

Міністерство освіти і науки України  
Одеська державна академія будівництва та архітектури  
Національний університет цивільного захисту України  
Slovak University of Technology (Словаччина)  
RWTH Aachen University (Німеччина)  
University of Sannio (Італія)  
Polytechnic University of Valencia (Іспанія)  
Warsaw University of Technology (Польща)

**XII Міжнародна конференція**  
**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ**  
**МЕХАНІКИ**

**XII International Conference**  
**ACTUAL PROBLEMS OF ENGINEERING**  
**MECHANICS**



**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**  
**ABSTRACTS OF REPORTS**

**Одеса, 20-22 травня 2026 року**



УДК 621.01

**Актуальні проблеми інженерної механіки** / Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції / за заг. ред. М.Г. Сур'янінова. Одеса: ОДАБА, 2026. 245 с.

### **ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**Дзюба С.В.**, к.т.н., доц., ректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, **голова оргкомітету**

**Крутий Ю.С.**, д.т.н., проф., завідувач кафедри інформаційних технологій та прикладної математики Одеської державної академії будівництва та архітектури, **заступник голови**

**Отрош Ю. О.** д.т.н., проф., начальник кафедри пожежної профілактики у населених пунктах Національного університету цивільної захисту України, **заступник голови**

**Сур'янінов М.Г.**, д.т.н., проф., зав. каф. будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, **заступник голови**

**Вировой В.М.**, д.т.н., проф. кафедри виробництва будівельних виробів та конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Горик О. В.**, д.т.н., проф., завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін Полтавської державної аграрної академії

**Кюсак В. А.**, д.ф.-м.н., проф., професор кафедри вищої математики Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Ковров А.В.**, к.т.н., проф., заслужений діяч науки і техніки України, проректор Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Кононов Ю. М.**, д.ф.-м.н., проф., завідувач відділу теорії керуючих систем інституту прикладної математики та механіки НАН України

**Кровяков С.О.**, д.т.н., проф., проректор з наукової роботи Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Мікулич О.А.**, д.т.н., проф. Луцького Національного технічного університету

**Суханов В.Г.**, д.т.н., проф., директор архітектурно-художнього інституту, Одеська державна академія будівництва та архітектури, науковий керівник НВЦ «Екострой»

**Prof. Dr.Ing. Bernd Markert**, PhD, RWTH Aachen University (Germany)

**Prof. Jerzy Roslon**, Warsaw University of Technology (Poland)

**Assoc. Prof. Roman Rabenseifer**, PhD, Slovak University of Technology (Slovakia)

**Prof. Fernando Jose Cos-Gayon Lopez**, Polytechnic University of Valencia (Spain)

**Prof. Francesco Pepe**, University of Sannio (Italy)

|   |            |
|---|------------|
| ОБПЕРТОЇ ПЛАСТИНИ НА НЕОДНОРІДНІЙ ОСНОВІ<br>Майборода Р.І. СТІЙКІСТЬ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ<br>БУДІВЕЛЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ ЗА УМОВ<br>КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ ПОЖЕЖИ ТА ДЕФЛАГРАЦІЙНОГО ВИБУХУ  | 108<br>110 |
| Мартинюк Н.О., Мікуліч О.А. ОПТИЧНА ДІАГНОСТИКА<br>ДЕФОРМАЦІЙ ПІНОБЕТОНУ МЕТОДОМ СТРУКТУРНО-<br>АДАПТИВНОЇ ЦИФРОВОЇ КОРЕЛЯЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ   | 114        |
| Сур'янінов М.Г., Метлицький В.В. ПРОГИНИ<br>СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ТА БЕТОННИХ ОБОЛОНОК<br>ОДНАКОВОЇ ТОВЩИНИ НА ПОЧАТКУ ТРИЩИНОУТВОРЕННЯ  | 117        |
| Сур'янінов М.Г., Метлицький В.В. ЗМІНА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ<br>БЕТОННИХ І ФІБРОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК ПРИ ЗМІНІ ЇХ ТОВЩИНИ  | 120        |
| Naumyk V.V., Pavlenko D.V., Kaganovsky O.D., Pedash O.O. FATIGUE<br>ENDURANCE OF PARTS OBTAINED BY SELECTIVE LASER<br>FUSION OF NICKEL ALLOY POWDERS  | 123        |
| Отрош Ю.А., Ломакін В.В., Сіпко О.В. ПІДХОДИ ФІЗИЧНОГО<br>ЗАХИСТУ ЕНЕРГООБ'ЄКТІВ  | 125        |
| Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Мельник І.В. КОМБІНОВАНИЙ<br>ЗАХИСТ ЕНЕРГООБ'ЄКТІВ   | 130        |
| Пальчиков Р.В., Ніжник В.В., Тригуб В.В. ДОСЛІДЖЕННЯ<br>ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖИ НА АВТОТРАНСФОРМАТОРАХ,<br>ЩО ВСТАНОВЛЮЮТЬСЯ В ЗАХИСНИХ СПОРУДАХ   | 136        |
| Шульгін В.В., Попович Н.М., Петраш О.В., Бондар Л.В.<br>ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ГАЗОВИДІЛЕННЯ В РОЗЧИНОВІЙ<br>СУМІШІ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ<br>НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ                     | 139        |
| Постернак О.О., Сінгаївський П.М., Купченко Ю.В., Уразманова Н.Ф.<br>ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ПОПЕРЕДНЬОГО НАПРУЖЕННЯ<br>КОМБІНОВАНИХ АРКОВИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ<br>МЕТАЛОЄМНОСТІ ПОКРИТТІВ БУДІВЕЛЬ | 144        |
| Рашкевич Н.В., Рашкевич О.С. ОЦІНЮВАННЯ ЗАЛИШКОВОЇ<br>МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПІСЛЯ ТЕПЛОГО<br>ВПЛИВУ МЕТОДОМ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ   | 147        |
| Протасенко Т.О., Реброва О.М., Ребров О.Ю., Васильченко О.В.,<br>Щегольова М.Г. ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА<br>СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЛЕГКОПЛАВКИХ ПРИПОІВ                                  | 150        |
| Рябчиков М.Л., Александров О.В., Александров М.О., Сичов Ю.І.<br>НЕЛІНІЙНІ ЕФЕКТИ ПРИ ЗАМЕРЗАННІ ВОДИ В ПОРАХ<br>БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ   | 153        |
| Сідней С.О. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ В<br>ЗАЛІЗОБЕТОННІЙ СТІНІ ПРИ ОДНОСТОРОННЬОМУ ВПЛИВІ ПОЖЕЖИ   | 157        |

- Чорнобиля НУЦЗ України. С. 183–186. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/22211> [in Ukrainian].
- [6]. Rashkevich N. V., Otrosh Yu. A. (2024). Підходи до забезпечення стійкості будівель на слабких ґрунтах. [Approaches to ensuring the stability of buildings on weak soils]. Актуальні проблеми інженерної механіки: матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції, м. Одеса, 5–7 червня 2024 р. Одеса: ОДАБА. С. 88–90. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/20631> [in Ukrainian].
- [7]. Otrosh Yu. A., Kovalov A. I., Purdenko R. R., Rashkevich N. V., Maiboroda R. I. (2022). Вогнестійкість вогнезахисних залізобетонних конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів. [Fire resistance of fire-protected reinforced concrete structures for increasing the level of fire safety of facilities]. Проблеми надзвичайних ситуацій. № 2(36). С. 102–121. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-36-9 [in Ukrainian].
- [8]. Bezuglyi Ya. P., Otrosh Yu. A., Maiboroda R. I., Rashkevich N. V. (2022). Будівництво дрібних захисних фортифікаційних споруд – залізобетонних бліндажів циліндричної форми заводського виготовлення. [Construction of small protective fortification structures – factory-made cylindrical reinforced concrete dugouts]. Вісник Донецького гірничого інституту. № 2(51). С. 7–13. DOI: 10.31474/1999-981X-2022-2-7-13 [in Ukrainian].

## APPROACHES TO THE PHYSICAL PROTECTION OF ENERGY FACILITIES

*The paper considers approaches to the physical protection of energy facilities under conditions of rocket and artillery strikes and UAV attacks. Structural solutions are summarized, including temporary screens, buried structures, reinforced concrete enclosures, and combined systems. Consideration is given to blast, fragment, fire, and soil–foundation effects on elements of energy infrastructure.*

УДК 621.311:614.841

## КОМБІНОВАНИЙ ЗАХИСТ ЕНЕРГООБ'ЄКТІВ

**Отрош Ю.А., д.т.н., проф., Рашкевич Н.В., д.ф., доц., Мельник І.В.**  
Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси

Сучасні умови функціонування енергооб'єктів характеризуються поєднанням воєнних, техногенних, пожежних, вибухових та екологічних чинників небезпеки. Пошкодження окремого конструктивного елемента, технологічного вузла або інженерної системи може спричинити порушення роботи об'єкта, розвиток пожежі, вибухонебезпечну ситуацію, втрату

електропостачання, забруднення навколишнього середовища та ускладнення аварійно-рятувальних робіт.

У роботі [1] проаналізовано хронологію терористичних атак по території України ударними безпілотними літальними апаратами у січні 2025 року. Наведені дані відображають системний характер застосування ударних БПЛА та масованість повітряних атак по об'єктах інфраструктури. Навіть за високої результативності засобів протиповітряної оборони частина засобів ураження або їх уламків може досягати території об'єкта, формуючи залишковий ризик для будівель, споруд і технологічного обладнання.

У роботі [2] розглянуто методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного та медико-біологічного характеру на об'єктах критичної інфраструктури, зокрема ідентифікацію небезпечних чинників, моніторинг, прогнозування аварійних ситуацій та інженерно-технічні заходи зниження ризику. У дослідженні [3] сформовано умови існування математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій на територіях, забруднених залишками ракетно-артилерійського ураження, з урахуванням первинних і вторинних наслідків воєнного впливу, пов'язаних із пошкодженням конструкцій, інженерних мереж, технологічного обладнання та забрудненням територій. У роботі [4] наведено оцінку радіаційного впливу під час аварії на сховищі відпрацьованого ядерного палива та окреслено поширення небезпечних чинників з урахуванням просторово-часових параметрів впливу.

Пожежну небезпеку об'єктів критичної інфраструктури розглянуто у роботі [5]. Пошкодження обладнання, кабельних трас, резервних джерел живлення, трансформаторного обладнання або технологічних приміщень може супроводжуватися горінням і тепловим впливом на несучі конструкції. Унаслідок цього пожежна складова розглядається як один із чинників розвитку аварійного сценарію після механічного або вибухового пошкодження.

У роботі [6] проаналізовано стан забезпечення безпеки гідротехнічних споруд. Розглянуто питання моніторингу, виявлення загроз, оповіщення та забезпечення стійкості споруд, що мають важливе значення для гідроенергетичних об'єктів. Порушення роботи таких споруд може супроводжуватися поєднанням механічних, гідродинамічних і техногенних наслідків.

Праці [7,8] присвячені методикам розрахунку прогресуючого обвалення та програмній реалізації оцінювання стійкості будівель. У цих дослідженнях розглянуто сценарії, за яких локальне пошкодження конструкції може поширюватися на суміжні елементи та призводити до втрати просторової стійкості. У роботі [9] удосконалено математичну модель теплопередачі системи «залізобетонна колона–перекриття», що пов'язано з оцінюванням

роботи залізобетонних конструкцій за умов післяаварійного теплового впливу.

Комбінований захист енергооб'єктів формується як система інженерних, конструктивних і організаційно-технічних рішень, спрямованих на зниження ймовірності прямого пошкодження основних технологічних елементів та обмеження вторинних наслідків. До її складу входять зовнішній бар'єрний контур, несучі й огорожувальні конструкції, засоби моніторингу, протипожежний захист, аварійне реагування та післяаварійний контроль.

З урахуванням сучасних повітряних загроз зовнішній контур може бути представлений сталевим каркасом із сітчастим екраном, розміщеним над захищуваним об'ємом. У розрахунковій схемі розглядається сітчастий бар'єр, розташований на висоті 5 м над рівнем перекриття захисної оболонки. Його призначення полягає у зміні умов взаємодії ударного БПЛА із захищеною спорудою. При контакті з перешкодою можливі механічне пошкодження елементів БПЛА, втрата траєкторної стійкості, зміщення точки вибухової взаємодії або дистанціювання вибухового навантаження від основного перекриття.

Перший контур не замінює засоби протиповітряної оборони, а виконує функцію інженерного бар'єра останньої лінії. Його застосування спрямоване на зменшення ймовірності прямого контактного ураження перекриття або технологічного обладнання. Для вибухового навантаження відстань між точкою взаємодії та захищеною конструкцією впливає на рівень надлишкового тиску, імпульсу та локальної дії уламків, оскільки ці параметри залежать від масштабованої відстані, маси заряду, геометрії перешкод та умов відбиття ударної хвилі.

Другий контур захисту представлений залізобетонною оболонкою. У розрахунковій схемі вона може мати вигляд монолітної коробчастої конструкції зі стінами товщиною 1,0 м та перекриттям товщиною 0,6 м. Основними функціями цього контуру є сприйняття залишкового надлишкового тиску, обмеження проникнення уламків, збереження просторової стійкості споруди та захист технологічного об'єму від зовнішнього впливу.

Залізобетонна оболонка розглядається не лише як масивний бар'єр, а як конструктивна система, робота якої залежить від класу бетону, армування, граничних умов обпирання, фундаментної плити, взаємодії з ґрунтовою основою та можливого температурного впливу після аварії. У межах такого підходу розрахунковий сценарій може включати послідовність: вибухове навантаження, локальне пошкодження, розвиток пожежі та перевірку залишкової несучої здатності конструкцій.

Пожежна складова є окремим елементом комбінованого захисту. Після вибухового або уламкового пошкодження можливе займання кабельних трас,

мастил, полімерних матеріалів, ізоляції, трансформаторного обладнання або допоміжних систем. Тому конструктивний захист має поєднуватися з раннім виявленням пожежі, локалізацією горіння, обмеженням поширення диму й зменшенням температурного впливу на несучі елементи.

Для енергооб'єктів, пов'язаних із гідротехнічними спорудами, додаткового врахування потребують стан дамб, водоскидів, машинних залів, насосних станцій, підірних конструкцій і систем моніторингу. Порушення роботи цих елементів може спричинити поєднання механічних, гідродинамічних і техногенних наслідків. У таких умовах захисні рішення мають охоплювати не лише оболонку окремої споруди, а й суміжні інженерні системи, від яких залежить безпечна експлуатація об'єкта.

У разі наявності потенційно небезпечних речовин або відпрацьованих матеріалів система комбінованого захисту має включати локалізацію забруднення та післяаварійний моніторинг. Такі заходи стосуються сценаріїв, у яких пошкодження конструкцій або технологічного обладнання супроводжується радіаційним, хімічним чи біологічним впливом. Післяаварійний контроль у цьому випадку спрямований на визначення меж небезпечної зони, оцінювання рівня впливу та обґрунтування подальших дій з локалізації наслідків.

Економічна складова комбінованого захисту пов'язана зі співвідношенням витрат на зовнішній бар'єрний контур і параметрів внутрішньої залізобетонної оболонки (рис. 1). У разі прямого контактного впливу без зовнішнього екрана зростають вимоги до товщини перекриття, маси споруди, фундаментної плити та ґрунтової основи. За наявності сітчастого бар'єра частина енергії впливу реалізується на відстані від основної конструкції, а внутрішній контур сприймає залишкове навантаження.

Узагальнена схема комбінованого захисту енергооб'єкта охоплює аналіз сучасних повітряних загроз, визначення сценаріїв ураження, формування зовнішнього бар'єрного контуру, розрахунок залишкового вибухового й уламкового впливу на залізобетонну оболонку, перевірку стійкості несучих конструкцій, урахування пожежного та температурного впливу, оцінювання роботи фундаментної системи, організацію моніторингу та післяаварійного контролю.

## Економічний ефект

01

### Вартість об'єкта та ризики

120 млн грн — середня ринкова вартість нового автотрансформатора.

+15% до ціни — витрати на логістику (вага 225 т), спецтранспорт та монтаж.

9–14 місяців — термін виготовлення та поставки нового обладнання.

**Критичний фактор:** У період енергодефіциту простій такої тривалості є неприпустимим.

02

### Витрати на капітальний захист

**Бетонні роботи:** 8.5 – 10.0 млн грн (монолітний ЗБ об'ємом ~600 м<sup>3</sup>).

**Металоконструкції:** 6.5 – 8.0 млн грн (детонаційний екран та балки Б1/Б2).

**Монтаж:** 3.0 – 4.0 млн грн (загальнобудівельні та пусконаладжувальні роботи).

**Загальний бюджет:** 18 – 22 млн грн.



### Доцільність

**Співвідношення 1:6** — вартість захисту становить лише 17% від вартості обладнання.

**Статистика атак:** Висока інтенсивність ударів у 2025–2026 рр. робить захист обов'язковим.

**Миттєва окупність:** Одне влучання «Shahed», зупинене екраном, повністю покриває всі витрати.

**Соціальний ефект:** Запобігання збиткам від знеструмлення регіону, які за добу можуть перевищити вартість споруди.

Рис. 1. Порівняння конструктивних варіантів комбінованого захисту

Таким чином, комбінований захист енергооб'єктів має формуватися як узгоджена система інженерних рішень, у якій зовнішній бар'єрний контур, залізобетонна захисна оболонка, протипожежні заходи та моніторинг технічного стану працюють як єдиний комплекс.

Зовнішній сітчастий екран змінює характер взаємодії засобу ураження із захищуваною спорудою та переносить зону вибухового впливу від основних конструкцій. За таких умов залізобетонна оболонка сприймає залишкове вибухове, уламкове й теплове навантаження, зберігаючи функціональну стійкість захищуваного об'єму.

Запропонований підхід розглядає захист енергооб'єкта не як окреме конструктивне підсилення, а як систему зниження наслідків повітряного, вибухового, пожежного та техногенного впливу.

[1]. Azarenko O., Diviziniuk M., Shevchenko O., Rashkevich N. V., Huz A., Olefirenko O. (2025). Хронологія терористичних атак по території України ударними дронами в січні 2025 року. [Chronology of terrorist attacks on the territory of Ukraine by attack drones in January 2025]. *Social Development and Security*. Vol. 15, № 6. С. 175–189. DOI: 10.33445/sds.2025.15.6.17 [in Ukrainian].

[2]. Loboichenko V. M., Diviziniuk M. M., Shevchenko R. I., Fedorchuk-Moroz V. I., Rashkevich N. V. (2025). Методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного та медико-біологічного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за використання ідентифікації водних розчинів. [Methods for preventing technogenic and medical-biological emergencies at critical infrastructure facilities using identification of aqueous solutions]. Луцьк: Вежа-Друк. 321 с. ISBN 978-966-940-673-6. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25384> [in Ukrainian].

- [3]. Rashkevich N., Shevchenko O., Rushchak I., Kradozhon V., Krasnov V. (2025). Формування умов існування математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій на територіях забруднених залишками ракетно-артилерійського ураження. [Formation of conditions for the existence of a mathematical model for preventing emergencies in territories contaminated with remnants of rocket and artillery damage]. *Social Development and Security*. Vol. 15, № 5. С. 151–161. DOI: 10.33445/sds.2025.15.5.12 [in Ukrainian].
- [4]. Krasnov V. A., Rashkevich N. V. (2025). Оцінка радіаційного впливу під час аварії на сховищі відпрацьованого ядерного палива. [Assessment of radiation impact during an accident at a spent nuclear fuel storage facility]. *Комунальне господарство міст. Серія: Інформаційні технології та інженерія*. Т. 6, вип. 194. С. 74–81. DOI: 10.33042/3083-6727-2025-6-194-74-81 [in Ukrainian].
- [5]. Hryshchenko A. A., Rashkevich N. V., Otrosh Yu. A. (2025). Аналіз пожежної небезпеки об'єктів критичної інфраструктури. [Analysis of fire hazard of critical infrastructure facilities]. *Problems of Emergency Situations: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Черкаси, 14 травня 2025 р. Черкаси: НУЦЗ України*. С. 27–28. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25461> [in Ukrainian].
- [6]. Rashkevich N. V., Plotnykov I. V., Otrosh Yu. A., Chuchmai O. M. (2024). Аналіз стану забезпечення безпеки гідротехнічних споруд. [Analysis of the state of ensuring the safety of hydraulic structures]. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. № 4. С. 314–322. DOI: 10.32782/tnv-tech.2024.4.32 [in Ukrainian].
- [7]. Otrosh Yu. A., Maiboroda R. I., Rashkevich N. V., Romin A. V. (2023). Дослідження методик розрахунку прогресуючого обвалення. [Study of methods for calculating progressive collapse]. *Механіка та математичні методи*. Т. 5, вип. 2. С. 25–40. DOI: 10.31650/2618-0650-2023-5-2-25-40 [in Ukrainian].
- [8]. Maiboroda R. I., Otrosh Yu. A. (2025). Програмна реалізація оцінювання стійкості будівель до прогресуючого обвалення. [Software implementation of assessing the resistance of buildings to progressive collapse]. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. № 1(41). С. 177–193. DOI: 10.52363/2524-0226-2025-41-12 [in Ukrainian].
- [9]. Maiboroda R. I., Otrosh Yu. A. (2025). Удосконалення математичної моделі теплопередачі системи «залізобетонна колона–перекриття». [Improvement of the mathematical model of heat transfer in the “reinforced concrete column–floor slab” system]. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. № 1(19). С. 97–108. DOI: 10.33269/nvcz.2025.1(19).97-108 [in Ukrainian].

## COMBINED PROTECTION OF ENERGY FACILITIES

*The paper considers combined protection of energy facilities under conditions of military, technogenic, fire, blast, and environmental hazards. Approaches to the formation of a two-contour protection system combining an external mesh barrier and an internal reinforced concrete enclosure are summarized. Consideration is given to residual blast, fragment, fire, thermal, and technogenic effects on structures and technological equipment of energy infrastructure.*