пожеж. Безпосередньо на території відкритих розподільних установок ВРУ 330/750 кВ в середньому виникає шість пожеж. Це своєю чергою створює підґрунтя для вжиття заходів щодо їх попередження та оперативного реагування, в тому числі за допомогою первинних засобів пожежогасіння.

На сьогодні у Правилах пожежної безпеки в Україні передбачено встановлення пожежних щитів на території об'єктів площею понад 200 м² із розрахунку один щит (стенд) на 5000 м² захищеної площі. Однак у зазначеній вимозі не враховується специфіка

території, котру захищають такі пожежні щити, та доцільність використання засобів, які на них є, за умови, що вони можуть бути використані за призначенням. Це так само створює передумови для удосконалення підходів щодо оснащення первинними засобами пожежогасіння ВРУ, що має вплинути на оптимізацію кількості первинних засобів пожежогасіння, матиме економічну та практичну доцільність. Вказане дасть змогу скоротити матеріальні затрати внаслідок раціонально-оптимізованого розміщення первинних засобів пожежогасіння на території ВРУ, витрати на їх обслуговування, водночас сприятиме забезпеченню належного рівня пожежної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чимало науковців

здійснювали дослідження об'єктів енергетики, зокрема атомних електростанцій, ВРУ. Так, у роботі [1] проаналізовано загрози та небезпеки, що трапляються на цих територіях. Встановлено, що основними причинами пожеж, які виникали на таких об'єктах, були: протікання мастила, електричні несправності, проведення робіт із відкритим вогнем, помилки персоналу. Зазначено, що умовою забезпечення пожежної безпеки ВРУ АЕС є якісне врахування пожежного навантаження, яким можуть бути: оливосистеми, кабельні виробни, речовини та матеріали, що тимчасово розміщені на території, крім того, джерела запалювання – відкрите полум'я, механізми, що під час експлуатації перебувають під тиском, а з огляду на це можливі наслідки порушення умов експлуатації.

Питання забезпечення пожежної безпеки об'єктів атомної енергетики розглядалося під час проведення міжнародної науково-практичної конференції в Мумбаї (Індія) [2]. Зокрема, визначено ймовірність виникнення пожеж на таких об'єктах на основі проведеного аналізу. Встановлено, що забезпечення пожежної безпеки безпосередньо залежить від справності наявного електрообладнання та дотримання правил безпеки праці.

Досить суттєві напрацювання щодо пожежної безпеки електроустановок, зокрема атомних електростанцій, викладені в роботі [3]. Вона присвячена ймовірнісній оцінці пожежної безпеки таких об'єктів, що дає можливість спрогнозувати виникнення пожежі на території підприємства. Схожими за змістом є наукові праці [4–5], в яких по суті зроблено історичний огляд пожежної безпеки об'єктів атомних електростанцій та особливостей протипожежних заходів у межах ризик-інформованого ухвалення рішень.

Аналіз літературних джерел показав, що кожне з досліджень має свої особливості та не створює умов для забезпечення належного рівня пожежної

безпеки територій ВРУ АЕС, в тому числі із їх забезпеченням первинними засобами пожежогасіння. Це своєю чергою підтверджує актуальність дослідження.

Формулювання цілей дослідження. Метою цієї роботи є визначення необхідної кількості та виду первинних засобів пожежогасіння для забезпечення пожежної безпеки територій ВРУ 750/330 кВ АЕС.

Для досягнення поставленої мети сформувані такі задачі:

- дослідити стан пожежної безпеки територій ВРУ 750/330 кВ АЕС;
- провести аналіз нормативної бази щодо забезпечення пожежної безпеки АЕС;
- здійснити системний аналіз ухвалення управлінського рішення щодо забезпеченості територій ВРУ 750/330 кВ АЕС первинними засобами пожежогасіння;
- провести FDS-моделювання процесу гасіння осередків пожежі на територіях ВРУ 750/330 кВ АЕС первинними засобами пожежогасіння;
- надати пропозиції щодо забезпеченості територій ВРУ 750/330 кВ АЕС первинними засобами пожежогасіння.

Об'єкт досліджень – процес забезпечення пожежної безпеки територій ВРУ 750/330 кВ АЕС.

Предмет досліджень – вплив оснащення необхідної кількості та виду первинних засобів пожежогасіння територій ВРУ 750/330 кВ АЕС на забезпечення їх пожежної безпеки.

Методи дослідження. В роботі застосовані основи системного аналізу для ухвалення рішення щодо встановлення та укомплектованості пожежних щитів. За результатами комп'ютерного моделювання обґрунтовано площу пожежі на території ВРУ, яка може розвинути до моменту застосування первинного засобу пожежогасіння, а також максимальну відстань від пожежного щита до осередку пожежі.

Виклад основного матеріалу дослідження. За даними підрозділів територіальних органів ДСНС, упродовж

останніх п'яти років відповідно до п. 161 [6] на трансформаторних підстанціях, електророзподільних пунктах зареєстровано 831 пожежу. Інформацію відповідно до років надано як гістограму (рис. 1).

Рисунок 1 – Пожежі на трансформаторних підстанціях, електророзподільних пунктах за 2018–2022 роки

Джерело: розроблено авторами

Об'єктом наукових досліджень є територія виробничих та допоміжних будівель ВРУ 750/330 кВ. Ця територія поділена на дві частини: територія з електричним устаткуванням напругою понад 1000 В та виробничими будівлями ВРУ 750 кВ; територія з електричним устаткуванням напругою понад 1000 В та виробничими будівлями ВРУ 330 кВ.

Зовнішнє протипожежне водопостачання забезпечується від 12 пожежних гідрантів (№ 26, 26а, 26б, 27, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47), розміщених на кільцевій мережі зовнішнього протипожежного водопроводу високого тиску діаметром Ø300 мм та пожежних ємностей ППНС (2 x 250 м³).

На території ВРУ 750/330 кВ розміщені сім пожежних щитів (п'ять – на ВРУ 750 кВ, два – на ВРУ 330 кВ).

Електричне оливонаповнене обладнання (автотрансформатори, компенсуючі реактори тощо), захищене автоматичними системами пожежогасіння та системами аварійного зливу оливи.

Територія ВРУ 330 кВ має загальну площу 5,75 га, а ВРУ 750 кВ – 23,5 га.

На території ВРУ 330 кВ найбільшу небезпеку створюють трансформатори

напруги типу НКФ-330, трансформатор струму типу ТФРМ-330 Б, а на території ВРУ 750 кВ: АТ – автотрансформатор типу АОДЦТН-333000/750/330, трансформатор ТПР (трансформатор регулюючий) типу ОДЦТНП-92000/150, РМ – реактор оливонаповнений типу РОДЦ-110000/750.

Забезпечення пожежної безпеки території ВРУ 750/330 кВ АЕС безпосередньо пов'язане з виконанням [7]. Зокрема, згідно зі статтею 55 [7] передбачені заходи щодо забезпечення пожежної безпеки.

З метою проведення дослідження стану нормативного-технічного регулювання забезпечення пожежної безпеки територій АЕС, в тому числі ВРУ, проведено аналіз відповідних нормативних документів [7–17].

Проведений аналіз нормативної бази щодо забезпечення пожежної безпеки АЕС, зокрема відкритих розподільних установок, дав змогу виявити основні вітчизняні та міжнародні нормативні документи щодо забезпечення протипожежного захисту таких об'єктів. У цих документах висунуті вимоги як до електрообладнання, так і до територій, на яких воно перебуває.

У [15] не встановлені вимоги щодо оснащення первинними засобами пожежогасіння відкритих розподільчих установок.

У [15] встановлені вимоги щодо оснащення пожежними щитами території об'єкта залежно від площі, однак не враховуються специфіка такого об'єкта, його пожежна навантага. Це все створює передумови для проведення відповідних досліджень щодо необхідної оснащеності пожежними щитами територій відкритих розподільчих установок.

На території ВРУ 750/330 кВ АЕС за рік можлива певна кількість пожеж, збитки від яких складають сотні тисяч гривень. З огляду на це пожежна безпека – нагальна проблема, яку можна ефективно вирішувати тільки із застосуванням комплексного підходу, із залученням усіх наявних сил і засобів, які будуть сприяти зменшенню кількості пожеж, обмеженню

їх поширення у разі виникнення, прискоренню реагування, що своєю чергою призведе до зменшення збитків та збільшення ймовірності недопущення загибелі працівників.

Унаслідок проведення аналітичних досліджень виявлені такі проблемні питання:

- через необґрунтоване розміщення пожежних щитів щодо пожежонебезпечних місць на території ВРУ збільшується час реагування на пожежу;

- збільшення часу реагування – збільшення часу гасіння пожежі;

- необґрунтована комплектація пожежних щитів призводить до збільшення матеріальних витрат на засоби, які будуть мати низьку ефективність або й взагалі не використовуватимуться під час ліквідації пожежі;

З огляду на це запропоновано такі альтернативи вирішення зазначених питань:

1) встановлення укомплектованих згідно з вимогами [16] пожежних щитів із розрахунку один щит на 5000 м^2 захищеної площі ВРУ 750/330 кВ АЕС;

2) встановлення укомплектованих згідно з вимогами [16] пожежних щитів у визначених пожежонебезпечних місцях ВРУ 750/330 кВ АЕС;

3) укомплектування пожежних щитів необхідними засобами, в тому числі первинними засобами пожежогасіння, що можуть бути застосовані з огляду на особливості їх місця розміщення із врахуванням граничної відстані до пожежонебезпечних місць територій ВРУ 750/330 кВ АЕС.

На основі методичних рекомендацій, запропонованих у Системному аналізі та

теорії ухвалення рішень [17], проведено оцінку наведених вище альтернативних варіантів методом побудови дерева управлінських рішень.

Як критерії оцінки вибрано:

а) здатність забезпечити належний рівень реагування на потенційну пожежу за допомогою первинних засобів пожежогасіння;

б) витрати на впровадження кожного з альтернативних рішень із врахуванням витрат на обслуговування;

в) поточні витрати за кожним із альтернативних рішень.

Оцінку альтернатив проведено за 10-ти бальною шкалою:

– якщо А і В однаково важливі, заносимо в позицію (А, В) таблиці порівнянь число 1;

– якщо А трохи важливіше В – число 3;

– якщо А значно важливіше В – число 5;

– якщо А явно важливіше В – число 7;

– якщо А за своєю значущістю абсолютно перевершує В – число 9.

Числа 2, 4, 6 і 8 використовуються для полегшення компромісів між оцінками, що злегка відрізняються від основних чисел.

Структура задачі ухвалення рішення наведена на рис. 2. Задача має один ієрархічний рівень з трьома критеріями.

Згідно з деревом оцінки альтернатив найбільш доцільно запроваджувати рішення за альтернативою № 3. Таким чином, найбільш доречним є варіант встановлення пожежних щитів, укомплектованих саме тими засобами, що можуть бути застосовані, враховуючи особливості їх місця розміщення на території ВРУ 750/330 кВ АЕС у пожежонебезпечних місцях.

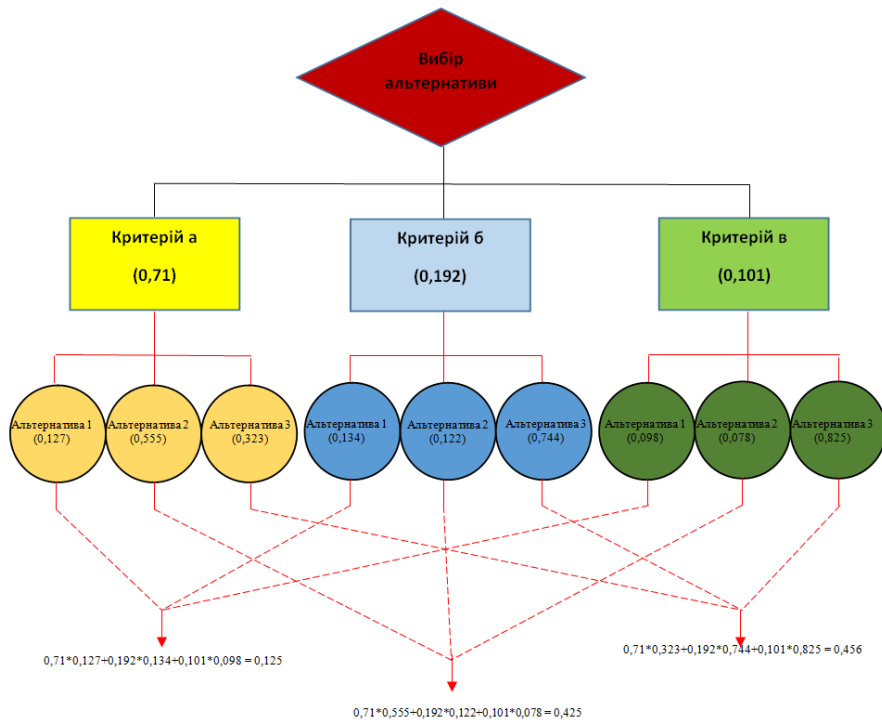


Рисунок 2 – Дерево оцінки альтернатив

Джерело: розроблено авторами

Важливим критерієм, який потрібно врахувати під час визначення кількості пожежних щитів на відкритих територіях (за заданих граничних умов) для реагування на пожежі за допомогою первинних засобів пожежогасіння, є «фактор часу», в який закладено такі вихідні дані:

- швидкість руху працівника до місця розміщення пожежного щита – 2,2 м/с;
- відстань прямування до ПЩ – 160 м;
- швидкість руху працівника від місця розміщення пожежного щита – 1,94 м/с;
- відстань прямування від ПЩ – 160 м;
- тривалість затримки на вжиття заходів щодо ліквідації пожежі – 120 с;
- тривалість затримки на розкриття ПЩ та взяття ПЗП – 60 с.

Виконавши відповідні розрахунки, отримуємо:

- час прямування до пожежного щита – 75 с;
- час прямування від пожежного щита – 82 с;
- час вільного розвитку пожежі – 336 с.

Орієнтовна схема прямування до первинних засобів пожежогасіння наведена на рис. 3.

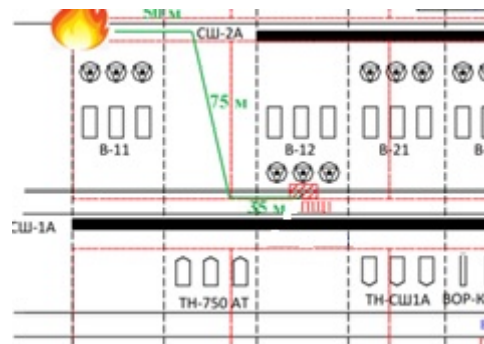
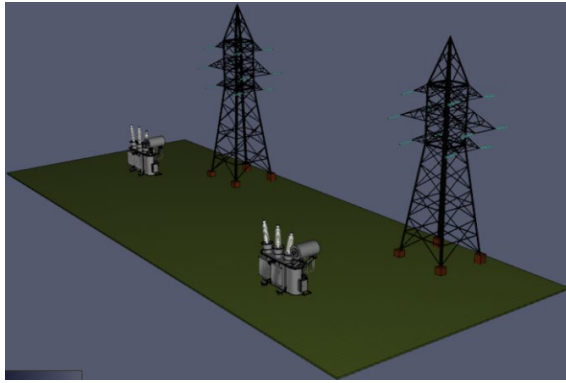


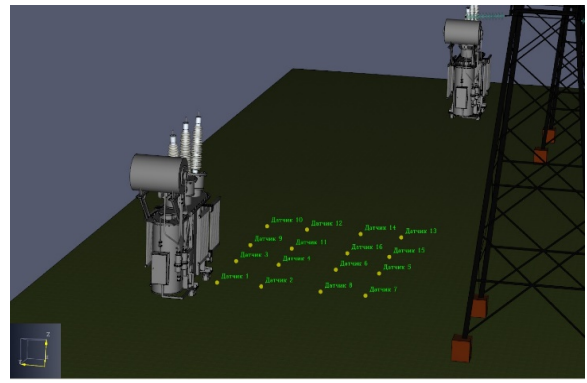
Рисунок 3 – Орієнтовна схема прямування від осередку пожежі до первинних засобів пожежогасіння

Джерело: розроблено авторами

На основі ухваленого варіанта вибору пожежної навантаги з використанням програмного комплексу FDS побудовано комп'ютерну модель (рис. 4).



а



б

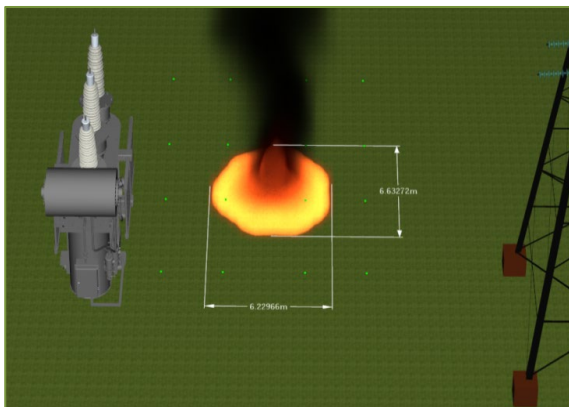
Рисунок 4 – FDS-моделювання: а – загальний вигляд комп’ютерної моделі; б – схема розміщення термодатчиків Д1–Д16 для вимірювання температури на комп’ютерній моделі

Джерело: розроблено авторами

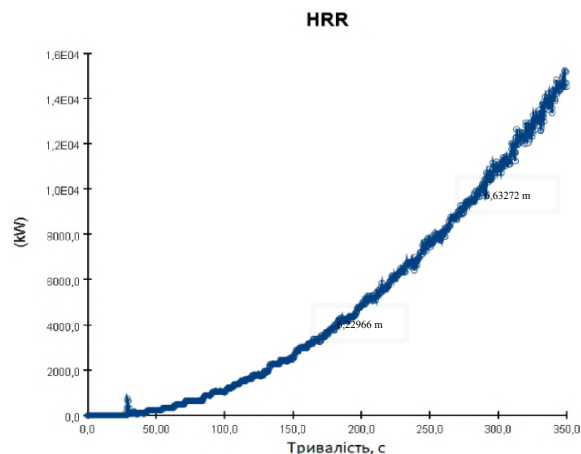
Відповідно до ухваленого сценарію під час виконання технічних робіт на типовій ділянці території ВРУ 750 кВ виникло розлиття на ґрунт 3 л бензину марки А-95, швидкість поширення полум’я 0,059 м/с, що відповідає рекомендаціям моделювання FDS [17], питома теплоємність тепловиділення 350 кВт/м² з подальшим його займанням. Обґрунтування вибору території ВРУ 750 кВ зумовлено її розмірами та найбільшими відстанями від пожежних щитів до будь-якої точки технологічної ділянки, де розташоване оливонаповнене та пожежонебезпечне обладнання.

Для контролю температурного режиму та визначення температурних розподілів у зоні пожежі на рівні ґрунту встановлено вимірювачі в газовому середовищі, схему розміщення яких наведено на рис. 4б.

За результатом проведеного моделювання визначено, що розрахункова площа можливої пожежі в разі розлиття 3 л бензину з подальшим його займанням та вільним поширенням вогню через можливість займання сухої трави може становити близько 42 м² (рис. 5).



а



б

Рисунок 5 – Результат FDS-моделювання: а – візуалізація площі поширення пожежі, б – графік розвитку інтенсивності тепловиділення вогнища пожежі з часом

Джерело: розроблено авторами

Окрім цього, схеми розміщення пожежних щитів доцільно уточнити з урахуванням забезпечення зменшення відстані від найвіддаленішої точки

розміщення осередку пожежі до пожежного щита з 160 м до 130 м.

На основі виконаних розрахунків та проведеного комп’ютерного моделювання

запропоновано орієнтовну схему розміщення пожежних щитів на території ВРУ 330 кВ АЕС (рис. 6).

Враховуючи велику площу території, на якій перебуває електрообладнання ВРУ 330 кВ АЕС, фактичну неможливість проведення гасіння електрообладнання за допомогою первинних засобів пожежогасіння, тому що воно розміщено на висоті, доцільно передбачити первинні засоби пожежогасіння саме в тих місцях, в яких їх можна використати, з розрахунку, що відстань від

найвіддаленішої точки розміщення оливонаповненого обладнання до пожежного щита повинна становити не менше 130 м, але в кількості не менше чотирьох пожежних щитів (додатково 2 ПЩ від наявних) з такою комплектацією кожного:

- вогнегасники – 3 од.,
- ящик з піском – 1 од.,
- протипожежне покривало – 1 од.,
- багор або гак – 1 од.,
- лопата – 2 од.

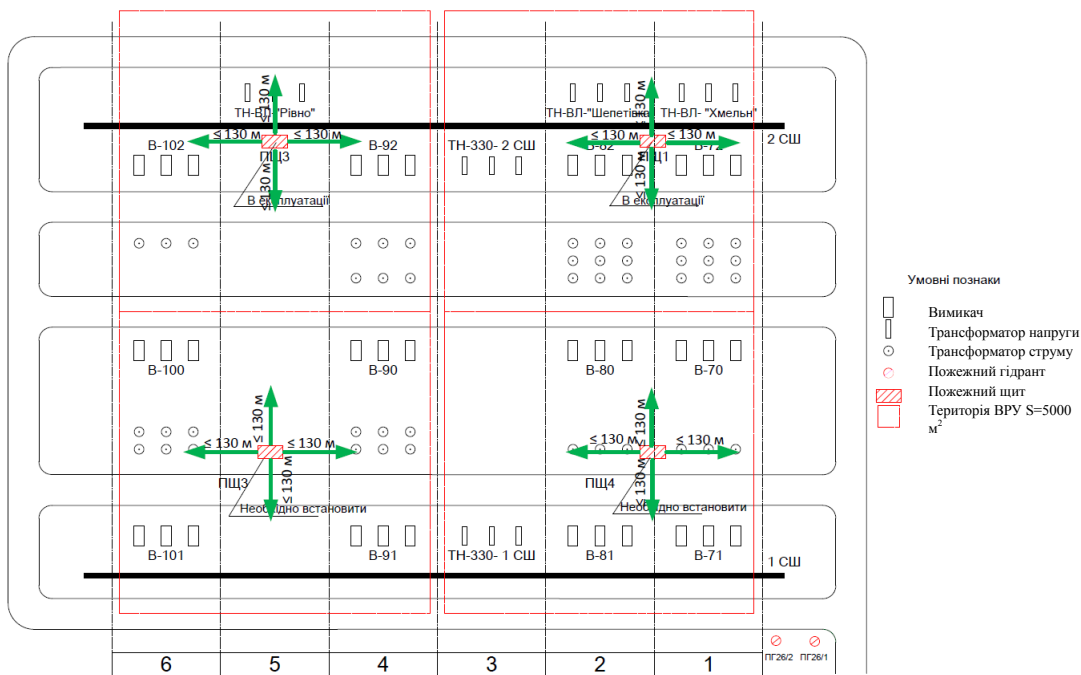


Рисунок 6 – Орієнтовна схема розміщення пожежних щитів на території ВРУ 330 кВ АЕС

Джерело: розроблено авторами

Аналогічно території ВРУ 330 кВ АЕС оснащення первинними засобами пожежогасіння території ВРУ 750 кВ АЕС необхідно здійснювати, враховуючи особливості її території.

Орієнтовна схема розміщення пожежних щитів на території ВРУ 750 кВ АЕС наведена на рис. 7.

Зі схеми, наведеної на рис. 7, видно, що на території ВРУ 750 кВ необхідно передбачити додатково до наявних ще 2 ПЩ, тобто загальна кількість має бути ≥ 9 ПЩ з комплектацією:

- вогнегасники – 3 од.,
- ящик з піском – 1 од.,

- протипожежне покривало – 1 од.,
- багор або гак – 1 од.,
- лопата – 2 од.

Варто зазначити, що під час застосування на практиці запропонованого принципу розташування пожежних щитів на території ВРУ 750/330 кВ АЕС обов'язковою умовою є зазначення у внутрішніх виробничих документах такої вимоги: у разі проведення будь-яких робіт на територіях ВРУ 330/750 кВ обслуговуючий персонал повинен мати не менше трьох вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини не менше п'яти кілограмів.

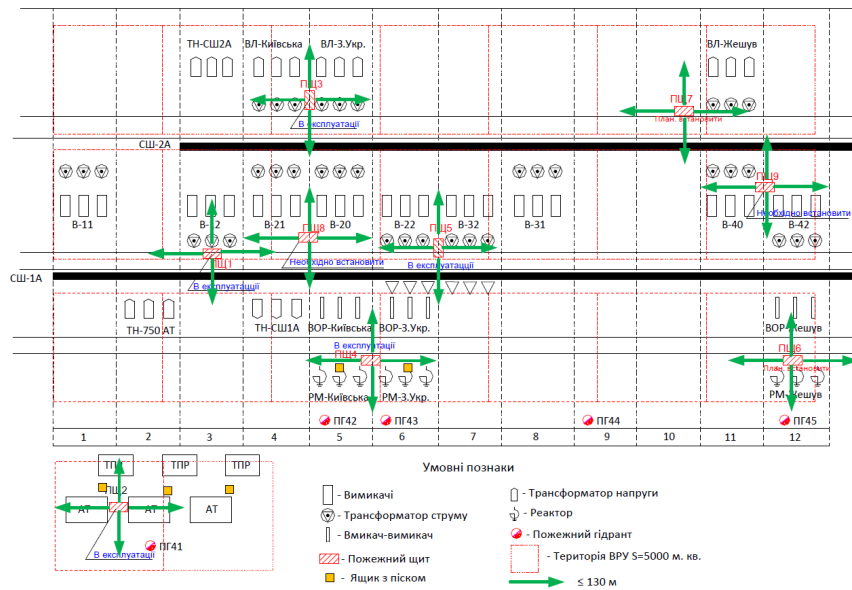


Рисунок 7 – Орієнтовна схема розміщення пожежних щитів на території ВРУ 750 кВ АЕС

Джерело: розроблено авторами

Висновки та напрями подальших досліджень.

1. Проведений аналіз статистичних даних щодо пожеж показав зростаючу тенденцію до їх виникнення на трансформаторних підстанціях, в електророзподільних пунктах. Водночас встановлено, що повноцінних статистичних даних щодо виникнення пожеж на відкритих розподільних установках ВРУ 750/330 кВ немає. За наявними даними, щороку на територіях ВРУ фіксується від п'яти до семи пожеж, в тому числі пов'язаних із займанням трав'яного настилу. Це створює передумови щодо можливості зміни підходів до реагування на пожежі за допомогою первинних засобів пожежогасіння.

2. На основі проведеного дослідження пожежної навантаги, інженерних систем території ВРУ 750/330 кВ АЕС встановлено її фактичний протипожежний стан.

3. Унаслідок проведеного аналізу наявних нормативних документів не виявлені вимоги стосовно оснащення території ВРУ щодо кількості пожежних щитів та первинних засобів пожежогасіння залежно від специфічної пожежної небезпеки таких об'єктів.

4. На основі проведеного системного аналізу з використанням трьох альтернативних рішень здійснено вибір найбільш раціонального залежно від встановлених критеріїв оцінки.

5. На основі проведеного комп'ютерного моделювання обґрунтовано площу пожежі трав'яного настилу 42 м² на території ВРУ, яка може розвинути до моменту застосування первинного засобу пожежогасіння. Також встановлено, що для ефективного гасіння осередку пожежі відстань від найвіддаленішої точки осередку пожежі до пожежного щита повинна бути не більше 130 м.

6. На основі проведених досліджень встановлено, що для забезпечення пожежної безпеки території ВРУ 330 кВ потрібно передбачити не менше чотирьох пожежних щитів, а для ВРУ 750 кВ – не менше дев'яти. Запропоновано орієнтовну схему їх розміщення.

З огляду на загрози та небезпеки територій ВРУ 330/750 кВ АЕС запропоновано необхідну комплектацію пожежних щитів саме тими засобами, які можуть бути використані під час виникнення пожежі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жаворонков І. С., Люшонок А. В. Забезпечення пожежної безпеки електростанцій. *Вісник Університету цивільного захисту*. 2018. № 3. С. 343–350.
2. Токмачов Г. В. Ймовірнісний аналіз безпеки для пожеж на АЕС Куданкулам в Індії. *Безпека атомної енергетики* : зб. матеріалів міжнар. конф. з надійності, безпеки та ризику 2005 : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Мумбай : Індія, 2005. С. 375–380.
3. Vinod G. Insights from fire PSA for enhancing NPP safety. *Nuclear Engineering and Design*. 2008. № 238. P. 2359–2368.
4. Asamoah M. Historical review of fire safety at NPP and application of fire PSA to Westinghouse PWR NPP in the frame of risk-informed decision making : *Universitat politecnica de catalunya barcelonatech*. 2018. P. 231.
5. McGrattan K. Fire Dynamics Simulator User's Guide. *National Institute of Standards and Technology Gaithersburg*. Maryland, USA. 2013. № 6. P. 288.
6. Про забезпечення ведення обліку пожеж та їх наслідків : затв. наказом ДСНС України від 16 серп. 2017. № 445. С. 3–15.
7. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02 жовт. 2012 р. *Голос України*. 2012. 20 листоп. С. 33–84.
8. Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety : Requirements No. SSR-2/1. Vienna. IAEA. 2012. P. 91.
9. Правила улаштування електроустановок : затв. наказом М-ва енергетики та вугільної промисловості України від 21 липня 2017. № 476. *Урядовий кур'єр*. 2017. 01 серп. С. 13–37.
10. Інструкція щодо застосування вогнезахисних покриттів для кабелів у кабельних спорудах : затв. наказом М-ва палива та енергетики України від 01 квітня 2005. № 139. *Відомості Міністерства палива та енергетики України*. 2005. № 4. 10 квіт. С. 21–42.
11. Правила будови електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція : затв. наказом М-ва енергетики та вугільної промисловості України від 21 жовт. 2013. №756. *Відомості Міністерства палива та енергетики України*. 2013. 30 жовт. С. 15–62.
12. Про затвердження Інструкції з гасіння пожеж на енергетичних об'єктах України : затв. наказом М-ва енергетики та вугільної промисловості України від 22 груд. 2011. № 863. *Офіційний вісник України*. 2012. № 4. 23 січ. С. 6–33.
13. Протипожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами : затв. наказом М-ва палива та енергетики України від 05 квіт. 2002. № 208. *Відомості Міністерства палива та енергетики України*. 2002. 10 травня. С. 22–26.
14. Про затвердження Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України : затв. наказом М-ва енергетики та вугільної промисловості України від 26 вер. 2018. № 491. *Офіційний вісник України*. 2019. № 30. 19 квіт. С. 11–32.
15. Правила пожежної безпеки при експлуатації атомних станцій : затв. наказом М-ва палива та енергетики України від 30 травня 2007. № 256. *Офіційний вісник України*. 2007. 21 вересня. С. 8–28.
16. Правила пожежної безпеки в Україні : затв. наказом М-ва внутрішніх справ України від 30 грудня 2014. №1417. *Офіційний вісник України*. 2015. 10 квітня. С. 9–21.
17. Говаленков С.В. Методичні рекомендації до самостійної роботи з дисципліни : Системний аналіз і теорія прийняття рішень. Харків : МАУП, 2015. 12 с.
18. McGrattan K. Fire Dynamics Simulator. Technical Reference Guide : Mathematical model NIST Special Publication 1018-5. National Institute of Standards and Technology Gaithersburg. Maryland, USA. 2007. Vol. 1. № 5. P. 100.

REFERENCES

1. Zhavoronkov, Y. S., Yliushonok A. V. (2018). Zabezpechennia pozhezhnoi bezpeky elektrostantsii [Ensuring fire safety of power plants]. *Visnyk Universytetu tsyvilnoho zakhystu*, 3, 343-350 [in Ukrainian].
2. Tokmachev, H. V. (2005). Ymovimosnyi analiz bezpeky dlia pozhezh na AES Kudankulam v Indii [Probabilistic Safety Analysis for Fires at Kudankulam Nuclear Power Plant in India], *Materialy Mizhnarodnoi naukovo - praktychnoi konferentsii z nadiinoshti, bezpechnosti i ryzykiv Bezpeka atomnoi enerhetyky* [collection of materials International conf. on reliability, safety and risk], Mumbai [in Ukrainian].
3. Vinod, G. (2008). Insights from fire PSA for enhancing NPP safety. *Nuclear Engineering and Design*, 238, 2359–2368 [in English].
4. Asamoah, M. (2018). Historical review of fire safety at NPP and application of fire PSA to Westinghouse PWR NPP in the frame of risk-informed decision making. *Universitat politecnica de catalunya barcelonatech*, 231 [in English].
5. McGrattan, K. (2013). Fire Dynamics Simulator User's Guide, *National Institute of Standards and Technology Gaithersburg*, 6, 288 [in English].
6. Order of the State Emergency Service of Ukraine on ensuring record keeping of fires and their consequences August 16 2017, № 445. (2017, August 16). pp. 3-15 [in Ukrainian].
7. Code of Civil Protection of Ukraine October 02 2012, № 5403-VI. (2012, November 20). *Holos Ukrainy*, pp. 33-84 [in Ukrainian].
8. Safety of nuclear power plants. Designing February 13 2012, № SSR - 2/1, 91. Retrieved from <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1715web-46541668.pdf> [in English].
9. Rules for arranging electrical installations July 21 2017, № 476. (2017, Sept. 01). *Uriadovyi Kurier*, pp. 13-37 [in Ukrainian].
10. Instructions for the use of fire-resistant coatings for cables in cable structures April 01 2005, № 139. (2005, April 10). *Vidomosti Ministerstva palyva ta enerhetyky Ukrainy*, pp. 21-42 [in Ukrainian].
11. Rules for the construction of electrical installations. Fire safety of electrical installations. Instruction October 21 2013, № 756. (2013, October 21). *Vidomosti Ministerstva palyva ta enerhetyky Ukrainy*, pp. 15-62 [in Ukrainian].
12. On the approval of the Instructions for extinguishing fires at energy facilities of Ukraine December 22 2011, № 863. (2012, January 23). *Ofitsiynyi visnyk Ukrainy*, pp. 6-33. [in Ukrainian].

13. Fire protection standards for the design of nuclear power plants with water-water power reactors April 05 2002, № 208. (2002, May 10). *Vidomosti Ministerstva palyva ta enerhetyky Ukrainy*, pp. 22-26. [in Ukrainian].
14. On the approval of the Fire Safety Rules in companies, enterprises and organizations of the energy sector of Ukraine September 26 2018, № 491. (2019, April 19). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*, pp. 11-32. [in Ukrainian].
15. Rules of fire safety during the operation of nuclear power plants May 30 2007, № 256. (2007, September 21). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*, pp. 8-28. [in Ukrainian].
16. Fire safety rules in Ukraine December 30 2014, № 1417. (2015, April 10). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*, pp. 9-21. [in Ukrainian].
17. Hovalenkov, S. V. (2015). *Metodychni rekomendatsii do samostiinoi roboty z dystsypliny Systemnyi analiz i teoriia pryiniattia rishen* [Methodological recommendations for independent work in the discipline System analysis and decision-making theory]. *Naukovi pratsi MAUP*, 3, 12. [in Ukrainian].
18. McGrattan, K. (2007). *Fire Dynamics Simulator. Technical Reference Guide. Mathematical model NIST Special Publication, National Institute of Standards and Technology Gaithersburg 1(5), 100* [in English]

JUSTIFICATION OF THE EQUIPMENT OF THE 750/330 KV VRU TERRITORY OF VP KHAES WITH PRIMARY FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT

Yu. Feshchuk, S. Holikova, O. Zhikharev, A. Tsyhankov

Institute of Public Administration and Research on Civil Protection, Ukraine

KEYWORDS:

primary means of fire extinguishing, fire shield, territory of the VRU 750/330 kV NPP, fire load, system analysis, modeling of fire centers.

ANNOTATION

The growing trend of fires at electric power facilities, including open distribution facilities (PLAs), creates the basis for taking measures for their prevention and prompt response, including with the help of primary fire extinguishing means. Currently, the Fire Safety Rules in Ukraine provide for the installation of fire shields on the territory of objects with an area of more than 200 m² at the rate of one shield (stand) per 5,000 m² of protected area. However, this requirement does not take into account the specifics of the territory protected by such fire shields and the expediency of using the means they are equipped with in the conditions of intended use. The purpose of this work is to determine the required number and type of primary fire extinguishing means to ensure fire safety of the territory of the VRU 750/330 kV NPP. On the basis of the conducted research of the available fire load, engineering systems of the territory of the VRU 750/330 kV NPP, its fire prevention condition was established. The analysis of the existing normative documents showed that there are no requirements for equipping the territory of the VRU with fire shields and their equipment with primary fire extinguishing means, depending on the specific fire hazard of such objects. On the basis of a system analysis using three alternative solutions, the most rational choice was made, depending on the established assessment criteria, namely: the installation of fire panels equipped with exactly those means that can be applied, taking into account the peculiarities of their location on the territory of the VRU 750/330 kV NPP in fire-hazardous places. Based on the results of computer modeling, the area of the fire on the territory of the VRU, which can develop before the use of the primary fire extinguishing agent, as well as the maximum distance from the fire shield to the center of the fire, is substantiated. It has been established that to ensure fire safety of the territory of the 330 kV VRU, at least 4 fire shields should be provided and an approximate scheme of their placement is proposed, and for the territory of the 750 kV VRU, it is necessary to provide at least 9 fire shields with an approximate scheme of their placement. Based on the threat and danger of the territories of the VRU 330/750 kV NPP, it is proposed to equip the fire shields with exactly those means that can be used in the event of a fire.
