УДК 338.2

DOI: https://doi.org/10.32782/2413-2675/2025-62-4

Вороненко В.І.
кандидат економічних наук, доцент,
старший викладач кафедри економіки, підприємництва
та бізнес-адміністрування,
Сумський державний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0301-5924
Voronenko Viacheslav
Sumy State University

Кубатко О.В.
доктор економічних наук, професор,
доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування
Сумський державний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6396-5772
Kubatko Oleksandr
Sumy State University

Карінцева О.І.
доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри економіки, підприємництва
та бізнес-адміністрування,
Сумський державний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9570-3646
Karintseva Oleksandra
Sumy State University

Коноваленко І.С.
студентка,
Сумський державний університет
Konovalenko Iryna
Sumy State University

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЯК ШЛЯХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ[1]

ENERGY EFFICIENCY AS A WAY TO ENSURE UKRAINE'S ENERGY SECURITY

Анотація. Стаття присвячена дослідженню енергетичної ефективності як ключового напрямку забезпечення енергетичної безпеки України в умовах війни. Актуальність теми обумовлена необхідністю зменшення залежності від імпорту енергоресурсів та підвищення стійкості енергосистеми. Методика дослідження включає аналіз законодавчих актів, оцінку впровадження енергоефективних технологій та систем управління енергоспоживанням. Отримані результати дослідження показують, що впровадження енергоефективних заходів сприяє зниженню витрат на енергію, покращенню екологічної ситуації та стимулюванню інновацій. Практична цінність статті полягає у визначенні конкретних заходів та рекомендацій для підвищення енергоефективності в умовах війни, що можуть бути використані у державній політиці та на підприємствах.

Ключові слова: енергетична ефективність, енергетична безпека, енергоефективні технології, управління енергоспоживанням, законодавство.

Постановка проблеми. Енергетична ефективність є ключовим напрямом забезпечення енергетичної безпеки України, особливо в умо-

[1]Робота виконана в рамках НДР «Цифрові трансформації для забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення економіки в умовах екологічних і соціальних викликів» (№ д/р 0124U000549)

вах війни та повоєнного відновлення. Зменшення залежності від імпорту енергоресурсів та підвищення стійкості енергосистеми є критично важливими завданнями для забезпечення стабільного функціонування економіки та соціальної сфери. Впровадження енергоефективних технологій та систем управління енергоспоживанням дозволяє знизити витрати на енергію, покращити екологічну ситуацію та стимулювати інновації. Зменшення залежності від імпорту енергоресурсів та підвищення стійкості енергосистеми сприяє забезпеченню енергетичної безпеки країни. Впровадження енергоефективних заходів дозволяє знизити витрати на енергію, що є важливим для економічної стабільності та розвитку. Зменшення споживання енергії та впровадження екологічно чистих технологій сприяє покращенню екологічної ситуації та зменшенню викидів шкідливих речовин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Харазішвілі та ін. [1] розглянули можливість уніфікації процесу формалізації енергетичної безпеки як об'єкта управління, оцінки стану енергетичної безпеки та стратегії регулювання. трансформація сфери відповідно до цільових значень моніторингу ефективності управління. Глушко [2] обґрунтувала, що для досягнення енергетичної незалежності Україні необхідно впроваджувати комплексний підхід, який включає диверсифікацію джерел енергії, модернізацію інфраструктури, в тому числі на основі цифрових технологій, децентралізацію енергетичних систем, підвищення енергоефективності та активну співпрацю з міжнародними партнерами. Ткаленко та ін. [3] виявили наявність довгострокових ендогенних та екзогенних факторів, що впливають на загальний обсяг виробництва енергоносіїв; наявність сильного зв'язку між обсягом виробництва та імпорту енергетичних продуктів, загальним обсягом енергопостачання та загальним кінцевим споживанням; та можливості значного зростання внутрішнього виробництва енергетичних продуктів у майбутньому. Європейська комісія [4] представила план дій для підтримки вітроенергетичної галузі, що включає шість основних напрямків: прискорення розгортання, покращення дизайну аукціонів, доступ до фінансування, створення справедливого міжнародного середовища, розвиток кваліфікованої робочої сили та тісну співпрацю з промисловістю та державами-членами. У 2022 році успішно синхронізовано енергосистеми України та Молдови з ЄС, що стало важливим кроком для стабільності енергосистем цих країн [5]. Директива ЄС 2023/1791 щодо енергоефективності значно підвищує можливості для енергоефективності, встановлюючи принцип «енергоефективність перш за все» як основний принцип енергетичної політики [6]. Директива (ЄС) 2023/2413 щодо відновлюваних джерел енергії підвищує цільовий показник частки відновлюваних джерел енергії до 42,5% до 2030 року, що є важливим кроком для досягнення кліматичної нейтральності ЄС [7]. Таким чином, для забезпечення енергетичної безпеки України потребують подальшого вивчення шляхи підвищення її енергоефективності.

Постановка завдання. Мета статті полягає у дослідженні енергетичної ефективності як ключового напряму забезпечення енергетичної безпеки України в умовах війни, базуючись на аналізі законодавчої бази, впровадженні енергоефективних технологій та систем управління енергоспоживанням, а також конкретних рекомендацій для підвищення енергоефективності.

Виклад основного матеріалу. Сталий розвиток України взаємопов'язаний з покращенням енергоефективності. Державна політика України у сфері забезпечення енергетичної ефективності визначена Законом України «Про енергетичну ефективність» [8]. Цей закон є частиною політики України щодо сфери енергетики, економіки, сталого розвитку та охорони навколишнього природного середовища. Закон був прийнятий з метою заміни застарілого Закону України «Про енергозбереження» та імплементації Європейської директиви з енергоефективності (EED). Поняття «енергетичної ефективності» визначається як кількісне співвідношення між виходом роботи, послуг, товарів або енергії та витраченою енергією на вході. Принцип енергоефективності спрямований на максимізацію використання енергії у виробничих процесах, технологічних системах та приміщеннях з мінімальними втратами. Основна ідея енергоефективності полягає у досягненні більшої корисної роботи або послуг за ту ж кількість витраченої енергії. Для цього використовуються енергоефективні технології, системи управління та оптимізації процесів, що дозволяє зменшити споживання енергії без втрати продуктивності або якості.

Величина економії енергії полягає у скороченні обсягу споживання енергії, яке визначається різницею обсягів споживання енергії до та після впровадження енергоефективних заходів. При цьому забезпечується нормалізація

зовнішніх та внутрішніх умов, що впливають на енергоспоживання. Принцип економії енергії орієнтований на загальне зменшення обсягу споживання енергії у системі, приміщенні або галузі. Головна мета економії енергії полягає в зниженні загальних витрат енергії без обов'язкового збільшення продуктивності або використання більш ефективних технологій. Це може включати в себе такі заходи, як вимкнення електричних пристроїв у режимі очікування, установку енергоефективного освітлення, утеплення будівель тощо. На відміну від простої економії енергії, принцип енергоефективності більше акцентується на оптимізації використання енергії для досягнення більшої корисної роботи. Тоді як принцип економії енергії фокусується на загальному зменшенні витрат енергії без необхідності змінювати продуктивність або якість.

Оновлена Директива (ЄС) 2023/1791 про енергоефективність [6] встановлює за ціль скорочення споживання енергії у 2030 році на 11,7% у порівнянні з прогнозним споживанням, передбаченими референтним сценарієм ЄС 2020 року. Єврокомісія закликає держави-члени ЄС більш детально описувати у Національних планах з енергетики та клімату те, як вони планують застосовувати принцип «енергоефективність передусім». Держави-члени ЄС матимуть два роки на те, щоб імплементувати більшість з елементів директиви у національне законодавство. Законом України «Про енергетичну ефективність» [8] визначені заходи державної політики у сфері забезпечення енергетичної ефективності (рис. 1).

Акумуляторні системи накопичення енергії

Повоєнна інфраструктура енергетики України обов'язково включатиме можливості акумуляторних систем накопичення енергії. Впровадження акумуляторних систем накопичення енергії сприяє покращенню стабільності електромережі, забезпечує резервне джерело енергії в аварійних ситуаціях, зменшує витрати на інфраструктуру та підвищує незалежність енергопостачання. На даний момент тариф на електроенергію в Україні в середньому становить 2,64 грн за 1 кВт*год. Якщо проаналізувати вартість кВт*год у країнах Європейського Союзу, дійдемо висновку, що у середньому, згідно даних «Євростат», у 2022 році вона становила 0,24 євро за 1 кВт*год, або приблизно 9,6 грн. В Україні вже велися дискусії щодо збільшення тарифу до 5,5 грн. за 1 кВт*год. Системи збереження енергії можуть значно заощадити витрати. Це найголовніша перевага акумуляторних систем накопичення енергії.

Накопичення енергії у підземних сховищах газу (ПСГ)

Як цілісну стратегію розвитку енергетичної інфраструктури слід розглядати також одну з найпотужніших у Європі мереж підземних сховищ газу (ПСГ) в Україні поблизу східного кордону Європейського Союзу [9]. Показовою ознакою газового хабу є збільшення імпорту за маршрутами без транзитного потоку. Країни ЄС активно зменшують залежність від російського природного газу, шукаючи альтернативи у Каспійському регіоні та ринку LNG. Обсяг російського газу, транспортованого через Україну, може бути заміщений альтернативним ресурсом, особливо у сприятливий сезон цін. Гнучкість української ГТС і системи ПСГ є ключовою для забезпечення економічно конкурентних умов. Європейські трейдери зацікавлені в українській інфраструктурі, завдяки тому, що Україна одна з перших країн в ЄС імплементувала сертифікацію газосховищ, підтверджуючи відсутність перешкод для їх заповнення та комерційних відносин; Україна знаходиться в центрі газових ринків Східної Європи, що робить її ключовим торговим партнером для європейських компаній; тарифи на зберігання та транспортування газу в Україні нижчі, ніж у країнах ЄС, що приваблює контрагентів та стимулює закачування газу в українські газосховища; послуги митного складу та short-haul пропонують цікаві умови для європейських трейдерів, забезпечуючи можливість зберігання газу без сплати податків та митних зборів та отримання знижок на транспортування між точками входу/виходу. Ці переваги сприяють підвищенню прозорості ринку та впевненості партнерів, що відображається у запуску нових цін на природний газ та публікації котирувань від міжнародного цінового агентства Argus (рис. 2).

Малі модульні ядерні реактори

Відродження ядерної енергетики є однією з стратегічних цілей післявоєнної України. Унікальний досвід українців в атомній енергетиці потрібно розвивати та капіталізувати. Україна вдосконалює енергосистему, розглядаючи використання малих модульних ядерних реакторів (ММЯР), що представляють інноваційну технологію в ядерній енергетиці. Міненерго України планує встановити 20 ММЯР SMR-160 американської компанії "Holtec International" для заміщення пошкодженої теплової генерації. Відмінність ММЯР полягає у їхній компактності та здатності виготовлення на заводі, а не на місці. Їх потужність становить від 50 до 500 МВт, що менше порівняно з великими ядерними реакто-

Рис. 1. Заходи державної політики у сфері забезпечення енергетичної ефективності

Джерело: складено на основі [8]

рами. Ці реактори можуть охолоджуватися за допомогою різних речовин, таких як вода або розплав солей. Україна активно співпрацює з провідними світовими розробниками ММЯР, такими як "Holtec International", "NuScale", "Westinghouse", "Rolls Royce" з метою впровадження цієї технології [10]. Втім, існують певні виклики, зокрема, фінансові та правові аспекти, які потребують уваги для успішної реалізації цього проєкту. Україна має потенціал для впровадження ММЯР та інших інноваційних технологій в енергетиці.

Плавучі електростанції

Одним з новітніх способів посилення енергетичної безпеки енергосистеми є плавучі електростанції (Powership). Це повноцінні плавучі електростанції на кораблях чи баржах, що розташовуються на прибережних ділянках та готові до генерації електрики. Їх можна швидко підключити до мережі [11].

Міні-електростанції

Інноваційним рішенням забезпечення електроенергією для підприємств та їхніх виробничих потреб є міні-електростанції. Ці системи

Рис. 2. Переваги української інфраструктури газового хабу

можуть бути використані у випадках, коли підприємству потрібне додаткове або тимчасове джерело електроенергії, або як запасна система живлення під час надзвичайних ситуацій, аварій або планових вимкнень. Такі станції можуть бути обладнані різними джерелами енергії, такими як дизельні генератори, сонячні панелі або акумуляторні батареї, залежно від доступності та вимог до електропостачання. Переваги використання мобільних електростанцій для підприємств включають:

– Можливість переміщення електростанцій до різних місць або використання їх там, де потрібне додаткове електропостачання.

– Забезпечення стабільного живлення у разі аварій або вимкнень енергії.

– Можливість економити кошти на енергопостачанні, особливо у випадках, коли використання постійного джерела енергії є недоцільним або неможливим.

– Використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячна чи вітрова енергія може зменшити викиди CO2 та зменшити негативний вплив на довкілля.

Хоча мобільні електростанції мають свої переваги, вони також мають такі недоліки:

– Висока ціна, особливо при урахуванні витрат на їх транспортування та обслуговування.

– Обмежена потужність порівняно з постійними електростанціями, що може бути недостатнім для задоволення високих потреб підприємства у електроенергії.

– Необхідність регулярного технічного обслуговування, щоб забезпечити їх надійну роботу.

– Обмежена автономність, особливо в умовах обмеженого запасу палива або сонячної енергії.

– Обмежений час роботи, що обмежує їх використання у виробничих процесах, які вимагають постійного живлення.

Враховуючи позитивні сторони і недоліки, міні-електростанції можуть стати важливим компонентом енергетичної стратегії для забезпечення надійного та ефективного електропостачання у різних ситуаціях (рис. 3).

Варіанти міні-станцій, що пропонуються промисловістю країн Заходу представлені в таблиці 1.

Висновки. Енергетична ефективність є ключовим напрямом забезпечення енергетичної безпеки України, особливо в умовах війни. Впровадження енергоефективних технологій та систем управління енергоспоживанням дозволяє зменшити залежність від імпорту

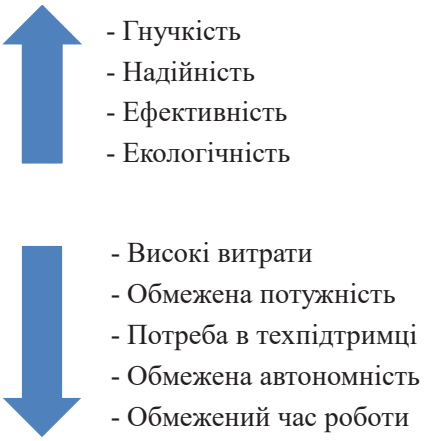

Рис. 3. Переваги і недоліки міні-електростанцій

Таблиця 1

Міні-електростанції, що пропонуються промисловістю країн Заходу

Міні-електростанція	Характеристики	Особливості
Газотурбінні електростанції	– Потужність у 50–60 МВт дозволяє живити невеликі міста чи райони. – Виробляють електроенергію на газі (природному, метані) чи водні. – Вартість 1 кВт генерованої електроенергії близько 50 гривень. – Станція потужністю 62 МВт коштує приблизно 20 мільйонів євро.	– Установка може працювати на вулиці, не потребує спеціальних приміщень. – Для подачі газу в турбіну електростанції потрібна компресорна установка, так як тиску в газових мережах для її роботи недостатньо. – Компресор має бути встановлений поблизу майданчика для газотурбінної електростанції. – Готову станцію можна доставити та змонтувати за 6 місяців.
Енергобаржі	Баржа підключається до джерела газу та інших комунікацій (портової інфраструктури).	– Перевагою енергобаржі є її мобільність. – Недолік у тому, що для її виготовлення та підключення до комунікацій потрібно близько двох років.
Поршневі електростанції (в Україні вже працюють 189 станцій)	Застосовують у агрохолдингах, потужність від 1 до 1,5 МВт.	– Працюють на будь-якому газі (метан, біогаз). – За принципом роботи нагадують автомобільний двигун. – По потужності програють першим двом різновидам, але їх можна швидше встановити (близько 3-х місяців).

Джерело: складено на основі [12]

енергоресурсів, знизити витрати на енергію, покращити екологічну ситуацію та стимулювати інновації. Аналіз законодавчої бази показує, що імплементація європейських директив сприяє підвищенню енергоефективності та стійкості енергосистеми. Практична цінність дослідження полягає у визначенні конкретних заходів та рекомендацій для підвищення енергоефективності, які можуть бути використані у державній політиці та на підприємствах.

Подальші дослідження повинні включати вивчення гармонізації національного законодавства з європейськими директивами, впровадження інноваційних технологій, таких як малі модульні ядерні реактори та акумуляторні системи накопичення енергії, а також проведення енергетичних аудитів та інформаційних кампаній. Важливим також є залучення інвестицій та міжнародне співробітництво для обміну досвідом і технологіями, що сприятиме підвищенню енергетичної безпеки та зменшенню залежності від імпорту енергоресурсів.

Література:

1. 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. № 14 (8), p. 2126. DOI: https://doi.org/10.3390/en14082126
2. Hlushko A. Strengthening energy security of Ukraine. *Economics and Region,* 2024. № 3 (94), p. 157–163. DOI: https://doi.org/10.26906/EiR.2024.3(94).3494
3. Tkalenko S. I., Liubachivska R. Z., Makedon H. M. Modeling of the energy security of the country in the context of sustainable development: the case of Ukraine. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* Vol. 1415, No. 1, p. 012061.
4. Commission sets out immediate actions to support the European wind power industry. European Commission. 2023. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_5185
5. Continental Europe successful synchronisation with Ukraine and Moldova power systems. ENTSOE. 2022. URL: https://www.entsoe.eu/news/2022/03/16/continental-europe-successful-synchronisation-with-ukraine-and-moldova-power-systems
6. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast). 2023. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2023_231_R_0001&qid=1695186598766
7. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652. 2023. URL: http://data.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj
8. «Про енергетичну ефективність» Закон України від 21 жовтня 2021 р. № 1818-IX. Редакція від 01.01.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text
9. Колісник М. Як Україні стати східноєвропейським газовим хабом. Економічна правда. 2024. URL:https://www.epravda.com.ua/columns/2024/02/22/710270/
10. Чайка О. Міненерго хоче побудувати 20 малих ядерних реакторів. Forbes Ukraine. 2023. URL: https://forbes.ua/company/minenergo-khoche-pobuduvati-20-malikh-yadernikh-reaktoriv-tsyu-tekhnologiyu-shche-ne-realizuvav-nikhto-v-sviti-skilki-vona-mozhe-koshtuvati-24032023-12541
11. Державний енерготрейдер АТ «ЕКУ» розроблятиме із турецькою Karpowership проект електропостачання від енергокораблів. АТ Енергетична Компанія України. 2023. URL: https://ecu.gov.ua/press-releases/26-01-2023

12. Тренд газових генераторів для малих електростанцій. ТОВ «УКРАВТОНОМГАЗ». 2024. URL: https://ukravtonomgaz.ua/blog/trend-gazovikh-generatoriv-dlya-malikh-elektrostanciy

References:

1. 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. № 14 (8), p. 2126. DOI: https://doi.org/10.3390/en14082126
2. Hlushko A. Strengthening energy security of Ukraine. *Economics and Region,* 2024. № 3(94), p. 157–163. DOI: https://doi.org/10.26906/EiR.2024.3(94).3494
3. Tkalenko S. I., Liubachivska R. Z., Makedon H. M. Modeling of the energy security of the country in the context of sustainable development: the case of Ukraine. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* Vol. 1415, No. 1, p. 012061.
4. Commission sets out immediate actions to support the European wind power industry. European Commission. 2023. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_5185
5. Continental Europe successful synchronisation with Ukraine and Moldova power systems. ENTSOE. 2022. URL: https://www.entsoe.eu/news/2022/03/16/continental-europe-successful-synchronisation-with-ukraine-and-moldova-power-systems
6. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast). 2023. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2023_231_R_0001&qid=1695186598766
7. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652. 2023. URL: http://data.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj
8. "Pro enerhetychnu efektyvnist" Zakon Ukrainy vid 21 zhovtnia 2021 r. № 1818-IX. Redaktsiia vid 01.01.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text
9. Kolisnyk M. Yak Ukraini staty skhidnoievropeiskym hazovym khabom. Ekonomichna pravda. 2024. URL:https://www.epravda.com.ua/columns/2024/02/22/710270/
10. Chaika O. Minenerho khoche pobuduvaty 20 malykh yadernykh reaktoriv. Forbes Ukraine. 2023. URL: https://forbes.ua/company/minenergo-khoche-pobuduvati-20-malikh-yadernikh-reaktoriv-tsyu-tekhnologiyu-shche-ne-realizuvav-nikhto-v-sviti-skilki-vona-mozhe-koshtuvati-24032023-12541
11. Derzhavnyi enerhotreider AT "EKU" rozrobliatyme iz turetskoiu Karpowership proekt elektropostachannia vid enerhokorabliv. AT Enerhetychna Kompaniia Ukrainy. 2023. URL: https://ecu.gov.ua/press-releases/26-01-2023
12. Trend hazovykh heneratoriv dlia malykh elektrostantsii. TOV "UKRAVTONOMHAZ". 2024. URL: https://ukravtonomgaz.ua/blog/trend-gazovikh-generatoriv-dlya-malikh-elektrostanciy

Summary. The article explores energy efficiency as a key direction for ensuring Ukraine's energy security. The topic's relevance is driven by the need to reduce dependence on energy imports and enhance the energy system's resilience. Energy efficiency is a critical component in sustainable development and energy security. By maximizing the use of energy with minimal losses, it can significantly reduce energy consumption without compromising productivity or quality. The role of energy-saving measures focuses on reducing overall energy consumption through various strategies such as turning off standby electrical devices, installing energy-efficient lighting, and insulating buildings. The research methodology includes analysing legislative acts, assessing the implementation of energy-efficient technologies, and energy consumption management systems. The results show that Ukraine's alignment with the updated Directive (EU) 2023/1791 on energy efficiency and adopting similar measures can enhance its energy security and reduce its reliance on imported energy resources. The development of a gas hub in Ukraine, leveraging its extensive network of underground gas storage facilities, is also explored as a strategic initiative to enhance energy security and economic competitiveness. Small modular nuclear reactors offer a compact and flexible alternative to traditional atomic reactors, while floating power plants provide a rapid deployment option for generating electricity in coastal areas or regions affected by natural disasters. The practical implications of this study are significant for policymakers, energy companies, and other stakeholders involved in the energy sector. By implementing the recommended energy efficiency measures and technologies, Ukraine can achieve substantial energy savings, reduce greenhouse gas emissions, and enhance its energy security. The findings of this study provide a comprehensive framework for developing and implementing effective energy policies and strategies that align with global best practices and contribute to sustainable development.

Keywords: energy efficiency, energy security, energy-efficient technologies, energy consumption management, legislation.