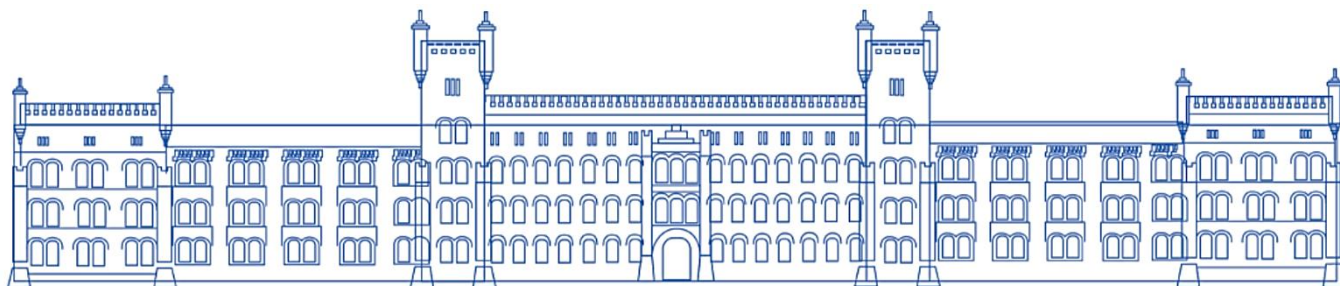




ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ



ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ В УМОВАХ ВІЙНИ

*Збірник тез доповідей
I Міжнародної науково-практичної конференції*

17-18 квітня 2025 року

Цивільний захист в умовах війни : збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 17-18 квітня 2025 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. 296 с.

РЕДКОЛЕГІЯ:

Василь ЛОЇК	кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Роман ЯКОВЧУК	доктор технічних наук, доцент, начальник факультету цивільного захисту ЛДУБЖД
Ольга МЕНЬШИКОВА	кандидат фізико-математичних наук, доцент, заступник начальника факультету цивільного захисту, ЛДУБЖД
Андрій ГАВРИСЬ	кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Олександр СИНЕЛЬНИКОВ	кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Андрій ГАВРИЛЮК	кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Павло БОСАК	кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Андрій ТАРНАВСЬКИЙ	кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Мар'ян ЛАВРІВСЬКИЙ	старший викладач кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Олександр ЛЮБОВЕЦЬКИЙ	старший викладач кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Володимир РИХВА	викладач кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Олександра ПЕКАРСЬКА	викладач кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Максим ДОВГАНОВСЬКИЙ	викладач кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД
Вікторія ФІЛІПОВА	викладач кафедри цивільного захисту, ЛДУБЖД

У збірнику тез I Міжнародної науково-практичної конференції «Цивільний захист в умовах війни» висвітлено досвід сучасних тенденцій й викликів в організації цивільного захисту в умовах війни, а також формування основних напрямків вдосконалення та розвитку системи цивільного захисту.

Для наукових, науково-педагогічних та педагогічних працівників закладів освіти, працівників наукових, виробничих установ, підрозділів ДСНС України, представників державних та місцевих органів влади, громадських і професійних організацій та здобувачів освіти.

Автори несуть особисту відповідальність за зміст представлених публікацій, достовірність результатів і дотримання вимог академічної доброчесності. Оргкомітет не несе відповідальності за порушення правил написання в друкованих авторських матеріалах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Убайдуллаєв Ю.Н., Гаврилюк А.О., Полтораченко А.І. Моделювання розвитку надзвичайної ситуації на арсеналах, базах, складах зберігання боєприпасів. Збірник наукових праць “Управління розвитком складних систем”. Київ: КНУБА. 2019. № 37. С. 60–65.
2. ДСТУ 9047:2020. Системи протипожежного захисту. Настанова з підтримання експлуатаційної придатності. [Чинний від 2021-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2020. 42 с.
3. Авраменко О.В., Яблонський П.М., Сарапін Ю.О., Федоров О.В. Визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування системи пожежної сигналізації та оповіщення на військових об’єктах зберігання боєприпасів (авіаційних засобів ураження). Науково-практичний журнал “Повітряна міць України”. Київ, 2024. № 2 (7). С. 96–105.
4. Сарапін Ю.О. Методика підвищення ефективності експлуатування систем пожежної сигналізації та оповіщення на військових об’єктах зберігання засобів ураження. Збірник наукових праць “Труди університету”. Київ: НУОУ. 2025. № 1 (190). С. 194–204.
5. ДСТУ ISO 9000:2015. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 45 с.

УДК 621.313

НЕБЕЗПЕКИ ВИТОКУ ВОДНЮ З ТУРБОГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

*А. Б. Тарнавський, к.т.н., доцент, Р. Б. Веселівський, к.т.н., доцент, А. П. Гаврись к.т.н.,
доцент*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Експлуатація турбогенераторних установок атомних та теплових електростанцій супроводжується виділенням тепла, яке сприяє нагріванню складових частин генератора та може призвести до аварійної ситуації. Оскільки турбогенератори експлуатуються впродовж тривалого часу, то процес безперервного охолодження обладнання генератора у цьому випадку відіграє важливу роль, оскільки його перегрівання може призвести до аварійних ланцюгових реакцій, пожеж, вибухів тощо.

В сучасних турбогенераторах в якості охолоджувача застосовують газоподібний водень. Охолодження турбогенераторів воднем є більш ефективним, порівняно з повітряним, оскільки коефіцієнт теплопередачі водню, порівняно з повітрям, є у 1,5 рази більшим, а теплопровідність – у 7 разів вища. Крім того, застосування водню в системі охолодження обмоток турбогенератора, порівняно з повітрям, не призводить до окислення ізоляції електричних проводів.

Попри свої переваги використання водню як холодоагента у турбогенераторах має і свої недоліки. Так, при контакті водню з металевими елементами турбогенератора (підшипники, деталі ротора) він може сприяти корозії та подальшому руйнуванню металу, чим погіршує експлуатаційні властивості цих елементів. Можливість проникнення газоподібного водню через пористі ущільнюючі матеріали і найменші нещільності у корпусі турбогенератора та трубопроводах зумовлена його фізико-хімічними властивостями, а витікання водню з корпусу турбогенератора достатньо важко виявити вже на відстані 0,25-0,3 м від місця його витоку. Тому у турбогенераторів з водневим охолодженням необхідно забезпечити високу газощільність обмоток статора і ротора, газоохолоджувачів, люків і знімних торцевих щитів.

Також одним із основних недоліків водневого охолодження турбогенераторів та використання водню у технологічних процесах електричних станцій є його здатність утворювати з повітрям та парами масла вибухонебезпечні суміші [1]. Можливі витoki водню у

процесі експлуатації технічних агрегатів можуть призвести до утворення горючої воднево-повітряної суміші у повітрі та спричинити вибух, пожежу та руйнування.

Під час експлуатації турбогенераторів з водневим охолодженням зафіксовано значну кількість вибухів водню з наступним виникненням пожежі у машинних залах електричних станцій. Наслідки пожежі досить часто призводять до обвалення покрівлі машинного залу та зупинки цілого енергоблоку.

У суміші з повітрям водень може накопичуватися під обшивкою турбогенератора, в результаті чого можуть виникати локальні вибухи горючої воднево-повітряної суміші з наступним пошкодженням чи руйнуванням обшивки. Саме локальні вибухи воднево-повітряної суміші під обшивкою турбогенератора призводили до масштабних пожеж на енергоблоках різних ТЕС у країнах колишнього радянського союзу [2].

Статистичні дані щодо виникнення аварійних ситуацій (пожеж), які пов'язані з витоками водню із технологічного устаткування свідчать про недостатню кваліфікацію експлуатаційного персоналу, низьку якість ремонту технологічного обладнання, помилки ремонтного персоналу і порушення ними технічних вимог з ремонту устаткування та їх систем, дефекти конструкції обладнання і систем, що забезпечують його роботу.

Також особливу увагу необхідно приділяти використанню систем автоматичного контролю небезпечних концентрацій водню у повітрі машинного залу та системам раннього виявлення надзвичайних ситуацій на об'єктах електричної станції з наявністю горючих речовин і матеріалів.

Наявність в системах водневого охолодження турбогенератора горючого водню у суміші з маслом утворює проблему щодо забезпечення прийняттого рівня вибухо- і пожежобезпеки у машинному залі електростанції. В основному вибухонебезпечне середовище з водню та парів масла може утворюватися в місцях ущільнення водню маслом, а також у прилеглих вузлах у випадку виникнення аварійних ситуацій із витоків водню.

У корпусі турбогенератора горюче середовище може утворитися при наявності вільного повітряного простору після проведення ремонтних робіт, доступу у систему водневих трубопроводів повітря при порушенні вимог технологічного регламенту або порушенні щільності запірної чи регулюючої арматури.

У випадку застосування противником засобів повітряного нападу (ракети, дрони) можливе їх влучення у будівлю машинного залу електричної станції. При цьому можливе пошкодження цілісності водневого устаткування або комунікацій і витікання водню назовні з утворенням вибухонебезпечних сумішей. Навіть непряме влучення у будівлю машинного залу засобів повітряного нападу може викликати вібраційні процеси, що, у свою чергу, може призводити до перекосу валу турбіни та роз'ущільнення з'єднання між валом та корпусом турбогенератора з утворенням щілини. Через утворену щілину водень витікає у приміщення машинного залу. При контакті з гарячими поверхнями турбіни можливе його спалахування.

Однією з основних причин аварійних зупинок та руйнувань вузлів турбогенераторів з водневим охолодженням також є інтенсивне забруднення водню вологою з домішками кисню, оксидів вуглецю або азоту, турбінного масла. При підвищенні вказаних забруднюючих речовин у водні пожежовибухонебезпека займання і вибуху водню у генераторі суттєво зростає. Основними забруднюючими домішками, що можуть потрапити під корпус турбогенератора, є вода, турбінне масло, кисень, воднево-масляний аерозоль [3].

Також можливе виникнення пожежі при розгерметизації корпусу турбогенератора. У даному випадку при витоку водню з турбогенератора і контакті з киснем повітря може виникнути горіння з утворенням факела полум'я або утворенням вибухонебезпечної суміші, яка згодом може вибухнути. У процесі горіння або вибуху водню виділяється велика кількість тепла для запалювання турбінного масла, яке може витікати з системи змащування і ущільнення вала турбогенератора.

Слід зауважити, що при горінні турбінного масла може виникати пожежа в межах площі його розливу як на ділянці обслуговування турбіни і турбогенератора, так і нульовій позначці ($\pm 0,00$ м – у підвальних приміщеннях). Утворене вогнище пожежі на ділянці обслуговування

турбіни і турбогенератора становить небезпеку як для кроквяних ферм перекриття покрівлі, так і для колон машинного залу. При пошкодженні кроквяних ферм перекриття покрівлі і колон машинного залу можливе обвалення цілої покрівлі машзалу.

Враховуючи значну кількість аварій (пожеж) та причин їх виникнення при експлуатації водневого устаткування турбогенераторів електростанцій актуальним є попередження витоків водню з турбогенераторів та впливу пожежі на несучі конструкції машзалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hanane D., Roberto S., Chiara B., Ahmed O. (2018). Hydrogen Infrastructure for Energy Applications. *Academic Press*, 153-156

2. A. Tarnavskiy, R. Veselivskyy, A. Panasiuk Prognozowanie procesu emisji wodoru z obudowy turbogeneratora z powstawaniem palnych mieszanin wodorowo-powietrznych i spalaniem pochodni // *Ochrona ludności i dziedzictwa kulturowego. Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie (Polska)*, 2023, № 3, pp. 164-170

3. Семерак М.М., Субота А.В., Желяк В.І. Моделювання термогазодинамічних параметрів струменя водню у разі розгерметизації корпусу турбогенератора електричної станції // *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. Львів: ЛДУ БЖД, 2013. № 7. С. 225-229

УДК 614.844; 614.845

НЕБЕЗПЕЧНІ СЦЕНАРІЇ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВІЙНИ

*В. М. Баланюк, д.т.н., доцент, Н. І. Гузар, В. С. Мирошкін, С. Пикус, О. І. Гірський,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

У сучасних умовах повномасштабної збройної агресії проти України питання цивільного захисту населення та об'єктів критичної інфраструктури набуває особливої актуальності. Однією з найбільш загрозливих ситуацій є виникнення пожеж внаслідок бойових дій, що можуть мати катастрофічні наслідки як для життя та здоров'я людей, так і для навколишнього середовища.

Особливу небезпеку становлять пожежі на об'єктах критичної інфраструктури, серед яких варто виокремити електропідстанції, підприємства нафтової промисловості, склади паливно-мастильних матеріалів, об'єкти хімічної промисловості тощо. Руйнування або пошкодження таких об'єктів через ракетні удари чи обстріли нерідко супроводжуються загоряннями, які складно локалізувати та ліквідувати традиційними методами [1].

Значну небезпеку також становлять пожежі на об'єктах енергетичної інфраструктури, зокрема електропідстанціях. Пошкодження трансформаторів або кабельних мереж часто призводить до сильного нагрівання, вибухів оливо, коротких замикань та поширення полум'я на великі площі. Такі пожежі є особливо небезпечними в умовах відсутності швидкого доступу до водних джерел, нестабільного енергозабезпечення та ризику повторного обстрілу.

Ще однією важливою категорією є пожежі на об'єктах нафтової та газової промисловості. Займання нафтобаз, резервуарів з паливом, трубопроводів може призвести до масштабних екологічних катастроф, вибухів та утворення токсичних продуктів горіння. Зафіксовано численні випадки таких пожеж у різних регіонах України, що стали прямим наслідком військових дій.

У зв'язку з цим надзвичайно важливим є впровадження ефективних методів локалізації та гасіння пожеж на таких об'єктах. Одним із перспективних напрямків є використання аерозольотворювальних сполук [2]. Ці сполуки забезпечують високу вогнегасну ефективність, завдяки утворенню дрібнодисперсної конденсованої фази та газів флегматизаторів. Внаслідок цього, аерозоль, при потрапленні в зону горіння, суттєво сповільнює усі ланцюгові фізико-

СЕКЦІЯ 3

ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ АКУМУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ ЗА УМОВ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ А. Ф. Гаврилюк, Р.С. Яковчук, С.Б. Бура	117
БЕЗПЕКА КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ПРИКЛАДІ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ (ПІДСЕКТОР ВУГІЛЬНО-ПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС) І.М. Кочмар, В.В. Карабин	119
ДОСЛІДЖЕННЯ АНТАГОНІЗМУ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПРОСОЧУВАННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЯК СПОСІБ ПОКРАЩЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВІЙНИ А.Ф. Гаврилюк, М.О. Гайдук	121
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ І СТІЙКОСТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ВІЙНИ: ПОПЕРЕДНІЙ АНАЛІЗ ДОСВІДУ УКРАЇНИ О.М. Суходоля.....	123
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ В.В. Рихва, О.В. Любовецький, Г.С. Босак	125
ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ О.А. Бойко	126
КІБЕРБЕЗПЕКА: КОМПЛЕКС ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ Р.Л. Ткачук, А.М. Ткаченко	128
КОМПЛЕКСНИЙ ЗАХИСТ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО КОНФЛІКТУ В.В. Філіппова, А.П. Гаврись, О.І. Камрацька	131
КОМПЛЕКСНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ОПН Є.В. Школяр, О.О. Дячков, О.Ю. Алексєєнко, О.В. Бойко.....	133
НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТУВАННЯ СИСТЕМ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ОПОВІЩУВАННЯ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ Ю.О. Сарапін. О.В. Авраменко, О.В. Федоров	135
НЕБЕЗПЕКИ ВИТОКУ ВОДНЮ З ТУРБОГЕНЕРАТОНИХ УСТАНОВОК ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ А.Б. Тарнавський, Р.Б. Веселівський, А.П. Гаврись.....	137
НЕБЕЗПЕЧНІ СЦЕНАРІЇ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВІЙНИ В.М. Баланюк, Н.І. Гузар, В.С. Мирошкін, С. Пікус. О.І. Гірський	139