

ECONOMY AND OPERATION OF NATIONAL ECONOMY

УДК 338.49:620.9(477)
JEL C67, D57, Q43, H54, H56

DOI: 10.26906/EiR.2026.3(102).4700

ОЦІНЮВАННЯ КРИТИЧНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В СИСТЕМІ МІЖГАЛУЗЕВИХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Покачайло Валентин Михайлович*, аспірант
Державна навчально-наукова установа «Академія фінансового управління»

*ORCID 0009-0003-3950-8522

Дата надходження статті: 10.07.2026

Дата прийняття статті: 03.08.2026

Дата публікації статті: 07.10.2026

Вступ. Повномасштабна збройна агресія проти України перетворила критичну енергетичну інфраструктуру на один із головних об'єктів цілеспрямованих ударів, наслідком яких стало безпрецедентне в новітній європейській історії руйнування об'єктів генерації, передачі та розподілу енергії. За результатами п'ятого раунду швидкої оцінки завданих збитків та потреб у відновленні (RDNA5) прямі збитки енергетичного та видобувного секторів станом на 31 грудня 2025 р. сягнули 24,8 млрд дол. США, що більш ніж увосьмеро перевищує показник першого раунду оцінювання (близько 3,0 млрд дол. США станом на 1 червня 2022 р.), а потреби у відновленні оцінено у 90,6 млрд дол. США [1]. Енергетичний сектор стабільно перебуває серед трьох найуразливіших за всіма вимірами оцінювання – збитками, втратами та потребами у відновленні [1; 2].

Особлива небезпека руйнування енергетичної інфраструктури зумовлена не лише масштабами прямих збитків, а й каскадним характером наслідків для національної економіки. Енергія є базовим виробничим ресурсом у економічній діяльності, тому порушення енергопостачання спричиняє мультиплікативне скорочення виробництва товарів і надання послуг в суміжних галузях, масштаб якого суттєво перевищує безпосередні втрати самого сектору. За таких умов обґрунтування державної політики захисту та відновлення критичної інфраструктури потребує кількісного інструментарію, який дає змогу визначити ступінь критичності енергетичного сектору для економічної системи загалом та оцінити ймовірні економічні втрати за різних сценаріїв порушення його функціонування, що й визначає актуальність визначеної проблематики.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Проблема забезпечення стійкості критичної інфраструктури (КІ) посідає чільне місце в сучасних зарубіжних дослідженнях: В. Rathnayaka, С. Siriwardana, D. Robert, D. Amaratunga та S. Setunge узагальнили доказову базу щодо чинників уразливості та інструментів зміцнення стійкості інфраструктурних систем [3], D. Rehak, M. Hromada, V. Onderkova, N. Walker та С. Fuggini запропонували динамічне моделювання робастності елементів критичної електроенергетичної інфраструктури [4], а С. Scholz, S. Schauer та M. Latzenhofer дослідили трансформацію самого поняття КІ під впливом системних криз [5]. У вітчизняній науці В. Кудряшов розкрив сутність, функції та особливості формування КІ в Україні [6; 7], К. Клименко та М. Савостьяненко виокремили напрями посилення її захисту з урахуванням потенціалу міжнародної співпраці [8].

Методологічну основу кількісного оцінювання системної ролі окремих секторів становить аналіз міжгалузевих зв'язків на основі таблиць «витрати-випуск» В. Леонтьєва: метод гіпотетичного вилучення для ідентифікації ключових галузей застосовано у праці J. M. López Álvarez та M. A. Cardenete [9] та



© Покачайло В. М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

формалізовано Е. G. Hertwich [10]. Особливе значення для цього дослідження мають праці В. В. Кулика, у яких КІ розглянуто в системі економіко-виробничих зв'язків та запропоновано сценарії її розвитку і фінансового забезпечення в умовах війни й повоєнного відновлення [11–14], а також дослідження О. І. Ястремського з ідентифікації ключових та ефективних видів економічної діяльності України на даних довоєнного періоду [15].

Водночас результати раундів оцінювання збитків RDNA [1; 2; 16–18] використовуються переважно у прикладному вимірі та не інтегровані з інструментарієм міжгалузевого моделювання каскадних ефектів, а сценарні оцінки втрат національної економіки від порушення функціонування енергетичного сектору різного масштабу, які давали б змогу кількісно обґрунтувати пріоритетність його захисту та відновлення, у науковій літературі відсутні.

Метою статті є оцінювання критичності енергетичного сектору України на основі методології міжгалузевого балансу та сценарного моделювання економічних втрат від порушення його функціонування.

Основний матеріал і результати. Порівняльний аналіз збитків, завданих КІ, і насамперед її енергетичному сегменту, можливий лише за умови застосування єдиного методологічного підходу, який гарантує зіставність оцінок у часі. Таку функцію виконує інструмент Швидкої оцінки завданих збитків та потреб у відновленні (Rapid Damage and Needs Assessment, RDNA). Упродовж повномасштабної війни здійснено п'ять послідовних раундів оцінювання, результати яких зафіксовано у звітах RDNA [1; 2; 16–18]. Кожен наступний раунд інтегрує найповніші наявні дані, уникає подвійного врахування та вираховує вже задоволені потреби, що дає змогу простежити динаміку наслідків російської агресії. Водночас зміни показників між раундами зумовлені не лише новими руйнуваннями, а й уточненням методології, поліпшенням якості даних, інфляційним тиском та курсовими коливаннями, тому абсолютні прирости доцільно трактувати як орієнтовні, зосереджуючи аналітичну увагу на стійких тенденціях у масштабах і структурі збитків.

Прямі збитки інфраструктурі та активам зросли з 97,4 млрд дол. США за RDNA1 (станом на 1 червня 2022 р.) до 195,1 млрд дол. США за RDNA5 (станом на 31 грудня 2025 р.), тобто фактично подвоїлися за період оцінювання. Сукупні економічні та соціальні втрати збільшилися з 252 до 666,7 млрд дол. США, а потреби у відновленні та відбудові у десятирічному горизонті – з 348,5 до 587,7 млрд дол. США, що еквівалентно майже потрійному обсягу ВВП країни за 2025 р. [1]. Станом на 31 грудня 2025 р. близько 74% сукупних збитків припадало на чотири сектори: житловий (61,1 млрд дол. США, або 31,3% загального обсягу), транспортний (40,3 млрд дол. США, 20,6%), енергетичний та видобувний (24,8 млрд дол. США, 12,7%) та торгівлю і промисловість (19,2 млрд дол. США, 9,8%). Структура втрат натомість має інші особливості: сектор торгівлі та промисловості – 232,9 млрд дол. США (34,9% загальних втрат), енергетика та видобуток – 88,2 млрд дол. США (13,2%), сільське господарство – 78,0 млрд дол. США (11,7%) та транспорт – 58,9 млрд дол. США (8,8%). За потребами у відновленні: транспорт – 96,3 млрд дол. США (16,4%), енергетика та видобуток – 90,6 млрд дол. США (15,4%) і житло – 89,8 млрд дол. США (15,3%) [1].

Наведений секторальний розподіл зумовлює особливе місце енергетичного сектору, який стабільно перебуває серед трьох найуразливіших за всіма вимірами оцінювання – збитками, втратами та потребами у відновленні. Упродовж п'яти раундів прямі збитки сектору енергетики подвоїлися, а зруйнованими стали потужностей генерації, частка якої у збитках електроенергетики зросла з близько 7% до понад 80%, що засвідчує цілеспрямований системний характер ударів з акцентом на виведенні з ладу об'єктів, відновлення яких потребує найбільших витрат часу та ресурсів.

Узагальнення показників збитків, втрат та потреб у відновленні енергетичного сектору за п'ятьма раундами RDNA наведено в табл. 1.

Оскільки КІ є сукупністю взаємопов'язаних секторів та об'єктів, порушення функціонування яких загрожувало значними економічними втратами та національній безпеці, оцінювання критичності окремих секторів потребує інструментарію, який дає змогу кількісно визначити їхній вплив на економічну систему загалом. Методологічну основу такого аналізу становлять таблиці «витрати-випуск» В. Леонтьєва, що дають змогу відстежити прямі, непрямі та каскадні ефекти зміни обсягів виробництва в окремому секторі для суміжних галузей.

Базова модель міжгалузевого балансу описується рівнянням:

$$x = Ax + y,$$

де A – матриця коефіцієнтів прямих витрат; x – вектор валових випусків галузей; y – вектор кінцевого споживання.

Таблиця 1

Динаміка прямих збитків, втрат та потреб у відновленні енергетичного сектору України за раундами RDNA, млрд дол. США

	RDNA1 (01.06.22)	RDNA2 (24.02.23)	RDNA3 (31.12.23)	RDNA4 (31.12.24)	RDNA5 (31.12.25)
Прямі збитки	3,0	10,0	10,6 ¹	20,5 ¹	24,8
у тому числі:					
електроенергетика:	1,4	6,5	7,5	14,8	17,1
– генерація	0,1	3,9	4,9	11,9	14,2
– передача	0,7 ²	1,9	2,15	2,2	2,3
– розподіл	0,6 ²	0,4	0,43	0,6	0,7
газовий сектор	0,5	1,2	1,3	1,4	н/д ³
нафтовий/паливний сектор	0,4	1,7	1,7	1,7	н/д ³
вугільна промисловість	0,1	0,1 ⁴	0,1 ⁴	н/о ⁵	н/д ³
теплостачання	0,7	1,2	2,1 ⁶	2,5 ⁶	– ⁶
Сукупні втрати	11,7	27,0	54,0	72,3	88,2
Потреби у відновленні	10,4	47,0	47,1	67,8	90,6

Примітки: ¹ Без централізованого теплопостачання, віднесеного до муніципального сектору (RDNA3–RDNA4); ² У RDNA1 – за активами оператора передачі та операторами систем розподілу відповідно; ³ RDNA5 наводить агреговано в межах 24,8 млрд дол. США без окремої деталізації по газу/паливу/вугіллю; ⁴ Ураховано на рівні RDNA1 через обмеженість даних із тимчасово окупованих територій; ⁵ Не оцінювалося; ⁶ Методологічний розрив ряду: у RDNA1–RDNA2 теплопостачання входить до енергосектору; у RDNA3–RDNA4 винесено окремо; у RDNA5 знову включено до 24,8 млрд дол. США.

Джерело: складено за даними [1; 2; 16–18]

Розв'язок моделі має вигляд:

$$x = (I - A)^{-1}y,$$

де $(I - A)^{-1}$ – матриця повних витрат (обернена матриця Леонтьєва).

Для ідентифікації критичних секторів використовують систему відносних показників, що базуються на матриці повних витрат.

Індекс прямого впливу (*forward linkage*) галузі i визначається за формулою:

$$FL_i = \frac{\sum_j b_{ij}}{n} \bigg/ \frac{\sum_{ij} b_{ij}}{n^2}$$

де n – кількість галузей.

Цей показник характеризує, наскільки зміна випуску галузі i впливає на виробництво в інших галузях економіки порівняно із середнім впливом.

Елемент b_{ij} показує, на скільки одиниць має збільшитися валовий випуск галузі i для забезпечення приросту кінцевого споживання продукції галузі j на одиницю.

Індекс зворотного впливу (*backward linkage*) галузі j обчислюється як:

$$BL_j = \frac{\sum_i b_{ij}}{n} \bigg/ \frac{\sum_{ij} b_{ij}}{n^2}$$

Показник відображає, наскільки збільшення кінцевого споживання продукції галузі j стимулює виробництво в інших галузях порівняно із середнім стимулюючим ефектом.

На основі значень цих індексів галузі класифікують за чотирма типами:

- ключові галузі ($FL_i > 1$, $BL_j > 1$) – мають високий вплив на економіку як з боку пропозиції, так і з боку попиту; порушення їхнього функціонування спричиняє найбільші системні наслідки;
- галузі з прямим впливом ($FL_i > 1$, $BL_j < 1$) – виступають постачальниками для багатьох інших галузей, їхні збої негайно позначаються на виробничих ланцюгах;

- галузі зі зворотним впливом ($FL_i < 1, BL_j > 1$) – формують значний попит на продукцію інших галузей;
- галузі зі слабким впливом ($FL_i < 1, BL_j < 1$) – мають обмежені зв'язки з рештою економіки.

Застосування моделі Леонтьєва для аналізу КІ базується на низці припущень, які визначають межі інтерпретації результатів. Модель передбачає лінійність виробничих функцій і незмінність коефіцієнтів прямих витрат, тоді як реальні шоки можуть спричинити нелінійні ефекти за наближення до меж виробничих потужностей; не враховує можливості заміщення ресурсів, яке за тривалого дефіциту зменшує фактичні втрати порівняно з модельними оцінками; відображає середньорічну структуру економіки, залишаючи поза увагою сезонність і короткострокові дисбаланси; крім того, базові таблиці «витрати-випуск» складаються із запізненням у 2–3 роки, впродовж яких структура економіки може зазнати змін. Попри зазначені обмеження, модель Леонтьєва залишається найпридатнішим інструментом системного аналізу міжгалузових взаємозалежностей та ідентифікації критичних секторів, а результати моделювання слід інтерпретувати як оцінки порядку величини ефектів, доповнюючи їх якісним аналізом галузевої специфіки та інституційного середовища.

Застосування методології міжгалузевого балансу дає змогу ідентифікувати види економічної діяльності (ВЕД), які відіграють системоутворювальну роль у національній економіці. На основі таблиці «витрати-випуск» України за 2021 р. у розрізі 42 ВЕД розраховано індекси прямого (FL) та зворотного (BL) впливу галузей [19], за якими ВЕД класифіковано на чотири групи та побудовано діаграму розсіювання (рис. 1). Енергетичний сектор представлений агрегованою категорією D35 «Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря», основну частку якої становить електроенергетика.

До ключових галузей віднесено ВЕД з високим впливом як з боку пропозиції, так і з боку попиту ($FL > 1, BL > 1$) – 9 галузей, або 21,4% їхньої загальної кількості: виробництво гумових і пластмасових виробів (C22, $BL = 1,500$), будівництво (F41–F43, $BL = 1,418$), виробництво готових металевих виробів (C25, $BL = 1,359$), іншої неметалевої мінеральної продукції (C23, $BL = 1,327$), хімічних речовин (C20, $BL = 1,316$), металургійне виробництво (C24, $BL = 1,315$), виробництво машин і устаткування (C28, $BL = 1,206$), **постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (D35, $BL = 1,047$)** та виробництво продуктів нафтопереробки (C19.2, $BL = 1,037$). Саме ці галузі формують структурний каркас національної економіки та підтримання виробничих зв'язків у суміжних секторах.

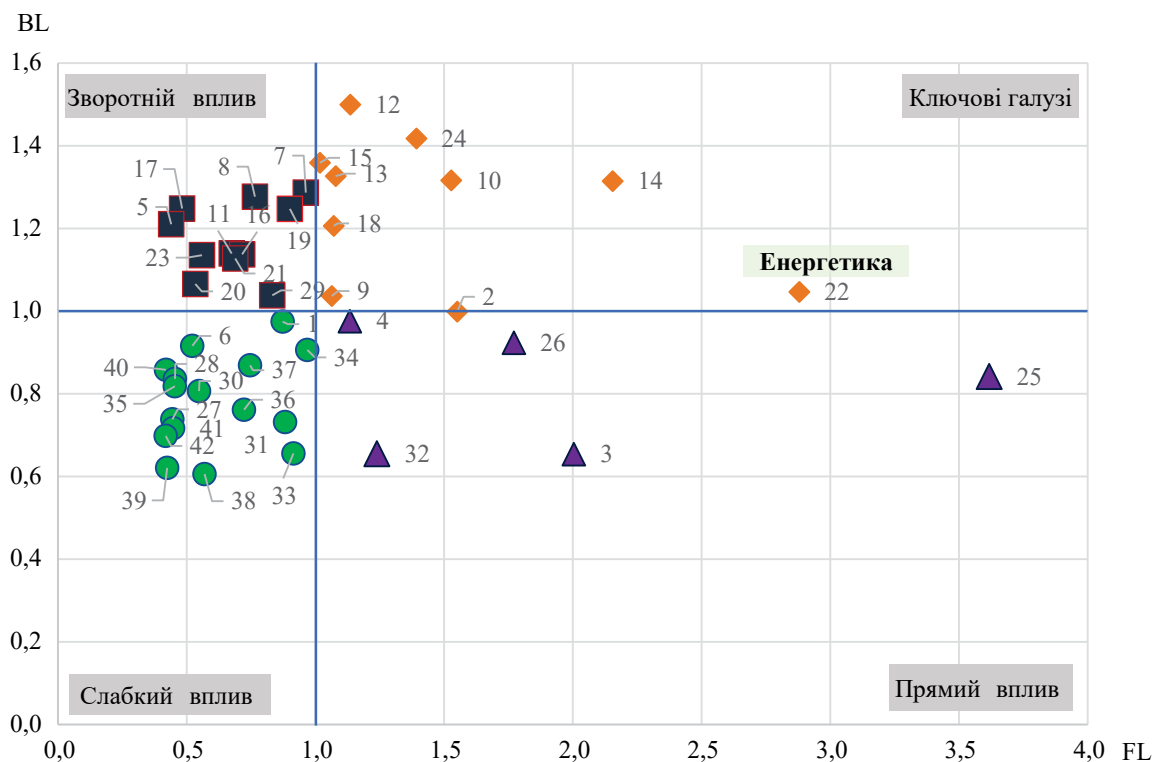


Рис. 1. Класифікація видів економічної діяльності України за показниками FL та BL (2021 р.)

Примітка: енергетичний сектор (позиція 22, код D35) розташований у квадранті ключових галузей ($FL = 2,88 > 1, BL = 1,05 > 1$), що підтверджує його критичне значення для економіки України.

Джерело: побудовано автором

Енергетичний сектор (D35) увійшов до ключових галузей з показниками $FL = 2,880$ та $BL = 1,047$. Високий індекс прямого впливу засвідчує роль енергетики як базового постачальника виробничого ресурсу для широкого кола галузей: зміна її випуску на одиницю спричиняє майже втричі більшу зміну сукупного випуску, ніж аналогічна зміна у середньостатистичній галузі. Перевищення одиниці індексом зворотного впливу відображає складну виробничу структуру сектору, який споживає значні обсяги обладнання, палива, будівельних матеріалів та послуг. Універсальність енергії як виробничого ресурсу визначає критичну важливість безперебійного енергопостачання для функціонування і промисловості, і сфери послуг. Мультиплікатор випуску енергетичного сектору становить 2,656: збільшення кінцевого попиту на енергію на 1 млрд грн генерує зростання сукупного валового випуску на 2,656 млрд грн через прямі та непрямі ефекти у виробничих ланцюгах. **Такий рівень інтегрованості енергетики в систему міжгалузевих зв'язків означає, що порушення її функціонування спричиняє одні з найбільших каскадних ефектів в економічній системі.**

За індексом зворотного впливу енергетика посідає 18 місце серед 42 ВЕД та 8 позицію серед 9 ключових галузей, поступаючись провідним обробним виробництвам. Утім, сама належність до ключових галузей однозначно засвідчує її критичну роль у функціонуванні національної економіки. Показовим є й те, що валовий випуск енергетичного сектору у 2021 р. становив лише 605,5 млрд грн, або 4,2% валового випуску економіки: **критичність енергетики визначається не масштабом виробництва, а позицією у виробничих ланцюгах, де енергія є базовим ресурсом для переважної більшості видів економічної діяльності.**

Порівняння з оцінками, здійсненими на основі таблиці «витрати-випуск» за 2016 р. [15], засвідчує збереження енергетичним сектором статусу ключової галузі національної економіки та посилення його прямого впливу на суміжні види економічної діяльності, що ймовірно свідчить про зростання ефективності економічної структури та посилення інтеграційних процесів між галузями.

Підтверджений статус енергетичного сектору як ключової галузі потребує кількісної оцінки потенційних економічних втрат від порушення його функціонування. Для цього застосовано метод гіпотетичного вилучення (*Hypothetical Extraction Method*) [9], який дає змогу змодельовати вплив скорочення виробничих потужностей енергетики на решту економіки через систему міжгалузевих зв'язків.

Цей метод передбачає моделювання повного виключення галузі з економічної системи шляхом обнулення відповідних рядків та стовпчиків матриці прямих витрат. Різниця між початковим випуском X та випуском після вилучення X^* характеризує ступінь залежності економіки від функціонування галузі:

$$L = X - X^*.$$

Показник втрат L відображає максимально можливий ефект повної відмови галузі та є верхньою межею оцінки критичності. Для сценарного аналізу часткових втрат застосовано модифікацію методу, за якої елементи рядка та стовпчика матриці A , що відповідають енергетичному сектору, пропорційно зменшуються на коефіцієнт α , який відображає частку втрачених виробничих потужностей. Модифікована матриця A^* визначається як:

$$A_{ij}^* = (1 - \alpha) \times A_{ij}, \text{ якщо } i = e \text{ або } j = e, \\ A_{ij}^* = A_{ij} \text{ в інших випадках,}$$

де e – індекс енергетичного сектору (D35).

На основі модифікованої матриці прямих витрат обчислюється нова матриця повних витрат $B^* = (I - A^*)^{-1}$ та відповідний вектор валових випусків $X^* = B^*Y$. Економічні втрати визначаються як різниця між базовим та новим випуском: $L = X - X^*$.

Розглянуто чотири сценарії порушення функціонування енергетичного сектору: втрата 25%, 50%, 75% та 100% виробничих потужностей. Результати моделювання представлені у табл. 2.

Сукупні економічні втрати зростають від 2 282,3 млрд грн (20,0% валового випуску економіки) за сценарієм втрати 25% потужностей до 2 567,7 млрд грн (22,5%) за сценарієм 50%, 2 770,3 млрд грн (24,3%) за сценарієм 75% та 2 909,0 млрд грн (25,5%) за повного вилучення енергетичного сектору.

Вплив енергетичних шоків розподіляється між галузями вкрай нерівномірно. За сценарієм повного вилучення найбільших абсолютних втрат зазнають сільське господарство (A01–A03) – 643,9 млрд грн, або 46,1% галузевого випуску, будівництво (F41–F43) – 590,4 млрд грн (73,6%), власне енергетичний сектор (D35) – 504,2 млрд грн (83,3%), металургійне виробництво (C24) – 450,8 млрд грн (72,6%) та

Економічні втрати від порушення функціонування енергетичного сектору
за різними сценаріями

Сценарій	Втрата потужностей, %	Загальні втрати випуску, млрд грн	Загальні втрати випуску, %	Втрати енергетики, млрд грн	Втрати енергетики, %	Мультиплікатор
1	25	2 282,3	20,0	196,6	32,5	11,6
2	50	2 567,7	22,5	314,3	51,9	8,2
3	75	2 770,3	24,3	415,1	68,6	6,7
4	100	2 909,0	25,5	504,2	83,3	5,8

Примітка: мультиплікатор показує, на скільки гривень зменшується сукупний випуск в економіці при зменшенні випуску енергетики на 1 грн.

Джерело: розраховано автором на основі таблиці «витрати-випуск» України за 2021 р. [19]

добування руд і корисних копалин (B07–B09) – 308,5 млрд грн (80,3%). **Найвищі відносні втрати при-таманні енергоємним галузям базової промисловості, що пояснюється значними коефіцієнтами прямої та повної енергоємності і щільною інтеграцією у виробничі ланцюги, залежні від безперебійного енергопостачання; сфера послуг є менш вразливою, хоча транспорт і комп'ютерне програмування зазнають відчутних втрат через опосередковану залежність від енергії у ланцюгах створення вартості.**

Мультиплікативний ефект впливу на економіку є найвищим за помірного шоку: за сценарієм 25% кожна гривня втрат енергетичного сектору генерує 11,6 грн сукупних втрат, тоді як за сценаріїв 50%, 75% та 100% мультиплікатор знижується відповідно до 8,2, 6,7 та 5,8, що зумовлено нелінійними ефектами міжгалузевих взаємодій та обмеженнями статичної моделі міжгалузевого балансу.

Кількість галузей із суттєвими втратами (понад 10% галузевого випуску) зростає з 19 за сценарієм 25% до 23 за сценаріїв 75% і 100%, а кількість галузей із критичними втратами (понад 25% випуску) стабілізується на рівні 14 уже за втрати половини потужностей енергетики. **Отже, каскадні ефекти проявляються вже за відносно невеликих порушень енергопостачання і мають тенденцію до насичення за екстремальних сценаріїв.**

Результати моделювання слід інтерпретувати з урахуванням зазначених вище обмежень статичної моделі, які доповнюються ще одним: модель не відображає динаміку відновлення економіки після шоку та можливості реструктуризації виробничих ланцюгів, тому отримані значення характеризують масштаб первинного удару, а не кінцеві втрати з урахуванням адаптації. Попри ці застереження, оцінки чітко демонструють критичну роль енергетичного сектору: **навіть часткове (25%) порушення енергопостачання спричиняє втрати, що перевищують п'яту частину валового випуску економіки, що підтверджує належність енергетики до КІ та обґрунтовує пріоритетність забезпечення її стійкості та безперебійного функціонування.**

Висновки. Оцінювання збитків, завданих енергетичній КІ України у 2022–2025 рр., здійснене на основі п'яти раундів швидкої оцінки збитків і потреб у відновленні (RDNA), засвідчило зростання прямих збитків енергетичного сектору з майже 3,0 млрд дол. США до 24,8 млрд дол. США, тобто більш ніж увосьмеро. Динаміка втрат відобразила не лише кількісне зростання збитків, а й зміщення основних пошкоджень від об'єктів передачі та розподілу до потужностей генерації, що підтверджує цілеспрямовану тактику ударів, унаслідок яких КІ потребує довгострокових інвестицій у відновлення.

Застосування методології міжгалузевого балансу на основі таблиці «витрати-випуск» України за 2021 р. у розрізі 42 видів економічної діяльності дало підстави віднести енергетичний сектор до ключових галузей національної економіки з індексом прямого впливу (FL = 2,88) та індексом зворотного впливу (BL = 1,05). Мультиплікатор випуску сектору становить 2,656, а порівняння з результатами розрахунків за даними 2016 р. підтвердило посилення системної ролі енергетики.

Сценарне моделювання порушення функціонування енергетичного сектору методом гіпотетичного вилучення ідентифікувало критичну роль енергетики для національної економіки. Сукупні економічні втрати зростають від 2 282,3 млрд грн (20,0% валового випуску економіки) за сценарієм втрати 25% енергетичних потужностей до 2 909,0 млрд грн (25,5% валового випуску) за сценарієм повного вилучення сектору. Найбільших відносних втрат зазнають енергоємні галузі базової промисловості, зокрема металургійне виробництво (72,6% галузевого випуску), будівництво (73,6%) та добувна промисловість

(80,3%), тоді як сфера послуг є менш вразливою, хоча транспорт і комп'ютерне програмування зазнають відчутних втрат через опосередковану залежність від енергопостачання у ланцюгах створення вартості. Навіть часткове порушення енергопостачання спричиняє масштабні каскадні наслідки для всієї економіки, що обґрунтовує віднесення енергетичного сектору до КІ, захист, стійкість і відновлення якої мають стратегічне значення для національної безпеки.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямі пов'язані із застосуванням динамічних моделей міжгалузевого балансу, які дають змогу врахувати процеси адаптації та відновлення економіки після енергетичних шоків, а також з обґрунтуванням інституційних і фінансових механізмів забезпечення резильєнтності критичної енергетичної інфраструктури в програмах повоєнного відновлення України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Ukraine Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 – December 2025 / Washington, D.C. : World Bank Group, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1596/44369>
2. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment / Washington, D.C. : World Bank Group, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1596/37988>
3. Rathnayaka B., Siriwardana C., Robert D., Amaratunga D., Setunge S. Improving the resilience of critical infrastructures: Evidence-based insights from a systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022. Vol. 78. Art. 103123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103123>
4. Rehak D., Hromada M., Onderkova V., Walker N., Fuggini C. Dynamic robustness modelling of electricity critical infrastructure elements as a part of energy security. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2022. Vol. 136. Art. 107700. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107700>
5. Scholz C., Schauer S., Latzenhofer M. The emergence of new critical infrastructures. Is the COVID-19 pandemic shifting our perspective on what critical infrastructures are? *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022. Vol. 83. Art. 103419. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103419>
6. Кудряшов В. П. Критична інфраструктура та її функції. *Наукові праці НДФІ*. 2021. № 2. С. 5–24. DOI: <https://doi.org/10.33763/npndfi2021.02.005>
7. Кудряшов В. П. Формування критичної інфраструктури в Україні. *Фінанси України*. 2022. № 2. С. 7–25. DOI: <https://doi.org/10.33763/finukr2022.02.007>
8. Клименко К. В., Савостьяненко М. В. Посилення захисту критичної інфраструктури: вітчизняні реалії та міжнародне співробітництво. *Наукові праці НДФІ*. 2021. № 2. С. 45–69. DOI: <https://doi.org/10.33763/npndfi2021.02.044>
9. López Álvarez J. M., Cardenete M. A. Identification of key sectors in a General Equilibrium Model: A comparative empirical analysis for Andalusian economy. 24th International Input-Output Conference (4–8 July 2016, Seoul, Korea). URL: https://www.iioa.org/conferences/24th/papers/files/2549_20160429021_CARDENETE_LOPEZ.pdf
10. Hertwich E. G. Linking hypothetical extraction, the accumulation of production factors, and the addition of value. *Journal of Industrial Ecology*. 2024. Vol. 28. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.13522>
11. Кулик В. В. Критична інфраструктура в системі виробничих і фінансово-економічних взаємозв'язків «витрати-випуск». *Фінанси України*. 2021. № 6. С. 89–108. DOI: <https://doi.org/10.33763/finukr2021.06.089>
12. Кулик В. В. Моделювання фінансового забезпечення розвитку критичних об'єктів інфраструктури. *Фінанси України*. 2021. № 11. С. 103–126. DOI: <https://doi.org/10.33763/finukr2021.11.103>
13. Кулик В. В. Деякі аспекти аналізу та моделювання процесів розвитку критичної інфраструктури. *Наукові праці НДФІ*. 2022. № 4. С. 53–64. DOI: <https://doi.org/10.33763/npndfi2022.04.053>
14. Кулик В. В. Моделювання міжгалузевої економіки як критичної інфраструктури: розроблення сценаріїв розвитку економіки України в умовах війни та післявоєнного відновлення. *Кибернетика та системний аналіз*. 2023. Т. 59, № 6. С. 116–136. URL: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001442971>
15. Ястремський О. І. Ключові та ефективні види економічної діяльності України. *Вісник економічної науки України*. 2018. № 2 (35). С. 177–182. URL: <http://www.venu-journal.org/download/2018/2/31-Iastremskyi.pdf>
16. Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 – December 2024 / Washington, D.C. : World Bank Group, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1596/42908>
17. Second Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA2): February 2022 – February 2023 / Washington, D.C.: World Bank Group, 2023. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099184503212328877>
18. Ukraine Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3): February 2022 – December 2023 / Washington, D.C. : World Bank Group, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1596/41082>
19. Таблиця «Витрати-випуск» / Держстат. URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/tablytsya-vytraty-vypusk>

REFERENCES:

1. World Bank, Government of Ukraine, European Union, & United Nations. (2026). Ukraine Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 – December 2025. Washington, D.C.: World Bank Group. DOI: <https://doi.org/10.1596/44369>
2. World Bank, Government of Ukraine, & European Commission. (2022). Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment. Washington, D.C.: World Bank Group. DOI: <https://doi.org/10.1596/37988>

3. Rathnayaka B., Siriwardana C., Robert D., Amaratunga D. & Setunge S. (2022). Improving the resilience of critical infrastructures: Evidence-based insights from a systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103123>
4. Rehak D., Hromada M., Onderkova V., Walker N. & Fuggini C. (2022). Dynamic robustness modelling of electricity critical infrastructure elements as a part of energy security. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107700>
5. Scholz C., Schauer S. & Latzenhofer M. (2022). The emergence of new critical infrastructures. Is the COVID-19 pandemic shifting our perspective on what critical infrastructures are? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103419>
6. Kudriashov V. P. (2021). Krytychna infrastruktura ta yii funktsii [Critical infrastructure and its functions]. *Naukovi pratsi NDFI – RFI Scientific Papers*, no. 2, pp. 5–24. DOI: <https://doi.org/10.33763/npndfi2021.02.005> (in Ukrainian)
7. Kudriashov V. P. (2022). Formuvannya krytychnoi infrastruktury v Ukraini [Formation of critical infrastructure in Ukraine]. *Finansy Ukrainy – Finance of Ukraine*, no. 2, pp. 7–25. DOI: <https://doi.org/10.33763/finukr2022.02.007> (in Ukrainian)
8. Klymenko K. V. & Savostianenko M. V. (2021). Posylennia zakhystu krytychnoi infrastruktury: vitchyzniani realii ta mizhnarodne spivrobitnytstvo [Strengthening the protection of critical infrastructure: domestic realities and international cooperation]. *Naukovi pratsi NDFI – RFI Scientific Papers*, no. 2, pp. 44–68. DOI: <https://doi.org/10.33763/npndfi2021.02.044> (in Ukrainian)
9. López Álvarez J. M. & Cardenete M. A. (2016). Identification of key sectors in a General Equilibrium Model: A comparative empirical analysis for Andalusian economy. Proceedings of the 24th International Input-Output Conference, Seoul, Korea. Available at: https://iioa.org/conferences/24th/papers/files/2549_20160429021_CARDENETE_LOPEZ.pdf
10. Hertwich E. G. (2024). Linking hypothetical extraction, the accumulation of production factors, and the addition of value. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 28, iss. 4, pp. 736–750. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.13522>
11. Kulyk V. V. (2021). Krytychna infrastruktura v systemi vyrobnychkyh i finansovo-ekonomichnykh vzaïmozv'язkiv "vytraty-vypusk" [Critical infrastructure in the system of production, financial and economic input-output interconnections]. *Finansy Ukrainy – Finance of Ukraine*, no. 6, pp. 89–108. DOI: <https://doi.org/10.33763/finukr2021.06.089> (in Ukrainian)
12. Kulyk V. V. (2021). Modeliuvannya finansovoho zabezpechennia rozvytku krytychnykh ob'ektiv infrastruktury [Modelling the financial support for the development of critical infrastructure facilities]. *Finansy Ukrainy – Finance of Ukraine*, no. 11, pp. 103–126. DOI: <https://doi.org/10.33763/finukr2021.11.103> (in Ukrainian)
13. Kulyk V. V. (2022). Deiaki aspekty analizu ta modeliuvannya protsesiv rozvytku krytychnoi infrastruktury [Some aspects of analysis and modelling of critical infrastructure development processes]. *Naukovi pratsi NDFI – RFI Scientific Papers*, no. 4, pp. 53–64. DOI: <https://doi.org/10.33763/npndfi2022.04.053> (in Ukrainian)
14. Kulyk V. V. (2023). Modeliuvannya mizhhaluzevoi ekonomiky yak krytychnoi infrastruktury: rozroblennia stsennariiv rozvytku ekonomiky Ukrainy v umovakh viiny ta pislavoiennoho vidnovlennia [Modelling the inter-industry economy as critical infrastructure: developing scenarios for the development of Ukraine's economy in wartime and post-war recovery]. *Kibernetika ta systemnyi analiz – Cybernetics and Systems Analysis*, vol. 59, no. 6, pp. 116–136. Available at: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001442971> (in Ukrainian)
15. Yastremskyi O. I. (2018). Kliuchovi ta efektyvni vydy ekonomichnoi diïalnosti Ukrainy [Key and efficient types of economic activity of Ukraine]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy – Herald of the Economic Sciences of Ukraine*, no. 2(35), pp. 177–182. Available at: <http://www.venu-journal.org/download/2018/2/31-Iastremskyi.pdf> (in Ukrainian)
16. World Bank, Government of Ukraine, European Union, & United Nations. (2025). Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 – December 2024. Washington, D.C.: World Bank Group. DOI: <https://doi.org/10.1596/42908>
17. World Bank, Government of Ukraine, European Commission, & United Nations. (2023). Second Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA2): February 2022 – February 2023. Washington, D.C.: World Bank Group. Available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099184503212328877>
18. World Bank, Government of Ukraine, European Commission, & United Nations. (2024). Ukraine Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3): February 2022 – December 2023. Washington, D.C.: World Bank Group. DOI: <https://doi.org/10.1596/41082>
19. State Statistics Service of Ukraine. Tablytsia "Vytraty-vypusk" [Input-output table]. Available at: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/tablytsya-vytraty-vypusk> (in Ukrainian)

УДК 338.49:620.9(477)

JEL C67, D57, Q43, H54, H56

Покачайло Валентин Михайлович, аспірант, Державна навчально-наукова установа «Академія фінансового управління». **Оцінювання критичності енергетичного сектору України в системі міжгалузевих взаємозв'язків національної економіки.**

Статтю присвячено кількісному оцінюванню критичності енергетичного сектору України в умовах повномасштабної збройної агресії. Узагальнено динаміку та структуру збитків, завданих критичній енерге-

тичній інфраструктурі у 2022-2025 рр., за результатами п'яти раундів швидкої оцінки збитків і потреб у відновленні (RDNA), що засвідчили зростання прямих збитків сектору більш ніж увосьмеро. На основі таблиці «витрати-випуск» України за 2021 р. у розрізі 42 видів економічної діяльності розраховано індекси прямого та зворотного впливу, за якими енергетичний сектор віднесено до ключових галузей національної економіки. Методом гіпотетичного вилучення здійснено сценарне оцінювання економічних втрат від скорочення виробничих потужностей енергетики. Обґрунтовано пріоритетність захисту енергетичного сектору та інвестицій у його відбудову для національної безпеки і повоєнного відновлення.

Ключові слова: національна економіка, критична інфраструктура, енергетика, енергетичний сектор, міжгалузевий баланс, оцінка збитків, RDNA, метод гіпотетичного вилучення, безпека і стійкість об'єктів критичної інфраструктури, воєнний стан, повоєнне відновлення, інвестиції.

UDC 338.49:620.9(477)

JEL C67, D57, Q43, H54, H56

Valentyn Pokachaylo, Postgraduate Student, State Educational and Scientific Establishment “The Academy of financial management”. **Assessing the criticality of Ukraine’s energy sector within the system of inter-industry linkages of the national economy.**

The full-scale armed aggression against Ukraine has turned critical energy infrastructure into one of the main targets of deliberate attacks, which caused unprecedented destruction of generation, transmission and distribution facilities and made the assessment of the systemic role of the energy sector a matter of national security. The purpose of the article is to provide a quantitative assessment of the criticality of Ukraine’s energy sector on the basis of inter-industry linkage analysis and scenario modelling of economic losses caused by the disruption of its functioning. The research methodology combines the generalisation of the results of five rounds of the Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA), which made it possible to trace the dynamics and structure of damage to critical energy infrastructure in 2022–2025, with the instruments of input-output analysis. Using the symmetric input-output table of Ukraine for 2021, covering 42 types of economic activity, the forward and backward linkage indices were calculated, and the hypothetical extraction method was applied to model the cascade effects of energy supply disruption. The results show that direct damage to the energy sector increased more than eightfold during the period under review, while the bulk of the damage steadily shifted from transmission and distribution facilities to generation capacities. The energy sector was classified as a key industry of the national economy with a forward linkage index of 2.88 and a backward linkage index of 1.05; its output multiplier equals 2.656. Scenario modelling showed that even a 25% loss of energy capacity reduces the economy's gross output by 20.0%, while complete extraction of the sector raises total losses to 25.5%. The largest relative losses are borne by energy-intensive basic industries, construction and mining. The practical value of the article lies in the possibility of using the obtained estimates to substantiate the prioritisation of investments in the protection and restoration of critical energy infrastructure within post-war recovery programmes and the formation of public policy on critical infrastructure resilience.

Key words: national economy, critical infrastructure, energy, energy sector, cross-sectoral balance, damage assessment, RDNA, hypothetical extraction method, security and resilience of critical infrastructure facilities, martial law, post-war recovery, investment.