

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ



ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ
В ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.С. ПУХОВА



**МАТЕРІАЛИ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ»**

27 грудня 2024 року

Київ – 2024

УДК 620.9::[517.938::(519.718+004.056)]

ББК 31

P-34

Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту
проблем моделювання в
енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН
України (протокол № 12 від 28
листопада 2024 р.)

P-34 **Резильєнтність динамічних систем**, науково-практична конференція Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України : матеріали (Київ, 27 грудня 2024 р.). Київ : ПІМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2024. 232 с.

R-34 **Resilience of dynamic systems**, scientific-practical conference of the G.E. Pukhov Institute for Modeling in Energy Engineering National Academy of Sciences of Ukraine : materials (Kyiv, December 27, 2024). Kyiv: PIMEE NAS of Ukraine, 2024. 232 p.

© Автори публікацій, 2024

© ПІМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2024

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ
ім. Г.Є. ПУХОВА НАН УКРАЇНИ**

**МАТЕРІАЛИ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

«РЕЗИЛЬЄНТНІСТЬ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ»

27 грудня 2024 року

м. Київ

2024

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України
(м. Київ)

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Мохор Володимир Володимирович

член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор,
директор Інституту, голова програмного комітету

Чемерис Олександр Анатолійович

доктор технічних наук, професор,
заступник директора з наукової роботи

Артемчук Володимир Олександрвич

доктор технічних наук,
заступник директора з науково-організаційної роботи

Чьочь Вікторія Володимирівна

кандидат технічних наук,
заступник директора з науково-технічної роботи

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Артемчук Володимир Олександрвич

доктор технічних наук,
заступник директора з науково-організаційної роботи

Клименко Тетяна Михайлівна

завідувачка науково-організаційного відділу

Цуркан Оксана Володимирівна

молодший науковий співробітник

КРИТЕРІЇ СТІЙКОСТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Анотація. У роботі аналізуються сучасні підходи до оцінки стійкості критичної інфраструктури, яка є важливою складовою для забезпечення стабільності та безпеки суспільства. На основі аналізу наукових джерел визначено основні критерії оцінки стійкості інфраструктурних об'єктів, зокрема їх функціональність, здатність до відновлення, стійкість до зовнішніх загроз, гнучкість і адаптивність, економічні витрати, інтеграція з іншими системами, а також миттєвий аналіз і прогнозування.

Вступ. Критична інфраструктура відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності та функціональності сучасного суспільства. Її стійкість є важливим аспектом для протидії природним, техногенним і соціальним загрозам, що можуть порушити нормальне функціонування систем. Сучасні дослідження присвячені пошуку критеріїв і методів оцінки стійкості інфраструктурних об'єктів, що дозволяють знизити ризики та підвищити ефективність їхньої роботи навіть в умовах криз. Представлений аналіз наукових джерел дозволяє виділити основні критерії оцінки стійкості критичної інфраструктури, які можуть бути використані як база для подальших досліджень і практичних розробок у цій галузі.

Аналіз літературних джерел. Розвиток сучасних методів управління критичною інфраструктурою в умовах зростання загроз є одним із ключових напрямків наукових досліджень. Актуальність теми стійкості критичних систем обумовлена необхідністю забезпечення їх безперебійного функціонування та швидкого відновлення у разі кризових ситуацій. У цьому контексті важливим є аналіз сучасних підходів, які спрямовані на оцінку стійкості інфраструктурних об'єктів та управління ризиками.

У статті [1] представлено інноваційний підхід до оцінки стійкості критичної інфраструктури в умовах багаторівневих загроз, зокрема для транспортних об'єктів, як ключових компонентів критичної інфраструктури. Авторами розроблено адаптивну методологію, яка інтегрує різні параметри ризику, забезпечуючи надійні основи для прийняття рішень у кризових умовах. Цей підхід є основою для подальших досліджень у сфері управління ризиками.

Наступне дослідження [2] фокусується на новій структурі оцінки стійкості багатокомпонентної критичної інфраструктури. Воно демонструє, як використання сучасних підходів у менеджменті інженерних систем може покращити стійкість до комплексних загроз. Особливу увагу приділено математичним моделям для аналізу міжсистемної залежності, що є важливим для забезпечення безперебійного функціонування інфраструктури.

У статті [3] запропоновано кількісний метод оцінки стійкості взаємозалежних інфраструктур. Математична модель, розроблена авторами, дозволяє оцінювати втрати функціональності та швидкість відновлення систем після надзвичайних подій. Цей підхід враховує взаємозв'язки між компонентами інфраструктури, що робить його значущим для практичних рішень.

Дослідження [4] присвячене розробці метрик для оцінки стійкості електроенергетичних систем. Пропонований підхід інтегрує аналіз операційної та структурної стійкості, що дозволяє розробити стратегії мінімізації ризиків і підвищення надійності енергопостачальних систем.

У роботі [5] розглянуто методологію оцінки стійкості мережевих інфраструктур із акцентом на залежності між елементами систем та їх руйнування. Робота закладає фундамент для розробки ефективних стратегій управління ризиками, що сприяють забезпеченню стійкості критичної інфраструктури.

Таким чином, аналіз існуючих досліджень свідчить про широкий спектр методів, спрямованих на оцінку та забезпечення стійкості критичної інфраструктури. Виявлені підходи підкреслюють важливість системного підходу до аналізу ризиків, управління залежностями між компонентами та розробки адаптивних стратегій. На основі цього можна виділити основні критерії стійкості, які будуть розглянуті нижче.

Основні критерії оцінки стійкості. Проведений аналіз останніх досліджень з тематики стійкості критичної інфраструктури дозволяє визначити кілька ключових критеріїв, які забезпечують всебічну оцінку її стану.

Інфраструктурна функціональність. Один із базових критеріїв стійкості інфраструктури – це її здатність виконувати основні функції в умовах стресових ситуацій. Цей критерій включає оцінку можливості забезпечення безперебійної роботи під час і після природних катастроф, техногенних аварій або інших зовнішніх впливів. Функціональність інфраструктури визначає її роль у підтриманні суспільної стабільності та безпеки.

Можливість відновлення. Відновлення після ушкоджень або порушень є критично важливим аспектом стійкості інфраструктури. Цей критерій враховує час, необхідний для повернення до нормального стану, обсяг ресурсів і заходів, що застосовуються для відновлення функціональності. Висока здатність до відновлення знижує негативні наслідки кризових ситуацій і сприяє швидкій стабілізації.

Стійкість до зовнішніх загроз. Інфраструктура повинна бути готовою до впливу екстремальних факторів, таких як стихійні лиха, техногенні катастрофи, економічні та соціальні кризи. Цей критерій акцентує увагу на запобіжних заходах і підвищенні здатності систем протистояти негативним зовнішнім впливам.

Гнучкість і адаптивність. Здатність інфраструктури адаптуватися до нових умов, включаючи кліматичні зміни, розвиток технологій і зміни політичних та економічних обставин, є ключовим аспектом стійкості. Гнучкість забезпечує ефективну реакцію на непередбачувані зміни та дозволяє знижувати негативні наслідки криз.

Оцінка економічних витрат. Важливим елементом стійкості є аналіз витрат, пов'язаних з відновленням інфраструктури після катастроф. Цей критерій включає прямі витрати на ремонт і відновлення, а також непрямі втрати від переривання функціонування системи.

Інтеграція з іншими системами. Оцінка взаємодії інфраструктурних систем дозволяє зрозуміти, як один збій може вплинути на інші компоненти.

Високий рівень інтеграції сприяє кращій координації та зменшенню негативного впливу на загальну систему.

Миттєвий аналіз та прогнозування. Сучасні технології дозволяють оперативно оцінювати стан інфраструктури та прогнозувати можливі проблеми. Використання великих даних і аналітичних інструментів сприяє підвищенню точності оцінки ризиків і швидкості прийняття рішень.

Гнучкість управлінських структур. Організації, відповідальні за управління критичною інфраструктурою, повинні мати здатність швидко адаптуватися до змін. Ефективне управління включає координацію дій, організацію реагування на кризи та забезпечення відновлення функціональності систем.

Безпека і захист даних. У сучасних умовах кіберзагрози становлять серйозний ризик для критичної інфраструктури. Забезпечення надійного захисту інформаційних систем і даних є важливим аспектом для запобігання кібератакам і збереження стабільності систем.

Екологічна стійкість. Інфраструктурні системи повинні відповідати екологічним стандартам і бути адаптованими до змін у навколишньому середовищі. Цей критерій включає оцінку впливу інфраструктури на екологію та можливості її адаптації до нових екологічних викликів.

Висновки. Розвиток і підвищення стійкості критичної інфраструктури є одним із ключових завдань сучасного суспільства. Визначення критеріїв оцінки стійкості дозволяє проводити комплексний аналіз стану інфраструктурних систем і розробляти ефективні стратегії управління ризиками. Представлений аналіз літературних джерел свідчить про багатомірність проблеми та необхідність інтеграції технічних, економічних, соціальних і екологічних аспектів у процесі оцінки стійкості. Застосування запропонованих критеріїв сприятиме розробці більш стійких і адаптивних систем, здатних витримувати вплив різноманітних загроз і швидко відновлювати функціональність після кризових ситуацій.

1. Argyroudis, S., Mitoulis, S., Hofer, L., Zanini, M., Tubaldi, E., & Frangopol, D. (2020). Resilience assessment framework for critical infrastructure in a multi-hazard environment: Case study on transport assets. *The Science of the Total Environment*, 714, 136854. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136854>.
2. Wu, B., Tan, Z., Che, A., & Cui, L. (2024). A novel resilience assessment framework for multi-component critical infrastructure. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 14011–14031. <https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3438157>.
3. Nan, C., & Sansavini, G. (2017). A quantitative method for assessing resilience of interdependent infrastructures. *Reliability Engineering and System Safety*, 157, 35–53. <https://doi.org/10.1016/j.res.2016.08.013>.
4. Panteli, M., Mancarella, P., Trakas, D., Kyriakides, E., & Hatziargyriou, N. (2017). Metrics and quantification of operational and infrastructure resilience in power systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 32, 4732–4742. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2017.2664141>.
5. Reed, D., Kapur, K., & Christie, R. (2009). Methodology for assessing the resilience of networked infrastructure. *IEEE Systems Journal*, 3, 174–180. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2009.2017396>.