УДК 621.316

С. Я. Вишневський, канд. техн. наук, доц.

ДОМІНУЮЧА РОЛЬ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ КЛАСТЕРНО-ОСТРІВНОЇ СТРУКТУРИ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

У статті обґрунтовано, що в умовах воєнних руйнувань, зростання вартості маневрових ресурсів та посилення вимог до живучості енергопостачання – оновлена об'єднана електроенергетична система України має формуватися як дворівнева структура. На першому рівні домінуючу системоутворюючу роль повинна зберігати атомна енергетика, яка забезпечує базове, стабільне та відносно дешеве електропостачання. На другому рівні повинна розвиватися кластерно-острівна мережа локальних електроенергетичних вузлів, здатних працювати в паралельному режимі з об'єднаною електроенергетичною системою України та в автономному режимі в разі порушення централізованого електропостачання шляхом гнучкого управління попитом, локального балансування завдяки власній маневровій, газопоршневій та когенераційній генерації, а також використання відновлюваних джерел енергії. Показано, що децентралізація не заперечує домінування атомної енергетики, а навпаки потребує її як системної основи для забезпечення частотної стабільності та стримування граничних тарифів та прайс-кепів на ринку. На основі українських досліджень гібридних мікросистем, локальних електроенергетичних систем, економіки систем накопичення енергії та ринку електроенергії, а також порівняльного аналізу досвіду Німеччини і Франції доведено, що без достатнього обсягу власної базової генерації промислова країна змушена компенсувати її дефіцит дорожчими маневровими потужностями, імпортом або резервною тепловою генерацією. На основі деталізації європейських кейсів розкрито суперечливі наслідки німецького відходу від ядерної енергетики, що призвів до зростання імпортної залежності та вимушеної опори на викопне паливо, на противагу французькій стратегії довгострокової розбудови атомного парку як запоруки ринкової стійкості. Запропоновано розглядати атомну енергетику як базовий системний контур оновленої об'єднаної електроенергетичної системи України, а кластерно-острівну архітектуру – як інструмент підвищення її стійкості, маневровості та адаптивності.

Ключові слова: *атомна енергетика, об'єднана електроенергетична система України, кластерно-острівна структура, локальні електроенергетичні системи, острівний режим, маневрова генерація, системи накопичення енергії, енергетична стійкість.*

Постановка проблеми

Воєнні дії показали, що відбудова енергетики України не може зводитися лише до відновлення пошкоджених генеруючих потужностей і мереж. У нових умовах потрібне переосмислення самої архітектури об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС) України: вона має бути одночасно стійкою, економічно життєздатною та здатною зберігати функціональність за умов часткової втрати централізованого живлення.



Рис. 1. Розміщення, типи та встановлені потужності основних електростанцій ОЕС України станом на 2021 рік

Саме в цій логіці уряд України офіційно просуває модель «енергетичних сот» – автономних або напівавтономних кластерів, де критична інфраструктура може працювати навіть за пошкодження центральної мережі, причому атомна генерація визначена як рівень, що забезпечує стабільність, яку неможливо замінити [1, 2].

При цьому проблема полягає не лише в децентралізації як такій. Для промислової держави недостатньо просто збільшити кількість локальних джерел або гнучких рішень. Потрібно зберегти і посилити той системний контур, який здатний забезпечити великий обсяг базової електроенергії за відносно прийнятною вартістю. Домінуюча роль атомної енергетики в Україні визначається не лише історично сформованою структурою генерації, а й поточним станом енергосистеми: за оцінками, що публікувалися з посиланням на Енергоатом і галузеві джерела, її частка у воєнний період зросла приблизно до 70 % виробництва, а на початку 2026 року покривала до 80 % внутрішнього споживання [1 – 4].

Отже, головна наукова проблема полягає не в пошуку альтернативи атомній енергетиці, а в обґрунтуванні такої структури ОЕС України, в якій атомна генерація виступає базовим системним контуром, а кластерно-острівна побудова – другим рівнем, що забезпечує живучість, локальну автономність і двохрежимну роботу системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У сучасних українських дослідженнях, присвячених трансформації енергосистеми, можна виділити основні напрями [1 – 8]:

– вразливість централізованої енергосистеми та необхідність розвитку розосередженої генерації, локальних вузлів і острівних режимів роботи кластерів енергосистеми [1 – 2, 4];

– побудова гібридних мікросистем, які мають працювати як інтегровано з ОЕС, так і автономно, з урахуванням технічних, економічних і ринкових критеріїв [3];

– дослідження економічних меж гнучкості, насамперед щодо систем накопичення енергії, які є важливими, але дорогими інструментами покриття небалансів потужності [5];

– відносне оцінювання засобів балансування режимів електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами енергії[6 – 7].

Окремим питанням є дослідження, у яких ядерна генерація розглядається не лише як

технічна база, а як економічно значущий сегмент ринку електроенергії. Це особливо важливо, оскільки дозволяє перейти від загального твердження до висновку: домінуюча роль атомної енергетики у структурі ОЕС України має одночасно системний, ринковий і макроекономічний зміст [8].

Разом із тим аналіз літератури показує, що дотепер недостатньо чітко розроблено саме питання ієрархії майбутньої ОЕС України: яким чином повинні бути співвіднесені базова атомна генерація, локальні кластери, маневровий контур, системи накопичення енергії (СНЕ) та ринкові механізми.

Мета статті – обґрунтування домінуючої ролі атомної енергетики як основи формування кластерно-острівної структури об'єднаної електроенергетичної системи України, здатної функціонувати як у паралельному так і в автономному режимах, із забезпеченням системної стійкості, економічної доцільності та прийнятної вартості електроенергії для економіки держави.

Основні матеріали дослідження

Атомна енергетика як системоутворююча основа оновленої об'єднаної електроенергетичної системи України.

Для оновленої ОЕС України атомна енергетика має виконувати не просто роль одного з великих сегментів генерації, а функцію системного ядра. Такий висновок випливає як із поточного стану української енергетики, так і з логіки ринку. Якщо базова генерація втрачає свою вагу, то її дефіцит доводиться покривати дорожчими маневровими потужностями, імпортом або резервними рішеннями, що неминуче підвищує ціну стійкості системи [4 – 7, 9].

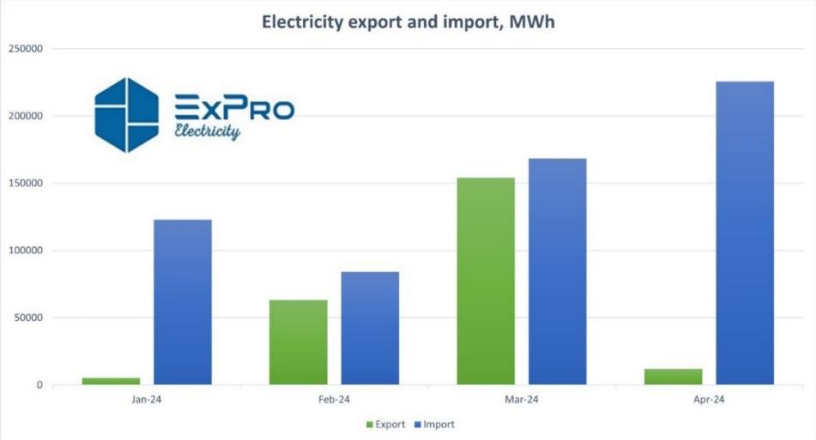
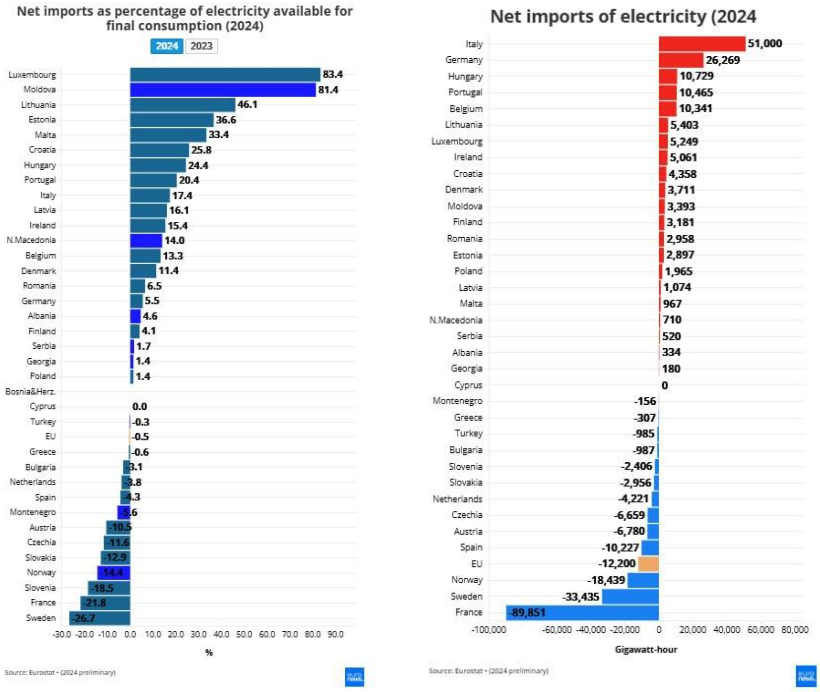


Рис. 2. Динаміка імпорту та експорту електроенергії України у січні – квітні 2024 року

Принципове значення має і те, що базова атомна генерація є носієм великого обсягу відносно дешевої електроенергії. В умовах, коли гнучкість системи дедалі більше спирається на дорожчі газові, когенераційні, резервні або імпортні рішення, вартість стійкості зростає. Офіційне рішення НКРЕКП[10] з 1 травня 2026 року встановити максимальні прайс-кепи 15 тис. грн/МВт·год на ринку на добу наперед та внутрішньодобовому ринку і 17 тис. грн/МВт·год на балансуючому ринку – прямо обґрунтовувалося дефіцитом генерації та потребою підвищити зацікавленість імпортерів у покритті пікового попиту. Це є непрямим індикатором того, що маневрова й дефіцитна частина системи дорожчає, тоді як роль великої низьковартісної бази стає ще важливішою.

Показовим у цьому контексті є сучасний європейський досвід транскордонної торгівлі електроенергією. За даними Eurostat, у 2024 році чистими імпортерами електроенергії в абсолютному вимірі були такі економіки як Італія, Бельгія та Німеччина з відповідними показниками 17,4 %, 13,3 % та 5,5 %. А найбільшими чистими експортерами – Франція та Швеція у яких чистий експорт становив відповідно 26,7 % і 21,8 % електроенергії, доступної

для кінцевого споживання [11 – 12]. Це свідчить, що в умовах інтегрованого ринку електроенергії конкурентоспроможність енергосистеми визначається не лише обсягом встановленої потужності, а насамперед наявністю стабільного власного генераційного ядра, здатного забезпечувати надлишок електроенергії у періоди високого попиту або дефіциту в суміжних системах.



а) б)

Рис.3. Діаграма країн імпортерів та експортерів електроенергії а) в абсолютному вимірі та б) в Гігават годинах у 2024 році

Цей досвід має принципове значення. Європейська статистика фактично демонструє, що країни з потужною власною базовою генерацією отримують не лише вищу внутрішню стійкість, а й сильнішу зовнішню ринкову позицію. Натомість держави, у яких перший контур бази атомної генерації послаблений або істотно залежить від дорогих паливних і маневрових ресурсів – частіше переходять у режим імпортної залежності.

Очевидно, що сильні експортні позиції Франції пов’язані з великим атомним парком, а позиції Німеччини – зокрема з виведенням з експлуатації останніх атомних реакторів та стрімким збільшенням частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в структурі генерування.

Отже, для України питання збереження й розвитку атомної генерації має не лише внутрішньосистемне, а й стратегічне зовнішньоекономічне значення. В умовах синхронізації з європейською енергосистемою власна атомна база може бути не тільки засобом покриття внутрішнього навантаження, а й чинником зниження імпортної вразливості, стримування вартості електроенергії та формування потенціалу майбутнього експорту. Саме тому світовий і, зокрема, європейський досвід підтверджує: для промислової держави стабільна базова генерація є не другорядним елементом енергетичної політики, а передумовою енергетичного суверенітету, ринкової стійкості та економічного відновлення.

Для ОЕС України атомна енергетика повинна розглядатися не як один із рівноправних сегментів, а як перший рівень нової системної архітектури. Саме вона забезпечує основу частоти, потужності, довготривалого покриття навантаження та економічно прийнятної ціни електроенергії. У цьому сенсі її роль виходить за межі суто технічної стабілізації і стає безпосередньо пов’язаною з можливістю економічного відновлення держави [2, 4].

Німецький досвід як приклад меж переходу без власної бази атомної генерації

Хронологічний досвід Німеччини показує, що ослаблення власної атомної бази не усуває потреби в базовій генерації, а лише змінює форми її компенсації. У 2022 році, за даними Destatis, частка вугілля у виробництві електроенергії в Німеччині зросла з 30,2 % до 33,3 %, а імпорт електроенергії з Франції впав на 62 % через технічні проблеми французьких атомних електричних станцій (АЕС). Це змусило німецьку систему посилити опору на власний вугільний контур [13].

У 2023 році, попри те що ВДЕ вперше забезпечили близько 52 % електроенергії, після закриття останніх німецьких АЕС імпорт став перевищувати експорт, а поставки з Франції, де електроенергія виробляється переважно на атомних електростанціях – помітно зросли [13]. Тобто Німеччина, де-юре відмовившись від власної атомної генерації, де-факто почала більше спиратися на імпорт французької атомної електроенергії. Додатково важливим є і політичний вимір: під час остаточного закриття останніх АЕС у Німеччині майже дві третини населення не підтримували це рішення [14]. Це показує, що питання ролі атомної енергетики часто має не лише технічний, а й політичний характер, але політичне рішення не скасовує фізичної потреби системи в базовій генерації.

Подальшим визнанням цієї проблеми стала електроенергетична стратегія ФРН 2024 року, яка передбачає тендери на 10 ГВт нових газових електростанцій для підтримки системи на тлі зростання частки ВДЕ [15].

Показовим є те, що ця проблема дедалі частіше визнається вже не лише на рівні техніко-економічного аналізу, а переходить у політичну площину Європейського Союзу. У публічних виступах голова Європейської Комісії Урсула фон дер Ляєн фактично сформулювала ключову системну дилему енергетичного переходу: відновлювані джерела енергії є необхідними для декарбонізації, однак за відсутності достатнього обсягу базової генерації періоди без вітру і сонця доводиться повною мірою компенсувати газовою чи «брудною» вугільною генерацією або системами накопичення енергії. Саме тому вона окремо наголосила на потребі в базовому генеруванні, а також назвала ретроспективну відмову від атомної енергетики «стратегічною помилкою» [16].

Приклад Німеччини важливий для України не як підстава для заперечення ВДЕ, а як застереження проти втрати системної ієрархії. Відновлювана генерація, накопичувачі, гнучкий попит і локальні кластери повинні розвиватися, але не замість базового контуру атомної генерації, а навколо нього. Саме така логіка дозволяє поєднати декарбонізацію з енергетичною безпекою, ринковою стійкістю та прийнятною вартістю електроенергії для промислової економіки.

Хоча Європейська Комісія, визнаючи проблематику високих цін, імпортної залежності та потреби у відході від викопного палива, не визначає безпосередньо енергетичні стратегії держав-членів – показовим у цьому контексті є приклад Бельгії. Після багаторічної політики поступового згортання атомної енергетики бельгійський уряд у 2026 році фактично переходить до логіки відновлення державного контролю над атомною генерацією як елементом контролю над власним енергопостачанням та енергетичного суверенітету [17 – 18]

Для України цей висновок має не теоретичне, а прикладне значення. Німецький досвід показує, що навіть високорозвинена економіка з потужними фінансовими ресурсами, розгалуженими міждержавними зв’язками та значним розвитком ВДЕ після послаблення атомного контуру змушена створювати новий дорогий резервний контуру або нарощувати залежність від зовнішнього балансування. Для України, яка перебуває в умовах воєнних ризиків, обмеженої пропускної спроможності імпорту, пошкодженої теплової генерації та високої чутливості промисловості до ціни електроенергії, повторення такої траєкторії було б значно небезпечнішим. Воно означало б не просто зміну структури генерації, а перенесення центру стійкості ОЕС із власної атомної бази на дорожчі паливозалежні, імпортні або резервні рішення.

Французький приклад, як модель збереження бази атомної генерації

На противагу Німеччині Франція зберігає послідовну орієнтацію на атомну енергетику як системну основу. У 2024 році Франція розпочала запуск нового реактора EPR у Фламанвілі потужністю 1600 МВт, а уряд декларує намір побудувати до 14 таких реакторів [19]. Парк країни налічує 57 реакторів, що підтверджує: для великої промислової економіки ядерна генерація залишається не периферійною, а системоутворюючою основою електроенергетики.

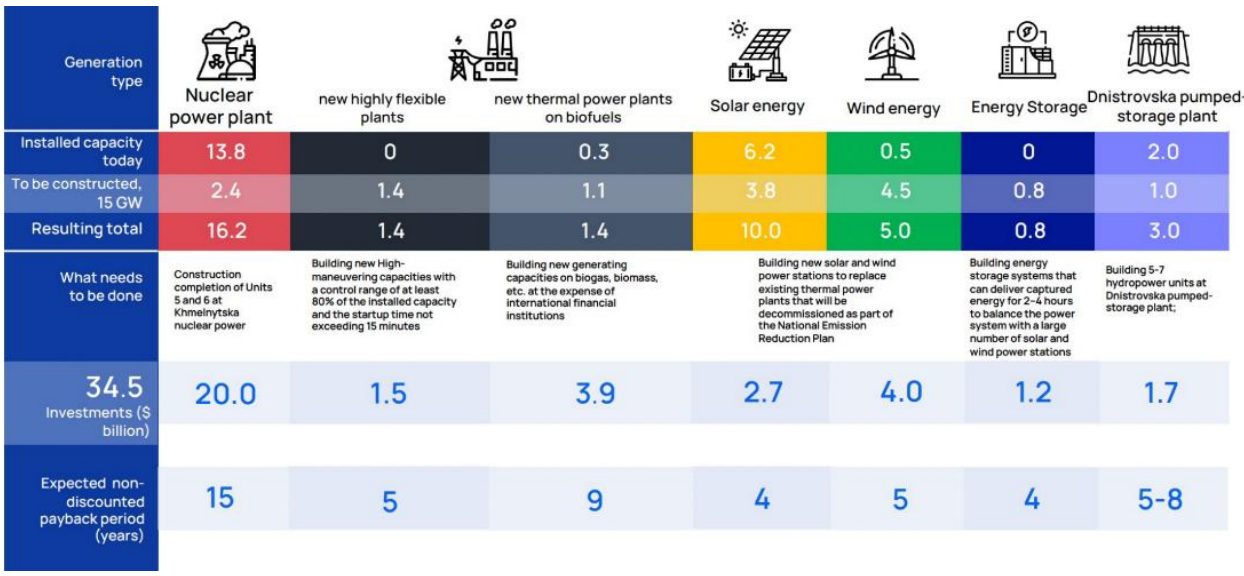
Порівняння Німеччини і Франції є одним із найсильніших аргументів для України. Воно показує, що при ослабленні власної атомної бази система змушена або збільшувати частку вугілля та газу, або імпортувати базову електроенергію з інших країн. Натомість збереження ядерної домінанти створює значно більш стійку платформу для поєднання базової генерації, децентралізації та ринкової гнучкості.

Атомна генерація в сучасній Європі дедалі більше розглядається не як залишковий елемент старої енергетичної моделі, а як стратегічний актив держави, основа покриття внутрішнього споживання, та вимагає не послаблення, а інституційного, технологічного й ринкового закріплення її домінуючої ролі.

Кластерно-острівна структура як другий рівень ОЕС

Кластерно-острівна модель не є альтернативою атомній домінанті. Навпаки, її реальна ефективність можлива лише тоді, коли вона спирається на сильний системний центр. Саме тому доцільно розглядати оновлену ОЕС України як дворівневу структуру: перший рівень архітектури ОЕС має забезпечувати системну базу, а другий рівень повинен підвищувати живучість, адаптивність і локальну автономність. Саме цю функцію здатна виконувати кластерно-острівна структура, що складається з локальних енергетичних вузлів із власною керованою генерацією, часткою ВДЕ, обмеженими СНЕ, системами керування попитом та можливістю роботи як у паралельному режимі з ОЕС, так і автономно. Така логіка безпосередньо відповідає сучасним українським дослідженням розосередженої генерації та гібридних мікросистем [1 – 3, 6, 9].

У паралельному режимі такі кластери повинні взаємодіяти з ОЕС, брати участь у ринку, працювати з механізмами агрегації, управління попитом і транскордонної інтеграції. Урядова модель «енергетичних сот» і рішення про розвиток marketcoupling прямо підтверджують саме такий напрям [2]. У ній атомна генерація визначена як незамінна база, а локальна автономія – як окремий рівень, що спирається на когенерацію, малі газові установки та децентралізовані системи тепла і води. Офіційно також заявлено про намір увести 1,5 ГВт нової розподіленої газової генерації і поширити практику PPA-контрактів на суб’єктів такої генерації. Це свідчить, що держава фактично рухається до дворівневої моделі: великий базовий контур плюс локальні стійкі вузли.



Generation type	Nuclear power plant	new highly flexible plants	new thermal power plants on biofuels	Solar energy	Wind energy	Energy Storage	Dnistrovska pumped-storage plant
Installed capacity today	13.8	0	0.3	6.2	0.5	0	2.0
To be constructed, 15 GW	2.4	1.4	1.1	3.8	4.5	0.8	1.0
Resulting total	16.2	1.4	1.4	10.0	5.0	0.8	3.0
What needs to be done	Construction completion of Units 5 and 6 at Khmelnytska nuclear power	Building new High-maneuvering capacities with a control range of at least 80% of the installed capacity and the startup time not exceeding 15 minutes	Building new generating capacities on biogas, biomass, etc. at the expense of international financial institutions	Building new solar and wind power stations to replace existing thermal power plants that will be decommissioned as part of the National Emission Reduction Plan		Building energy storage systems that can deliver captured energy for 2-4 hours to balance the power system with a large number of solar and wind power stations	Building 5-7 hydropower units at Dnistrovska pumped-storage plant;
34.5 Investments ($ billion)	20.0	1.5	3.9	2.7	4.0	1.2	1.7
Expected non-discounted payback period (years)	15	5	9	4	5	4	5-8

Рис. 4. Оцінка НЕК «Укренерго» потреби в новій генерації для забезпечення енергосистеми України та експортного потенціал

В острівному режимі пріоритети змінюються: кластер має забезпечувати локальний баланс потужності, забезпечення критичного навантаження, швидке керування навантаженням, наявність локальної керованої генерації та обмежене використання СНЕ для згладжування динаміки [1, 6, 9]. Це означає, що кластерно-острівна структура не може будуватися на значних частках ВДЕ та накопиченні. Для її реальної живучості необхідна керована опорна генерація, яка в українських умовах найчастіше матиме когенераційний, газопоршневий або газотурбінний характер.

Маневрова генерація як підтримувальний, а не базовий контур в оновленій структурі ОЕС України

Роль маневрової генерації в оновленій ОЕС України слід визначати як підтримувальну, а не базову. Це принципово важливо, оскільки саме така постановка дозволяє уникнути підміни системної ролі АЕС дорогою паливозалежною генерацією. Практичний досвід Хмельницького показує, що когенераційні та газопоршневі установки найбільш ефективні тоді, коли інтегровані в локальне навантаження, підтримують критичну інфраструктуру і працюють на стійкість, а не лише на продаж електроенергії в ринок [20].

Таким чином, для України маневрова генерація повинна бути підпорядкована логіці дворівневої системи: на рівні держави вона доповнює атомну базу, а на рівні локальних кластерів створює контур живучості і переходу в острівний режим. Одночасно нинішній стан української енергетики свідчить, що перехідний період потребуватиме також відновлення частини теплових і маневрових потужностей. Україна готується прийняти обладнання восьми виведених з експлуатації ТЕС у країнах ЄС для ремонтів пошкоджених станцій. Це ще один аргумент на користь того, що нова структура ОЕС не виникне одномоментно: вона формуватиметься як поєднання атомної бази, відновлюваної генерації, локальної маневрової підтримки та кластерної автономії.

Системи накопичення енергії: межі доцільності зростання їх частки в структурі ОЕС України

СНЕ є важливим, але не базовим компонентом нової архітектури. Їхня функція полягає у згладжуванні коливань, короткочасному резервуванні, підтриманні якості електроенергії та підвищенні швидкодії системи. Проте вони не можуть вважатися заміною ані базовій атомній генерації, ані достатньому обсягу маневрових потужностей. Це означає, що спроба компенсувати несталість великої частки ВДЕ переважно за рахунок накопичувачів

призводитиме до зростання системних витрат і, зрештою, до подорожчання електроенергії. Саме такий висновок випливає з українських досліджень економічного ефекту СНЕ: їх використання є корисним, але дороге, а окупність залежить від режиму залучення [5, 9].

Тому спроба побудувати значну частину нової структури ОЕС України на логіці «ВДЕ плюс СНЕ» без достатньої атомної бази означала б перенесення системної проблеми у площину високих витрат на резерв, накопичення та балансування. З точки зору довгострокової архітектури це було б менш ефективним, ніж модель «АЕС як база + кластери як локальна живучість + маневрова генерація як підтримка + СНЕ як інструмент гнучкості» [5 – 9].

Економічна логіка нової структури ОЕС України

Домінуюча роль атомної енергетики в оновленій ОЕС України має не лише технічну, а й економічну природу. Ринок уже сигналізує, що покриття дефіциту та забезпечення гнучкості дедалі більше спирається на дорожчі види генерації. Підвищення прайс-кепів, потреба в додатковій маневровій газовій генерації, зростання ролі імпорту та вартісні суперечки навколо резервних ресурсів свідчать, що без великого обсягу відносно дешевої базової електроенергії важко забезпечити не лише стійкість системи, а й конкурентоспроможність промисловості та передумови для економічного зростання.

Отже, кластерно-острівна структура ОЕС України має формуватися не замість атомної домінанти, а на її основі. Атомна енергетика забезпечує базовий системний контур і економічний фундамент, локальні кластери – живучість і двохрежимну адаптивність, маневрова генерація – оперативну підтримку, а СНЕ – допоміжну гнучкість. Саме така дворівнева модель найбільше відповідає як сучасним українським науковим напрацюванням, так і урокам європейського досвіду**.**

Висновки

У статті обґрунтовано, що домінуюча роль атомної енергетики повинна розглядатися як вихідний принцип формування оновленої ОЕС України. Це зумовлено не лише традиційною структурою виробництва електроенергії, а й тим, що саме атомна генерація забезпечує системну стабільність, великий обсяг базового навантаження та відносно низьку вартість електроенергії, без якої важко підтримувати економічне зростання і конкурентоздатність країни.

Показано, що кластерно-острівна побудова не суперечить атомній домінанті, а є її логічним продовженням. Якщо атомна генерація формує базовий системний контур, то локальні кластери створюють другий рівень – рівень живучості, маневровості та автономності. Саме така структура забезпечує поєднання великої системної бази з адаптивністю до воєнних і техногенних ризиків.

Досвід Німеччини та Франції доводить, що без достатнього обсягу власної базової генерації індустріальна країна змушена або збільшувати роль вугілля і газу, або імпортувати базову електроенергію ззовні. Для України цей урок є принциповим: найраціональнішою моделлю є не ослаблення атомної складової, а її збереження і розвиток у поєднанні з кластерно-острівною децентралізацією.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фролов І. В. Аналіз поточного стану енергосистеми та стратегії розвитку розосередженої генерації в Україні. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. 2024. Вип. 67. С. 48–53. DOI: 10.15407/publishing2024.67.048.

2. Україна створює мережу «енергетичних сот», – Денис Шмигаль. Кабінет Міністрів України. 10.04.2026. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-stvoriuie-merezhu-enerhetychnykh-sot-denys-shmyhal.

3. Загальні вимоги до побудови та використання гібридних мікросистем в розподільних мережах / А. Ф. Жаркін та ін. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. 2022. Вип. 63. С. 13–21. DOI: 10.15407/publishing2022.63.013.

4. «Це номер один»: Зеленський назвав головне джерело енергії в Україні. 24 Канал. 23.04.2026. URL: https://24tv.ua/economy/atomna-energetika-ukrayini-zelenskiy-rozpoviv-chomu-vona-ye-golovnim_n3054718.

5. Парус Є. В., Блінов І. В., Олефір Д. О. Оцінка економічного ефекту від надання системами накопичення електричної енергії послуги балансування в ОЕС України. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. 2021. Вип. 60. С. 28–37. DOI: 10.15407/publishing2021.60.028.

6. Відносне оцінювання засобів балансування режимів електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами енергії / П. Д. Лежнюк та ін. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2022. № 3 (162). С. 24–30. DOI: 10.31649/1997-9266-2022-162-3-24-30.

7. Lezhniuk P. D., Povstianko K. O. Operational management of the balance of power and electric energy in the electrical power system with renewable energy sources. *Proceedings of XVI International Conference "Measurement and Control in Complex Systems" (MCCS-2022)*. 2022. DOI: 10.31649/mccs2022.12.

8. Парус Є. В., Блінов І. В., Костіков А. О. Оцінювання ефективності роботи малого модульного ядерного реактора на ринку електричної енергії. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. 2024. Вип. 69. С. 19–28. DOI: 10.15407/publishing2024.69.019.

9. Вишневський С. Я. Підходи до формування локальних енергетичних кластерів в ОЕС України для роботи в острівному режимі. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2026. № 2 (84). С. 54–59. DOI: 10.20535/1813-5420.2.2026.360617.

10. Прайс-кепи на ринку електроенергії зростуть з 1 травня – рішення НКРЕКП. Forbes Ukraine. 23.04.2026. URL: https://forbes.ua/news/prays-kepi-na-rinku-elektroenergii-zrostut-z-1-travnya-rishennya-nkrep-23042026-38222.

11. Electricity and heat statistics. Eurostat Statistics Explained. Data extracted in September 2025. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_and_heat_statistics.

12. Electricity trade in Europe: who imports and who exports the most? Euronews. 17.10.2025. URL: https://www.euronews.com/business/2025/10/17/electricity-trade-in-europe-who-imports-and-who-exports-the-most.

13. Енергетика в Німеччині: міфи і факти. DW. 14.03.2023. URL: https://www.dw.com/uk/energetika-v-nimeccini-mifi-ta-fakti-pro-vugilla-gaz-atom-i-vidnovluvani-dzerela-energii/a-64971878.

14. Німеччина закриває АЕС: влада – за, населення – проти. DW. 10.04.2023. URL: https://www.dw.com/uk/nimeccina-zakryvae-aes-vlada-za-naselenna-proty/a-65271598.

15. ФРГ буде будувати газові електростанції без газу з Росії. DW. 06.02.2024. URL: https://www.dw.com/ua/frg-bude-buduvaty-gazovi-elektrostancii-bez-gazu-z-rossii/a-68186403.

16. Reducing Europe's nuclear energy sector was "strategic mistake", EU chief says. Reuters. 10.03.2026. URL: https://www.reuters.com/sustainability/boards-policy-regulation/reducing-nuclear-energy-strategic-mistake-eu-chief-says-2026-03-10/.

17. Belgium seeks to take control of nuclear reactors in move to secure energy supplies. Euronews. 30.04.2026. URL: https://www.euronews.com/my-europe/2026/04/30/belgium-seeks-to-take-control-of-nuclear-reactors-in-move-to-control-energy-supplies.

18. Energy policy: general principles. European Parliament. Fact Sheets on the European Union. 30.09.2025. URL: https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/68/energy-policy-general-principles.

19. Франція розпочала запуск найпотужнішого у світі ядерного реактора. Главком. 08.05.2024. URL: https://glavcom.ua/world/observe/frantsija-rozpochala-zapusk-najpotuzhnishoho-u-sviti-jadernoho-reaktora-999915.html.

20. Від блекаутів узимку Україну може врятувати розподілена генерація. Як це працює? Досвід великого міста. Економічна правда. 10.05.2024. URL: https://epravda.com.ua/interview/2024/05/10/713497/.

Стаття надійшла до редакції 13.07.2026.
Стаття пройшла рецензування 20.07.2026.
Стаття опублікована 30.09.2026.

Вишневський Святослав Янович – канд. техн. наук, доцент кафедри електричних станцій та систем, e-mail: vyshnevskyj.s.y@vntu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2159-603X.
Вінницький національний технічний університет.