УДК 620.9:351.863:005.21(477)
JEL Q40, Q48, H56
DOI: 10.26906/EiR.2026.3(102).4720

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ПАРАДИГМИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Онищенко Володимир Олександрович*, доктор економічних наук, професор
Глушко Аліна Дмитрівна, кандидат економічних наук, доцент**
Гавловський Євгеній Олександрович *,**
здобувач третього (наукового) рівня вищої освіти
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

**ORCID 0000-0003-3486-1223*
***ORCID 0000-0002-4086-1513*
****ORCID 0009-0006-0137-5199*

Дата надходження статті: 25.08.2026
Дата прийняття статті:16.09.2026
Дата публікації статті: 07.10.2026

Вступ. Посилення геополітичної нестабільності, технологічні зміни, кліматичні обмеження, цифровізація, децентралізація генерації трансформують глобальне енергетичне середовище та суттєво змінюють підходи до розуміння енергетичної безпеки. Енергетичні системи набувають ознак складних відкритих екосистем [1], ефективне функціонування яких визначається не лише рівнем забезпеченості паливно-енергетичними ресурсами, стабільністю їх постачання та надійністю роботи окремих об'єктів енергетичної інфраструктури, а й взаємозалежністю технологічних, економічних, екологічних, цифрових, інфраструктурних та безпекових процесів. Порушення функціонування окремих сегментів енергосистеми здатне генерувати деструктивні ефекти, що поширюються на суміжні галузі, критичну інфраструктуру та економіку в цілому.

Повномасштабна війна принципово змінила умови функціонування енергетичного сектору України. Систематичні атаки на генеруючі потужності, об'єкти передачі та розподілу електроенергії, газову і теплову інфраструктуру, пошкодження критичних вузлів мереж, порушення логістичних та виробничих зв'язків, необхідність оперативного відновлення енергопостачання й одночасного підтримання роботи критично важливих об'єктів сформували середовище, у якому традиційне розуміння енергетичної безпеки виявилося недостатнім. Російська агресія перетворила національну енергетичну систему на об'єкт систематичних комбінованих атак та водночас створила унікальне середовище апробації нових механізмів забезпечення її стійкості.

Досвід функціонування енергетичної системи України в умовах повномасштабної війни набув значення, що виходить за межі національної енергетичної політики та формує практичне підґрунтя для трансформації сучасних підходів до забезпечення енергетичної безпеки. У спеціальному дослідженні Міжнародного енергетичного агентства (International Energy Agency, IEA) [2] український досвід розглядається як джерело системних уроків щодо формування резильєнтності енергетичних систем за умов кризових впливів. Серед ключових висновків IEA визначено необхідність децентралізації генерації, стандартизації та резервування критичного обладнання, фізичного захисту інфраструктури, підвищення кіберстійкості та розвитку координаційних механізмів.

Водночас сучасні виклики демонструють, що забезпечення енергетичної безпеки не може обмежуватися зміцненням окремих об'єктів критичної інфраструктури або формуванням резервних потужностей. Війна окреслила системний характер енергетичної вразливості, коли фізичне по-

© Онищенко В. О., Глушко А. Д., Гавловський Є. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

шкодження енергетичних об'єктів одночасно генерує дефіцит генерації, фінансові втрати операторів, зростання вартості енергії, посилення імпортозалежності, ризики для соціальної стабільності, екологічні наслідки та підвищене навантаження на цифрові системи управління. Зазначене формує принципову методологічну суперечність. З одного боку, безпека традиційно асоціюється зі стабільністю, прогнозованістю, резервуванням і захистом існуючої структури системи. З іншого – сучасна енергетика розвивається в шокових умовах, за яких збереження незмінної структури не гарантує її безпечного функціонування. Відповідно, ключовою властивістю енергосистеми в сучасних умовах правомірно визначити не лише здатність запобігати реалізації прогнозованих загроз, а й спроможність поглинати дестабілізуючий вплив без критичної втрати функціональності, адаптуватися до змін, швидко відновлювати функціонування і трансформувати власну архітектуру з урахуванням набутого кризового досвіду.

Таким чином, актуальним науковим завданням є формування нової парадигми управління енергетичною безпекою України, центральною категорією якої стає енергетична резильєнтність.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Проблематика енергетичної безпеки не втрачає актуальності, що підтверджується широким спектром наукових досліджень, які охоплюють питання розроблення науково-методичних підходів оцінювання її рівня, цифрової трансформації енергетичного сектору, забезпечення стійкості енергосистем в умовах турбулентності зовнішнього середовища, а також структурної модернізації енергетичного сектору в контексті декарбонізації та повоєнного відновлення. Так, у роботі [3] енергетичну безпеку України розглянуто як складний об'єкт управління та запропоновано методичний підхід до інтегрального оцінювання рівня енергетичної безпеки, визначення її порогових значень і стратегування цільових орієнтирів розвитку. Питання оцінювання результативності механізмів забезпечення енергетичної безпеки розвинуто у праці І. Щурова [4]. Автором запропоновано науково-методичний підхід до інтегрального оцінювання таких механізмів на основі ресурсної, економічної та енергоефективної складових, що дає змогу визначати динаміку їх результативності, діагностувати проблемні компоненти та коригувати стратегічні цілі енергетичного розвитку національної економіки.

Важливим напрямом сучасних досліджень є цифровізація енергетичних систем, розвиток інтелектуальних електричних мереж та забезпечення кіберстійкості енергетичної інфраструктури. У дослідженні Ван С., Лі С. та Рахмана М. [5] доведено, що цифрове управління, розподілена генерація, автоматизований обмін інформацією та інтеграція відновлюваних джерел енергії формують технологічну основу переходу до децентралізованої низьковуглецевої енергосистеми. Поряд із цим автори наголошують, що зростання технологічної взаємопов'язаності суттєво розширює спектр фізичних та кібернетичних ризиків. Актуальність проблеми кіберстійкості енергетичної інфраструктури підтверджується дослідженням [6], авторами якого систематизовано основні види кіберзагроз і вразливостей, проаналізовано реальні випадки атак на енергетичну інфраструктуру та обґрунтовано необхідність переходу від орієнтації виключно на запобігання кібератакам до забезпечення здатності системи виявляти порушення, локалізувати їх наслідки, продовжувати роботу в обмеженому режимі та відновлювати функціональність.

Взаємозв'язок цифрової трансформації та енергоефективності досліджено В. Онищенко, С. Онищенко, К. Вергал та А. Буряк у роботі [7]. Авторами визначено ключові складові цифрової інфраструктури, що формують її енергетичне навантаження, та обґрунтовано двоїстий характер цифрової трансформації, яка поряд із потенціалом підвищення енергоефективності здатна генерувати додаткове ресурсне та екологічне навантаження. Це обумовлює необхідність узгодженого розвитку цифрової, енергетичної та екологічної складових енергосистеми.

Окремий блок сучасних досліджень сформувався навколо проблеми енергетичної резильєнтності та забезпечення функціональної стійкості енергосистем за умов масштабних дестабілізуючих впливів. Особливого значення цей напрям набув після початку повномасштабної війни в Україні, яка продемонструвала обмеженість підходів до енергетичної безпеки, орієнтованих переважно на надійність окремих об'єктів та резервування потужностей. Зокрема, у роботах [8, 9] досліджено наслідки масштабних атак на критичну енергетичну інфраструктуру України, обґрунтовано необхідність переходу від відтворення довоєнної централізованої моделі до поетапного відновлення на основі децентралізації, розвитку відновлюваної генерації та зменшення залежності від великих генеруючих вузлів і протяжних магістральних мереж [9], а також роль цифрових інструментів координації та інтеграції України з ENTSO-E

у підвищенні системної стійкості [8]. Питання резильєнтності критичної енергетичної інфраструктури в умовах війни ґрунтовно досліджує О. Суходоля [10]. Значущим результатом роботи є визначення необхідних рівнів функціонування критичної інфраструктури в умовах порушення нормального режиму та формалізація завдань суб'єктів кризового реагування.

Проаналізовані публікації відображають основні напрями сучасного наукового пошуку у сфері енергетичної безпеки, втім спектр досліджень цієї проблематики є значно ширшим. Водночас, попри ґрунтовний доробок українських і зарубіжних учених, наявні наукові підходи залишаються значною мірою фрагментарними щодо формування цілісної парадигми управління енергетичною безпекою.

Метою статті є обґрунтування концептуальних основ парадигми адаптивного управління енергетичною безпекою України на засадах резильєнтності енергосистеми шляхом визначення її теоретико-методологічних положень, структурних складових, принципів і механізмів взаємодії, орієнтованих на формування стійкої, гнучкої, децентралізованої та інноваційної енергетичної системи, здатної ефективно функціонувати, адаптуватися, відновлюватися та трансформуватися в умовах кризових впливів, воєнних дій і глобальних енергетичних шоків.

Основний матеріал і результати. Формування сучасної системи управління енергетичною безпекою України потребує насамперед переосмислення її теоретико-методологічного базису. Зміна характеру загроз, посилення взаємозалежності енергетичних процесів, цифрова трансформація, структурна перебудова енергетичних ринків та досвід функціонування критичної інфраструктури в умовах повномасштабної війни засвідчують обмеженість підходів, за яких безпечність енергетичного сектору ототожнюється переважно із захищеністю об'єктів, достатністю ресурсів, надійністю постачання та здатністю відновити попередній стан після реалізації загрози.

Теоретичним базисом дослідження визначено парадигму енергетичної резильєнтності, зміст якої полягає у формуванні стійкої, адаптивної та інноваційної енергосистеми, здатної ефективно функціонувати в умовах кризових впливів, воєнних дій та глобальних енергетичних шоків. У визначеному трактуванні резильєнтність розглядається не як окрема характеристика енергетичної системи поряд із надійністю, безпечністю чи ефективністю, а як комплексна властивість, що визначає її спроможність зберігати функціональність при деструктивних впливах та цілеспрямовано змінювати власну структуру у відповідь на трансформацію ризикового середовища.

Методологія дослідження ґрунтується на положенні про те, що енергетична безпека не може розглядатися як певний статичний стан, який може бути досягнутий і надалі підтримуватися за допомогою незмінного набору інструментів. У сучасних умовах стан енергетичної системи постійно змінюється, а характер, інтенсивність та поєднання загроз не можуть бути повною мірою прогнозовані. Тому предметом управління стає не лише протидія конкретним ризикам, а, насамперед, спроможність системи зберігати критично важливі функції та адаптуватися до змін зовнішнього середовища.

Саме в цьому проявляється принципова відмінність парадигми резильєнтності від традиційної логіки забезпечення енергетичної безпеки. Остання переважно ґрунтується на послідовності «ідентифікація загроз – впровадження превентивних заходів захисту об'єкта – мінімізація негативних наслідків реалізації загроз – відновлення», тоді як резильєнтний підхід розширює управлінський цикл і передбачає наступну послідовність «ідентифікація загроз – впровадження превентивних заходів захисту об'єкта – мінімізація негативних наслідків реалізації загроз – відновлення – адаптація – структурна трансформація – підвищення стійкості до майбутніх загроз» [11]. Принциповим у цій послідовності є те, що процес не завершується відновленням попереднього стану системи. Адже система, яка лише відновлює попередній стан, фактично відтворює й попередній набір вразливостей. У парадигмі резильєнтності відновлення повинно супроводжуватися зміною структури, технологій, управлінських процедур і механізмів таким чином, щоб наступний аналогічний вплив мав менші системні наслідки.

Отже, парадигма енергетичної резильєнтності не заперечує традиційного змісту енергетичної безпеки, а змінює спосіб її забезпечення та об'єкт управлінського впливу (від окремих енергетичних ресурсів та інфраструктурних об'єктів до цілісної енергетичної системи та взаємозв'язків між її функціональними складовими). В цьому контексті дослідження енергетичної безпеки передбачає застосування системно-структурного підходу, у межах якого енергетичну безпеку доцільно розглядати як складну

відкриту багаторівневу систему, структурні компоненти якої перебувають у функціональній взаємозалежності, формують здатність енергетичного сектору протистояти внутрішнім і зовнішнім загрозам та забезпечувати реалізацію національних енергетичних інтересів. Водночас сучасна трансформація енергетичного сектору, зумовлена цифровізацією, декарбонізацією, децентралізацією та посиленням воєнних і кібернетичних загроз, потребує подальшої функціональної декомпозиції енергетичної безпеки. З огляду на це, в межах авторської концепції запропоновано виокремлювати енергетичну, економічну, екологічну, цифрову та безпекову підсистеми, узгоджена взаємодія яких формує резильєнтність енергосистеми.

Енергетична підсистема становить матеріально-технологічну основу функціонування енергетичної екосистеми та охоплює генерацію, передачу, розподіл, накопичення і споживання енергії. Її ключовими характеристиками в контексті резильєнтності є достатність потужностей, диверсифікація джерел і маршрутів постачання, маневреність, можливість резервування, просторове розосередження генерації та здатність до швидкого перерозподілу енергетичних потоків.

У межах нової парадигми управління енергетичною безпекою особливого значення в цій підсистемі набуває децентралізація, яку доцільно розглядати не як альтернативу централізованій енергетиці, а як принцип формування гібридної архітектури енергосистеми. Поєднання великих системних потужностей із розподіленою генерацією, локальними енергетичними системами, мікромережами, системами накопичення та активними споживачами-виробниками дозволяє зменшувати залежність від окремих критичних вузлів, локалізувати наслідки пошкоджень і забезпечувати автономне функціонування окремих територій та споживачів.

Таким чином, децентралізація набуває безпекового змісту, оскільки передбачає не лише збільшення частки локальної та відновлюваної генерації, а й формування просторової та функціональної надлишковості енергетичної системи, що знижує ризик переростання локального пошкодження у системне порушення її функціонування.

Економічна підсистема визначає фінансову спроможність енергетичного сектору підтримувати належний рівень резильєнтності. Важливість достатнього інвестиційного забезпечення, страхування ризиків, державної та міжнародної фінансової підтримка, дієвих механізмів державно-приватного партнерства, фінансування резервних потужностей обумовлюється тим, що навіть технологічно захищена та інфраструктурно стійка енергетична система не може зберігати високий рівень резильєнтності у довгостроковій перспективі за відсутності інвестиційних ресурсів, доступу до капіталу та економічних стимулів для модернізації.

У межах парадигми резильєнтності змінюється і підхід до економічної оцінки резервування. Надлишкові потужності, резервне обладнання, альтернативні канали постачання або додаткові системи автономного живлення у традиційній моделі можуть оцінюватися як фактор підвищення витрат. Натомість за високої ймовірності воєнних та інших критичних порушень вони набувають характеру економічно обґрунтованої плати за безперервність функціонування системи [12].

Екологічна підсистема забезпечує узгодження напрямів зміцнення енергетичної безпеки з довгостроковими цілями декарбонізації, підвищення енергоефективності, розвитку відновлюваних джерел енергії та адаптації енергетичної інфраструктури до кліматичних ризиків. Для України реалізація цих орієнтирів має здійснюватися з урахуванням імплементації енергетичного та кліматичного законодавства Європейського Союзу в межах євроінтеграційного курсу [13].

Екологічну трансформацію енергетичного сектору правомірно вважати складовою формування його довгострокової резильєнтності. Відновлення енергетичної інфраструктури в Україні має передбачати не відтворення технологічно застарілої та ресурсомісткої моделі, а структурну модернізацію енергосистеми із розширенням використання відновлюваних джерел енергії, систем накопичення, енергоефективних і низьковуглецевих технологій та одночасним підвищенням її адаптивності до кліматичних і безпекових ризиків [14]. Слід відмітити, що розвиток відновлюваної енергетики та скорочення залежності від викопних ресурсів здатні посилювати диверсифікацію, енергетичну незалежність і просторову децентралізацію генерації, однак досягнення такого ефекту потребує розвитку систем накопичення енергії, достатньої маневровості, резервування та модернізації електричних мереж. Відтак екологічна складова резильєнтності формується не самим фактом збільшення частки відновлюваних джерел, а їх системною інтеграцією в архітектуру енергосистеми без зниження надійності та гнучкості її функціонування.

Необхідність виокремлення цифрової підсистеми об'єктивно зумовлена зростанням ролі цифрових технологій у забезпеченні керованості, гнучкості та оперативної стійкості сучасних енергосистем. Цифровізація дедалі більше визначає можливості безперервного моніторингу стану енергетичної інфраструктури, прогнозування попиту і генерації, автоматизованого керування потоками та своєчасного реагування на відхилення. Водночас посилення залежності енергосистеми від інформаційно-комунікаційної інфраструктури формує нові ризики та загрози її резильєнтності, що актуалізує необхідність інтеграції механізмів кіберзахисту та управління кіберризиками безпосередньо в систему управління енергетичною безпекою [15].

Завдання безпекової підсистеми в запропонованій парадигмі охоплюють формування механізмів фізичного й кібернетичного захисту, резервування, аварійного реагування, забезпечення безперервності критично важливих функцій та відновлення пошкоджених елементів. Безпекова складова повинна бути інтегрована безпосередньо у процес проєктування, модернізації та експлуатації енергосистеми, а потенційна можливість пошкодження окремих елементів має враховуватися на етапі формування її архітектури.

Важливим доповненням до визначених функціональних підсистем є виокремлення інституційного та соціального вимірів, які формують умови ефективної взаємодії енергетичної, економічної, екологічної, цифрової та безпекової складових і, відповідно, підвищення резильєнтності енергосистеми. Інституційний вимір охоплює нормативно-правові засади, розподіл повноважень і відповідальності, механізми координації суб'єктів та адаптації управлінських рішень до зміни ризикового середовища. Соціальний вимір відображає доступність і безперервність енергетичних послуг, захищеність вразливих категорій споживачів, участь громад та активних споживачів-виробників, а також суспільну прийнятність структурних і технологічних змін.

Принциповим положенням для формування парадигми адаптивного управління енергетичною безпекою є взаємозалежний характер виокремлених підсистем. Економічна нестійкість обмежує можливості технологічної модернізації та фізичного захисту; цифрова трансформація без належної кіберстійкості формує додаткові загрози; децентралізація без відповідного цифрового управління ускладнює балансування; екологічна трансформація без достатнього резервування та систем накопичення може знижувати оперативну гнучкість. Тому резильєнтність енергосистеми формується як системний ефект функціональної узгодженості її підсистем. Відповідно, предметом адаптивного управління стають не лише окремі показники стану енергетичного сектору, а структура взаємозв'язків між підсистемами та їх здатність змінюватися без втрати критично важливих функцій.

Слід відмітити, що адаптивний характер управління енергетичною безпекою передбачає безперервний процес моніторингу стану енергосистеми та ризикового середовища, оцінювання відхилень, сценарного прогнозування, вибору й реалізації управлінських рішень та їх подальшого коригування з урахуванням отриманих результатів. При цьому кожен управлінський вплив змінює параметри системи, а сформований унаслідок цього новий стан стає інформаційною основою наступного управлінського циклу. За такого підходу кризовий досвід використовується не лише для усунення наслідків порушень, а й для виявлення вразливостей, коригування управлінських механізмів і подальшої структурно-технологічної модернізації енергосистеми.

Поєднання системно-структурного та адаптивного підходів дає підстави визначити не лише склад і функціональні взаємозв'язки енергосистеми, а й базові вимоги до характеру її функціонування та розвитку в умовах невизначеності. Саме ці вимоги формують систему принципів парадигми адаптивного управління енергетичною безпекою, які визначають базові орієнтири побудови, функціонування та трансформації резильєнтної енергосистеми. До них доцільно віднести наступні.

1. Принцип адаптивності – означає здатність системи управління своєчасно коригувати цілі, режими функціонування, розподіл ресурсів та управлінські рішення відповідно до зміни параметрів ризикового середовища і фактичного стану енергосистеми. Адаптивність означає відмову від жорстко заданих алгоритмів управління на користь механізмів постійного моніторингу, зворотного зв'язку, коригування рішень [12, 16].

2. Принцип децентралізації та розподіленості – передбачає формування просторово розосередженої структури генерації, накопичення та управління енергетичними ресурсами, що знижує залежність системи від окремих критичних вузлів і підвищує можливості локального автономного функціонування. Децентралізація не заперечує централізованої енергетики, а забезпечує формування гібридної архітек-

тури, у якій системні потужності доповнюються розподіленими джерелами, мікромережами та локальними резервами [2].

3. Принцип диверсифікації – полягає у забезпеченні функціональної різноманітності джерел енергії, технологій, генеруючих потужностей, маршрутів постачання, постачальників критичного обладнання та джерел фінансування, що дозволить зменшити залежність від окремих ресурсів або технологічних рішень.

4. Принцип гнучкості – характеризує здатність енергосистеми оперативно змінювати структуру генерації та споживання, перерозподіляти енергетичні потоки, використовувати резерви й системи накопичення, керувати попитом та переходити до альтернативних режимів функціонування без критичної втрати якості енергопостачання.

5. Принцип модульності – передбачає таку структурну організацію енергосистеми, за якої окремі її сегменти можуть функціонувати відносно автономно, локалізувати наслідки пошкоджень та, за необхідності, відокремлюватися від системи без спричинення порушення її функціонування.

6. Принцип функціональної надлишковості – означає наявність взаємозамінних елементів, резервних потужностей, обладнання, каналів зв'язку, джерел енергопостачання та управлінських механізмів, які можуть бути активовані у разі втрати основних компонентів [12, 16, 17].

7. Принцип інноваційності – забезпечує постійне технологічне й організаційне оновлення, що дозволяє не лише реагувати на вже відомі загрози, а й готувати систему до нових типів ризиків.

8. Принцип технологічної сумісності та стандартизації – передбачає забезпечення взаємодії технологічних компонентів, інформаційних систем, обладнання та протоколів управління, а також можливості оперативної заміни критичних елементів у кризових умовах. Сумісність і стандартизація скорочують час відновлення, полегшують інтеграцію розподілених ресурсів та підвищують керованість складної багаторівневої енергосистеми [2].

9. Принцип інтегрованої фізичної та кібернетичної захищеності – означає одночасне врахування фізичних і цифрових загроз на всіх етапах планування, проєктування, модернізації та експлуатації енергетичної інфраструктури [16, 18].

10. Принцип резильєнтної низьковуглецевої трансформації – передбачає узгодження підвищення енергетичної стійкості з цілями декарбонізації, розвитку відновлюваної енергетики, енергоефективності та кліматичної адаптації. Технологічна модернізація повинна одночасно зменшувати екологічне навантаження і не створювати нових критичних залежностей або знижувати гнучкість і надійність енергопостачання [16].

11. Принцип європейської інтегрованості – базується на розгляді енергосистеми України як складової європейського енергетичного простору, що вимагає технологічної, регуляторної та ринкової сумісності, розвитку транскордонних зв'язків, узгодження стандартів і механізмів кризової взаємодії та імплементації відповідних норм енергетичного законодавства Європейського Союзу.

Узагальнення наведених положень дозволило сформувати концептуальну модель нової парадигми управління енергетичною безпекою України, в основу якої покладено взаємозв'язок зовнішніх викликів і загроз, принципів управління, функціональних складових енергетичної екосистеми та механізму адаптивного реагування (рис. 1).

Багатовимірне середовище функціонування енергосистеми формується під впливом воєнних викликів, геополітичної нестабільності, євроінтеграційних процесів, необхідності зміцнення енергетичної незалежності та реалізації енергетичного переходу. Основою запропонованої моделі є енергетична екосистема України, резильєнтність якої формується внаслідок функціональної узгодженості енергетичної, економічної, екологічної, цифрової та безпекової складових. Саме взаємодія цих складових, визначає здатність енергосистеми зберігати критично важливі функції за умов кризових впливів.

Стратегічним результатом нової парадигми є формування стійкої, адаптивної, інноваційної та інтегрованої до європейського енергетичного простору енергосистема України, здатної забезпечувати енергетичну безпеку в умовах криз, воєнних дій і глобальних енергетичних шоків.

Таким чином, нова парадигма управління енергетичною безпекою передбачає ряд структурних трансформацій. По-перше, критично важливим є перехід до гібридної архітектури енергосистеми, що поєднує великі системні генеруючі потужності та численні локальні джерела. Досвід війни продемонстрував підвищену вразливість великих концентрованих енергетичних об'єктів, тоді як

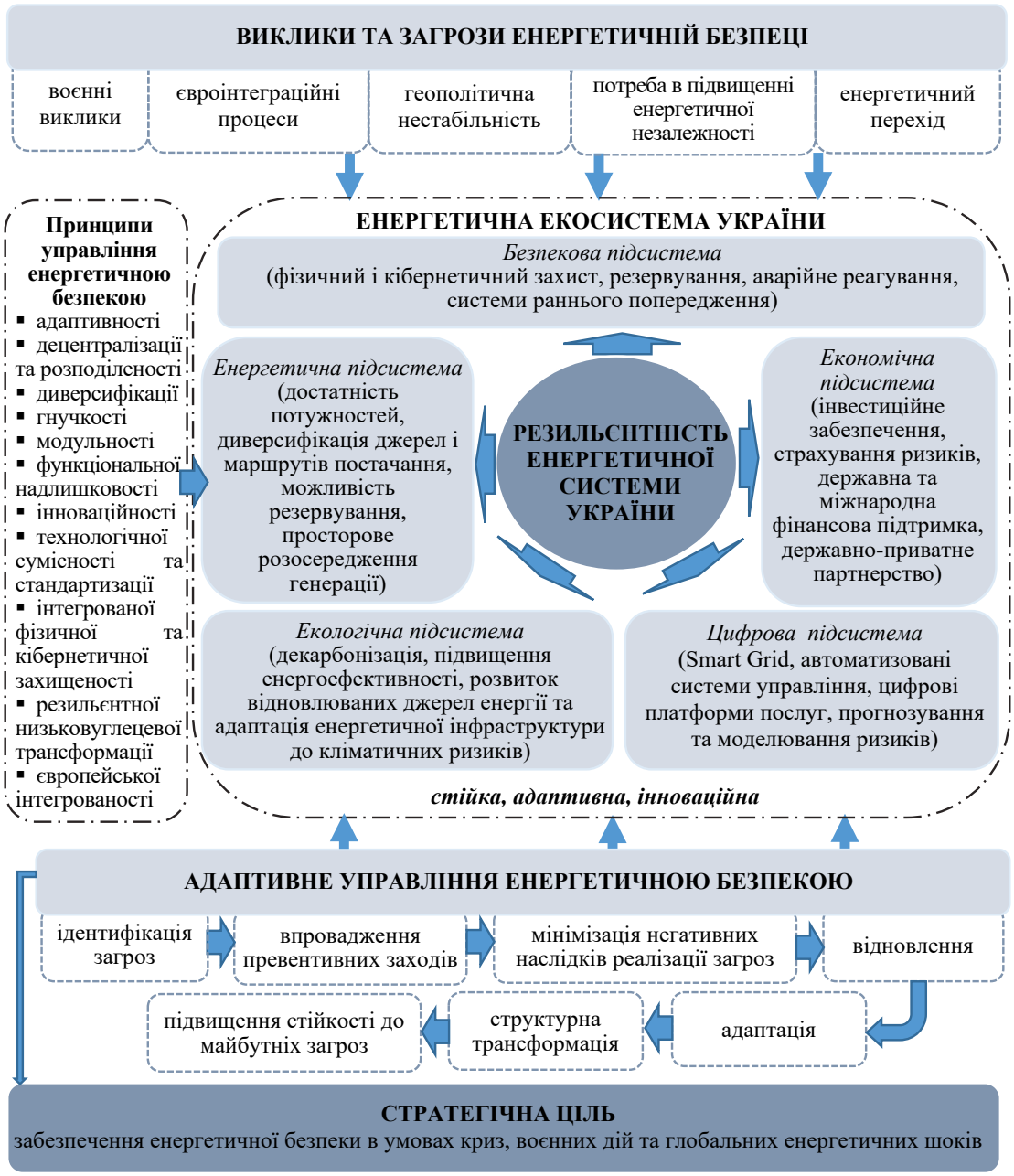

Рис. 1. Концептуальна модель парадигми адаптивного управління енергетичною безпекою України

Джерело: розроблено авторами

розподілені ресурси складніше одночасно вивести з ладу та легше локально відновлювати. По-друге, стратегія мінімізації надлишкових потужностей має бути замінена стратегією цілеспрямованого формування резервних потужностей. По-третє, цифрова трансформація енергетичної системи має бути системною та передбачати одночасне посилення кіберстійкості енергетичної інфраструктури. По-четверте, стратегічною ціллю має бути не відтворення довоєнної структури енергосистеми, а її технологічна перебудова. По-п'яте, стратегічним елементом резильєнтності енергосистеми України правомірно вважати подальшу інтеграцію з європейськими енергетичними ринками.

Висновки. Проведене дослідження дозволило обґрунтувати необхідність переосмислення підходів до управління енергетичною безпекою України в умовах багатовимірних ризиків, воєнних дій, технологічної турбулентності та глобальних енергетичних шоків. Одночасний вплив воєнних, економічних, цифрових, технологічних, екологічних та геополітичних загроз об'єктивно зумовлює необхідність по-

будови енергетичної екосистеми, спроможної функціонувати в умовах невизначеності та постійних структурних змін.

Теоретичним базисом дослідження визначено парадигму енергетичної резильєнтності, відповідно до якої енергетична безпека має забезпечуватися через формування стійкої, адаптивної та інноваційної енергосистеми, здатної зберігати критично важливі функції, адаптувати режими функціонування, відновлюватися та структурно трансформуватися під впливом кризових чинників.

На основі системно-структурного підходу запропоновано авторську функціональну декомпозицію енергетичної екосистеми України через взаємодію енергетичної, економічної, екологічної, цифрової та безпекової підсистем. Доведено, що резильєнтність формується як системний ефект їх функціональної узгодженості. Визначено систему принципів парадигми адаптивного управління енергетичною безпекою, що формує методологічні орієнтири для побудови енергосистеми, здатної не лише протистояти вже відомим загрозам, а й адаптуватися до нових типів ризиків.

Розроблено концептуальну модель парадигми адаптивного управління енергетичною безпекою України на засадах резильєнтності енергосистеми, яка поєднує багатовимірне ризикове середовище, систему принципів управління, взаємопов'язані функціональні підсистеми енергетичної екосистеми та механізм адаптивного реагування. Її стратегічним результатом є формування стійкої, адаптивної, децентралізованої, технологічно гнучкої, інноваційної, захищеної енергосистеми України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Бочко О. Ю. Базис стратегії розвитку бізнес-екосистем енергетичної сфери. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету.* 2024. № 1–2 (314–315). С. 110–116. DOI: https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-1-2-314-315-110-116
2. International Energy Agency. Energy System Resilience: Lessons Learned from Ukraine. Paris : IEA, 2026. URL: https://www.iea.org/reports/energy-system-resilience (дата звернення: 10.08.2026).
3. Kharazishvili Y., Kwilinski A., Sukhodolia O., Dzwigol H., Bobro D., Kotowicz J. The Systemic Approach for Estimating and Strategizing Energy Security: The Case of Ukraine. *Energies.* 2021. Vol. 14, No. 8. Art. 2126. DOI: https://doi.org/10.3390/en14082126
4. Щуров І. В. Науково-методичний підхід щодо оцінювання результативності механізмів забезпечення енергетичної безпеки економіки. *Бізнес-навігатор.* 2022. Вип. 3 (70). С. 33–37. DOI: https://doi.org/10.32847/business-navigator.70-6
5. Wang X., Li S., Rahman M. A. A Comprehensive Survey on Enabling Techniques in Secure and Resilient Smart Grids. *Electronics.* 2024. Vol. 13, No. 11. Art. 2177. DOI: https://doi.org/10.3390/electronics13112177
6. Jørgensen B. N., Ma Z. G. Cybersecurity and Resilience of Smart Grids: A Review of Threat Landscape, Incidents, and Emerging Solutions. *Applied Sciences.* 2026. Vol. 16, No. 2. Art. 981. DOI: https://doi.org/10.3390/app16020981
7. Onyshchenko V., Onyshchenko S., Verhal K., Buriak A. The Energy Efficiency of the Digital Economy. Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022 / eds. V. Onyshchenko, G. Mammadova, S. Sivitska, A. Gasimov. Cham : Springer, 2023. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol. 299. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_64
8. Maznyk L., Dvulit Z., Wołowiec T., Horbal N., Dluhopolskyi O. Energy Resilience and Sustainability Under War: Attacks on Ukraine's Critical Infrastructure and Spillover Risks for Europe. *Sustainability.* 2026. Vol. 18, No. 12. Art. 6044. DOI: https://doi.org/10.3390/su18126044
9. Vaskina I., Waeber P. O., Dach J. et al. Ukraine's Wartime Power System: Damage, Resilience, and Pathways for Renewable Recovery. *Energy, Sustainability and Society.* 2026. DOI: https://doi.org/10.1186/s13705-026-00597-5
10. Суходоля О. М. Стійкість критичної енергетичної інфраструктури та життєдіяльності громад : аналітична доповідь. Київ : НІСД, 2024. 160 с. DOI: https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.04
11. Мохор В. В., Коробейніков Ф. О. Стійкість і резильєнтність у безпековому домені. *Реєстрація, зберігання і обробка даних.* 2024. Т. 26, № 1. DOI: https://doi.org/10.35681/1560-9189.2024.26.1.308655
12. Jasiūnas J., Lund P. D., Mikkola J. Energy System Resilience – A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2021. Vol. 150. Art. 111476. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111476
13. Hlushko A., Khudolii Yu. Transformation of Ukraine's Energy System in the Context of European Integration and the Green Transition. Heritage of European Science' 2026 : monograph. Karlsruhe, Germany : ScientificWorldNetAkhatAV, 2026. No. sge47-04. P. 21–29. URL: https://desymp.promonograph.org/index.php/sge/issue/view/sge47-04/sge47-04
14. Багрій І. Д., Онищенко В. О., Євдокимов В. В. Стратегія розвитку та впровадження відновлюваної енергетики в Україні. *Мінеральні ресурси України*. 2024. № 3. С. 3–9. DOI: https://doi.org/10.31996/mru.2024.3.3-9
15. Onyshchenko S., Zhyvylo Ye., Hlushko A., Bilko S. Cyber Risk Management Technology to Strengthen the Information Security of the National Economy. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2024. No. 5. P. 136–142. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-5/136

16. Khan M. I., Asfand F., Asif M., Al-Ansari T., Farooq M., Kurniawan T. A., Al-Ghamdi S. G. Energy System Resilience as an All-Hazards System-of-Systems Property under Climate and Security Challenges. *Applied Energy.* 2026. Vol. 418. Art. 128033. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2026.128033

17. Ding Y., Hu H., Xu K., Wang Z. From Resilience Characteristics to Assessment Methods: A Comprehensive Review and Methodological Roadmap for Energy Systems. *International Journal of Energy Research.* 2026. Art. 6620135. 17 p. DOI: https://doi.org/10.1155/er/6620135

18. ISO 22366:2026. Security and Resilience – Community Resilience – Framework and Principles for Energy Resilience. Geneva : International Organization for Standardization, 2026. 15 p. URL: https://www.iso.org/standard/83384.html (дата звернення: 20.08.2026).

REFERENCES:

1. Bochko O. Yu. (2024). Bazys stratehii rozvytku biznes-ekosystem enerhetychnoi sfery [The basis of the strategy for the development of business ecosystems in the energy sector]. *Naukovyi visnyk Odeskoho natsionalnoho ekonomichnoho universytetu,* no. 1–2(314–315), pp. 110–116. DOI: https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-1-2-314-315-110-116

2. International Energy Agency. (2026). Energy system resilience: Lessons learned from Ukraine. Paris, France: IEA. Available at: https://www.iea.org/reports/energy-system-resilience

3. Kharazishvili Y., Kwilinski A., Sukhodolia O., Dzwigol H., Bobro D. & Kotowicz J. (2021). The systemic approach for estimating and strategizing energy security: The case of Ukraine. *Energies,* no. 14(8), 2126. DOI: https://doi.org/10.3390/en14082126

4. Shchurov, I. V. (2022). Naukovo-metodychnyi pidkhid shchodo otsiniuvannia rezultatyvnosti mekhanizmiv zabezpechennia enerhetychnoi bezpeky ekonomiky [A scientific and methodological approach to assessing the effectiveness of mechanisms for ensuring the energy security of the economy]. *Biznes-navihator,* no. 3(70), pp. 33–37. DOI: https://doi.org/10.32847/business-navigator.70-6

5. Wang X., Li S. & Rahman M. A. (2024). A comprehensive survey on enabling techniques in secure and resilient smart grids. *Electronics,* no. 13(11), 2177. DOI: https://doi.org/10.3390/electronics13112177

6. Jørgensen B. N. & Ma Z. G. (2026). Cybersecurity and resilience of smart grids: A review of threat landscape, incidents, and emerging solutions. *Applied Sciences,* no. 16(2), 981. DOI: https://doi.org/10.3390/app16020981

7. Onyshchenko, V., Onyshchenko, S., Verhal, K., & Buriak, A. (2023). The energy efficiency of the digital economy. In V. Onyshchenko, G. Mammadova, S. Sivitska, & A. Gasimov (Eds.), Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022 (Lecture Notes in Civil Engineering, Vol. 299). Cham, Switzerland: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_64

8. Maznyk L., Dvulit Z., Wołowiec T., Horbal N. & Dluhopolskyi O. (2026). Energy resilience and sustainability under war: Attacks on Ukraine's critical infrastructure and spillover risks for Europe. *Sustainability,* no. 18(12), 6044. DOI: https://doi.org/10.3390/su18126044

9. Vaskina I., Waeber P. O., Dach J. et al. (2026). Ukraine's wartime power system: Damage, resilience, and pathways for renewable recovery. *Energy, Sustainability and Society.* DOI: https://doi.org/10.1186/s13705-026-00597-5

10. Sukhodolia O. M. (2024). Stiikist krytychnoi enerhetychnoi infrastruktury ta zhyttiediialnosti hromad [Resilience of critical energy infrastructure and community livelihoods]. Kyiv, Ukraine: NISS. DOI: https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.04

11. Mokhor V. V. & Korobeinikov F. O. (2024). Stiikist i rezyliientnist u bezpekovomu domeni [Stability and resilience in the security domain]. *Reiestratsiia, zberihannia i obrobka danykh,* no. 26(1). DOI: https://doi.org/10.35681/1560-9189.2024.26.1.308655

12. Jasiūnas J., Lund P. D. & Mikkola J. (2021). Energy system resilience – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* no. 150, 111476. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111476

13. Hlushko A. & Khudolii Yu. (2026). Transformation of Ukraine's energy system in the context of European integration and the green transition. In Heritage of European science' 2026 (pp. 21–29). Karlsruhe, Germany: ScientificWorldNetAkhatAV. Available at: https://desymp.promonograph.org/index.php/sge/issue/view/sge47-04/sge47-04

14. Bahrii, I. D., Onyshchenko, V. O., & Yevdokymov, V. V. (2024). Stratehiia rozvytku ta vprovadzhennia vidnovliuvanoi enerhetyky v Ukraini [Strategy for the development and implementation of renewable energy in Ukraine]. *Mineralni resursy Ukrainy,* no. 3, pp. 3–9. DOI: https://doi.org/10.31996/mru.2024.3.3-9

15. Onyshchenko S., Zhyvylo, Ye., Hlushko, A., & Bilko, S. (2024). Cyber risk management technology to strengthen the information security of the national economy. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu,* no. 5, pp. 136–142. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-5/136

16. Khan M. I., Asfand F., Asif M., Al-Ansari T., Farooq M., Kurniawan T. A. & Al-Ghamdi S. G. (2026). Energy system resilience as an all-hazards system-of-systems property under climate and security challenges. *Applied Energy,* no. 418, 128033. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2026.128033

17. Ding, Y., Hu, H., Xu, K., & Wang, Z. (2026). From resilience characteristics to assessment methods: A comprehensive review and methodological roadmap for energy systems. *International Journal of Energy Research,* 2026, 6620135. DOI: https://doi.org/10.1155/er/6620135

18. International Organization for Standardization. (2026). ISO 22366:2026 Security and resilience – Community resilience – Framework and principles for energy resilience. Geneva, Switzerland: ISO. Available at: https://www.iso.org/standard/83384.html

УДК 620.9:351.863:005.21(477)
JEL Q40, Q48, H56

Онищенко Володимир Олександрович, доктор економічних наук, професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». **Глушко Аліна Дмитрівна,** кандидат економічних наук, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». **Гавловський Євгеній Олександрович,** здобувач третього (наукового) рівня вищої освіти, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». **Концептуальні основи парадигми адаптивного управління енергетичною безпекою України на засадах резильєнтності енергосистеми.**

У статті досліджено проблему формування нової парадигми адаптивного управління енергетичною безпекою України на засадах резильєнтності енергосистеми. Проаналізовано сучасні підходи до забезпечення енергетичної безпеки та обґрунтовано необхідність переходу до системи, здатної передбачати загрози, адаптуватися, відновлюватися та трансформуватися в умовах кризових впливів. Запропоновано функціональну декомпозицію енергетичної екосистеми через взаємодію енергетичної, економічної, екологічної, цифрової та безпекової підсистем. Визначено ключові принципи адаптивного управління та розроблено концептуальну модель формування стійкої, децентралізованої, інноваційної й інтегрованої енергосистеми України.

Ключові слова: енергетична безпека, енергетична резильєнтність, адаптивне управління, критична інфраструктура, енергетична система, децентралізація, розподілена генерація, цифровізація, кібербезпека, енергетичний перехід, відновлення, європейська інтеграція, стратегія.

UDC 620.9:351.863:005.21(477)
JEL Q40, Q48, H56

Volodymyr Onyshchenko, Doctor of Economics, Professor, National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic". **Alina Hlushko,** PhD in Economics, Associate Professor, National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic". **Yevhenii Havlovskyi,** PhD student (third-cycle higher education), National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic". **Conceptual foundations of the paradigm of adaptive energy security management in Ukraine based on energy system resilience.**

The article examines the problem of developing a new paradigm of adaptive energy security management in Ukraine under the conditions of the full-scale war, systematic destruction of energy infrastructure, transformation of European energy markets, and the accelerating processes of decarbonization, digitalization, and decentralization of the energy sector. It is substantiated that traditional approaches, focused primarily on resource adequacy, reliability of energy supply, reserve capacity, and the mitigation of individual threats, do not fully correspond to the conditions of the simultaneous impact of military, economic, technological, environmental, cyber, and geopolitical risks. The purpose of the study is to advance the theoretical and methodological foundations of energy security management in Ukraine by substantiating the paradigm of energy resilience and developing a conceptual model of adaptive energy system management. Energy resilience is proposed to be interpreted as the systemic capacity of an energy system to anticipate and identify threats, absorb crisis impacts without a critical loss of functionality, maintain vital functions, adapt operating modes, recover rapidly, and undergo structural and technological transformation based on accumulated crisis experience. Based on systemic-structural and adaptive approaches, a functional decomposition of the energy ecosystem is proposed through the interaction of energy, economic, environmental, digital, and security subsystems. It is substantiated that resilience emerges as a systemic effect of their functional coherence and mutual reinforcement. A conceptual model of the paradigm of adaptive energy security management in Ukraine has been developed. The model is based on the principles of adaptability, decentralization and distributed organization, diversification, flexibility, modularity, functional redundancy, innovation, integrated physical and cyber protection, low-carbon transformation, and European integration. The practical value of the proposed model lies in its potential application in the formulation of national energy policy, the identification of priorities for post-war recovery, the modernization of critical infrastructure, the development of distributed generation, and the deepening of Ukraine's integration into the European energy area.

Key words: energy security, energy resilience, adaptive management, critical infrastructure, energy system, decentralization, distributed generation, digitalization, cybersecurity, energy transition, recovery, European integration, strategy.

Конфлікт інтересів: Онищенко В.О. є головним редактором журналу. Для забезпечення незалежності редакційного процесу рукопис розглядався уповноваженим редактором, який не перебував у підпорядкуванні автора та не мав конфлікту інтересів. Автор не брав участі у відборі рецензентів, процесі рецензування та прийнятті рішення щодо публікації статті. Рукопис пройшов стандартну процедуру подвійного сліпого рецензування.