

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДРОГОБИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

НАСТЬОШИН СТЕПАН ЄВГЕНОВИЧ

УДК 338.246(477):621.31(477)(043.5)

**ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ У
КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

Спеціальність 051 «Економіка»

Галузь знань 05 «Соціальні та поведінкові науки»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача) Настьошин С.Є.

Науковий керівник: Кишакевич Богдан Юрійович, доктор економічних наук, професор

Дрогобич - 2025

АНОТАЦІЯ

Настьошин С.Є. Формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних процесів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 Економіка (05 Соціальні та поведінкові науки). – Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка. 2025.

Дисертаційне дослідження присвячено удосконалення теоретичних засад формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки, розробленню комплексу методів та моделей оцінювання енергоефективності на макrorівні із врахуванням причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного зростання, формуванню ефективних методів аналізу факторів, які впливають на енергоефективність.

У дисертації здійснено теоретичне узагальнення та нове вирішення наукової проблеми щодо розроблення методичних положень та практичних рекомендацій стосовно формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки із урахуванням загальноєвропейських тенденцій, причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного розвитку.

Аналіз наукової літератури з питань енергоефективності економіки виявив наявність різних підходів до трактування цього поняття та відповідно наявність різних методів її оцінки. У дослідженні вдосконалено теоретико-методичні основи оцінювання ефективності економіки шляхом узагальнення наявних наукових підходів та виокремлення технологічної, економічної, екологічної та інтеграційної концепцій «енергоефективності економіки». Розроблений інструментарій на основі DEA моделей дозволяє акцентувати увагу на різних аспектах аналізу й рейтингування енергоефективності економік європейських

країн, що сприяє комплексному підходу до формування ефективної енергетичної політики.

У дослідженні розроблено концептуальну схему організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки, що представляє собою комплекс заходів, інструментів і методів для раціонального використання енергоресурсів, зниження енергетичних витрат та підвищення енергоефективності у всіх секторах економіки. Запропонований механізм включає блоки нормативно-правового регулювання, організаційної підтримки, освітньо-інформаційного, технологічного й фінансово-економічного забезпечення. Особливість механізму полягає у врахуванні системи причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного розвитку 38 європейських країн, включаючи Україну, які було отримано за допомогою розроблених у дослідженні VECM та ARDL моделей. Підкреслюється необхідність врахування окремо довго- та короткострокових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного розвитку, оскільки такі зв'язки між багатьма показниками можуть суттєво відрізнятися, що було підтверджено у роботі. Статистичною базою дослідження були показники енергоефективності та економічного розвитку 38 європейських країн, включаючи Україну за період з 1995 по 2022 роки.

Побудовані в роботі моделі панельної регресії дозволяють визначити детермінанти енергоємності первинної енергії, інтенсивності викидів CO₂, споживання первинної енергії та валової доступної енергії на душу населення. Згідно з отриманими моделями, показник енергоємності ВВП значною мірою залежить від інтенсивності викидів CO₂, рівня безробіття, споживання первинної енергії та виробництва електроенергії на душу населення. Детермінантами споживання первинної енергії є внутрішнє споживання твердого викопного палива і природного газу на душу населення. Водночас, валова доступна енергія на душу населення залежить від рівня безробіття, валового виробництва електроенергії та внутрішнього споживання природного газу на душу населення.

Аналіз показав, що механізми державної та ринкової підтримки енергоефективності в ЄС і Україні значно відрізняються. У Європі як державні, так і ринкові інструменти підвищення енергоефективності добре розвинені та діють у тісній взаємодії, тоді як в Україні державні механізми переважають над ринковими. Лібералізація енергетичних ринків у ЄС сприяє прозорості та конкуренції, тоді як в Україні тільки починається перехід до ринкових цін на енергоресурси. ЄС активно стимулює інновації через такі програми, як Horizon Europe, у той час як подібні ініціативи в Україні ще розвиваються. Торгівля квотами на викиди в ЄС здійснюється через систему ETS, а в Україні цей процес лише розпочинається.

У дослідженні розроблено низку моделей панельної регресії для оцінки окремих макроекономічних показників європейських країн, що дозволяють визначити, як енергоефективність впливає на економічне зростання та ідентифікувати фактори, які мають статистично значущий вплив на ці показники. Виявлено негативний вплив енергоємності ВВП на рівень ВВП на душу населення. Параметри панельної регресії з фіксованими ефектами показали, що енергоємність і інтенсивність викидів CO₂ позитивно впливають на темпи економічного зростання в 38 європейських країнах. Висока енергоємність ВВП (низька енергоефективність) негативно корелює з рівнем ВВП на душу населення, що вказує на те, що розвинуті країни Європи зазвичай мають нижчу енергоємність. Водночас енергоємність позитивно впливає на темпи економічного зростання, стимулюючи виробничу активність у короткостроковій перспективі.

Запропоновано методику використання DEA-аналізу при розробці стратегій розвитку енергетичного сектору. Важливу інформацію для оптимізації енергоспоживання в країні надають вагові коефіцієнти λ у DEA-моделі зі змінним ефектом масштабу (VRS), для чого було створено три DEA-моделі з акцентом на різні типи енергоресурсів країни. Коефіцієнти λ показують, які ефективні DMU (країни) найкраще підходять для формування віртуальної ефективної DMU для оцінки неефективних країн. У випадку

України, референтними країнами виявились Ірландія та Албанія, чий досвід може бути використаний для впровадження ефективних енергетичних стратегій з метою максимізації енергоефективності. Успішний досвід Ірландії демонструє можливість одночасного скорочення використання викопного палива і зростання економіки завдяки інвестиціям у відновлювані джерела енергії, що є пріоритетом і для України.

Оскільки тест Dumitrescu Hurlin (DH) більше підходить для встановлення причинності у випадку панельних даних, у роботі акцентувалась увага здебільшого на його результати. У випадку нестационарних і не коінтегрованих показників економічного розвитку і енергоефективності причинність перевірялася на перших різницях. Результати тесту DH показали, що показники економічного розвитку є причиною для показників енергоефективності у всіх парах із наявним причинно-наслідковим зв'язком. Така залежність спостерігається як для стаціонарних рядів, так і для коінтегрованих нестационарних пар. Інакше кажучи, економічний розвиток виступає причиною за Грейнджером, а показники енергоефективності є наслідком, оскільки поточні значення економічних показників статистично значущо пояснюють майбутні зміни в енергоефективності. Таким чином, рівень енергоефективності європейських економік істотно залежить від економічного стану в цих країнах у попередніх періодах.

У дослідженні було акцентовано на важливості встановлення довгострокових та короткострокових взаємозв'язків між економічним зростанням, міжнародною торгівлею та енергоефективністю, що є необхідною умовою формування дієвої економічної політики європейських країн, як складової організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності. Було показано, що інтенсивність викидів CO₂ показує двосторонню причинність у короткостроковій перспективі як з імпортом, так і з експортом, що вказує на те, що коливання обсягів торгівлі можуть швидко впливати на рівень викидів через різкі зміни у виробничій і транспортній діяльності. У довгостроковій перспективі зростання енергоемності

європейських країн призводить до уповільнення темпів зростання ВВП, тоді як у короткостроковій перспективі воно сприяє прискоренню економічного зростання. Щодо міжнародної торгівлі, спостерігається двостороння довгострокова причинність між часткою експорту у ВВП та інтенсивністю викидів CO₂, причому цей зв'язок у довгостроковій перспективі є негативним, тобто зростання одного з показників веде до зниження іншого. На відміну від довгострокового періоду з негативним ефектом, у короткостроковій перспективі спостерігається позитивна двостороння причинність між інтенсивністю викидів CO₂ та частками експорту й імпорту у ВВП, що свідчить про швидкий вплив значних змін обсягів торгівлі на рівень викидів.

На основі VECM і ARDL моделей для панельних даних 38 європейських країн проаналізовано коінтеграційні та причинно-наслідкові зв'язки між виробництвом електроенергії та економічним розвитком у цих країнах. Виявлено двосторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок між ВВП на душу населення (GDPCAP) та валовим виробництвом електроенергії на душу населення (EL_CAP), що забезпечує повернення до рівноваги в разі відхилення: коливання в EL_CAP затухають із швидкістю 19%, а в GDPCAP – на 14% за період. Підтверджено існування коінтеграції між електроенергією для кінцевого споживання на душу населення (ELSUP_CAP), темпами зростання ВВП (GDP_GROW) і часткою прямих іноземних інвестицій у ВВП (FDGDP), які демонструють синхронізовану поведінку в довгостроковій перспективі. FDGDP демонструє статистично значущий довго- та короткостроковий вплив на ELSUP_CAP. Коінтеграційний зв'язок існує також між рівнем безробіття (UNEMP) та ELSUP_CAP, причому в довгостроковій перспективі ELSUP_CAP є причиною для UNEMP, а відхилення в ELSUP_CAP затухають із швидкістю 44% за період. На основі встановлених причинно-наслідкових зв'язків було розроблено довгострокові та короткострокові стратегії розвитку енергетичного сектору.

Ключові слова: енергоефективність, енергоємність, організаційно-економічний механізм, євроінтеграційні процеси, відновлювані джерела енергії,

причинно-наслідковий зв'язок, DEA моделі, інтенсивність викидів, національна економіка, економічне зростання, сталий розвиток, енергоефективні технології, енергетична безпека, енергоспоживання, енергоменеджмент.

SUMMARY

Nastyoshyn S.E. Formation of the organizational and economic mechanism for increasing the energy efficiency of the Ukrainian economy in the context of European integration processes. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 051 Economics (05 Social and Behavioral Sciences). - Drohobych State Pedagogical University named after Ivan Franko. 2025.

This dissertation focuses on enhancing the theoretical foundations for establishing an organizational and economic mechanism to improve the national economy's energy efficiency. It develops a set of methods and models for evaluating energy efficiency at the macro level, considering the cause-and-effect relationships between energy efficiency indicators and economic growth, and establishes effective methods for analyzing factors influencing energy efficiency.

The dissertation offers a theoretical synthesis and a novel solution to the scientific problem of developing methodological provisions and practical recommendations for creating an organizational and economic mechanism to enhance the national economy's energy efficiency. This approach considers European trends and the cause-and-effect relationships between energy efficiency indicators and economic development.

An analysis of scientific literature on the energy efficiency of the economy revealed various approaches to interpreting this concept and corresponding differences in assessment methods. This thesis refines the theoretical and methodological foundations for evaluating economic efficiency by synthesizing existing scientific approaches and identifying the technological, economic, ecological, and integration perspectives of "energy efficiency of the economy." The developed toolkit, based on DEA models, enables a focus on different aspects of

analyzing and ranking the energy efficiency of European economies, supporting a comprehensive approach to formulating effective energy policy.

The study developed a conceptual framework for an organizational and economic mechanism to enhance the energy efficiency of the national economy. This framework encompasses a set of measures, tools, and methods for the efficient use of energy resources, reduction of energy costs, and improvement of energy efficiency across all economic sectors. The proposed mechanism includes components for regulatory and legal support, organizational assistance, educational and informational resources, as well as technological and financial-economic support. A unique aspect of this mechanism is its incorporation of the causal relationships between energy efficiency and economic development indicators for 38 European countries, including Ukraine, derived from VECM and ARDL models developed in the study. The study emphasizes the need to examine long- and short-term relationships between these indicators separately, as these relationships can vary significantly across indicators, as demonstrated in the analysis. The statistical foundation of the study is based on energy efficiency and economic development indicators for 38 European countries, including Ukraine, covering the period from 1995 to 2022.

The panel regression models developed in this study identify the determinants of primary energy intensity, CO₂ emission intensity, primary energy consumption, and gross available energy per capita. The models indicate that GDP energy intensity is significantly influenced by CO₂ emission intensity, unemployment rate, primary energy consumption, and electricity production per capita. The determinants of primary energy consumption include domestic consumption of solid fossil fuels and natural gas per capita. Meanwhile, gross available energy per capita is influenced by the unemployment rate, gross electricity production, and domestic natural gas consumption per capita.

The analysis revealed significant differences between state and market support mechanisms for energy efficiency in the EU and Ukraine. In Europe, both state and market instruments for enhancing energy efficiency are well-developed and work in close coordination, whereas in Ukraine, state mechanisms dominate over market-

based approaches. The EU's liberalized energy markets foster transparency and competition, while in Ukraine, the shift to market-based energy pricing is only beginning. The EU also actively promotes innovation through initiatives like Horizon Europe, whereas similar programs are still emerging in Ukraine. Emission quota trading in the EU operates through the ETS system, whereas this process is in its initial stages in Ukraine.

The study developed several panel regression models to estimate macroeconomic indicators for European countries, enabling analysis of how energy efficiency impacts economic growth and identification of factors with statistically significant effects on these indicators. A negative impact of GDP energy intensity on GDP per capita was identified. Fixed-effects panel regression parameters indicated that both energy intensity and CO₂ emission intensity positively influence economic growth rates across 38 European countries. High GDP energy intensity (reflecting low energy efficiency) is negatively associated with GDP per capita, suggesting that more developed European countries generally exhibit lower energy intensity. Meanwhile, energy intensity positively affects short-term economic growth rates by stimulating production activity.

A method for applying DEA analysis in the development of energy sector strategies is proposed. Key information for optimizing national energy consumption is provided by the weighting coefficients λ in the DEA model with variable returns to scale (VRS), for which three DEA models were constructed, each focusing on different types of energy resources. The coefficients λ identify which efficient DMUs (countries) are best suited to form a virtual efficient DMU for assessing inefficient ones. For Ukraine, reference countries were identified as Ireland and Albania, whose experience offers valuable insights for implementing effective energy strategies to maximize energy efficiency. Ireland's successful experience illustrates the potential to reduce fossil fuel usage while growing the economy through investments in renewable energy, a priority for Ukraine as well.

Given that the Dumitrescu Hurlin (DH) test is better suited for establishing causality in panel data, the study primarily focused on its results. For non-stationary

and non-cointegrated indicators of economic development and energy efficiency, causality was tested on first differences. The DH test results indicated that economic development indicators are the cause of energy efficiency indicators in all pairs with a causal relationship. This dependency holds for both stationary series and cointegrated non-stationary pairs. In other words, economic development serves as a Granger cause, with energy efficiency indicators as the effect, as current values of economic indicators statistically significantly explain future changes in energy efficiency. Consequently, the level of energy efficiency in European economies is heavily influenced by the economic conditions in these countries in prior periods.

The study highlighted the importance of understanding long-term and short-term relationships between economic growth, international trade, and energy efficiency, which is essential for shaping effective economic policies in European countries as part of the organizational and economic framework for improving energy efficiency. CO₂ emission intensity exhibits bidirectional causality with both imports and exports in the short term, suggesting that fluctuations in trade volumes can quickly impact emissions due to sudden shifts in production and transportation activities. In the long term, increased energy intensity in European countries tends to slow GDP growth, whereas in the short term, it stimulates economic growth. For international trade, there is a two-way long-term causality between the share of exports in GDP and CO₂ emission intensity, with a negative relationship in the long run, meaning that an increase in one indicator is associated with a decrease in the other. Contrasting with this negative long-term effect, short-term results show positive bidirectional causality between CO₂ emission intensity and the shares of exports and imports in GDP, indicating a quick response in emission levels to significant changes in trade volumes.

Using VECM and ARDL models on panel data from 38 European countries, the study analyzed cointegration and causal relationships between electricity production and economic development across these nations. A bidirectional long-term causal relationship was found between GDP per capita (GDPCAP) and gross electricity production per capita (EL_CAP), promoting a return to equilibrium

following deviations: fluctuations in EL_CAP decay at a rate of 19%, and in GDPCAP at 14% per period. Cointegration was also identified between electricity consumption per capita (ELSUP_CAP), GDP growth rate (GDP_GROW), and the share of foreign direct investment in GDP (FDGDP), indicating synchronized long-term behavior. FDGDP exerts a statistically significant impact on ELSUP_CAP in both the long and short term. Additionally, a cointegrating relationship exists between the unemployment rate (UNEMP) and ELSUP_CAP, with ELSUP_CAP driving UNEMP in the long run and deviations in ELSUP_CAP decaying at 44% per period. Based on these cause-and-effect relationships, the study developed long-term and short-term strategies for energy sector development.

Keywords: energy efficiency, energy intensity, organizational and economic mechanism, European integration processes, renewable energy sources, cause-and-effect relationship, DEA models, emission intensity, national economy, economic growth, sustainable development, energy-efficient technologies, energy security, energy consumption, energy management.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті, що індексуються в наукометричній базі даних

Scopus:

- 1) Kyshakevych B., Maksyshko N., Voronchak I., Nastoshyn, S. Ecological and economic determinants of energy efficiency in European countries. *Scientific Horizons*. 2023. № 26(8). С.140-155. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.140>.
(1,5 д.а., особистий внесок полягає у побудові моделей панельної регресії та визначенні детермінант енергоефективності – 0,8 д.а.).
- 2) Кишакевич Б., Мельник О., Гриценко К., Ворончак І., Настьошин С. Аналіз коінтеграції та причиново-наслідкових зв'язків між показниками економічного зростання та енергоефективності країн Європи. *Financial*

and Credit Activity Problems of Theory and Practice. 2024. №1(54). С.316–330. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.54.2024.4280>.

(1,6 д.а., особистий внесок полягає у реалізації панельного тесту причинності Dumitrescu Hurlin, тесту Pedroni Residual Cointegration Test та побудові VECM моделей в програмі Eviews, аналізі отриманих коінтеграційних зв'язків – 1 д.а.).

- 3) Kyshakevych B., Nastoshyn S., Maksyshko N., Svintsov O., Maturin Y. Application of DEA Models to Develop Strategies for Improving the Energy Efficiency of National Economies: Focusing on SDGs and Best Practices in European Countries. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*. 2024. № 4(4), e02678. <https://doi.org/10.47172/2965-730X.SDGsReview.v4.n04.pe02678>.

(1,8 д.а., особистий внесок полягає у формуванні DEA моделей оцінки енергоефективності країн Європи, знаходженні референтних DMU, комп'ютерній реалізації запропонованих моделей – 0,9 д.а.).

- 4) Kyshakevych B., Nastoshyn S., Melnyk O., Maksyshko N., Svintsov O. The relationship between economic growth, international trade and energy efficiency in European countries: An Autoregressive Distributed Lag (ARDL) modeling approach. *Rivista Di Studi Sulla Sostenibilita*. 2024. Vol. 2. P. 141-160. <https://doi.org/10.3280/riss2024-002009>.

(1,4 д.а., особистий внесок полягає у побудові ARDL моделей та аналізі характеру довгострокових та короткострокових зв'язків між показниками економічного розвитку, міжнародної торгівлі та енергоефективності – 0,9 д.а.).

Статті у наукових фахових виданнях:

- 5) Кишакевич Б. Ю., Настьошин С. Є. Сучасні підходи до оцінювання енергоефективності національної економіки. *Бізнес Інформ*. 2022. № 9. С. 34–39. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-9-34-39>.

(0,6 д.а., особистий внесок полягає в аналізі існуючих концепцій енергоефективності та методів її оцінювання – 0,4 д.а.).

- 6) Благун І.С., Настьошин С. Є. Лізинг як інструмент інвестування в енергоефективні технології. *Ефективна економіка*. 2023. №3. <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.3.17>.

(0,65 д.а., особистий внесок полягає в економічному аналізі лізингу як інструменту інвестування в енергоефективні технології – 0,4 д.а.).

- 7) Кишакевич Б.Ю., Настьошин С. Є. Вплив енергоефективності на економічне зростання країн Європи. *Ефективна економіка*. 2023. №5. <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.24>.

(0,6 д.а., особистий внесок полягає у побудові моделей панельної регресії із показниками економічного зростання у ролі залежної змінної та економічного обґрунтування отриманих взаємозалежностей – 0,4 д.а.).

- 8) Кишакевич Б.Ю., Настьошин С. Є., Андрійчик М.Є. Оцінка причинно-наслідкових зв'язків між споживачами електроенергії та економічним зростанням в країнах Європи. *Інвестиції: практика та досвід*. 2023. № 15. С. 23-29 <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.15.23>.

(0,6 д.а., особистий внесок полягає у побудові VECM та ARDL моделей для панельних даних 38 країн Європи та проведеному аналізі коінтеграційних та причинно-наслідкових зв'язків між показниками виробництва електроенергії та економічним зростанням в країнах Європи – 0,4 д.а.).

- 9) Кишакевич Б.Ю., Настьошин С. Є. Особливості формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України із врахуванням євроінтеграційних процесів. *Агросвіт*. 2023. № 18. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.18.51>.

(0,55 д.а., особистий внесок полягає у побудові концептуальної схеми організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України із врахуванням євроінтеграційних процесів та

визначення шляхів врахування у ньому каузальності між макроекономічними показниками – 0,3 д.а.).

- 10) Кишакевич Б., Настьошин С. Економічні інструменти стимулювання розвитку відновлювальної енергетики та підвищення енергоефективності в ЄС. *Економічний простір*. 2024. № 190. С. 136-140. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/190-26>.

(0,6 д.а., особистий внесок полягає у дослідженні економічних інструментів, які стимулюють розвиток відновлювальної енергетики та підвищення енергоефективності в ЄС – 0,3 д.а.).

- 11) Кишакевич Б. Ю., Настьошин С. Є., Війчук О. Т., Котик Я. І. Моделі фінансування проектів відновлювальної енергетики: міжнародний досвід та рекомендації для України. *Академічні візії*. 2024. №33. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12684686>.

(0,7 д.а., особистий внесок полягає в аналізі ефективності таких інструментів як міжнародний гранти, публічно-приватні партнерства, випуск зелених облігацій, угод на закупівлю енергії та децентралізованих автономних генеруючих систем – 0,5 д.а.).

- 12) Кишакевич Б., Настьошин С., Зварич Б., Волинський О. Бізнес-моделі формування децентралізованої автономної генерації електроенергії. *Сталий розвиток економіки*. 2024. №3(50). С. 94-99. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-50-15>.

(0,6 д.а., особистий внесок полягає в аналізі доцільності реалізації в Україні таких бізнес-моделей підтримки розвитку децентралізованої генерації електроенергії, як енергетичні кооперативи, модель "Pay-as-you-go" (PAYG), оренда обладнання, енергетичні послуги (ESCO), колективне фінансування та публічно-приватні партнерства (PPP) – 0,35 д.а.).

- 13) Кишакевич Б. Ю., Настьошин С. Є. Сучасні методи оцінки енергоефективності економіки: порівняльний аналіз та перспективи

впровадження в Україні. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2024. № 9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13376392>.

(0,55 д.а., особистий внесок полягає в аналізі переваг та недоліків традиційних і сучасних методів оцінки енергоефективності, вивченні перспектив реалізації в Україні таких підходів, як DEA аналіз, стохастичний граничний аналіз, аналіз життєвого циклу, моделювання загальної рівноваги та декомпозиційний аналіз – 0,3 д.а.).

Тези доповідей, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

- 14) Кишакевич Б. Ю., Настьошин С. Є. Проблеми та перспективи підвищення енергоефективності світової економіки. *Виклики та перспективи розвитку нової економіки на світовому, державному та регіональному рівнях* : збірник матеріалів XVI Міжнародної науково-практичної конференції (Запоріжжя, 25-26 листопада 2021). Запоріжжя: ЗНУ, 2021. С. 57-59.

(0,2 д.а., особистий внесок полягає в дослідженні проблемних аспектів подальшого підвищення енергоефективності світової економіки – 0,15 д.а.).

- 15) Настьошин С.Є. Вплив цифрових технологій на енергоефективність світової економіки. актуальні проблеми сучасної науки. *Актуальні проблеми сучасної науки* : Збірник IX міжнародної науково-практичної конференції викладачів та студентів навчально-наукового інституту фізики, математики, економіки та інноваційних технологій (Дрогобич, 29 квітня 2022). Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка. 2022. С. 41-42. (0,15 д.а.).

- 16) Настьошин С.Є., Кишакевич Б.Ю. Глобальні тенденції інвестування у відновлювальну енергетику. *Особливості розвитку цифрової економіки в умовах інформаційно-технологічних викликів* : Збірник тез-доповідей I

Всеукраїнської науково-практичної конференції (Трускавець, 20 жовтня 2022). Дрогобич: ПП ПОСВІТ. 2022. С.112-114.

(0,2 д.а., особистий внесок полягає в статистичному аналізі інвестицій у відновлювальну енергетику – 0,1 д.а.).

- 17) Настьошин С.Є. Проблеми та перспективи розвитку відновлювальної енергетики в Україні. *Актуальні проблеми сучасної науки* : Матеріали Х-ї Міжнародної науково-практичної конференції. (Дрогобич, 10-11 травня 2023). Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка. 2023. С.425-427. (0,15 д.а.)

- 18) Настьошин С. Є., Кишакевич Б. Ю. Сучасні тенденції розвитку відновлюваної енергетики у країнах ЄС. *Економіка, облік, фінанси та право: стратегічні пріоритети розвитку в умовах глобалізації* : Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Кропивницький, 28 листопада 2023). Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. С.66-68.

(0,2 д.а., особистий внесок полягає у визначенні тенденцій розвитку відновлюваної енергетики у країнах ЄС – 0,1 д.а.).

- 19) Кишакевич Б.Ю., Настьошин С. Є. Взаємозв'язок енергоефективності та економічного зростання країн Європи. *Сучасний стан та пріоритети модернізації фінансово - економічної системи: теорії та пропозиції* : Матеріали доповідей Міжнародної науково - практичної конференції (Запоріжжя, 12-13 травня 2023 р.). Львів-Торунь, Liha-Pres, 2023. 55-57. (0,16 д.а., особистий внесок полягає у моделюванні характеру взаємозв'язку між енергоефективністю та економічним зростанням – 0,1 д.а.).

- 20) Кишакевич Б.Ю., Настьошин С.Є. Методи вимірювання енергоефективності економіки. *Актуальні проблеми сучасної науки* : Матеріали XI-ї Міжнародної науково-практичної конференції (Дрогобич, 10-11 травня 2024). Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка, 2024. С. 663-665.

(0,15 д.а., особистий внесок полягає в огляді методів вимірювання енергоефективності економіки – 0,1 д.а.).

- 21) Кишакевич Б.Ю., Настьошин С.Є. Економічні механізми стимулювання розвитку відновлюваної енергетики в країнах Європи. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інтеграції освіти, науки та бізнесу в умовах глобалізації»: тези доповідей, 4 жовтня 2024 р. Київ: КНУТД, 2024. С. 38-39.

(0,2 д.а., особистий внесок полягає в аналізі економічної ефективності економічних механізмів стимулювання розвитку відновлюваної енергетики в країнах Європи – 0,1 д.а.).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ.....	28
1.1 Методологічні підходи до оцінки та моніторингу енергоефективності України в умовах євроінтеграції	28
1.2 Концептуальні засади формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності	44
1.3 Роль державних та ринкових механізмів у підвищенні енергоефективності економік країн ЄС та України.....	62
Висновки до Розділу 1.....	74
РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ ПРАКТИК ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇН.....	77
2.1 Еколого-економічні детермінанти енергоефективності європейських країн	77
2.2 Вплив енергоефективності на економічне зростання країн Європи..	97
2.3 Використання DEA моделей для врахування кращих європейських практик при формуванні організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки.....	106
Висновки до Розділу 2.....	121
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ З УРАХУВАННЯМ РЕЗУЛЬТАТІВ КОІНТЕГРАЦІЙНОГО ТА ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВОГО АНАЛІЗУ.....	125
3.1 Аналіз коінтеграції та причинно-наслідкових зв'язків між	

показниками економічного зростання та енергоефективності країн Європи	125
3.2 Дослідження причинно-наслідкових зв'язків між споживанням електроенергії та економічним зростанням	149
3.3 Врахування причинно-наслідкових зв'язків між показниками економічного розвитку, міжнародної торгівлі та енергоефективності при формуванні організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності.....	161
Висновки до Розділу 3.....	190
ВИСНОВКИ	193
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	199
ДОДАТКИ.....	223

ВСТУП

Актуальність теми. Суттєва залежність України від імпорту енергоресурсів, великі енергетичні втрати через використання застарілих технологій, екологічні ризики, а також руйнування інфраструктури внаслідок військових дій, підкреслюють необхідність впровадження нових підходів до управління енергоефективністю. Євроінтеграційні процеси відкривають для України можливості застосування передових європейських практик у сфері енергозбереження та екологічної політики. Європейський Союз висуває жорсткі вимоги до країн-членів щодо енергоефективності, тому наближення України до цих стандартів є ключовою умовою євроінтеграції.

Реформування енергетичного сектору є пріоритетним напрямом для України в рамках Угоди про асоціацію з ЄС. Формування механізмів стимулювання інноваційних технологій і практик енергозбереження, які є невід'ємною частиною економічної політики ЄС, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності української економіки. Створення ефективного організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки дозволить зменшити залежність України від імпорту енергоносіїв, особливо у контексті геополітичних викликів та воєнних дій, що ставить під загрозу стабільність поставок енергії. Впровадження заходів енергоефективності також сприятиме зниженню викидів парникових газів, що є актуальним у контексті глобальної боротьби з кліматичними змінами.

Вагомий внесок у дослідження проблеми формування дієвого механізму стимулювання енергоефективності внесли такі зарубіжні науковці, як Г. Галкос, Б. Чатайн, М. Алмозаїні, К. Аббас, Н. Конте, М. Коста-Кампі, Д. Думан, А. Касман, М. Галеоті, А. Кірікакелі та інші.

Поряд із цим значну частину наукових досліджень, присвячених побудові та використанню моделей оцінювання енергоефективності на макрорівні, аналізу ролі державних та ринкових механізмів у підвищенні енергоефективності економік країн ЄС та України, встановленню взаємозв'язку між економічним зростанням на енергоефективністю зосереджено в працях

українських науковців, таких як: В. Б. Антоніва, Д. М. Васильківського, Т.П. Галушкіної, В.М. Геєця, А.С. Завербного, Б.Ю. Кишакевич, Л.Г. Квасній, О.Є. Кузьміна, М.Б. Паласевич, А.В. Рибчук, Н.Б. Савіної, Д. М. Скрипника, В.Є. Хаустової та інших.

Сучасні вітчизняні механізми підтримки впровадження енергоефективних технологій ґрунтуються здебільшого на державних субсидіях та кредитних програмах. Однак ці механізми часто не охоплюють весь спектр потенційних споживачів через обмежене фінансування та недостатню поінформованість про їх переваги. Усе це обумовлює потребу у розробленні дієвих організаційно-економічних механізмів підвищення енергоефективності, які б враховували сучасні економічні реалії, технологічні можливості, досвід європейських країн, а також специфіку національної економіки та потреби різних її секторів.

Таким чином, потреба в новому теоретико-методологічному обґрунтуванні організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки, який б дозволив пришвидшити інтеграцію інноваційних рішень, стійке фінансування, ширше залучення приватного капіталу та ефективне використання енергоресурсів в умовах євроінтеграції, зумовила вибір теми дисертації та її мету.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконано згідно з планом наукових досліджень кафедри математики та економіки Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка в процесі розроблення комплексних тем: «Соціально-економічні системи в умовах глобалізації: проблеми моделювання та управління» (номер державної реєстрації 0116U008869, термін виконання 01.2018-12.2021), у межах якої автором розроблено моделі панельної регресії визначення детермінант енергоефективності європейських країн та «Механізм управління ефективністю та стійкістю функціонування соціально-економічних систем в умовах трансформації економіки України» (державний реєстраційний номер 0122U001528, термін виконання 01.2021-12.2025), в межах якої розроблено інструментарій визначення швидкості повернення до

довгострокової рівноваги коінтегрованих пар показників енергоефективності та економічного розвитку (Довідка 1994 від 26.11.2024).

Мета і завдання дослідження. *Метою* дослідження є удосконалення теоретичних засад формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки, розробка комплексу методів та моделей оцінювання енергоефективності на макрорівні із врахуванням причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного зростання, побудова механізмів врахування євроінтеграційних процесів при формуванні довго- та короткострокових енергетичних стратегій, розроблення методів аналізу факторів, які впливають на енергоефективність.

Поставлена мета обумовила необхідність вирішення наступних *завдань*:

- систематизувати та узагальнити існуючі науково-методичні підходи до оцінювання енергоефективності економіки;
- розробити модель організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності, яка би враховувала загальноєвропейські тенденції, довгострокові та короткострокові причинно-наслідкові зв'язки між показниками енергоефективності та економічного розвитку;
- визначити еколого-економічні детермінанти енергоефективності європейських країн;
- встановити роль державних та ринкових механізмів у підвищенні енергоефективності економік країн ЄС та України
- проаналізувати вплив енергоефективності на економічне зростання країн Європи на основі моделей панельної регресії;
- розробити підхід до використання DEA моделей при формуванні організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки на основі досвіду європейських країн;
- провести аналіз причинно-наслідкових зв'язків між показниками економічного зростання та енергоефективності країн Європи;

- проаналізувати особливості довгострокового та короткострокового взаємозв'язку між економічним зростанням, міжнародною торгівлею та енергоефективністю;

- розробити методику формування стратегій розвитку енергетичної галузі на основі причинно-наслідкових зв'язків між споживанням електроенергії та економічним зростанням в країнах Європи.

Об'єкт дослідження – енергоефективність національної економіки.

Предмет дослідження – теоретичні положення та відповідний інструментарій формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки.

Методи дослідження. Методологічною основою дисертаційної роботи стали загальнонаукові методи дослідження: перехід від абстрактного до конкретного, синтез, абстрагування, історичний, логічний, аксіоматичний, статистичний, системно-структурний, економіко-математичне моделювання, факторний аналіз, коінтеграційний аналіз з допомогою яких було зроблено аналіз енергоефективності європейських країн та розроблено концептуальні засади формування організаційно-економічного механізму енергоефективності національної економіки.

Інформаційною базою дослідження є статистичні дані державного комітету статистики України, Національного банку України, Європейського статистичного агентства, Міжнародного валютного фонду, Enerdata, Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження, матеріали періодичних видань та засобів масової інформації, ресурси мережі Інтернет, результати досліджень автора.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

удосконалено:

- концептуальні засади формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних процесів, які на відміну від традиційних підходів

передбачають врахування особливостей довгострокової та короткострокової каузальності між показниками енергоефективності, міжнародної торгівлі та економічного розвитку європейських країн, моделювання довгострокової рівноваги між цими показниками, що дозволяє підвищити ефективність розроблення коротко- та довгострокових політик енергоефективності.

- підхід до використання інструментарію DEA аналізу для врахування досвіду європейських країн при розробленні стратегічних напрямів підвищення рівня енергоефективності національної економіки, що дало змогу на основі визначення вагових коефіцієнтів у DEA моделях з змінним ефектом масштабу встановити енергоефективні європейські країни, реалізація енергетичних стратегій яких дозволить Україні максимізувати свою енергоефективність.
- концептуальний підхід до розроблення довгострокових стратегій підвищення енергоефективності із одночасним забезпеченням сталого розвитку економіки на основі застосування VECM та ARDL моделей, який, на відміну від існуючих передбачає визначення швидкості повернення до довгострокової рівноваги коінтегрованих пар показників у разі її порушення через можливі кризові події в економіці, що може бути використано при розробленні національних стратегій сталого розвитку.

дістали подальшого розвитку:

- методика формування стратегій розвитку електроенергетики на основі розробленого інструментарію визначення характеру взаємозв'язку між споживанням електроенергії та економічним зростанням, який на відміну від традиційних підходів дозволяє ідентифікувати як довго-, так і короткострокові залежності на основі використання моделей аналізу динамічних взаємозв'язків у часових рядах. Такий підхід дав змогу визначити фактори, які суттєво впливають на прогнозування енергоспоживання та планування заходів з підвищення енергоефективності та реалізації децентралізованої автономної генерації електроенергії.

- метод визначення еколого-економічних детермінант енергоефективності на основі запропонованих моделей панельної регресії з фіксованими та випадковими ефектами. На відміну від традиційних підходів, використання у запропонованих моделях фіктивних змінних дозволило більш точно змодельовати гетерогенність європейських країн та часову динаміку, що дозволяє підвищити якість прогнозів та ефективність розробки політик у сфері енергоефективності.
- існуючий понятійно-категоріальний апарат та теоретико-методичні засади аналізу та інтерпретації ефективності використання енергетичних ресурсів у процесі економічної діяльності на основі реалізації запропонованих підходів до оцінювання енергоефективності економіки: технологічного, економічного, екологічного та інтеграційного. Виокремлення цих підходів та розроблений інструментарій їх реалізації на основі DEA аналізу дозволяє робити акцент на різних аспектах аналізу та рейтингування енергоефективності європейських національних економік та забезпечує комплексний підхід до формування ефективної енергетичної політики.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні методичних положень та концептуальних підходів до формування довгострокових стратегій підвищення енергоефективності національної економіки у контексті євроінтеграційних процесів, побудові інструментарію визначення характеру причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного розвитку, формуванні методики їх врахування в організаційно-економічному механізмі підвищення енергоефективності. Основні положення дисертаційного дослідження можуть бути використані органами державної влади при розробленні довгострокових стратегій розвитку енергетичного сектору, ідентифікації факторів, які спричиняють суттєвий вплив на енергоефективність, органами місцевого самоврядування для розробки регіональних програм енергоефективності та енергетичними компаніями для оптимізації ресурсів і впровадження

енергоефективних технологій. Наукові розробки автора та отримані результати використані:

- у навчальному процесі Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка при викладанні дисциплін: «Економетрика та статистика», «Державне регулювання економіки», «Статистичне моделювання» та «Економіко-математичне моделювання» (Довідка № 1927 від 7.11.2024);
- в АТ «Львівгаз» при використанні технології утилізації та повторного використання енергії для використання технологій когенерації, при реалізації внутрішнього рейтингування підрозділів компанії стосовно реалізації енергоефективних програм (Довідка № 1453 від 22.10.2024).
- в ЛФ ТОВ «ГРМУ» Дрогобицьке ЕЕГГ при вивченні питання використання енергосервісних компаній з метою фінансування енергоефективних заходів та побудовані VECM та ARDL моделі для аналізу взаємозв'язку між споживанням природного газу та економічним розвитком (Довідка № 454 від 20.08.2024).

Особистий внесок здобувача полягає в одноосібно виконаному науковому дослідженні, яке відображає авторський підхід до побудови організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних процесів із урахуванням причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного розвитку, розроблення методики формування довго- та короткострокових стратегій розвитку енергетичного сектору України на основі моделювання довгострокової рівноваги між цими показниками. Усі наукові результати, які викладено у дисертації, одержані автором самостійно, з наукових праць, виданих у співавторстві, використано лише ті матеріали, які є результатом особистої роботи здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати досліджень, що відповідають темі дисертації, доповідались та обговорювались на IX міжнародній науково-практичній конференції викладачів та студентів

навчально-наукового інституту фізики, математики, економіки та інноваційних технологій, 2022 (Дрогобич, 2022), I Всеукраїнській науково-практичній конференції «Особливості розвитку цифрової економіки в умовах інформаційно-технологічних викликів» (Трускавець 2022), XVI Міжнародній науково-практичній конференції «Виклики та перспективи розвитку нової економіки на світовому, державному та регіональному рівнях» (Запоріжжя, 25-26 листопада 2021), X Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасної науки (Дрогобич, 10-11 травня 2023), Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасний стан та пріоритети модернізації фінансово - економічної системи: теорії та пропозиції» (Запоріжжя, 12-13 травня 2023), Міжнародній науково-практичній конференції «Економіка, облік, фінанси та право: стратегічні пріоритети розвитку в умовах глобалізації» (Кропивницький, 28 листопада 2023), XI Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасної науки» (Дрогобич, 25-26 квітня 2024), VI Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми інтеграції освіти, науки та бізнесу в умовах глобалізації» (Київ, 4 жовтня 2024 року).

Публікації. Основний зміст роботи відображено у 21 науковій друкованій праці, серед яких 4 статті опубліковано у виданнях, що входять до наукометричної бази даних Scopus, 9 статей – у наукових фахових виданнях, а також 8 матеріалів конференцій. Загальний обсяг публікацій складає 13,16 друк. арк., з яких особисто автору належить 8,05 друк. арк.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Обсяг основного змісту роботи становить 198 сторінки і містить 57 таблиць та 25 рисунків. Список використаних джерел налічує 204 найменувань на 24 сторінках, 6 додатків розміщено на 24 сторінках.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

1.1. Методологічні підходи до оцінки та моніторингу енергоефективності України в умовах євроінтеграції.

В умовах глобальних кліматичних змін та необхідності зменшення викидів парникових газів ефективне використання енергетичних ресурсів стає одним із пріоритетів національної економічної політики. Україна, як одна з енергоємних економік Європи, стикається з викликами підвищення своєї енергоефективності та зниження залежності від викопного палива. Традиційні методи оцінки енергоефективності, хоч і дають загальну картину, не завжди відображають повну картину енергетичної ефективності різних секторів економіки. У зв'язку з цим виникає потреба в оновлених та більш комплексних методах оцінки, що дозволять детальніше аналізувати ефективність використання енергоресурсів.

Інтеграція сучасних методів, таких як DEA та стохастичний граничний аналіз, може надати більш точні оцінки ефективності використання енергії на мікро- та макроекономічному рівнях. Ці методи також сприятимуть ідентифікації резервів для підвищення енергоефективності в енергетично інтенсивних галузях. Особливо важливо врахувати перспективи впровадження відновлюваних джерел енергії, що є ключовим елементом переходу до "зеленої" економіки. Оскільки Україна прагне інтегруватися до Європейського Союзу, впровадження сучасних методів оцінки енергоефективності відповідатиме європейським стандартам та сприятиме досягненню цілей сталого розвитку [24].

В Україні відносини, що виникають у сфері забезпечення енергетичної ефективності та спрямовані на посилення енергетичної безпеки, досягнення сталого економічного розвитку, збереження первинних енергетичних ресурсів та скорочення викидів парникових газів регулюються Законом «Про енергетичну ефективність». Сфера забезпечення енергетичної ефективності охоплює енергоефективні заходи, що здійснюються під час виробництва, транспортування, передачі, розподілу, постачання та споживання енергії [8]. Кабінетом міністрів України затверджено «Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року», який спрямований на досягнення національної мети з енергоефективності - первинне та кінцеве споживання енергії в Україні у 2030 році не повинне перевищувати відповідно 91468 тис. та 50446 тис. тон нафтового еквіваленту [34]. Незважаючи на суттєві зрушення у сфері охорони навколишнього природного середовища України та зниження рівня енергоємності національної економіки, на сьогодні не вироблено уніфікованих підходів до оцінювання її енергоефективності.

Хоча високо розвинуті країни світу мають значний досвід щодо досягнення високого рівня енергоефективності національних економік, проте у них теж на сьогодні не розроблено уніфікованої системи показників енергоефективності на національному рівні, методів її оцінювання та аналізу. У більшості випадків енергоємність ВВП з врахуванням паритету купівельної спроможності виступає чи не єдиним універсальним інструментом, з допомогою якого уможливлються міжнародні та регіональні порівняння рівнів енергоефективності національних економік. Усе це обумовлює актуальність проблеми розроблення сучасних підходів до оцінки та порівняння рівнів енергоефективності на рівні країн.

Енергоефективність — це концептуальний термін, який широко застосовується у повсякденному житті в абсолютно різних ситуаціях та обставинах. Проте енергоефективність не може бути просто розпливчастим і двозначним поняттям, яке не має точних методів оцінювання. Вона повинна мати чіткі міри та методи оцінки. Наприклад, щоб продемонструвати

енергоефективність холодильника у Бразилії використовують відносно співвідношення корисного внутрішнього об'єму холодильника та морозильника до побутового споживання електроенергії [203]. Щоб показати енергоефективність обладнання на заводі, компанії у розвинених країнах часто використовують у ролі показника енергоефективності обсяг продукції, створений однією одиницею вхідної енергії [150]. Можна навести приклади багатьох науковців, які підходять до проблеми визначення енергоефективності із різних ракурсів. У статті Й. Тахір та інших [189] проаналізовано методи оцінки енергоефективності систем зберігання енергії. Ґрунтуючись на порівняльному аналізі, у цій статті підтверджено переваги гібридної системи зберігання енергії та зроблено кілька цікавих пропозицій, пов'язаних з використанням мікромереж.

Коли одна форма енергії перетворюється на іншу спочатку частина доступної енергії розсіюється, часто у вигляді тепла, наприклад, під час роботи трансмісії або турбіни. Енергоефективність або кількість виробленої енергії є важливим фактором, пов'язаним з конверсією і є пропорційною кількості енергії, використаної для її виробництва. Енергоефективність розраховується шляхом розподілу отриманої енергії (корисної енергії або виходу енергії) на вхід енергії. Наприклад, холодильник має енергоефективність від 20 до 50%, лампа розжарювання – близько 5%, світлодіодна лампа – понад 30%, а вітряна турбіна – не більше 59%. Загальне виробництво електроенергії має енергоефективність близько 39%.

Проте енергоефективність слід розглядати як загальний термін. Коли виникає питання про її вимірювання або оцінку, відсутність чіткого визначення енергоефективності може призвести до того, що результати будуть відрізнятися і їх буде важко порівняти в залежності від потреб або цілей дослідження. Усе це вказує на необхідність вироблення точного та уніфікованого визначення енергоефективності, а також її класифікації та розроблення відповідних методів вимірювання.

Зростаючий ризик зміни клімату, викликаний викидами парникових газів ставить сьогодні перед країнами нові завдання. На тенденції розвитку економік більшості країн значний вплив має підвищення рівня викидів парникових газів. Тому виникає питання, чи можна домогтися стійкого економічного і фінансового розвитку і одночасно знизити викиди парникових газів. У статті [203] наведено аргументи на позитивне вирішення цієї проблеми, тобто, що це є можливим при підвищенні енергоефективності. У цій роботі показано зв'язок між енергоефективністю та сталим економічним і фінансовим розвитком в країнах Організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) за період 2000-2018 років за допомогою DEA підходу і регресійного аналізу. Результати вказують на існування незначної тенденції до збільшення загальної факторної енергоефективності (TFEE) в країнах ОЕСР за аналізований період, проте автори відзначають існування різниці в рівнях TFEE. У розвинених країнах ОЕСР рівні TFEE є вищими, ніж в країнах, що розвиваються. Досягнення сталого економічного та фінансового розвитку можливе, якщо буде розроблена дієва політика в галузі енергоефективності. Доступ до кредитів, лізингових програм і приплив прямих іноземних інвестицій, які приносять нові енергозберігаючі технології, можуть підвищити енергоефективність. З іншого боку, енергоефективність можна підвищити за рахунок більш стійкого економічного зростання і фінансового розвитку.

У роботі М. Ошчан та ін. [150] проведено дослідження взаємозв'язку між енергоефективністю та економічним зростанням у країнах G20. Відзначається, що у G20 найбільш споживаним джерелом енергії є вугілля, через це країнам G20 слід у першу чергу підвищити ефективність використання вугілля на електростанціях. Іншими словами, їм необхідно споживати вугілля екологічно безпечним способом та скорочувати частку вугілля в енергоспоживанні. В останні два десятиліття спостерігалася тенденція до зниження цієї частки енергоспоживання і можна очікувати, що ця тенденція збережеться. Такий прогноз пояснюється тим, що ґрунтуючись на результатах дослідження існує довгостроковий коінтеграційний зв'язок між енергоємністю, споживанням

енергії та зростанням ВВП на душу населення в цих країнах. Для країн G20 результати тестів на існування причинно-наслідкового зв'язку показали, що між енергоємністю та ВВП на душу населення існує двосторонній причинно-наслідковий зв'язок за Грейнджером [150, с.17].

У статті Е. Шафранко [187] пропонується методологія оцінки ефективності інвестицій в енергозберігаючі технології, заснована на застосуванні кількох методів, яка дозволяє користувачеві здійснити комплексний аналіз економічних вигод та витрат таких інвестицій. Процедура була представлена на прикладі типової фотогальванічної установки на даху для вироблення електроенергії для будинку на одну сім'ю. Оцінка включала таку інформацію, як витрати на інвестиції та вигоди, розраховані на основі технічних даних, що описують запланований проект. Розглянута в цій статті методологія складається з комплексного підходу до оцінки інвестицій у відновлюванні джерела енергії та може дати набагато кращі результати, ніж оцінки, що ґрунтуються на окремих методах, що застосовуються окремо.

Держенергоефективності за підтримки Українсько-Данського Енергетичного Центру (УДЕЦ) запропонувало таблиці первинних даних та методику обчислення показників енергоефективності для України. Первинні дані для отримання показників енергоефективності отримуються із відкритих джерел та формуються за принципом «знизу вверху». Первинні дані та розрахункові показники сформовано за основними секторами, що передбачено методологією МЕА: промисловість, транспорт, житло, сільське господарство, послуги [33].

Згідно із «Методикою визначення енергетичної ефективності будівель» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, показник енергетичної ефективності - числове значення енергетичної характеристики будівлі, яке використовується для ранжування енергетичної ефективності, вимог до енергетичної ефективності та/або для сертифіката. У відповідності із методикою Міністерства регіонального

розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України показниками енергетичної ефективності для будівель є:

- питома енергопотреба на опалення, охолодження, постачання гарячої води;
- питоме енергоспоживання при опаленні;
- питоме енергоспоживання при охолодженні;
- питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води;
- питоме енергоспоживання систем вентиляції;
- питоме енергоспоживання при освітленні;
- питоме енергоспоживання первинної енергії;
- питоме енергоспоживання викидів парникових газів [19].

В.М. Горбачук та інші в роботі [5] запропонували параметричний граничний підхід для оцінювання загальноекономічної енергоефективності на основі використання функції Шепарда та методу SFA (Stochastic frontier analysis) та отримання індексу енергоефективності.

Як зазначається у роботі К. Ку-Гсієш та ін.[126], більшість підходів до оцінювання енергоефективності ґрунтуються на визначенні показника ефективності споживання енергії ECEI (Energy consumption efficacy Indicator) та оцінці ефективності економіки та енергії EEEE (Energy economic efficiency Estimate). Методологія EEEE використовує дві основні техніки: Data Envelopment Analysis (DEA) та Stochastic Frontier Analysis (SFA).

DEA підхід є методом непараметричного граничного аналізу для оцінювання ефективності. DEA моделі поширені у дослідженнях енергоефективності на різних рівнях. Незважаючи на цілу низку своїх переваг, DEA метод не бере до уваги статистичні шуми. На противагу DEA моделям SFA моделі використовують функцію відстані Шепарда для визначення індексу енергоефективності та враховує статистичні шуми.

Б. Кишакевич у дослідження [13] вказує на те, що складність використання методів, які ґрунтуються на побудові границі ефективності, полягає в їх методичній частині, а саме у трудомісткості, необхідності

застосування спеціального математико-статистичного апарату. Проте метод оцінювання ефективності на основі використання DEA моделей дозволяє не лише порівнювати об'єкти аналізу, але й визначати потенційні можливості для підвищення рівня ефективності їх діяльності[13, с.203].

Протягом останніх років в Україні спостерігається чітка тенденція до зниження енергоємності національної економіки практично у всіх сферах. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України за підтримки Українсько-Данського Енергетичного Центру (УДЕЦ) розробило таблиці первинних даних та методику обчислення показників енергоефективності української економіки [33]. Первинні дані для отримання показників енергоефективності беруться із відкритих джерел та формуються за принципом «знизу вверх». Первинні дані та розрахункові показники сформовано за такими секторами, як промисловість, транспорт, житло, сільське господарство, послуги. Крім цього, останнім часом популярним інструментом оцінки енергоефективності на усіх рівнях стали методи оцінювання ефективності на основі моделювання границі ефективності, а саме, DEA та SFA моделі.

Самі показники енергоефективності не можуть спрогнозувати зміни у енергоспоживанні на будь-якому рівні або дати кількісну оцінку залежності загального енергоспоживання від деяких факторів. Тому часто вдаються до більш детального аналізу, щоб зрозуміти сукупний вплив низки різних факторів на загальне енергоспоживання. Одним із таких інструментів є декомпозиційний аналіз, який зазвичай використовують для відокремлення зміни рівня енергоефективності від інших факторів, що впливають на енергоспоживання. Наприклад, найбільш поширеним показником енергоємності економіки вважається співвідношення енергоспоживання до ВВП, оскільки на думку більшості фахівців, зміни цього показника є результатом структурних змін в економіці, а не лише змін технічної енергоефективності. Прикладом структурних змін є зміни співвідношення ВВП, виробленого у промисловості (найбільш енергоємному секторі), до загального ВВП, що має наслідком зміну

загальної енергоємності економіки, навіть якщо технічна енергоефективність усіх секторів не змінилась.

У статті [154] J. Payne, H. Truong, L. Chu, B. Doğan, S. Ghosh розглянули вплив економічної складності та енергетичної безпеки на цілу низку показників енергоефективності. N. Canh, C. Schinckus, S. Thanh, F. Chong у роботі [62] проаналізували різні показники енергоефективності у контексті впливу тіньової економіки на енергоспоживання. Дослідження X. He, Y. Yu, S. Jiang [109], Б. Кишакевич [16], M. Hossin, D. Alemzero, R. Wang, M. Kamruzzaman, M. Mhlanga [110], M. Hossin, D. Alemzero, R. Wang, M. Kamruzzaman, M. Mhlanga [50], M. Gorus, E. Karagol [104] теж присвячені висвітленню різних проблемних аспектів вимірювання енергоефективності на макрорівні.

Вважаємо, що слід виділити концепції енергоефективності економіки, які базуються на різних підходах до оцінки та інтерпретації ефективності використання енергетичних ресурсів у процесі економічної діяльності. В технологічному підході енергоефективність визначається як результат впровадження новітніх технологій та обладнання, які дозволяють зменшити кількість енергії, необхідної для виробництва товарів і послуг [116]. При економічному підході енергоефективність розглядається з точки зору економічної вигоди від скорочення енергоспоживання. Вона виражається через зниження витрат на енергію на одиницю ВВП або на виробництво товарів та послуг [179]. При екологічному підході енергоефективність розглядається як інструмент зменшення негативного впливу на навколишнє середовище через скорочення викидів парникових газів та зниження використання викопних видів палива [115]. Інтеграційний або міждисциплінарний підхід енергоефективність розглядає як комплексний показник, що враховує економічні, технологічні та екологічні аспекти використання енергії [202]. Проте ключовим елементом цих підходів є використовувані методи оцінки енергоефективності. У таблиці 1.1 представлено порівняння методів оцінки енергоефективності економіки, їх переваг та недоліків.

Таблиця 1.1

Порівняння методів оцінки енергоефективності

Метод	Опис	Переваги	Недоліки
Індикатори енергоефективності	Вимірювання енергоємності ВВП та енергоспоживання на душу населення.	Простота, доступність даних, придатність для міжнародних порівнянь.	Не враховує структурні зміни в економіці та технологічний прогрес.
Метод оцінки через інтенсивність викидів CO ₂	Оцінка енергоефективності через відношення обсягів викидів CO ₂ до економічної активності.	Дозволяє оцінити ефективність зменшення викидів при економічному зростанні.	Зосереджений на екологічних аспектах, може не відображати повну енергоефективність.
Метод DEA (Data Envelopment Analysis)	Оцінка ефективності використання ресурсів шляхом порівняння входів та виходів.	Глибокий аналіз енергоефективності на основі відносної ефективності.	Вимагає значних обсягів даних, складний для реалізації.
Метод граничного аналізу продуктивності (Stochastic Frontier Analysis)	Визначає максимальну продуктивність за даних обсягів енергоресурсів.	Дає можливість виявити резерви для підвищення ефективності.	Може бути складним для інтерпретації та потребує складних моделей.
Life Cycle Analysis, LCA	Аналіз енергоспоживання на різних етапах життєвого циклу продукту або процесу.	Деталізований аналіз на рівні продуктів або процесів.	Трудомісткий та складний для виконання, особливо на макрорівні.
Моделювання загальної рівноваги (Computable General Equilibrium, CGE)	Моделює вплив енергетичної політики на економіку та енергоефективність.	Комплексний підхід, враховує взаємозв'язки в економіці.	Висока складність моделювання, потребує великих обсягів даних.
Метод декомпозиційного аналізу (Decomposition Analysis)	Аналізує зміни в енергоефективності через структурні та технологічні зміни.	Допомагає виявити внесок різних факторів у зміни енергоефективності.	Може не враховувати всі фактори, що впливають на енергоефективність.

Джерело: сформовано автором на основі [24]

До найпоширеніших індикаторів енергоефективності економіки можна віднести:

1. Енергоемність (Energy Intensity - EI). Цей індикатор показує, скільки енергії використовується для виробництва одиниці валового внутрішнього продукту (ВВП).

$$EI = \frac{\text{Використання енергії (MJ)}}{\text{ВВП (PPP в доларах США, 2017)}} \quad (1.1)$$

2. Споживання енергії на душу населення (Energy Consumption per Capita - C_ENER_PC). Цей індикатор показує кількість енергії, споживаної в середньому однією людиною.

$$C_ENER_PC = \frac{\text{Сукупне споживання енергії (Mtoe)}}{\text{Чисельність населення}} \quad (1.2)$$

3. Споживання електроенергії на душу населення (Electricity Consumption per Capita - ELS). Цей показник визначає кількість електроенергії, яка споживається однією особою.

$$ELS = \frac{\text{Загальне споживання електроенергії (GWh)}}{\text{Чисельність населення}} \quad (1.3)$$

4. Інтенсивність викидів вуглекислого газу (CO2 Intensity - CO_GDP) - відображає кількість викидів CO2 на одиницю ВВП.

$$CO_GDP = \frac{\text{Викиди CO}_2 \text{ (кг)}}{\text{ВВП (PPP в доларах США)}} \quad (1.4)$$

5. Первинне енергоспоживання (Primary Energy Consumption - C_ENER) - вимірює загальну кількість первинної енергії, що споживається в країні.

$$C_ENER = \text{Сукупне споживання первинної енергії (Mtoe)}$$

6. Споживання газу на душу населення (Gas Consumption per Capita - GAS_PC) - відображає середнє споживання газу на одну особу.

$$GAS_PC = \frac{\text{Сукупне споживання газу (TJ)}}{\text{Чисельність населення}} \quad (1.5)$$

7. Споживання твердих енергоресурсів на душу населення (Solid Fossil Energy Consumption per Capita - S_PC) - оцінює кількість твердих енергоресурсів, що споживаються на одну особу.

$$S_PC = \frac{\text{Сукупне споживання твердих енергоресурсів (kT)}}{\text{Чисельність населення}} \quad (1.6)$$

Суть методу оцінки енергоефективності через інтенсивність викидів CO₂ полягає в тому, що енергоефективність економіки вимірюється через кількість викидів вуглекислого газу (CO₂), що утворюються під час виробництва одиниці економічного продукту (наприклад, ВВП):

$$CO_GDP = \frac{\text{Викиди CO}_2 \text{ (кг)}}{\text{ВВП (PPP в доларах США)}} \quad (1.7)$$

Метод Data Envelopment Analysis (DEA) для оцінки енергоефективності економіки є не параметричним методом, що дозволяє аналізувати ефективність використання ресурсів (енергії) з урахуванням множинних вхідних і вихідних параметрів. DEA базується на лінійному програмуванні та використовується для оцінки ефективності виробничих одиниць (Decision Making Units, DMU), таких як підприємства, галузі або навіть країни. DEA порівнює енергоефективність різних DMU шляхом побудови ефективної "оболонки" (envelope) або межі виробничих можливостей, на якій знаходяться найефективніші одиниці. Усі інші одиниці порівнюються з цією межею, і оцінюється, наскільки вони відхиляються від неї.

Цей метод дозволяє одночасно враховувати декілька вхідних та вихідних параметрів, що робить його ідеальним для оцінки комплексних систем, таких як економіка. На відміну від параметричних методів, DEA не потребує попереднього вибору функції, що описує зв'язок між вхідними та вихідними показниками. DEA дозволяє порівнювати різні DMU за їх відносною ефективністю, навіть якщо вони мають різні структури вхідних та вихідних показників.

Stochastic Frontier Analysis (SFA) — це економетричний метод, який використовується для оцінки технічної та економічної ефективності виробничих одиниць (підприємств, галузей, країн) за допомогою статистичних моделей, що враховують випадкові помилки та неефективність. Суть методу полягає в тому, що виробнича функція представляється у вигляді "фронтиру" (межі), яка визначає максимально можливий обсяг виробництва для заданого рівня ресурсів, при цьому допускаються випадкові відхилення та

неефективність в реальних результатах. SFA передбачає, що фактичний рівень виробництва або економічного результату складається з наступних компонентів [24]:

- **Систематична частина (стохастична гранична функція):** Ця частина моделі описує ефективну виробничу функцію або економічну межу, яка визначає максимально можливий результат при даному рівні ресурсів (входів).
- **Неефективність (технічна неефективність):** Відхилення від цієї межі, що пов'язане з неефективністю управління або організаційних процесів.
- **Випадкові шоки (випадкові похибки):** Ця частина відображає зовнішні фактори, що впливають на результат (помилки вимірювань, природні катастрофи, непередбачувані зміни в ринковому середовищі).

У SFA методі задається виробнича функція:

$$Y_i = f(X_i) \cdot e^{(v_i - u_i)} \quad (1.8)$$

де:

Y_i — фактичний випуск або продуктивність виробничої одиниці i ,

$f(X_i)$ — виробнича функція, що залежить від набору вхідних ресурсів.

v_i — випадкова помилка (стохастичний компонент), що моделює зовнішні шоки та коливається навколо нуля,

u_i — неефективність одиниці i , яка є завжди не від'ємною ($u_i \geq 0$).

Виробнича межа представляє найвищий можливий рівень продуктивності за певних умов. Ті одиниці, які досягають цього рівня, вважаються технічно ефективними. Важливий аспект SFA полягає в тому, що вона розрізняє випадкові помилки (позитивні чи негативні) та неефективність. Випадкові помилки можуть відображати такі фактори, як зміни попиту, погодні умови або інші неконтрольовані впливи, тоді як неефективність є результатом внутрішніх організаційних або технічних проблем. Метод дозволяє кількісно оцінити рівень технічної неефективності кожної одиниці виробництва, що відхиляється від виробничої межі. Таким чином, можна ідентифікувати, які одиниці

працюють нижче свого потенціалу та на скільки. Неефективність u_i зазвичай моделюється як половина нормального розподілу або як інші асиметричні розподіли. Це дозволяє SFA визначати ступінь відхилення продуктивності вниз від границі.

Перевагами методу SFA є те, що на відміну від інших методів, таких як Data Envelopment Analysis (DEA), SFA дозволяє враховувати випадкові шоки та неефективність окремо, що робить його більш точним у ситуаціях з нестабільними даними. SFA базується на економетричних моделях, що дозволяє проводити тестування різних гіпотез про виробничий процес, таких як перевірка форми виробничої функції або впливу певних факторів на продуктивність. SFA може бути використаний як для оцінки технічної ефективності на мікрорівні (наприклад, для окремих підприємств), так і на макрорівні (для галузей або національних економік).

Life Cycle Analysis (LCA) або аналіз життєвого циклу — це метод оцінки впливу продукту, послуги або процесу на довкілля та енергоефективність протягом всього його життєвого циклу. Суть LCA полягає в тому, що всі етапи життєвого циклу аналізованого об'єкта, від видобутку ресурсів до його утилізації, розглядаються комплексно для того, щоб визначити загальну кількість спожитої енергії, викидів, та інші екологічні наслідки. Це дозволяє оцінити енергоефективність продукту чи процесу з урахуванням його повного життєвого циклу. Для оцінки енергоефективності економіки за допомогою методу Life Cycle Analysis (LCA) необхідно адаптувати його до макрорівня, оскільки цей метод зазвичай використовується для аналізу продуктів або процесів на мікрорівні. Використання LCA для оцінки енергоефективності економіки потребує розгляду життєвого циклу основних галузей економіки або видів економічної діяльності, враховуючи всі етапи — від видобутку ресурсів до кінцевого споживання та утилізації.

До переваг LCA для оцінки енергоефективності економіки можна віднести те, що LCA дозволяє врахувати всі етапи життєвого циклу, що дозволяє визначити, які саме етапи мають найбільший вплив на

енергоефективність економіки. За допомогою LCA можна виявити найбільш енергоємні процеси та розробити стратегії для зниження їх енергетичних витрат. LCA допомагає поєднати оцінку енергоефективності з екологічною стійкістю, що дозволяє країнам розробляти політику, орієнтовану на одночасне зниження енергоспоживання та зменшення негативного впливу на довкілля [24].

Моделювання загальної рівноваги (Computable General Equilibrium, CGE) — це економічний метод моделювання, який використовується для аналізу взаємодії між різними секторами економіки та оцінки впливу різних політик чи шоків на економічну рівновагу в цілому. У контексті енергоефективності економіки CGE дозволяє моделювати, як зміни в енергетичній політиці або енергоефективності впливають на різні економічні змінні (виробництво, споживання, ціни, зайнятість, експорт, імпорт тощо) та взаємодії між секторами. CGE-моделі описують економіку як систему взаємопов'язаних ринків для товарів, послуг і факторів виробництва (праці, капіталу, землі). Вони базуються на мікроекономічних принципах, таких як максимізація корисності для споживачів і максимізація прибутку для виробників, та використовують рівняння для опису рівноваги на ринках цих товарів і факторів виробництва. Ця рівновага досягається шляхом коригування цін та кількостей, щоб балансувати попит і пропозицію на всіх ринках одночасно. У контексті енергоефективності CGE-моделі дозволяють моделювати вплив підвищення енергоефективності на макроекономічному рівні, враховуючи взаємодії між енергетичним сектором і всією економікою.

Кожен сектор економіки представлений виробничими функціями, що визначають, як фактори виробництва (праця, капітал, енергія) поєднуються для створення продукції. У контексті енергоефективності енергія виступає як важливий фактор, і підвищення енергоефективності моделюється як зменшення потреби в енергетичних ресурсах для досягнення того самого обсягу виробництва. Споживачі представлені в моделі через функції попиту на товари та послуги, які залежать від їх доходів і цін. Підвищення енергоефективності

може призвести до зміни структури попиту в економіці через зміну цін на товари та послуги. У CGE-моделях враховується взаємодія з іншими країнами через експорт та імпорт. Зміни в енергоефективності можуть вплинути на конкурентоспроможність країни на світових ринках та обсяги торгівлі. Усі ринки в моделі мають бути врівноважені: попит дорівнює пропозиції для кожного товару, послуги та фактора виробництва. CGE розраховує ціни, які досягають цієї рівноваги.

До переваг CGE-моделювання для аналізу енергоефективності можна віднести можливість врахування складних взаємодій між усіма секторами економіки, що є особливо корисним у випадку аналізу енергоефективності, оскільки зміни в енергетичному секторі впливають на всі інші сектори. CGE моделі допомагають оцінити вплив підвищення енергоефективності на загальну економічну рівновагу, включаючи ефекти на ВВП, зайнятість, доходи домогосподарств і міжнародну торгівлю. CGE дозволяє моделювати наслідки впровадження різних енергетичних політик, таких як субсидії на енергоефективність, податки на викиди CO₂, програми стимулювання інвестицій у відновлювані джерела енергії тощо.

Метод декомпозиційного аналізу (Decomposition Analysis) є статистичним методом, який використовується для розкладання змін у загальних показниках на складові частини, щоб зрозуміти вплив різних факторів на ці зміни. У контексті оцінки енергоефективності економіки, декомпозиційний аналіз дозволяє виділити внесок різних факторів у зміни в енергоспоживанні та енергоефективності на рівні країни, сектора або підприємства. Суть методу декомпозиційного аналізу полягає в тому, що загальна зміна енергоефективності або енергоспоживання розкладається на внесок різних факторів.

Загалом виділяють такі види декомпозиційного аналізу, як індексний метод Ласпереса (Laspeyres Index Decomposition) та метод Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI). Індексний метод Ласпереса базується на фіксованих базових показниках і використовує їх для оцінки змін. Він часто

використовується для аналізу, оскільки легко інтерпретується. Метод LMDI є більш точним методом декомпозиції, оскільки він розглядає логарифмічні середні зміни у вхідних факторах, що дає більш детальний і точний аналіз змін енергоефективності.

Метод декомпозиційного аналізу має цілу низку переваг, а саме: метод дозволяє визначити, які фактори найбільше вплинули на зміни в енергоефективності; результати декомпозиційного аналізу легко інтерпретуються, що дозволяє політикам і дослідникам чітко бачити вплив кожного фактору; метод дозволяє аналізувати зміни в енергоефективності на основі історичних даних, що допомагає зрозуміти, як економіка розвивалася з точки зору використання енергії; метод можна застосовувати для аналізу різних секторів економіки, країн або регіонів, а також для оцінки впливу конкретних політик.

В Україні використовуються переважно традиційні методи оцінки енергоефективності, такі як індикатори енергоємності ВВП та споживання енергії на душу населення, інтенсивність викидів CO₂ та споживання енергії в промисловості. Ці методи застосовуються на макроекономічному рівні для оцінки загальної енергоефективності економіки та окремих секторів, зокрема, промисловості, транспорту і комунального господарства [24].

Стосовно інших підходів слід відзначити, що вони теж мають значний потенціал для їх практичної реалізації в Україні. Так, DEA метод ще не широко застосовується в Україні для оцінки енергоефективності, однак він може стати корисним для аналізу ефективності використання енергії на рівні підприємств або секторів. Перспективи впровадження залежать від доступності даних та впровадження систем аналітики для порівняльного аналізу енерговитрат. Stochastic Frontier Analysis має потенціал для застосування в Україні, особливо для ідентифікації резервів підвищення ефективності у енергетично інтенсивних секторах, таких як металургія та хімічна промисловість. Life Cycle Analysis хоч ще не набув значного поширення в Україні, він має великий потенціал для впровадження в галузях, що прагнуть підвищити екологічну відповідальність та

зменшити вуглецевий слід своїх продуктів. Це може бути особливо корисно для аграрного сектора та будівельної галузі. Моделювання загальної рівноваги має великий потенціал для аналізу впливу енергетичної політики на економіку України. Цей метод може бути корисним для моделювання майбутніх сценаріїв зниження залежності від викопного палива і переходу до відновлюваних джерел енергії. Декомпозиційний аналіз може бути впроваджений для аналізу змін у енергоефективності на основі структурних змін в економіці та впливу технологічного прогресу. Це може бути корисно для урядових органів при оцінці ефективності енергетичних реформ.

Таким чином, Україна має потенціал для розширення спектра методів оцінки енергоефективності. Для цього необхідно розвивати систему збору та аналізу даних на рівні підприємств та секторів, впроваджувати сучасні аналітичні інструменти і підтримувати міжнародне співробітництво у сфері енергоефективності. Перспективні методи, такі як DEA та стохастичний аналіз, можуть значно підвищити якість оцінки енергоефективності та дозволять Україні оптимізувати використання енергоресурсів у довгостроковій перспективі.

1.2. Концептуальні засади формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності

ЄС поставив перед собою довгострокову мету підвищення енергоефективності щонайменше на 32,5% до 2030 року порівняно з рівнем 2007 року. Ця мета є частиною більш ширших планів ЄС щодо досягнення своїх кліматичних та енергетичних цілей у рамках Європейської зеленої угоди. Незважаючи на стрімкі євроінтеграційні процеси, які сьогодні переживає українське суспільство, вітчизняна економіка кожного року споживає приблизно 92 млн. тон нафтового еквіваленту енергії та є однією із найбільш енергоємних та енергетично залежних економік в світі. Наш показник

енергоємності ВВП є втричі більшим ніж від середньоєвропейського. Усе це вказує на необхідності кардинальним змін у енергетичній політиці країни, виробленні дієвих довгострокових програм впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій. Досягти цього можна лише сформувавши ефективний організаційно-економічний механізм підвищення рівня енергоефективності економіки.

Проблемам побудови організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України присвячено чимало наукових публікацій, серед яких у першу чергу слід згадати роботи О. Хринюк [42], Д. Скрипник [39], Ч. Пулька, Ю. Дзядикевича [36], В. Градова [6], Ф. Курбанова, Д. Сітенко, Б. Єсенгелдіна, Р. Єсбергена [127], С. Ковальські [123], Р. Рапієра [161], В. Халіна, А. Устіловська, П. Гончаренко, В. Вєтрова [41] та інших. Незважаючи на наявність значної кількості публікацій, присвячених даній науковій проблемі, врахуванню причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного зростання і євроінтеграційним процесам присвячено недостатньо уваги.

Аналізуючи сучасні тенденції, які мають місце в енергетичній галузі у Європі та світі загалом, слід відзначити перш за все стрімке щорічне зростання використання відновлювальних джерел енергій (ВДЕ) при виробництві електроенергії. Так, у 2022 р. частка ВДЕ у світовому енергетичному балансі зросла до 30%, в Європі ця частка становить 43%. Частка відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі історично висока в країнах з великими ресурсами гідроелектроенергії, таких як Бразилія, Колумбія, Канада, Нова Зеландія, Швеція або Норвегія (більше 2/3 електроенергії, що виробляється). В інших країнах державна політика в галузі відновлюваних джерел енергії та зниження витрат на виробництво електроенергії для сонячних та вітрових технологій стимулює виробництво відновлюваної енергії та сприяє значному збільшенню частки відновлюваних джерел енергії у структурі енергоспоживання. В Україні навіть не зважаючи на повномасштабну війну, яку розпочала Росія, спостерігається позитивна тенденція використання ВДЕ,

хоча цей показник є значно нижчим у порівнянні із середньоєвропейським рівнем (див. рис. 1.1).

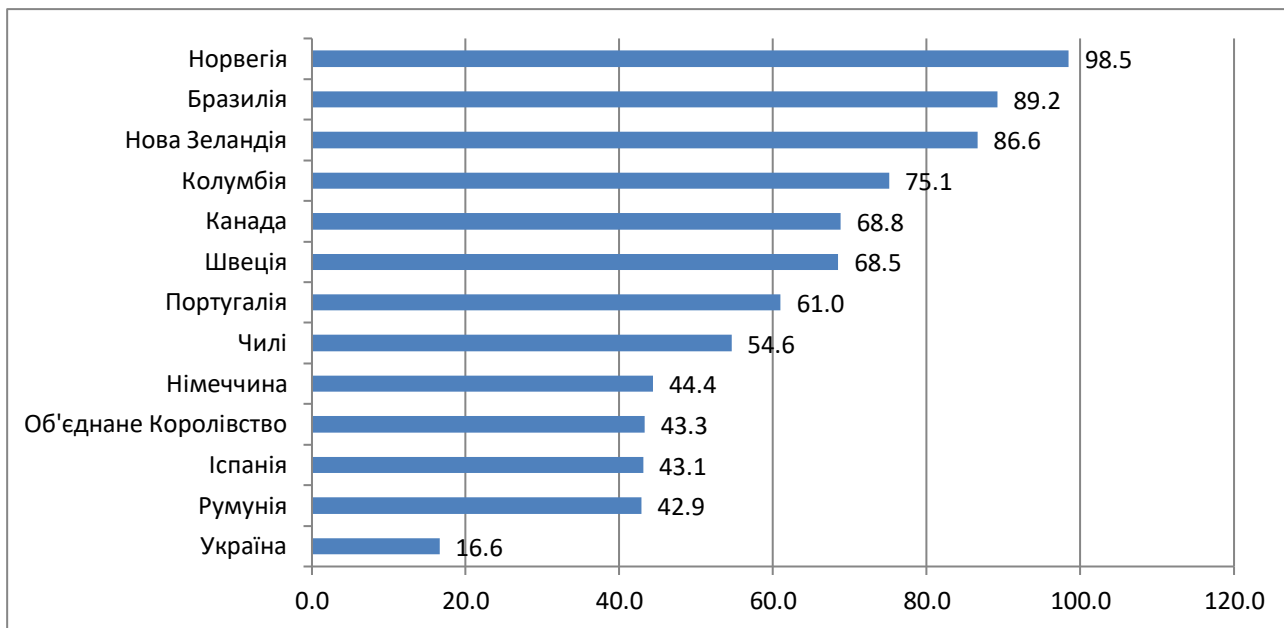


Рис. 1.1. Частка ВДЕ у виробництві електроенергії у 2022 році (%)
Джерело: побудовано автором на основі [175]

Європейські країни є лідерами у використанні ВДЕ при виробництві електроенергії (рис. 1.2)

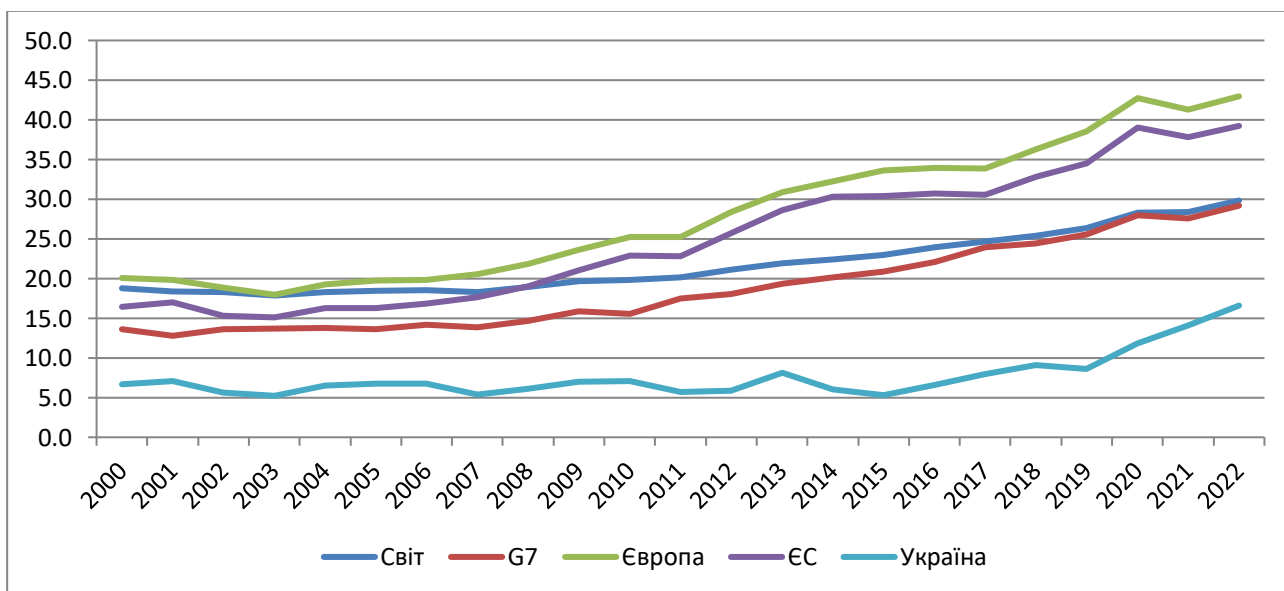


Рис. 1.2. Динаміка частки ВДЕ у виробництві електроенергії
Джерело: побудовано автором на основі [175]

Загалом, у 2022 році світова економіка відновила зростання (+3,2%), хоча в Китаї спостерігалось уповільнення. Викиди CO₂ знову збільшилися майже на

2%, Виробництво відновлюваної енергії продовжувало розширюватися: сонячна енергія зросла на 27%, а вітрова – на 13%. Зрештою, у 2022 році відбулось повернення до тенденцій, що існували до пандемії COVID-19. Проте, мають місце побоювання щодо довгострокових наслідків від вторгнення Росії в Україну [161].

У зв'язку із цим, формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки слід проводити із врахуванням сучасних тенденцій у розвитку перш за все відновлювальної енергетики та євроінтеграційних процесів. В економічній літературі досить часто використовується термін «механізм». Справа у тому, що з допомогою цього поняття можна змоделювати взаємодію багатьох складових економічного процесу. Лише організаційні механізми впливу на об'єкт управління без економічної складової не можуть бути ефективними. У зв'язку із цим, дієвим засобом досягнення поставлених цілей науковці вважають формування та реалізація організаційно-економічного механізму.

О. Хринюк відзначає, що організаційно-економічний механізм «являє собою певну систему організаційних та економічних форм, методів, важелів, інструментів, процедур тощо, що діють на різних рівнях економіки; він формується за певними принципами та діє в межах об'єктивних економічних законів по відношенню до певних об'єктів та суб'єктів» [42, с. 10].

У роботі [36] зазначається, що на сьогодні не вироблено єдиного наукового обґрунтування термінів «економічний механізм» і «організаційно-економічний механізм». Авторами було запропоновано власне визначення поняття організаційно-економічний механізму енергозбереження, який формується із взаємопов'язаних економічних і організаційних елементів, спрямованих на ефективне витрачання енергоресурсів і впровадженню у виробництво інноваційних продуктів.

Градовий В. у дослідженні [6] відзначає, що організаційна складова визначає учасників механізму і встановлює їх функціональні обов'язки та роль при реалізації енергозберігаючих програм, реалізації управління та ресурсне

забезпечення. Економічна складова призначена для підвищення рівня енергоефективності економіки за рахунок ефективної реалізації господарських процесів, формування спеціальних фондів, стимулювання впровадження енергоефективних товарів та еколого-орієнтоване навчання кадрів, проведення енергоаудиту тощо [6].

Куницька-Іляш М. В. та Березівський Я. П. у роботі [18] відзначають, що механізм являє собою структуровану та узгоджену сукупність елементів, яка забезпечує послідовне впровадження змін. Кожний етап процесу визначається попереднім і обумовлює наступний, формуючи так званий ланцюг подій. Це є ключовою характеристикою механізму, адже він відноситься до складних інструментів державного регулювання, що мають на меті реалізацію комплексних змін. Слідування стратегічним пріоритетам і цілям державної політики відбувається під впливом численних факторів та умов, включаючи значний рівень суб'єктивного втручання [18].

Овсяннікова Н.В. в роботі [31] включає до економічного механізму організаційно-економічний компонент, який об'єднує організаційно-технічні, виробничо-технологічні та фінансово-економічні складові, а також організаційно-управлінський механізм [31].

На відміну від організаційного, економічний механізм представляє собою систему економічних методів, спрямованих на забезпечення ефективного функціонування виробничих систем. Це комплекс взаємозалежних та систематизованих заходів, реалізованих через різноманітні господарські методи, що сприяють оптимальному здійсненню економічних процесів. Крім того, до цього механізму входять підсистеми, що охоплюють оцінку і аналіз діяльності, планування, контроль, а також мотивацію і стимулювання [40]. Юрченко А. Ю. у статті [44] відзначає, що організаційно-економічний механізм, в якому економічні процеси відбуваються в тісній послідовній взаємодії, повинен функціонувати на основі ключових принципів: інтеграції державного управління з механізмами саморегулювання та забезпечення комплексного підходу [44]. Біла С.О. визначає організаційно-економічний

механізм як інтеграцію організаційних та економічних форм і методів, об'єднаних у єдиний порядок для будь-якого виду діяльності [2].

М. Дубина та М. Забаштанський в [7] відзначають, що організаційно-економічний механізм є невід'ємною частиною функціонування будь-якого економічного об'єкта. Його розвиток здійснюється через використання цього механізму та його ключових складових, що є необхідними для досягнення бажаних результатів. Втім, для стимулювання подальшого розвитку господарської системи, іноді доцільно оновлювати та модернізувати цей механізм, адаптуючи його до нових умов та викликів майбутнього [7].

На нашу думку організаційно-економічний механізм повинен формуватися під вирішення конкретних довгострокових програм економічного розвитку країни, в основу яких покладено підвищення енергоефективності економіки, зниження енергоємності ВВП. Досягти позитивного ефекту від реалізації таких програм можна лише провівши попередні казуальні дослідження, пов'язані з визначенням причинно-наслідкових зв'язків між ключовими показниками енергоефективності та соціально-економічного розвитку країни. Такий аналіз причинності дозволить визначити перелік макроекономічних показників, між якими існує тісний довгостроковий зв'язок і які суттєво впливають один на одного. Така інформація необхідна для побудови прогнозів соціально-економічного розвитку України та уникнення можливих негативних наслідків для економіки країни від реалізації різних довгострокових програм реформування енергетичного сектору країни.

У запропонованому організаційно-економічному механізмі підвищення енергоефективності економіки України, який враховує процеси євроінтеграції та врахування характеру причинно-наслідкових зав'язків між енергоефективністю та економічним розвитком передбачено наступні ключові заходи та інструменти, спрямовані на досягнення цільових показників енергозбереження:

- 1) Стандарти енергоефективності та маркування: уряди можуть встановлювати мінімальні стандарти енергоефективності для побутових приладів,

обладнання та транспортних засобів. Крім того, схеми маркування надають споживачам інформацію про енергоефективність продуктів, що дозволяє їм робити свідомий вибір. Відповідно до Директиви Європейського Союзу 2010/30/ЕС для побутових приладів та промислового обладнання було введено маркування їх енергоефективності. При цьому класи енергоефективності позначаються буквами від A до G.

- 2) Енергоаудит та порівняльний аналіз ефективності. Вимога до підприємств та галузей про проведення енергетичного аудиту та порівняльного аналізу їх енергетичних показників може виявити галузі, які потребують покращення рівня енергоефективності та стимулювати заходи щодо енергозбереження.
- 3) Фінансові стимули та субсидії: уряди можуть пропонувати фінансові стимули, податкові пільги та субсидії фізичним та юридичним особам, які інвестують у енергоефективні технології та проекти, роблячи такі ініціативи більш привабливими та економічно життєздатними.
- 4) Програми підвищення енергоефективності та кампанії з підвищення обізнаності. Уряд повинен проводити кампанії з підвищення обізнаності громадськості для просування заходів щодо енергозбереження та підвищення ефективності. Вони також можуть створювати програми, які надають технічну допомогу та підтримку для впровадження енергоефективних методів.
- 5) Фінансування досліджень та розробок. Державні інвестиції у дослідження та розробки (НДДКР) енергоефективних технологій можуть прискорити впровадження інновацій та сприяти технологічному прогресу у цій галузі.
- 6) Будівельні норми та стандарти. Впровадження строгих будівельних норм та стандартів для нового будівництва та реконструкції може гарантувати енергоефективність будівель та відповідність певним критеріям енергоефективності.
- 7) Управління попитом. Комунальні підприємства та уряд можуть впроваджувати програми управління попитом, такі як ціноутворення на час

використання та заходи щодо скорочення пікового попиту, щоб спонукати споживачів переключати споживання енергії на непікові години.

- 8) Сертифікати енергоефективності, що продаються. Впровадження сертифікатів енергоефективності або білих сертифікатів може створити ринковий підхід до стимулювання ініціатив з енергозбереження та спонукати енергосервісні компанії до інвестування в проекти енергоефективності. Білий сертифікат — це актив, що торгується, що підтверджує досягнення певного відсотка економії енергії в порівнянні з базовим рівнем. Його також називають сертифікатом енергозбереження (ESC) або сертифікатом енергоефективності (EEC). Схему торгівлі білими сертифікатами можна порівняти зі схемою торгівлі зеленими сертифікатами та сертифікатами на викиди, кожна з яких спрямована на створення більш чистого довкілля. Зелені сертифікати видаються задля досягнення мінімуму виробництва відновлюваної енергії, білі сертифікати задля досягнення мінімуму енергозбереження.
- 9) Галузеві нормативи. Уряд може встановлювати галузеві нормативи та цілі щодо підвищення енергоефективності в секторах зі значним споживанням енергії, таких як виробництво та транспорт.
- 10) Контракти з гарантованими енергопоказниками (EPC). Уряд може укладати контракти з приватними компаніями, що ґрунтуються на результатах, за якими компанії інвестують у заходи щодо підвищення енергоефективності та отримують оплату в залежності від досягнутої економії енергії.
- 11) Політика «зелених» закупівель. Уряд може ухвалити політику «зелених» закупівель, яка надає пріоритет закупівлі енергоефективних продуктів та послуг для державних установ та установ.
- 12) Зелені облігації - борговий інструмент, кошти від продажу якого використовуються виключно на фінансування енергоефективних проектів, наприклад, зеленої енергетики.

У світі стає все більш популярним такий інструмент впровадження енергозберігаючих технологій як, контракти з гарантованими енергопоказниками (EPC), які є формою креативного фінансування капітального ремонту, що дозволяє фінансувати проект за рахунок зниження витрат. За угодою EPC зовнішня організація реалізує проект із забезпечення енергоефективності або проект із пов'язаний із відновлюваними джерелами енергії та використовує потік доходів від економії витрат або виробленої відновлюваної енергії для відшкодування витрат за проектом, включаючи витрати на інвестиції. По суті, зовнішня організація не отримує оплати, якщо проект не забезпечить очікуваної економії енергії. Укладання такого типу контрактів – це метод фінансування, який зазвичай використовується для проектів з підвищення енергоефективності в нежитлових будинках, призначений для забезпечення економії енергії, яка принаймні дорівнює сумі платежів, необхідних для фінансування проекту. За останні 20 років у школах США було реалізовано проектів гарантованого енергозбереження на суму понад 15 мільярдів доларів. Більшість штатів у США та федеральний уряд мають законодавство, що регулює використання так званих контрактів із гарантованим енергозбереженням або GESG (іноді їх називають контрактами із гарантованими енергопоказниками) [123].

«Зелені» закупівлі в Україні є відносно новим інструментом. Як відзначається в роботі [41], держава та державні установи є основним споживачем на ринку товарів і послуг і, вважається, що від 5% до 20% ВВП може бути виділено на «зелені» закупівлі. У деяких країнах цей показник є значно вищим. Так, наприклад, у Данії і Швеції частка «зелених» закупівель становить близько 40% усіх бюджетних витрат, в Японії - 90% [41].

Організаційно-економічний механізм підвищення енергоефективності економіки України включає різноманітні організаційні структури, заходи та інструменти, які спрямовані на стимулювання енергоефективних рішень та забезпечення збалансованого підходу до енергозбереження. Ось основні організаційні складові механізму:

- 1) Міністерство енергетики: Орган державної влади, відповідальний за розробку та впровадження енергетичної політики країни, включаючи плани підвищення енергоефективності.
- 2) Державне агентство з енергоефективності: Спеціальний орган, створений для забезпечення координації та реалізації державних програм і проектів щодо підвищення енергоефективності.
- 3) Енергетичні компанії: Відповідальні за забезпечення енергопостачання країни, енергетичні компанії можуть брати участь у програмах з енергоефективності, впровадженні сучасних технологій, а також реалізовувати енергозберігаючі проекти.
- 4) Громадські організації та дослідницькі інститути: Громадські організації, експерти та науковці мають важливу роль у підвищенні енергоефективності через розробку пропозицій, проведення аналізу та моніторингу, а також у популяризації енергоефективних рішень серед громадськості.
- 5) Інвестиційні фонди та банки: Фінансові інститути можуть надавати фінансову підтримку для реалізації енергоефективних проектів, надавати кредити, використовувати лізинг з низькими процентами або інвестувати в ці проекти.
- 6) Бізнес-асоціації та підприємства: Залучення бізнесу до підвищення енергоефективності є важливим елементом, оскільки багато енергозберігаючих заходів можуть бути впроваджені підприємствами самостійно.
- 7) Регуляторні органи: Відповідні регуляторні органи мають відповідати за визначення нормативних вимог щодо енергоефективності, контролювати їх дотримання та стимулювати впровадження енергозберігаючих технологій.

Функціональними елементами запропонованого організаційно-економічного механізму є організаційна складова, фінансово-економічна складова, технологічні рішення та інновації, освіта та інформаційна підтримка (рис.1.3).

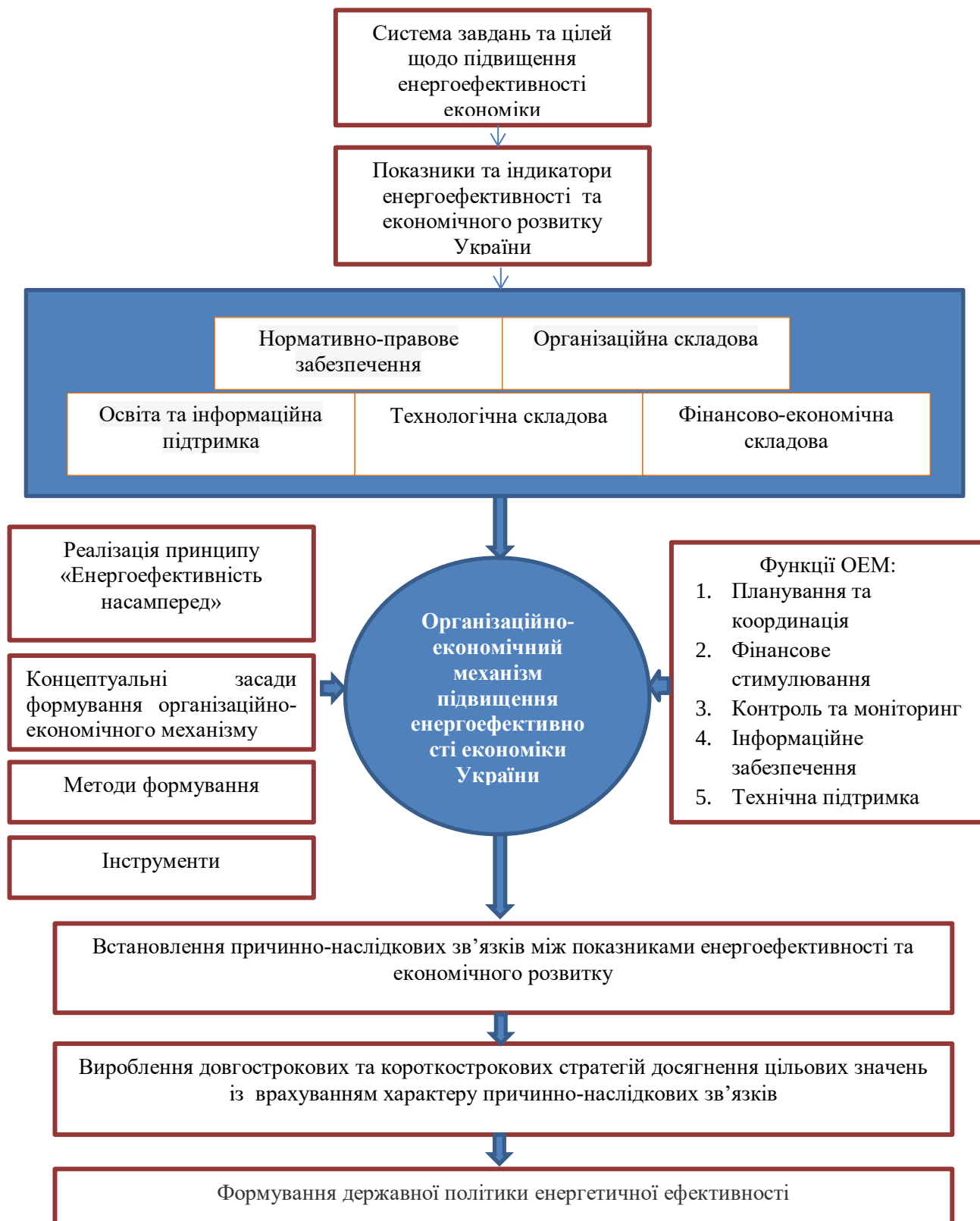


Рис. 1.3. Організаційно-економічний механізм підвищення енергоефективності економіки України

Джерело: розроблено автором

Для вирішення таких завдань слід виробити довгострокові програми у сфері енергозбереження. Встановлення характеру причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного розвитку

дозволить визначити перелік показників економічного розвитку, між якими існує довгостроковий тісний зв'язок та які найбільш суттєво впливають на прогностні значення показників та індикаторів енергоефективності. Зазвичай організаційно-економічний механізм підвищення енергоефективності вирішує завдання, пов'язані із досягненням певними показниками та індикаторами енергоефективності цільових значень.

Рекомендований перелік цілей організаційно-економічний механізму підвищення енергоефективності економіки України подано у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

**Рекомендований перелік цілей організаційно-економічний механізму
підвищення енергоефективності економіки України**

Ціль	Опис	Цільові значення індикаторів
Зниження енергоємності ВВП	Зменшення обсягу енергії, необхідної для виробництва одиниці ВВП	Зниження енергоємності ВВП на 30% до 2030 року до 4,5 MJ/\$2017 PPP GDP
Збільшення частки відновлюваних джерел енергії	Збільшення частки ВДЕ в енергетичному балансі країни	Частка ВДЕ до 0,25 до 2030 року
Скорочення викидів CO ₂	Зниження інтенсивності викидів парникових газів	Скорочення інтенсивності викидів вуглекислого газу (CO ₂) до 0,25 тон CO ₂ на 1000 доларів США ВВП
Збільшення частки децентралізованої автономної генерації в загальному енергобалансі	Розвиток малих генерацій, включаючи сонячні панелі, вітрові установки та інші види відновлюваної енергії на рівні домогосподарств, громад та підприємств.	20% від загального обсягу генерації електроенергії до 2030 року
Підвищення ефективності використання енергії в промисловості	Впровадження сучасних технологій для зниження енерговитрат на одиницю продукції	Зниження енергоспоживання в промисловості на 20% до 2030 року
Модернізація енергетичної інфраструктури	Зниження втрат енергії під час її передачі та розподілу	Скорочення втрат до 5% від загального споживання

Ціль	Опис	Цільові значення індикаторів
Підвищення енергоефективності в будівельному секторі	Проведення енергомодернізації житлових і комерційних будівель	Тепломодернізація 60% будівель до 2030 року
Стимулювання використання енергоефективних технологій у побуті	Програми субсидій та грантів для домогосподарств на енергоефективні пристрої	70% домогосподарств використовують енергоефективні прилади
Запровадження енергетичного моніторингу та обліку	Впровадження інноваційних систем обліку та моніторингу енергії	Усі великі підприємства та державні будівлі обладнані системами моніторингу до 2025 року
Залучення інвестицій у сектор енергоефективності	Підтримка приватних інвестицій та міжнародної допомоги для реалізації енергоефективних заходів	Щорічне збільшення інвестицій у ВДЕ та енергоефективність на 10%

Джерело: розроблено автором

У роботі [39] відзначається, що формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки повинно відбуватися за такими напрямками: енергоменеджмент та енергоаудит; контроль фактичних витрат енергоресурсів; розробка комплексу заходів енергозбереження для різних категорій споживання енергоресурсів; техніко-економічна модернізація національної економіки з використанням енергії з відновлювальних джерел» [39, с. 165].

Слід відзначити, що схожі проблеми при формуванні дієвого організаційно-економічного механізму мають місце і в інших країнах. Так, у роботі [127] висвітлено проблемні моменти в галузі енергозбереження та проведення енергоаудиту в Казахстані. Виявлено переважання регулюючих методів над економічними в управлінні енергоефективністю країни та розглянуто можливості використання стимулюючих організаційно-економічних механізмів розвитку енергозбереження на противагу заходам регулювання.

На нашу думку організаційно-економічний механізм підвищення енергоефективності економіки є комплексом заходів, інструментів та методів,

спрямованих на забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів, зменшення енергетичних витрат та підвищення енергоефективності в усіх секторах економіки. Основними складовими організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності є нормативно-правове забезпечення, економічні стимули, технічне вдосконалення, інформаційне забезпечення та організаційні заходи.

Нормативно-правове забезпечення є фундаментом побудованого організаційно-економічного механізму і включає розробку та впровадження законодавчих актів, які регулюють енергоефективність на національному рівні. Сюди входять закони, постанови уряду, державні програми, що сприяють впровадженню енергоефективних технологій та стандартів.

Елементи організаційної складової організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності України з відповідними державними органами та агентствами подано у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Елементи організаційної складової організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності України

Елемент	Державні органи та агентства
Інституційна підтримка	Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України
Координація між органами влади	Міністерство енергетики України, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
Розробка та впровадження політик	Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг
Підготовка та навчання кадрів	Центр підвищення кваліфікації державних службовців та керівників підприємств
Моніторинг та аудит	Державна інспекція енергетичного нагляду України
Інформаційне забезпечення	Державний інформаційний центр з питань енергоефективності та енергозбереження

Джерело: розроблено автором

Фінансово-економічні інструменти є важливою частиною ОЕМПЕ, і вони можуть включати: податкові пільги та субсидії для підприємств, які впроваджують енергоефективні технології; механізми фінансування проектів з

енергоефективності, включаючи кредити на пільгових умовах; торгівля викидами та інші ринкові механізми, що стимулюють зменшення енергоспоживання (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4

**Фінансово-економічна складова організаційно-економічного механізму
підвищення енергоефективності**

Елемент	Опис
Податкові пільги та субсидії	Надання податкових знижок та субсидій підприємствам та приватним особам для впровадження енергоефективних заходів.
Кредитні та лізингові програми та фінансові інструменти	Надання пільгових кредитів та інших фінансових інструментів для фінансування проектів з енергоефективності.
Інвестиційні гранти та фонди	Створення та підтримка грантів та інвестиційних фондів, спрямованих на фінансування енергоефективних технологій та проектів.
Публічно-приватне партнерство (PPP)	Залучення приватних інвесторів у реалізацію енергоефективних проектів через механізм публічно-приватного партнерства.
Енергосервісні контракти (ЕСКО)	Використання енергосервісних компаній (ЕСКО) для фінансування енергоефективних заходів з поверненням інвестицій за рахунок економії енергії.
Міжнародні фінансові організації та донори	Залучення коштів міжнародних фінансових організацій та донорів для підтримки програм з енергоефективності.
Торгові механізми енергоефективності	Використання механізмів торгівлі викидами та інших ринкових інструментів для стимулювання енергоефективних заходів.
Фінансові стимули для інновацій	Надання фінансових стимулів для досліджень та розробок у сфері енергоефективності.
Страховання енергоефективних проектів	Розробка страхових продуктів для зменшення фінансових ризиків, пов'язаних з впровадженням енергоефективних технологій.

Джерело: розроблено автором

Технологічна складова передбачає модернізацію існуючих технологій та впровадження нових, енергоефективних рішень (див. табл. 1.5)

Технологічна складова організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності

Елемент	Опис
Енергоефективні технології та обладнання	Впровадження сучасного енергоефективного обладнання у виробничі процеси, такі як високоефективні двигуни, котли, теплові насоси. Заміна застарілого обладнання на нові технології, що споживають менше енергії.
Системи автоматизації та управління енергоспоживанням	Використання систем автоматичного управління для оптимізації енергоспоживання. Впровадження інтелектуальних систем обліку та моніторингу енергоспоживання, які дозволяють відслідковувати та аналізувати використання енергії в режимі реального часу.
Відновлювані джерела енергії	Використання сонячної, вітрової, геотермальної енергії та інших відновлюваних джерел для зменшення залежності від традиційних паливних ресурсів. Інтеграція відновлюваних джерел енергії у виробничі процеси та побут.
Енергоефективні будівельні технології	Використання енергоефективних матеріалів та конструкцій при будівництві та реконструкції будівель. Впровадження систем термоізоляції, теплообміну, вентиляції та кондиціювання, що знижують енергоспоживання будівель.
Технології утилізації та повторного використання енергії	Впровадження систем утилізації відпрацьованого тепла та його повторного використання у виробничих процесах. Використання технологій когенерації, які дозволяють одночасно виробляти електричну та теплову енергію.
Системи енергетичного менеджменту	Розробка та впровадження систем енергетичного менеджменту на підприємствах, що включають планування, моніторинг, аналіз та оптимізацію енергоспоживання. Проведення енергетичних аудитів для виявлення потенційних можливостей зниження енергоспоживання.
Інноваційні рішення та наукові розробки	Підтримка наукових досліджень та інновацій у сфері енергоефективності. Розробка нових технологій та методик, що дозволяють підвищити ефективність використання енергоресурсів.

Джерело: розроблено автором

Інформаційна підтримка є необхідною для підвищення обізнаності про енергоефективність та доступні технології. Основні заходи цієї складової подано у таблиці 1.6., яка охоплює ключові елементи освіти та інформаційної підтримки, необхідні для ефективного впровадження енергоефективних заходів, включаючи підвищення свідомого споживання енергії.

Таблиця 1.6

Ключові елементи освіти та інформаційної підтримки

Елемент	Опис
Навчальні програми для фахівців	Організація курсів та тренінгів для підвищення кваліфікації спеціалістів у сфері енергоефективності.
Освітні заклади та університети	Включення енергоефективності в навчальні програми вищих навчальних закладів.
Інформаційні кампанії	Проведення інформаційних кампаній для підвищення обізнаності населення про енергоефективні технології та практики.
Бази даних та інформаційні платформи	Створення та підтримка баз даних з інформацією про передові практики, технології та результати енергоефективних заходів.
Консультаційні центри	Надання консультацій та технічної підтримки підприємствам та громадянам щодо впровадження енергоефективних рішень.
Енергетичні форуми та конференції	Проведення тематичних заходів, де фахівці можуть обмінюватися досвідом та обговорювати новітні досягнення в сфері енергоефективності.
Внутрішні тренінги для співробітників	Проведення внутрішніх навчальних заходів на підприємствах для підвищення енергоефективності у виробничих процесах.
Дослідницькі гранти та фінансування	Фінансова підтримка для проведення досліджень та впровадження інновацій у сфері енергоефективності.
Свідоме споживання енергії	Освітні програми та інформаційні кампанії, що сприяють раціональному використанню енергії населенням та бізнесом, зниженню енергетичних витрат та зменшенню екологічного впливу.

Джерело: розроблено автором

Нормативно-правова складова організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності включає Законодавчі акти, Урядові постанови та нормативи, Стандарти та технічні регламенти, Національні програми та

стратегії. Ця складова створює правову базу для реалізації політики енергоефективності, забезпечуючи нормативне регулювання та стимулювання впровадження енергоефективних заходів. До основних законодавчих актів, які регулюють питання, пов'язані із підвищенням енергоефективності економіки відносяться наступні закони:

- Закон України «Про енергетичну ефективність»
- Закон України «Про ринок електричної енергії»
- Закон України «Про альтернативні джерела енергії»
- Закон України «Про альтернативні види палива»
- Закон України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу»
- Закон України Про енергетичну ефективність будівель
- Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності»

ОЕМПЕ є комплексним підходом, що поєднує нормативно-правові, економічні, технічні, інформаційні та організаційні заходи. Його успішне впровадження потребує координації зусиль державних органів, бізнесу та суспільства для досягнення спільної мети – підвищення енергоефективності та сталого розвитку економіки.

Таким чином, організаційно-економічним механізмом можна вважати систему цілей і засобів їх досягнення, які трансформують наявний матеріальний та інтелектуальний капітал суспільства на рух засобів виробництва і його кінцевих результатів, спрямованих на досягнення цільових показників. Представлений організаційно-економічний механізм підвищення енергоефективності національної економіки України є сукупністю організаційних і економічних важелів, спрямованих на досягнення запланованих макроекономічних показників енергоефективності із врахуванням характеру їх причинно-наслідкових зав'язків із показниками економічного розвитку країни та процесів євроінтеграції.

1.3. Роль державних та ринкових механізмів у підвищенні енергоефективності економік країн ЄС та України

Роль державних та ринкових механізмів у підвищенні енергоефективності національних економік країн ЄС та України є ключовою для забезпечення сталого розвитку, скорочення енергоспоживання та підвищення конкурентоспроможності.

До державних механізмів можна віднести регулювання та законодавство, фінансову підтримку та субсидії, інституційну підтримку. ЄС та Україна розробили рамкові закони та директиви, які зобов'язують країни знижувати рівень енергоспоживання. Наприклад, Директива ЄС з енергоефективності (2012/27/EU) встановлює обов'язкові цілі для країн-членів щодо зниження енергоспоживання. Держави ЄС активно підтримують проекти з енергоефективності через фонди та гранти. Україна також реалізує програми підтримки, як, наприклад, програма "Теплі кредити". Урядові інституції створюють організації для контролю та моніторингу реалізації політик енергоефективності, такі як Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження в Україні.

Ринкові механізми включають цінову політику, стимулювання інвестицій у нові технології, торгівлю квотами на викиди. Запровадження ринкових цін на енергоресурси стимулює підприємства та домогосподарства до скорочення витрат. У ЄС енергетичні ринки регулюються, щоб забезпечити справедливую конкуренцію та прозорість. Ринок інновацій заохочує впровадження технологій, які зменшують споживання енергії. В ЄС є спеціальні програми на кшталт Horizon Europe, які фінансують дослідження і розвиток у сфері енергоефективності. В Україні це зосереджено на модернізації промисловості.

Європейський ринок торгівлі квотами на викиди (ETS) стимулює підприємства зменшувати викиди, що автоматично веде до покращення енергоефективності. Успіх у підвищенні енергоефективності залежить від ефективної взаємодії між державними стимулами та ринковими ініціативами.

Наприклад, у ЄС поєднання обов'язкових державних вимог і гнучких ринкових механізмів (таких як торгівля квотами) дозволяє значно покращити показники енергоефективності. Україна поступово впроваджуючи схожі підходи, однак її механізми потребують вдосконалення, щоб досягти повної інтеграції з європейськими енергетичними стандартами та ринками. Таблиця 1.7 відображає роль державних та ринкових механізмів у підвищенні енергоефективності національних економік країн ЄС та України.

Таблиця 1.7

**Державні та ринкові механізми підвищення енергоефективності
національних економік країн ЄС та України**

Механізми	Країни ЄС	Україна
Державні механізми		
Регулювання та законодавство	Директива з енергоефективності (2012/27/EU), національні плани з енергоефективності	Закон України «Про енергоефективність», Стратегія до 2030 року
Фінансова підтримка та субсидії	Фонди та гранти ЄС, програми фінансування енергоефективних проєктів	Програма "Теплі кредити", співпраця з міжнародними організаціями
Інституційна підтримка	Європейські інституції контролю за реалізацією політик (наприклад, ЕЕА)	Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України
Ринкові механізми		
Цінова політика	Лібералізація енергетичних ринків, прозорість ціноутворення	Перехід на ринкові ціни на енергоносії, стимулювання економії ресурсів
Стимулювання інвестицій у нові технології	Програми Horizon Europe, фінансування проєктів у сфері інновацій	Модернізація промисловості, стимулювання інновацій через державно-приватні партнерства
Торгівля квотами на викиди	Система торгівлі квотами на викиди (ETS), що стимулює зниження викидів та енерговитрат	Розробка внутрішніх механізмів та інтеграція в міжнародні ринки торгівлі квотами

Джерело: узагальнено автором на основі [28]

У Європейському Союзі (ЄС) використовуються різні методи та інструменти для сприяння енергоефективності в країнах-членах. Ці стратегії є частиною ширших зусиль ЄС щодо скорочення викидів парникових газів, покращення енергетичної безпеки та зменшення залежності від імпорту викопного палива.

Багато досліджень підтверджують, що інвестиції в енергоефективність можуть призвести до економічного зростання та принести численні переваги. Відповідно, Європейський Союз, національні та місцеві урядові інституції запустили фінансові програми та підтримуючі механізми для заохочення інвестицій у цю сферу. Проте, незважаючи на ці зусилля, інтерес до інвестування в енергоефективність серед домогосподарств та інших споживачів енергії залишається недостатнім, щоб забезпечити значний вклад у виконання цілей Європейської зеленої угоди та зобов'язань, взятих на себе в рамках Паризької кліматичної угоди [28].

Проблема поліпшення енергоефективності з метою зниження споживання енергії та викидів парникових газів стоїть поряд із ключовими стратегічними напрямками ЄС у сфері клімату та енергетики. Для досягнення головної цілі Європейської зеленої угоди - перетворення Європи на кліматично нейтральний континент до 2050 року, потрібно дотримуватись реалістичної стратегії досягнення кліматичної нейтральності. У Комунікації про підвищення кліматичних амбіцій Європи на 2030 рік зазначено, що крім встановлення більш високої мети скорочення викидів на 55% до 2030 року, значне зростання ефективності споживання енергії є критичним, з очікуваною економією в кінцевому споживанні енергії до 36% до 2030 року [82].

Хоча енергоефективність пропонує безліч переваг, її реалізація зустрічає перепони на шляху до використання всіх можливостей. Скептицизм щодо економічної вигоди від ініціатив з енергоефективності часто виникає через існуючі методики оцінювання, вимірювання та атестації. У статті [71] відзначається, що енергоефективність може забезпечити як стійке скорочення споживання енергії шляхом підвищення базової ефективності, так і цільове

скорочення пікового попиту. Надано також рекомендації для створення та запровадження програм винагород за досягнення енергоефективності, які стимулюють кінцевих споживачів або посередників до економії енергії.

Дослідження [169] аналізує різноманітні методи, які можуть бути застосовані в чотирьох ключових азіатських державах, що включають Китайську Народну Республіку, Індію, Індонезію та Японію для мінімізації споживання енергії. Було показано, що ринкові інструменти (МБІ) (білі сертифікати та тендерні схеми) є дієвими в зниженні споживання енергії. В той же час, надання прямих субсидій стало серйозним навантаженням на державний бюджет, принісши обмежені переваги. Хоча безпосередньо ефект від кооперативних програм та вплив фінансування на покращення енергоефективності може бути неочевидним, їхнє значення не слід знецінювати.

Про можливість одночасного зниження рівня енергоємності національних економік країн ЄС та досягнення економічного зростання вказує чимало наукових досліджень.

Ініціатива енергоефективної іпотеки (EEMI) призначена для розробки та впровадження ринку енергоефективної іпотеки (EEM) в ЄС як самостійного механізму фінансування приватного сектора. Вона передбачає такі фіскальні стимули, як податкові пільги, стимули, знижки, зменшення ПДВ на ремонт і реконструкцію житлових будинків, а також витрати на обладнання та матеріали [75].

Країни Європи та США активно застосовують ринкові механізми, які є широко розповсюдженими програмами з певними очікуваними результатами, наприклад, підвищенням енергетичної ефективності або зменшенням використання енергії, де учасники ринку мають досягти цих результатів без чітко визначених методів реалізації. Ці механізми, пов'язані з енергоефективністю, здебільшого поділяються на дві основні категорії: програми обов'язків з енергоефективності (ЕЕО) та аукціонні системи.

Програми ЕЕО, включаючи систему білих сертифікатів та стандарти ресурсної ефективності у Сполучених Штатах, зобов'язують учасників ринку досягати певного рівня збереження енергії без конкретизації методів досягнення цієї мети. У деяких ситуаціях, наприклад в окремих штатах Австралії, уряди можуть надати перелік специфічних способів демонстрації енергозбереження, дозволяючи енергетичним компаніям або споживачам вибирати серед них. Деякі програми пропонують початкові стимули на основі очікуваних економій за весь період експлуатації, тоді як інші потребують регулярного моніторингу для встановлення періодичних платежів [114].

Аукціонні механізми включають тендерні програми та форвардні аукціони потужності та дозволяють учасникам ринку змагатися за фінансування, спрямоване на досягнення конкретних цілей у сфері енергозбереження.

Європейський Союз (ЄС) активно заохочує розвиток відновлювальної енергетики з метою зменшення залежності від фосильних палив і досягнення цілей зі зниження викидів вуглецю. Для стимулювання розвитку відновлювальної енергетики в ЄС використовуються різноманітні економічні та фінансові інструменти. Окрім грантів, субсидій, податкових пільг та знижок активно використовуються зелені облігації, кошти від розміщення яких спрямовуються на фінансування проєктів відновлювальної енергетики. Популярними фінансово-економічними інструментами стимулювання розвитку відновлювальної енергетики в ЄС є системи квот і торгівлі викидами (ETS), тарифи на викуп електроенергії (Feed-in Tariffs, FiT), угоди про закупівлю електроенергії (PPA). Гарантоване закупівельне ціноутворення за електроенергію, вироблену з відновлювальних джерел, що забезпечує інвесторам стабільний дохід і сприяє інвестиціям у цей сектор. Ці та інші інструменти є частиною глобальної стратегії ЄС щодо переходу на чистіші джерела енергії та досягнення цілей Паризької угоди зі зміни клімату. Беззаперечними лідерами у впровадженні відновлювальних джерел енергії є

країни північної Європи із часткою відновлюваної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії значно вищою за 60% (див. рис. 1.4).

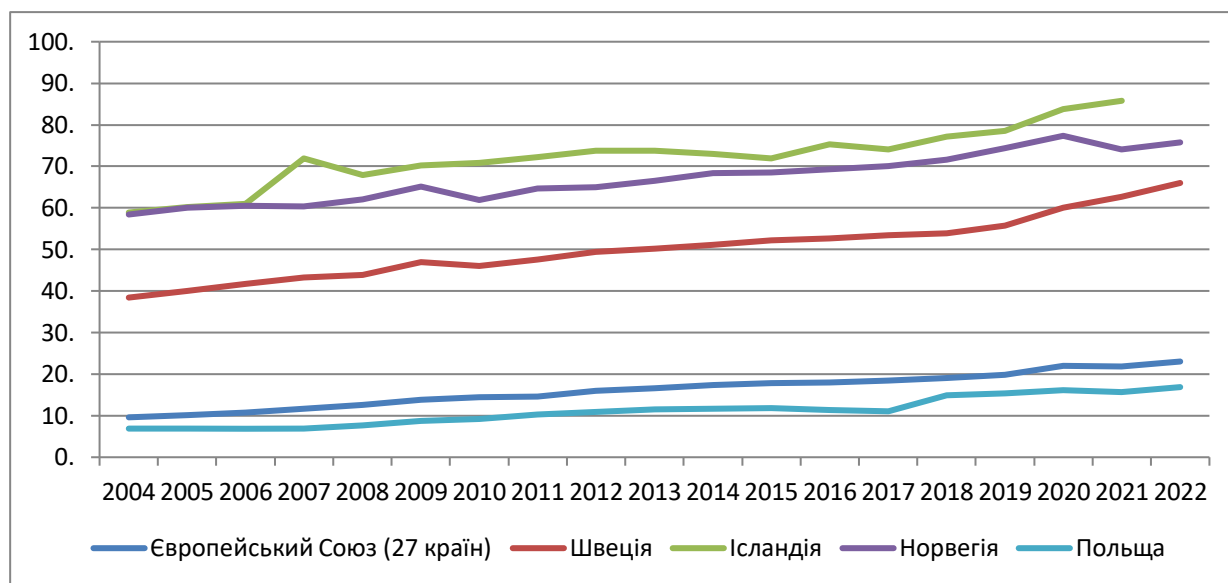


Рис. 1.4. Частка відновлюваної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії, %

Джерело: Побудовано авторами на основі [91]

Частка відновлюваної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії вимірює частку споживання відновлюваної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії відповідно до Директиви про відновлювану енергію. Валове кінцеве енергоспоживання – це енергія, використана кінцевими споживачами (кінцеве енергоспоживання) плюс втрати в мережі та власне споживання електростанціями. До європейських країн-лідерів у впровадженні відновлювальної енергетики можна віднести Швецію, Естонію, Латвію, Фінляндію, Литву та Данію, особливо в контексті використання відновлюваних джерел енергії для опалення та охолодження. Швеція виділяється з часткою 69.4%, Естонія з 65.4%, Латвія з 61.0%, Фінляндія з 58.5%, Литва з 51.5%, а Данія з 50.1% використання енергії з відновлюваних джерел у секторі опалення та охолодження у 2022 році. В транспортному секторі Швеція також показує високі результати з часткою відновлюваної енергії у споживанні палива для транспорту у 29.2%, а Фінляндія з 18.8%. Норвегія, хоч і не є членом ЄС, але входить до Європейської економічної зони, також демонструє високі показники з часткою 23.7% [91]. Ці дані свідчать про значний прогрес у використанні відновлювальних джерел енергії у різних секторах економіки країн ЄС,

підкреслюючи важливість національних стратегій та політик у підтримці переходу на відновлювальні джерела енергії. Методи та інструменти сприяння енергоефективності в країнах-членах ЄС подано у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8

Методи та інструменти сприяння енергоефективності в країнах-членах ЄС

Законодавчі заходи ЄС приймає директиви та нормативні акти, які встановлюють обов'язкові цілі щодо енергоефективності для держав-членів (наприклад директива про енергоефективність (EED))
Фінансові стимули ЄС надає фінансову підтримку проектам з енергоефективності через різні фонди та програми, такі як Європейські структурні та інвестиційні фонди (ESIF), Horizon 2020 (зараз його змінив Horizon Europe) та Інноваційний фонд. Ці кошти підтримують дослідження, інновації та впровадження енергоефективних технологій у різних секторах, включаючи будівлі, промисловість і транспорт.
Маркування та стандарти енергоефективності ЄС встановлює стандарти енергоефективності та маркування для широкого спектру продуктів, таких як побутова техніка, транспортні засоби та будівлі.
Будівельні норми Директива про енергоефективність будівель (EPBD) вимагає від держав-членів установлювати мінімальні стандарти енергоефективності для нових будівель і для капітального ремонту існуючих будівель. Вона також вводить концепцію будівель з майже нульовим енергоспоживанням (NZEBs) і вимагає від громадських будівель бути прикладом.
Енергетичні аудити та системи управління EED вимагає від великих компаній проводити енергоаудити кожні чотири роки, заохочуючи визначення та впровадження заходів з енергозбереження. Він також сприяє впровадженню систем енергоменеджменту, таких як ISO 50001, в організаціях будь-якого розміру.
Дослідження та інновації ЄС підтримує дослідження та інновації в енергоефективних технологіях через такі програми, як Horizon Europe. Це включає фінансування проектів, які розробляють нові матеріали, технології та рішення для підвищення енергоефективності в різних секторах.
Підвищення обізнаності та освіта Різноманітні ініціативи ЄС спрямовані на підвищення обізнаності споживачів і підприємств про переваги енергоефективності та способи її досягнення. Сюди відносяться інформаційні кампанії, освітні програми та інструменти для розрахунку енергозбереження.

Джерело: побудовано автором на основі [28]

Енергетичне маркування допомагає споживачам робити обґрунтований вибір, оцінюючи продукти на основі їх енергоефективності, тоді як вимоги еко-

дизайну гарантують, що продукти, розміщені на ринку ЄС, є енергоефективними та мають менший вплив на навколишнє середовище. Ці методи та інструменти є частиною комплексного підходу до переходу до більш енергоефективної та стійкої економіки в ЄС, узгодженої з кліматичними та енергетичними цілями блоку, включаючи Європейську зелену угоду та зобов'язання стати кліматично нейтральними через 2050 рік.

Стосовно суто економічних стимулів та інструментів стимулювання енергоефективності слід відзначити, що в Європейського Союзу ці заходи спрямовані на здебільшого на підтримку інвестицій в енергоефективність та зменшення споживання енергії у всіх секторах економіки. Основні інструменти стимулювання енергоефективності подано у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9

Економічні інструменти стимулювання енергоефективності в ЄС

Фінансування та гранти ЄС надає фінансування через різні програми, такі як Горизонт 2020 (тепер Горизонт Європа), що підтримує дослідження та інновації в галузі енергоефективності. Інші програми, такі як Європейські структурні та інвестиційні фонди (ЄСІФ), спрямовані на фінансування великомасштабних енергоефективних проектів у країнах учасниках.
Фінансові інструменти ЄС використовує фінансові інструменти, такі як позики, гарантії та інші форми фінансової підтримки для залучення приватних інвестицій в енергоефективні проекти. Європейський фонд стратегічних інвестицій (ЕФСІ) підтримує інвестиції в ключові сектори, включно з енергоефективністю.
Податкові пільги та знижки Країни ЄС використовують податкові стимули, такі як податкові кредити або знижки для компаній та приватних осіб, які інвестують в енергоефективність або використовують енергоефективні технології та матеріали у будівництві.
Схеми обов'язкових сертифікатів енергоефективності Ці схеми зобов'язують компанії енергетичного сектора досягати певних цілей з енергоефективності, що стимулює інвестиції в енергозберігаючі проекти. Якщо компанії не досягають цих цілей, вони можуть купувати сертифікати від інших, хто перевищив встановлені норми.
Енергосервісні контракти (ЕСКО) ЄС сприяє використанню енергосервісних контрактів, де компанії-постачальники енергосервісів інвестують у заходи з підвищення енергоефективності на об'єктах клієнтів і отримують плату з економії енергії.
Тарифи на енергоспоживання Регулювання тарифів на енергоспоживання може також використовуватися для стимулювання енергоефективності, наприклад, через диференційовані тарифи, що заохочують споживання енергії поза піковими годинами.

Джерело: побудовано автором на основі [28], [191], [192]

Економічні стимули та інструменти є частиною ширшої стратегії ЄС для досягнення своїх цілей з енергоефективності та вуглецевої нейтральності до 2050 року. Вони допомагають створювати фінансово привабливе середовище для інвестицій в енергоефективність, що сприяє інноваціям та переходу до більш сталого енергетичного майбутнього.

Податкові пільги та знижки, які використовуються в країнах Європейського Союзу для стимулювання використання енергозберігаючих технологій та підвищення енергоефективності, можуть суттєво відрізнятися від країни до країни, оскільки податкова політика залишається в компетенції кожної держави-члена. Однак, існують деякі загальні типи податкових стимулів, які широко використовуються, наприклад:

- Податкові кредити на енергоефективні вдосконалення. Багато країн ЄС пропонують податкові кредити для домогосподарств або компаній, які інвестують у заходи з підвищення енергоефективності своїх будівель або інфраструктури. Це може включати утеплення, заміну вікон, установку енергоефективного опалення та охолодження.
- Знижені ставки ПДВ на енергозберігаючі товари та послуги. Деякі країни застосовують знижені ставки податку на додану вартість (ПДВ) для енергозберігаючих товарів, таких як енергоефективні побутові прилади, та послуг, наприклад, заходів з модернізації будівель для підвищення їхньої енергоефективності.
- Звільнення від податків або знижені ставки для зеленої енергетики. Інвестиції в виробництво відновлюваної енергії часто підтримуються через податкові пільги, включаючи звільнення від податків або знижені ставки на доходи від зеленої енергії.
- Податкові пільги для компаній, що інвестують в енергоефективність. Компанії, що вкладають кошти в енергоефективні технології або процеси, можуть отримати право на податкові пільги, такі як прискорена амортизація або зниження податку на прибуток.

- Податкові заохочення для використання енергоефективного транспорту. Включають знижені ставки податків на придбання електромобілів або гібридних автомобілів, а також пільги для компаній, що інвестують в енергоефективні транспортні засоби.

Короткий опис податкових пільг, спрямованих на стимулювання енергоефективності подано у таблиці 1.10. Важливо відзначити, що конкретні податкові стимули варіюються в залежності від країни та можуть з часом змінюватися.

Таблиця 1.10

Податкові пільги на стимулювання енергоефективності

Країна	Короткий опис податкових пільг на стимулювання енергоефективності
Німеччина	Податкові кредити та знижки для домовласників і підприємств, які інвестують у енергоефективні проекти, включаючи модернізацію опалення та ізоляцію будівель.
Франція	"MaPrimeRénov" - грантова програма, яка надає підтримку для виконання робіт з енергоефективності, а також податкові кредити за екологічні вдосконалення.
Італія	"Ecobonus" пропонує податкові знижки за заміну вікон, котлів на більш ефективні моделі та за термічну ізоляцію.
Іспанія	Податкові знижки для індивідуальних інвесторів і компаній, які реалізують проекти на підвищення енергоефективності.
Нідерланди	Введення "Energie-investeringsaftrek" (EIA), яка дозволяє підприємствам знижувати податкову базу на суму інвестицій у енергоефективне обладнання та технології.
Бельгія	Податкові кредити та знижки для інвестицій у домашню енергоефективність, включно з ізоляцією та встановленням енергоефективних систем опалення.
Швеція	Податкові знижки для фізичних осіб, які виконують енергоефективні ремонти та вдосконалення, включно з встановленням сонячних панелей.
Польща	Введення "Білих сертифікатів" для підприємств, які доводять ефективність виконаних заходів з енергоефективності, що може призвести до податкових знижок.
Данія	Податкові інcentиви для компаній та індивідуальних споживачів за інвестиції в енергоефективність, зокрема за використання відновлюваних джерел енергії.

Джерело: сформовано автором на основі [28], [191], [192]

В різних країнах ЄС застосовуються різноманітні податкові стимули та знижки для підтримки впровадження енергозберігаючих технологій та підвищення енергоефективності. Так, наприклад, уряд Португалії пропонує різноманітні податкові стимули для підвищення енергоефективності будівель, а також для підтримки інших заходів, які вже застосовуються. Ці заходи спрямовані на досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року та включають плани на місцевому та регіональному рівнях для переходу до стійкого розвитку. Багато країн ЄС пропонують фіскальні заохочення для стимулювання купівлі електромобілів. Ці заходи включають податкові пільги (пов'язані з придбанням та володінням, включно з автомобілями юридичних осіб) та стимули до покупки, такі як бонусні платежі або премії для покупців, а також стимули для розвитку або встановлення зарядної інфраструктури. Наприклад, 20 держав-членів ЄС пропонують стимули для покупки електромобілів, а країни, такі як Данія, пропонують мінімальні ставки податків на придбання та володіння, Болгарія та Румунія звільняють електромобілі від податків, пов'язаних з володінням ними [28].

Новий закон встановлює цілі ефективності для Німеччини щодо споживання первинної та кінцевої енергії на 2030, 2040 та 2045 роки, які узгоджуються з переглянутою Директивою ЄС про енергоефективність (EED). Зокрема, націлюється на зменшення кінцевого споживання енергії більш ніж на 550 терават-годин порівняно з 2008 роком до 2030 року. Закон передбачає, що державний сектор має стати прикладом у сфері енергоефективності, вимагаючи від публічних органів, корпорацій та дата-центрів використовувати менше енергії. Встановлено амбітні цілі заощадження енергії на рівні федерального уряду та земель. Компанії з річним споживанням енергії понад 15 гігават-годин повинні будуть впровадити системи управління енергетикою або довкіллям та документувати свої заходи з підвищення енергоефективності. Дата-центри також будуть зобов'язані використовувати тепловідведення та економно використовувати електроенергію для систем охолодження. Ці заходи є частиною ширшої стратегії Німеччини зі зменшення споживання енергії та

підвищення енергоефективності в умовах кризи на енергетичних ринках та загального переходу країни до використання відновлюваних джерел енергії. Законопроект про енергоефективність було схвалено Федеральним кабінетом і він проходить парламентську процедуру з метою якнайшвидшого впровадження нових заходів для досягнення цілей до 2030 року.

В Європейському Союзі системи управління енергією мають важливе значення для збільшення енергоефективності згідно з директивами. Ці системи забезпечують проведення аудитів енергоспоживання та ідентифікацію шляхів економії в енергоспоживанні в різних секторах. Вони допомагають знаходити конкретні рішення для економії енергії, таким чином долаючи проблеми з інформаційним забезпеченням і сприяючи розвитку ринку енергетичних послуг. Також існують вимоги до великих компаній проводити регулярні аудити енергоспоживання для сприяння ефективному використанню енергії.

Дослідження показало, що серед основних економічних інструментів, які стимулюють розвиток відновлювальної енергетики та підвищення енергоефективності в ЄС, значне місце займають податкові пільги та стимули. Фінансування через гранти та субсидії є ключовим інструментом підтримки інновацій та впровадження новітніх технологій у сфері відновлюваної енергетики. Системи "зелених" сертифікатів та квот на викиди CO₂ демонструють свою ефективність як механізми регулювання ринку та залучення інвестицій. Кредитні гарантії та м'які позики від держави дозволяють знизити фінансові ризики інвесторів та підприємств. Тарифи на використання відновлюваної енергії, встановлені вище ринкових цін, сприяють гарантуванню прибутковості проектів у цій галузі. Екологічні податки і збори, що мотивують до зниження використання горючих корисних копалин, є важливим інструментом стимулювання переходу на відновлювані джерела енергії. Розвиток ринкових платформ для торгівлі енергією з відновлюваних джерел сприяє підвищенню конкурентоспроможності та доступності такої енергії. Крім цього, впровадження цифрових технологій та «розумних мереж» є

перспективним напрямком для оптимізації виробництва та розподілу відновлювальної енергії, забезпечуючи її ефективне використання.

Швецію, Естонію, Латвію, Фінляндію, Литву та Данію можна вважати передовими європейськими націями у застосуванні відновлювальних джерел енергії, зокрема у сферах опалення та охолодження [28].

Висновки до Розділу 1

1. У Розділі 1 розглянуто підходи до оцінки та моніторингу енергоефективності, що застосовуються в європейських країнах. Існує низка концепцій енергоефективності економіки, які ґрунтуються на різних підходах до оцінки та інтерпретації ефективності використання енергетичних ресурсів. Технологічний підхід визначає енергоефективність як результат впровадження сучасних технологій, які сприяють зниженню споживання енергії для виробництва товарів і послуг. Економічний підхід зосереджується на фінансовій вигоді від зменшення енергоспоживання, вираженій у зниженні витрат на енергію на одиницю ВВП або продукції. Екологічний підхід трактує енергоефективність як засіб зменшення негативного впливу на довкілля шляхом скорочення викидів парникових газів та зниження використання викопних видів палива. Інтеграційний підхід розглядає енергоефективність як комплексний показник, що враховує економічні, технологічні та екологічні аспекти використання енергії.

2. В Україні здебільшого використовуються традиційні методи оцінки енергоефективності, такі як показники енергоємності ВВП, енергоспоживання на душу населення, інтенсивність викидів CO₂ та енергоспоживання в промисловості. Щодо альтернативних підходів, варто зазначити, що вони мають значний потенціал для впровадження в Україні. Наприклад, метод DEA поки що не набув широкого застосування для оцінки енергоефективності в Україні, проте він може стати цінним інструментом для аналізу ефективності використання енергоресурсів на рівні окремих підприємств, регіонів, країн.

Метод стохастичного граничного аналізу (SFA) має значні перспективи, зокрема для виявлення можливостей підвищення ефективності в енергоємних галузях, таких як металургія та хімічна промисловість, що особливо є актуальним для сучасної української економіки. Аналіз життєвого циклу (LCA), хоча ще не отримав широкого розповсюдження, може бути надзвичайно корисним для галузей, які прагнуть зменшити екологічний вплив та скоротити вуглецевий слід своєї продукції. Моделі загальної рівноваги є перспективними для оцінки наслідків енергетичної політики на економіку країни. Декомпозиційний аналіз може бути ефективно використаний для вивчення змін у рівні енергоефективності в контексті структурних змін в економіці та технологічного розвитку.

3. У роботі організаційно-економічний механізм розглядається як сукупність цілей і засобів для їх досягнення, які перетворюють наявний матеріальний та інтелектуальний капітал суспільства на процес руху засобів виробництва й отримання кінцевих результатів, спрямованих на досягнення визначених цільових показників. Запропонований механізм підвищення енергоефективності економіки України є системою організаційних і економічних інструментів, що орієнтовані на досягнення запланованих макроекономічних результатів у сфері енергоефективності з урахуванням їх взаємозв'язків із показниками економічного розвитку та євроінтеграційними процесами. Такий комплексний підхід поєднує нормативно-правові, економічні, технічні, інформаційні та організаційні заходи. Для його ефективної реалізації необхідна координація зусиль держави, бізнесу та громадськості з метою досягнення підвищеної енергоефективності та сталого розвитку економіки.

4. Особливістю запропонованого організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України є те, що він враховує взаємозв'язки між показниками економічного розвитку та енергоефективності при розробці як довгострокових, так і короткострокових стратегій на макроекономічному рівні.

5. У Розділі було показано, що серед ключових економічних інструментів, які сприяють розвитку відновлюваної енергетики та підвищенню енергоефективності в ЄС, особливе значення мають податкові пільги та стимули. Гранти й субсидії відіграють провідну роль у фінансуванні інновацій та впровадженні новітніх технологій у секторі відновлюваної енергетики. Також ефективними виявилися системи "зелених" сертифікатів і квоти на викиди CO₂, які регулюють ринок та стимулюють інвестиції. Державні кредитні гарантії та пільгові позики допомагають знизити фінансові ризики для інвесторів і підприємств. Екологічні податки, які стимулюють скорочення використання викопного палива, є важливим засобом для прискорення переходу на відновлювані джерела енергії. Крім того, розвиток ринкових платформ для торгівлі енергією з відновлюваних джерел підвищує її доступність і конкурентоспроможність. Важливим напрямком також є інтеграція цифрових технологій і «розумних» енергетичних мереж, які допомагають оптимізувати виробництво та розподіл енергії, забезпечуючи її більш ефективне використання.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора дисертації: [20], [2], [23], [24], [25], [27], [28], [29].

РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ ПРАКТИК ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇН

2.1. Еколого-економічні детермінанти енергоефективності європейських країн.

На межі 20-го століття різко зріс попит на енергію, спричинений збільшенням темпів економічного зростання. З 1900 по 1950 рік з поширенням електричного освітлення та розвитком усіх видів транспорту, попит на первинну енергію майже подвоївся. Темпи економічного зростання також різко зросли, що зумовило перехід від використання біомаси до викопного палива як основного джерела первинної енергії. Наприклад, у США ВВП на душу населення в 1950 р. був більш ніж удвічі більшим, ніж у 1900 р. Використання у 20-му столітті нафти (на додаток до вугілля) різко збільшило виробництво та споживання. Викопні види палива втрачають від 40 до 70 відсотків своєї енергії при перетворенні на електричну або механічну енергію — багато, але не в порівнянні з майже повними втратами при спалюванні деревини чи іншої біомаси. Хоча сучасні економіки потребують все більше енергетичних ресурсів, проте фахівці McKinsey & Company прогнозують, що попит на первинну енергію до 2030 року буде сповільнюватись у першу чергу через стрімке поширення відновлюваних джерел енергії (рис 2.1).

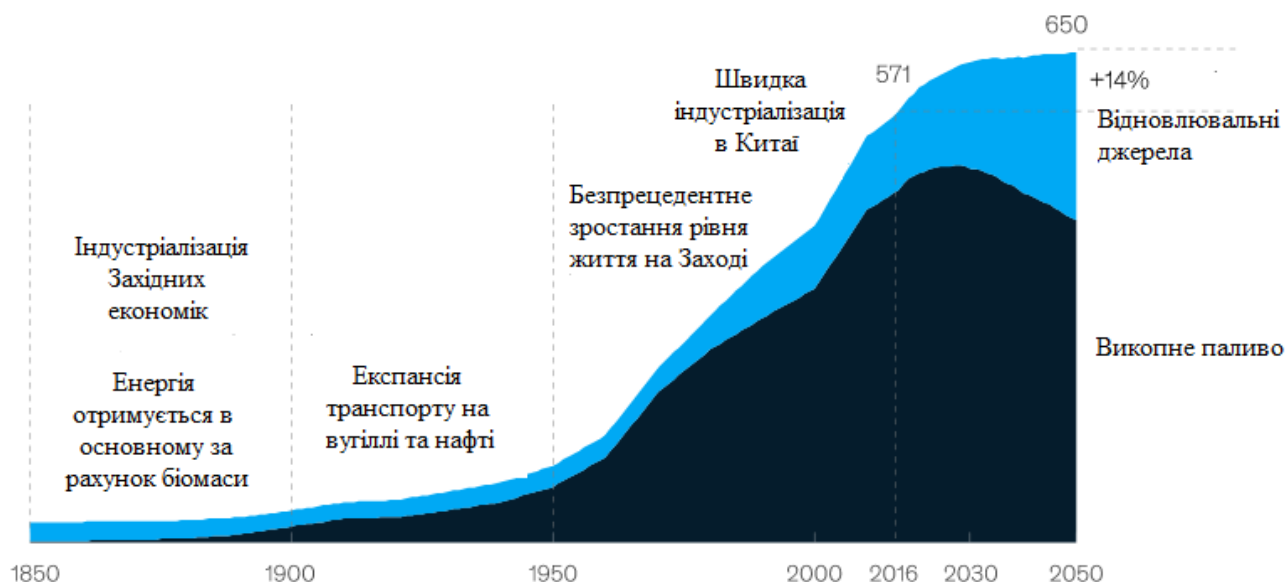


Рис. 2.1. Глобальний попит на первинну енергію
Джерело: побудовано автором на основі [78]

Підвищення рівня енергоефективності є необхідною умовою повної декарбонізації економіки ЄС та досягнення незалежності від російського викопного палива. Тісний зв'язок між макроекономічною стабільністю та енергоефективністю як ніколи чітко прослідковується останнім часом на міжнародному рівні, особливо після початку масштабна агресія Росії проти України. Ціни на викопне паливо спричинило найбільші інфляційні потрясіння в Європі з часів Другої світової війни, випередивши за наслідками нафтову кризу 1970-х років. У вересні 2022 року ціна на енергію була на 40,8% вищою, ніж роком раніше (рис. 2.2).

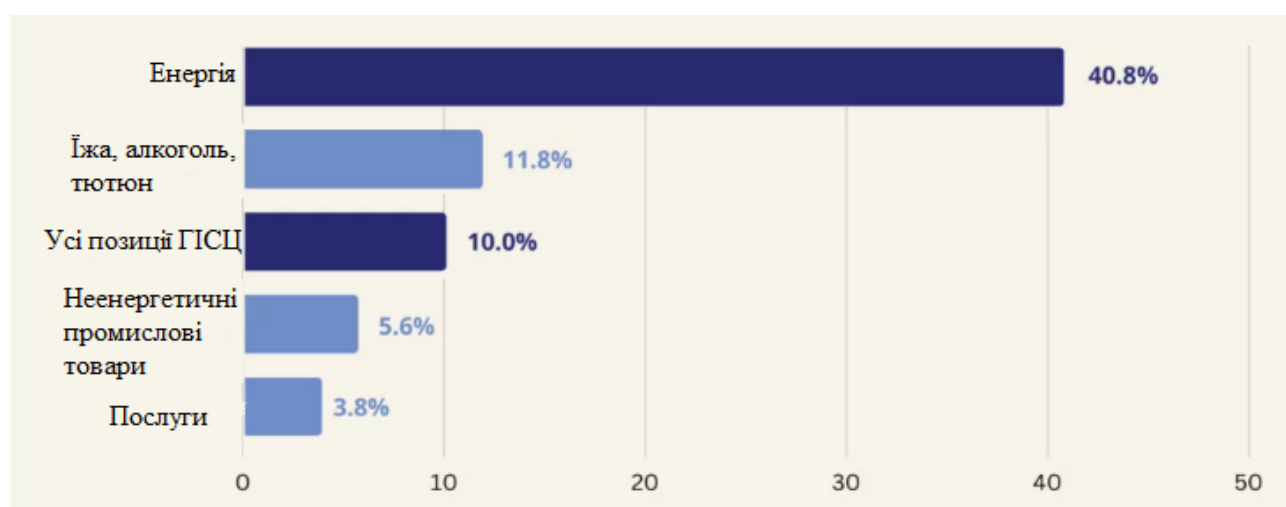


Рис. 2.2. Річна інфляція в Єврозоні (вересень 2022)
Джерело: побудовано автором на основі даних Євростату

У світі зростає ризик зміни клімату, викликаного збільшенням викидів парникових газів, що ставить нові завдання перед урядами усіх країн. Розвиток економіки зазвичай пов'язаний із збільшенням рівня викидів парникових газів. Тому виникає питання, чи можливо досягти сталого економічного розвитку та одночасно скорочувати викиди парникових газів. Відповіді на це питання присвячено чимало наукових праць. Заплановане ЄС скорочення викидів парникових газів не менше ніж на 55% до 2030 року вимагатиме значних додаткових інвестицій, декарбонізації виробництва електроенергії, промисловості та транспорту, підвищення енергоефективності будівель. Виявлення макроекономічних чинників, які суттєво впливають на енергоефективність європейських економік, дозволить національним урядам та регулюючим органам розробити ефективні механізми для досягнення цих цілей.

У роботі [203] проведено аналіз факторів, які впливають на енергоефективність країн Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). Результати вказують на існування невеликої тенденції до підвищення загального коефіцієнту енергоефективності TFEE у країнах ОЕСР за аналізований період, однак розвинені країни ОЕСР мають вищі рівні TFEE, ніж інші країни Організації економічного співробітництва та розвитку. Доступ до кредитів та притоку прямих іноземних інвестицій, які приносять нові енергозберігаючі технології, можуть підвищити енергоефективність. Аналіз показав, що урбанізація не є статистично значущою для TFEE. Крім того, результати показують, що підвищення енергоефективності призводить до зменшення викидів вуглекислого газу [203].

Стаття В. Климене та А. Кидайтіене [122] присвячена встановленню взаємозв'язку між показниками, що впливають на зелене економічне зростання країн Євросони, вивченню можливого впливу екологічної політики на макроекономічні змінні, такі як ВВП, інвестиції, зайнятість та торгівля. Автори статті застосували економетричну модель PVAR для визначення впливу енергоспоживання, викидів CO₂ та деяких макроекономічних показників на

зростання ВВП у 19 країнах Єврозони за 2000–2016 роки. Було виявлено короткостроковий негативний вплив екологічної політики на економічну активність. Це відповідає традиційним уявленням про те, що екологічна політика може призвести до додаткових витрат на економічну діяльність. Однак у довгостроковій перспективі наслідки реалізації екологічної політики стають позитивними.

У статті Т. Пімоненко та ін. [157] було проаналізовано 1335 досліджень з питань економічної стабільності та 1811 досліджень з питань охорони навколишнього середовища. Отримані результати продемонстрували тісний зв'язок між факторами енергоефективності та ефективності бізнесу, економічною та макроекономічною стабільністю. З огляду на це автори зробили прогноз розвитку енергоефективності. У цьому дослідженні споживання первинної енергії було виділено як основу для прогнозу енергоефективності. У дослідженні було використано дані європейських країн (ЄС27) за період з 1991 по 2018 рік.

Лауреат Нобелівської премії С. Кузнець зумів довести існування залежності між рівнем добробуту людей та станом навколишнього середовища у вигляді оберненої U-кривої. Економічне зростання країни має наслідком зростання обсягів викидів забруднюючих речовин, однак після досягнення певного рівня свого розвитку або так званого екстремуму стан навколишнього середовища поступово починає поліпшуватися. Таку залежність в економічній літературі називають еколого-економічною кривою Кузнеця.

Черкашина Т. С. у роботі [43] за допомогою кореляційно-регресійного аналізу дослідила особливості дії еколого-економічної кривої Кузнеця в країнах Вишеградської групи. Аналіз показав, що еколого-економічна крива Кузнеця для країн Вишеградської групи має вигляд N-подібної кривої. Це означає, що збільшення ВВП на душу населення сприяє зменшенню викидів CO₂, але не в тій пропорції, у якій зростає добробут людей [43, с. 35].

Фахівці МВФ використовуючи статистичні дані за два століття для 127 країн знайшли докази існування еколого-економічної кривої Кузнеця з

початковим зниженням попиту на енергію за низького рівня доходу на душу населення, за яким йдуть етапи прискорення, а потім насичення із високим рівнем доходу. Було підтверджено існування тенденції до зниження попиту на енергію у глобальному масштабі приблизно на 1,2% на рік що, таким чином, сприяє стабілізації попиту на енергію у країнах із високим рівнем доходів [43].

Взаємозв'язок між енергоефективністю та рівнем економічного розвитку країни є предметом постійних дискусій, і щодо цього ще не сформовано єдиної думки. В роботі [151] досліджено причинно-наслідкові зв'язки між споживанням енергії, економічними показниками (ВВП на душу населення) та енергоємністю у країнах G20. Аналіз показав, що ці три змінні мають тенденцію однаково змінюватись у довгостроковій перспективі. Крім того, тести причинно-наслідкового зв'язку Грейнджера показують, що існує односпрямований причинно-наслідковий зв'язок, що йде від енергоємності до економічних показників, але не навпаки.

У статті Г. Берсаллі та ін. [60] проведено економетричний аналіз ефективності державної політики в галузі відновлюваних джерел енергії на основі панельних даних 20 країн Латинської Америки та 30 країн Європи за 20 років. Результати підтверджують ефективність такої політики: вона продемонструвала позитивний і статистично значущий вплив на інвестиції у відновлювані джерела енергії, будучи основним визначальним фактором в обох регіонах. Було показано також, що самих по собі податкових пільг є недостатньо для забезпечення подальшого впровадження технологій відновлюваних джерел енергії.

Я. Квач та інші в роботі [128] відзначають надзвичайно високу енергоємність української економіки та наголошують на необхідності «трансформації ринку електроенергетики шляхом впровадження єдиних для всіх споживачів енергоресурсів принципів ринкового ціноутворення, енергоефективного та енергоощадливого використання і споживання енергоресурсів на основі сучасних інноваційних технологій» [128, с 58].

У статті [170] аналізуються фактори, що сприяють підвищенню енергоефективності (ЕЕ) та використання відновлюваних джерел енергії (РЕ) малими та середніми підприємствами у європейських країнах. Було показано, що існує відповідна взаємодоповнюваність між практиками ЕЕ та ВДЕ, а також іншими методами ефективного використання ресурсів. Крім того, стратегії з ЕЕ більше покладаються на економію коштів та регулювання, тоді як стратегії з ВЕЕ більше пов'язані з суспільною підтримкою та екологічною свідомістю. У роботі [183] було проведено системний огляд літератури, присвяченої визначенню детермінант ефективності інновацій у сфері енергозбереження. Згідно з отриманими даними, на мікрорівні було виокремлено такі детермінанти енергоефективних інновацій: економія коштів; попередній досвід; технологічні можливості; зелені тарифи; інноваційні можливості; організаційні інновації; фінансові ресурси; інвестиції у матеріальні активи. При цьому на мезорівні виділено такі детермінанти, як конкурентне середовище, тиск клієнтів та постачальників, зовнішнє співробітництво у галузі знань, соціальний тиск, добровільні угоди. На макрорівні до детермінант було віднесено: державні субсидії; поточне чи майбутнє регулювання.

З метою визначення детермінант енергоефективності можна скористатись моделями лінійної регресії. Для побудови моделей панельної регресії було використано статистичні дані, які описують енергоефективність та макроекономічні показники 38 країн Європи за період з 1995 по 2022 роки (див. таблицю 2.1).

Детермінанти енергоефективності країн Європи у подальшому будемо знаходити на основі однієї із трьох моделей: моделі на основі пулу даних, моделі панельної регресії із фіксованими або змінними ефектами.

Змінні, використанні для побудови моделей

Показники енергоефективності	
EI	Рівень енергоємності первинної енергії (МДж/\$2017 ПКС ВВП)
CO2_GDP	Інтенсивність викидів CO ₂ (кг на PPP \$ ВВП)
EXP_GDP	Експорт товарів і послуг (% ВВП)
EL_CAP	Валове виробництво електроенергії із розрахунку на душу населення
UNEMP	Загальний рівень безробіття (% від загальної кількості робочої сили)
GDPCAP	ВВП на душу населення (дол. США)
CON_ENER_EU	Споживання первинної енергії Мільйон тон нафтового еквівалента
CON_ENER_EU_PC	Споживання первинної енергії на душу населення Мільйон тонн нафтового еквівалента
CON_ENER_TOTAL_PC	валова доступна енергія на душу населення Кілограм нафтового еквівалента (KGOE) на душу населення
ELSUP_CAP	Електроенергія, доступна для кінцевого споживання на душу населення Гігават-год. на душу населення
GASCAP	внутрішнє споживання природного газу на душу населення Тераджоуль на душу населення
Показники економічного розвитку	
FDGDP	Прямі іноземні інвестиції, чистий приплив (% ВВП)
GDP_GROW	Річне зростання ВВП (%)
GDP_GROW_PC	Річний процентний темп зростання ВВП на душу населення на основі постійної місцевої валюти
SOLID_CAP	Внутрішнє споживання твердого викопного палива (на душу населення) Тисяч тон на душу населення

Джерело: сформовано автором

Модель панельної регресії, що враховує фіксовані ефекти (the fixed effects method) можна представити наступним чином:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_k X_{k,it} + \varepsilon_{it} \quad (2.1)$$

де i – країна, t – час ($1995 \leq t \leq 2022$);

α_i ($i = 1 \dots 38$) - невідомий вільний член моделі панельної регресії;

Y_{it} - залежна змінна;

$X_{k,it}$ - незалежні змінні;

β_k - параметри моделі панельної регресії;

ε_{it} - похибка.

Загальний вигляд моделі, що враховує випадкові ефекти (the random effects method) матиме наступний вигляд:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_k X_{k,it} + u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2.2)$$

де α - невідомий вільний член моделі панельної регресії;

u_{it} - індивідуальний вплив i -ї країни, який називають випадковим ефектом, аналогічним до випадкових похибок, і передбачається, що він має нульове середнє значення.

Об'єднана модель панельних даних або наскрізна регресія (pooled model) матиме вигляд:

$$Y = \alpha + \beta_k X_k + \varepsilon. \quad (2.3)$$

У подальшому для побудови економетричних моделей та проведення відповідних статистичних тестів скористаємось програмою Eviews. Для підбору змінних регресійної моделі нами було використано кроковий регресійний метод, при якому фактори по чергові включаються в модель до моменту, поки вона не стане задовільною. Черговість включення фактору визначалась на основі коефіцієнту кореляції незалежної та залежної змінних.

Після отримання відповідних моделей із випадковими ефектами (random effects) було реалізовано тест Гаузмана для визначення найбільш підходящого методу побудови моделей панельної регресії – на основі random effect (RE) або fixed effect (FE). Для визначення пріоритетності між панельною моделлю з фіксованими ефектами та пуловою моделлю зі спільною константою було використано тест Вальда, який перевіряє відмінність від нуля коефіцієнтів регресії [22].

Для оцінки рівня енергоефективності національних економік країн Європи нами було використано значення енергоємності первинної енергії EI,

інтенсивності викидів вуглекислого газу CO2_GDP, валове виробництво електроенергії на душу населення EL_CAP, електроенергія, доступна для кінцевого споживання на душу населення ELSUP_CAP, внутрішнє споживання природного газу на душу населення GASCAP, внутрішнє споживання твердого викопного палива (на душу населення) SOLID_CAP, споживання первинної енергії CON_ENER_EU, споживання первинної енергії на душу населення CON_ENER_EU_PC та валова доступна енергія на душу населення CON_ENER_TOTAL_PC.

Рівень розвитку національних економік країн Європи визначався на основі наступних показників: відношення експорту товарів і послуг до ВВП EXP_GDP, рівень безробіття UNEMP, ВВП на душу населення GDPCAP, відношення прямих іноземних інвестицій (net inflows) до ВВП FDGDP, річні темпи зростання ВВП GDP_GROW, річний процентний темп зростання ВВП на душу населення GDP_GROW_PC.

Рівень енергоємності первинної енергії представляє собою співвідношення між витратами первинної енергії і валовим внутрішнім продуктом, вимірним за паритетом купівельної спроможності. Загалом сукупне енергоспоживання на одиницю ВВП у світі скоротилося у 2021 році набагато менше, ніж за попередні кілька років (у середньому -1,5 % на рік за період з 2000 по 2020 років). Усе це суттєво ускладнює завдання щодо утримання підвищення середньої температури не більше 2 °C. Для досягнення цих показників слід дотримуватись скорочення на 3,5% на рік. Експерти відзначають, що таке зниження темпів спричинене переважно зростанням енергоспоживання у 2021 р. [78].

У результаті для оцінки енергоємності ЕІ було отримано модель панельної регресії (див. таблицю 2.3) на основі random effect, оскільки результати тесту Хаузмана показали, що немає підстав відхилити гіпотезу про доцільність використання випадкового ефекту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Результати тесту Хаузмана для EI моделі

TestSummary	Chi-Sq.statistic	Prob.
Cross-sectionrandom	9.156751	0.0596

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Таблиця 2.3

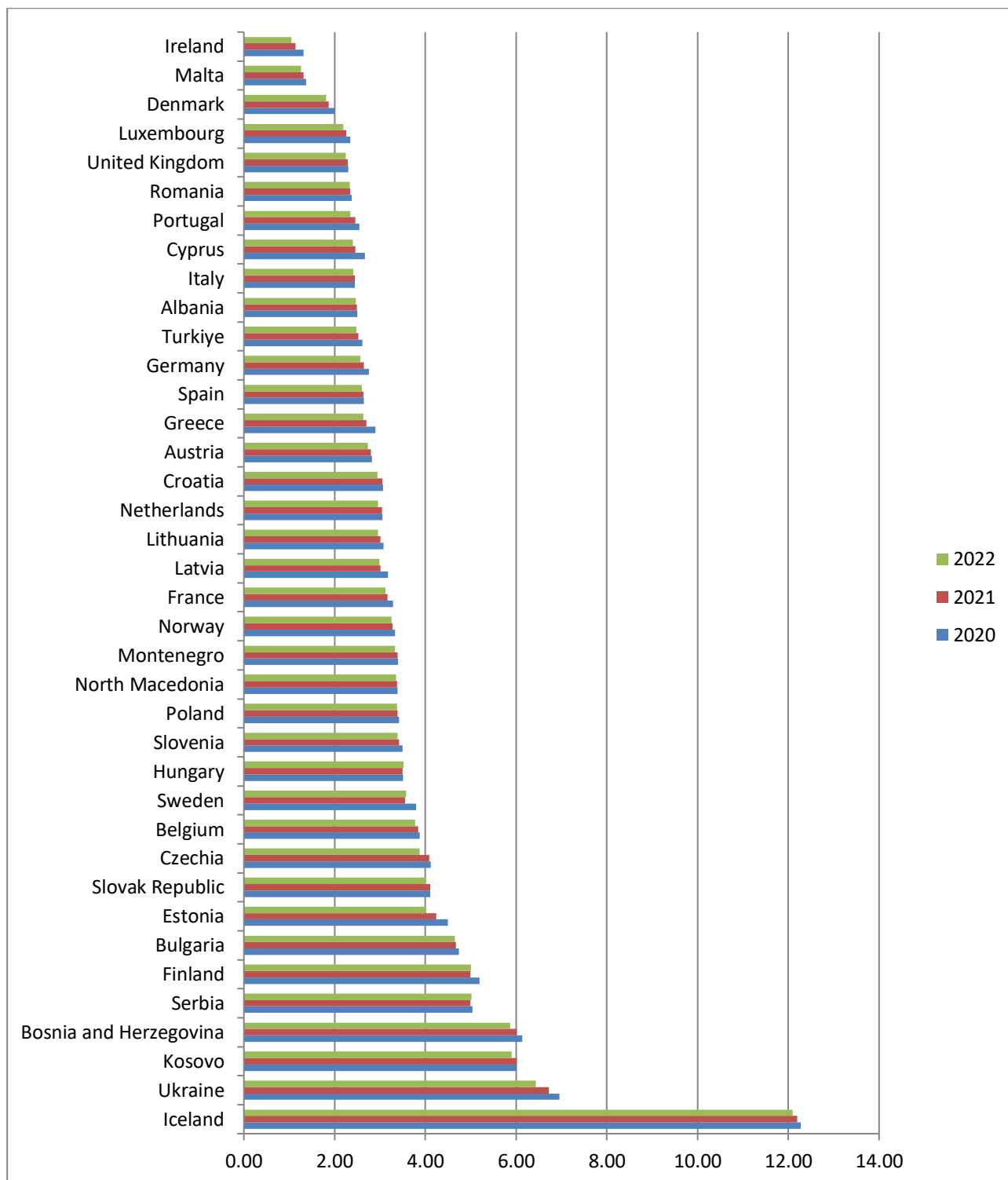
Модель оцінки енергоємності EI

Dependent Variable: EI				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0,6208	0,1751	3,5448	0.0001
CO2_GDP	5,1161	0,1243	41,1487	0.0000
UNEMP	0,0130	0,0037	3,4800	0.0000
CON_ENER_TOTAL_PC	0,0008	4,42E-05	18,7783	0.0000
EL_CAP	584,2782	132,0375	4,4251	0.0000
R-squared	0.840511	F-statistic		998.6714
Adjusted R-squared	0.839670	Prob(F-statistic)		0.000000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Із усіх макроекономічних показників лише рівень безробіття спричиняє статистично значущий вплив на енергоємність ВВП, причому його зростання спричиняє збільшення енергоємності. Це може бути пояснене тим, що більш розвинуті економіки цілком природно мають менший рівень безробіття та вищий рівень енергоефективності.

Позитивно впливають на значення енергоємності ВВП європейських країн викиди вуглекислого газу CO2_GDP, валова доступна енергія на душу населення CON_ENER_TOTAL_PC та валове виробництво електроенергії на душу населення EL_CAP. Із рисунку 2.3 видно, що в Україні є найвище значення енергоємності ВВП у Європі після Ісландії.



*Рис. 2.3. Енергоємність ВВП країн Європи (МДж/\$2017 ПКС ВВП)
Джерело: побудовано автором на основі [194]*

За результатами тесту Хаусмана (табл. 2.4) для оцінки викидів вуглекислого газу CO2_GDP краще підходить використання моделі панельної регресії із фіксованими ефектами. Викиди вуглекислого газу CO2_GDP пов'язані зі спалюванням викопного палива та виробництвом цементу. До них

відносяться вуглекислий газ, що утворюється при споживанні твердого, рідкого та газоподібного палива та спалюванні попутного газу.

Таблиця 2.4.

Результати тесту Хаузмана для CO₂_GDP моделі

TestSummary	Chi-Sq. Statistic	Prob.
Cross-sectionrandom	96.8952	0.0000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

У результаті було одержано модель із EI, GDPCAP, ELSUP_CAP та EXP_GDP у ролі пояснювальних змінних (таблиця 2.5). Цікаво, що при збільшенні частки електроенергії, доступної для кінцевого споживання на душу ELSUP_CAP населення зменшуватимуться викиди вуглекислого газу, що припадають на одиницю населення. Враховуючи сьогоденні тенденції в електрогенерації в країнах Західної Європи, які полягають у практично повній відмові від використання вугілля в енергетиці передусім з екологічних міркувань, така залежність між викидами вуглекислого газу та постачанням електроенергії є очікуваною.

Технології використання відновлюваних джерел енергії для виробництва електроенергії є основним інструментом декарбонізації енергетичного сектора в усьому світі. Державна політика щодо сприяння їх поширенню проводиться в розвинених країнах з 1980 року, а з 2000-х років дедалі більше країн, що розвиваються, почали реалізовувати аналогічну стратегію в енергетичному секторі. Європейські країни вибудовують свою енергетичну політику з тим, щоб протягом цього десятиліття повністю відмовитися від вугілля при виробленні електроенергії. Крім цього, як видно із рисунків 4 та 5 у Європі та світі загалом має місце чітка тенденція до зростання частки електроенергії в загальному кінцевому споживанні енергії та зростання частки вітряних та сонячних електростанцій у виробництві електроенергії. Через це збільшення частки електроенергії, доступної для кінцевого споживання цілком природно спричиняє зменшення викидів вуглекислого газу, що узгоджується із отриманою моделлю.

Пропозиція Директиви про відновлювані джерела енергії (RED) з 40% від загального енергетичного Європейської комісії RePowerEU, подана у травні 2022 р., включає збільшення цільового показника балансу до 45%. Вона також передбачає додаткове зниження енергоспоживання, яке має бути досягнуто за рахунок енергоефективності, з 9 до 13% та пропонує простіші процедури отримання дозволів. Європейський парламент підтримав встановлення нового запланованого значення 45% відновлюваних джерел енергії і навіть підвищив мету ефективності до 14,5% [122].

Таблиця 2.5

Модель оцінки CO2_GDP				
DependentVariable: CO2_GDP				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0,4354	0,0371	-11,7358	0.0000
EI	0,1065	0,0033	32,2727	0.0000
GDPCAP	-1,29E-06	2,73E-07	-4,7253	0.0000
ELSUP_CAP	-18,4337	1,0856	-16,9802	0.0000
EXP_GDP	-0,001883	0,0005	-3,7660	0.0000
Dummy variables				
Бельгія	0.5607	Австрія	0.5437	
Болгарія	0.4573	Польща	0.5075	
Чехія	0.5637	Португалія	0.4197	
Данія	0.6111	Румунія	0.4041	
Німеччина	0.5932	Словенія	0.5576	
Естонія	0.6948	Словацька Республіка	0.1135	
Ірландія	0.7984	Фінляндія	0.3416	
Греція	0.5973	Швеція	0.4998	
Іспанія	0.5103	Ісландія	0.2694	
Франція	0.4735	Норвегія	0.8585	
Хорватія	0.4551	Великобританія	0.5805	
Італія	0.5785	Чорногорія	0.4546	
Кіпр	0.6696	Північна Македонія	0.5155	
Латвія	0.3683	Албанія	0.3897	
Литва	0.3168	Сербія	0.4831	
Люксембург	1.0796	Туреччина	0.4993	
Угорщина	0.4153	Боснія і Герцеговина	0.3892	
Мальта	0.7947	Косово	0.4930	
Нідерланди	0.5725	Україна	Base	
R-squared	0.9116	Prob(F-statistic)	0.000000	
Adj. R-squared	0.8949			

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Результати тесту Вальда на рівність нулю коефіцієнтів при фіктивних змінних для отриманої моделі показав доцільність використання моделі із фіксованими ефектами на противагу моделі на основі пулу даних.

Таким чином макроекономічними детермінантами інтенсивності викидів вуглекислого газу згідно із побудованою моделлю панельної регресії є ВВП на душу населення та частка експорту у ВВП. Чим більшими є значення обох цих чинників, тим вищим є рівень економічного розвитку країни, а, отже, і вища енергоефективність, яка є характерною ознакою сучасної еколого-орієнтованої економіки європейських країн. Усе це узгоджується із тим, що ВВП на душу населення та частка експорту у ВВП спричиняють негативний вплив на наінтенсивність викидів вуглекислого газу. На рисунку 2.4 показано динаміку зміни цих показників у ЄС за 2022 рік. Із 38 аналізованих у статті європейських країн найвищий рівень ВВП на душу населення у 2021 році мав Люксембург – 133590,16 дол. США, тоді як найменше значення було в Україні – 4568,91 дол. США (рис. 2.5).

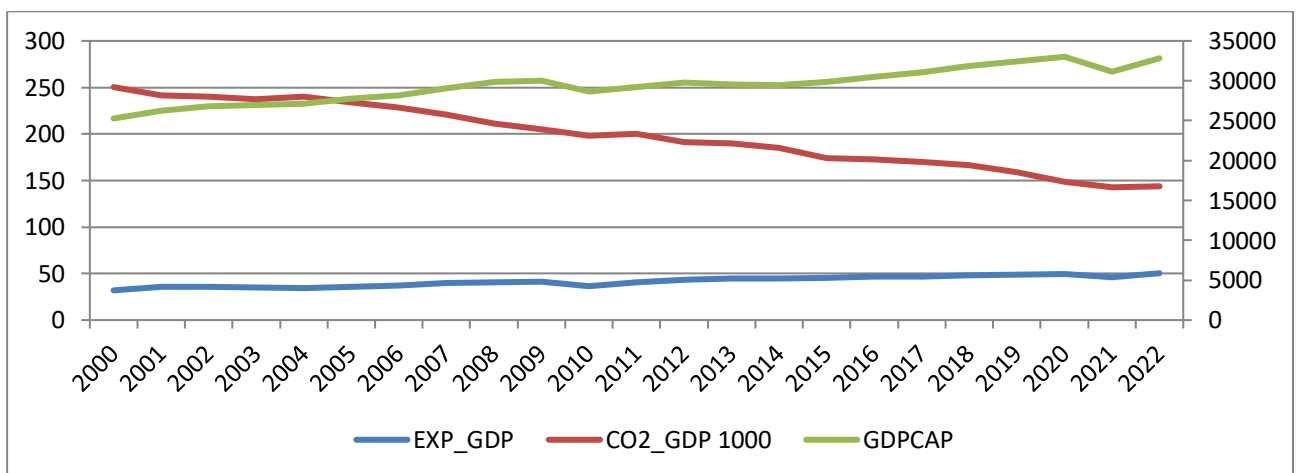


Рис. 2.4. Динаміка зміни ВВП на душу населення, частки експорту у ВВП та інтенсивності викидів вуглекислого газу в ЄС

Джерело: побудовано автором на основі [194] та [79]

Як відомо, Європейський Союз зобов'язався до 2020 року скоротити споживання енергії на 20 % у порівнянні з базовими прогнозами. Інакше кажучи, ЄС планує споживати первинної енергії трохи більше 1 483 млн. тон нафтового еквівалента і кінцевої енергії трохи більше 1086 млн тне у 2020 році. До 2030 року заплановано скорочення щонайменше на 32,5 % [167].

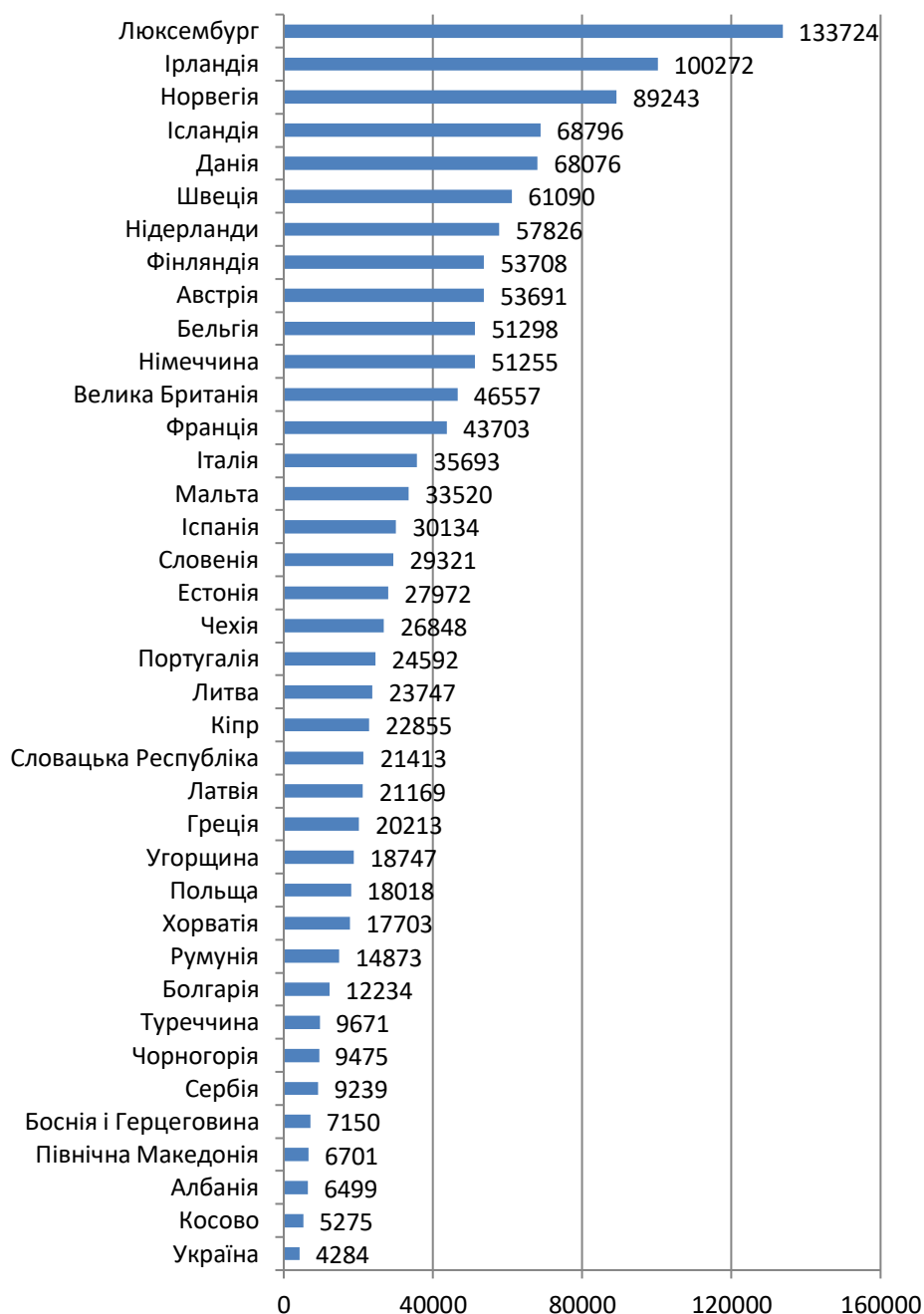


Рис. 2.5. ВВП на душу населення у 2022 році (дол. США)

Джерело: побудовано автором на основі [194]

Модель оцінки споживання первинної енергії CON_ENER_EU отримана на основі використання методу фіксованих ефектів, оскільки результати тестів Хаузмана та Вальда показали перевагу FEM моделей над моделями із випадковими ефектами та на основі пулу даних (див. табл. 2.6 та 2.7). Статистично значущими виявились внутрішнє споживання твердого викопного палива на душу населення, внутрішнє споживання природного газу на душу населення та валова доступна енергія на душу населення. Причому усі змінні

справляють позитивний вплив на результуючий показник. Макроекономічні показники виявились статистично не значущими при оцінці CON_ENER_EU.

Таблиця 2.6.

Результати тесту Хаузмана для CON_ENER_EU моделі

TestSummary	Chi-Sq. Statistic	Prob.
Cross-section random	99.8812	0.0000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Таблиця 2.7

Модель оцінки CON_ENER_EU

Dependent Variable: CON_ENER_EU				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	34,0471	1,7789	19,1394	0.0000
SOLID_CAP	3612,73	642,7413	5,6208	0.0000
GASCAP	211,7791	42,9142	4,9349	0.0000
CON_ENER_EU_PC	0,0016	0,0006	2,6667	0.0002
Dummy variables				
Бельгія	39.4916	Австрія	29.3732	
Болгарія	8.1718	Польща	89.5348	
Чехія	22.3470	Португалія	28.9811	
Данія	17.5923	Румунія	38.6151	
Німеччина	296.6222	Словенія	4.0456	
Естонія	9.1166	Словацька Республіка	12.1437	
Ірландія	12.1711	Фінляндія	29.3072	
Греція	17.2621	Швеція	51.8623	
Іспанія	128.6456	Ісландія	-9.3752	
Франція	249.1231	Норвегія	20.3412	
Хорватія	14.8682	Великобританія	189.5223	
Італія	160.7434	Чорногорія	4.5516	
Кіпр	12.3746	Північна Македонія	7.0023	
Латвія	10.8295	Албанія	19.2405	
Литва	11.1211	Сербія	4.4275	
Люксембург	-14.4523	Туреччина	108.8534	
Угорщина	20.0025	Боснія і Герцеговина	1.2190	
Мальта	6.2982	Косово	2.4673	
Нідерланди	49.5931	Україна	base	
R-squared	0.7989	Prob(F-statistic)	0.000000	
Adjusted R-squared	0.7819			

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Аналіз показав, що споживання первинної енергії на душу населення CON_ENER_EU_PC найкраще апроксимується FEM моделями, оскільки результати тесту Хаузмана показали, що ймовірність застосування REM моделей близька до нуля (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Результати тесту Хаузмана для CON_ENER_EU_PC моделі

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Prob.
Cross-section random	78.9911	0.0000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Крім цього, тест Вальда на рівність нулю коефіцієнтів при фіктивних змінних підтвердив доцільність використання FEM моделі на противагу моделі на основі пулу даних. Макроекономічними детермінантами споживання первинної енергії на душу населення в країнах Європи виявились: рівень безробіття та частка експорту у ВВП. Зростання обох цих показників зменшуватиме споживання первинної енергії на душу населення в країнах Європи, тоді як збільшення внутрішнього споживання природного газу на душу населення та електроенергії, доступної для кінцевого споживання на душу населення спричинятиме зростання споживання первинної енергії на душу населення (див. Таблицю 2.9).

Таблиця 2.9

Модель оцінки CON_ENER_EU_PC

DependentVariable: CON_ENER_EU_PC				
Total panel (unbalanced) observations: 1064				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1388,0567	109,0523	12,7284	0.0000
CON_ENER_EU	8,3466	1,3634	6,1219	0.0000
GASCAP	23932,8123	1521,1617	15,7332	0.0000
UNEMP	-16,7837	2,4162	-6,9463	0.0000
EXP_GDP	-4,0722	1,1045	-3,6869	0.0001
ELSUP_CAP	240911,3411	4791,8134	50,2756	0.0000
Dummy variables				
Бельгія	1146.091	Австрія	-187.1280	
Болгарія	42.51561	Польща	-554.2341	
Чехія	641.3436	Португалія	-431.5182	
Данія	90.66606	Румунія	-894.3206	
Німеччина	-2380.800	Словенія	439.5151	
Естонія	1370.362	Словацька Республіка	63.79852	
Ірландія	-54.64530	Фінляндія	806.4769	
Греція	-68.66128	Швеція	417.6613	
Іспанія	-1043.346	Ісландія	4265.916	
Франція	-1586.065	Норвегія	-2200.965	
Хорватія	-482.1874	Великобританія	-2251.594	
Італія	-2085.157	Чорногорія	-485.0338	
Кіпр	1453.453	Північна Македонія	-280.4422	
Латвія	-154.0050	Албанія	-803.9735	
Литва	80.01286	Сербія	-224.3687	
Люксембург	2653.527	Туреччина	-1631.744	
Угорщина	-536.5389	Боснія і Герцеговина	82.32486	
Мальта	2903.606	Косово	-485.0338	
Нідерланди	109.2699	Україна	base	
R-squared	0.791091	Prob(F-statistic)	0.000000	
Adjusted R-squared	0.780596			

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Параметри моделі оцінювання валової доступної енергії на душу населення CON_ENER_TOTAL_PC подано у таблиці 2.11. У цьому випадку тест Хаузмана (табл. 2.10) підтвердив відсутність підстав для відхилення нульової гіпотези, у зв'язку із чим було вибрано REM модель панельної регресії. Рівень безробіття має негативний вплив на цей показник, як і у попередній моделі. Це можна обґрунтувати тим, що зростання рівня безробіття, що сигналізувати також про зниження рівня економічного розвитку країни, матиме наслідком потенційне зменшення сукупного споживання енергії на душу населення в країні. Таку залежність між рівнем безробіття UNEMP та споживанням сукупної енергії на душу населення добре видно із рис. 2.6. та 2.7. Споживання газу та електроенергії, доступних для кінцевого споживання на душу населення у високо розвинутих у цілому є дещо вищими у порівнянні із іншими країнами Європи, що теж знайшло своє відображення у моделі.

Таблиця 2.10.

Результати тесту Хаузмана для CON_ENER_TOTAL_PC моделі

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Prob.
Cross-section random	6.6371	0.1950

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Таблиця 2.11.

Модель оцінки CON_ENER_TOTAL_PC

Dependent Variable: CON_ENER_TOTAL_PC				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	947,9609	184,1749	5,1471	0.0000
UNEMP	-18,9642	3,1365	-6,0463	0.0000
EL_CAP	2745573	54445,7	50,4277	0.0000
GASCAP	18028,01	1559,03	11,5636	0.0000
R-squared	0.8285	F-statistic		989.4331
Adjusted R-squared	0.8075	Prob(F-statistic)		0.000000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

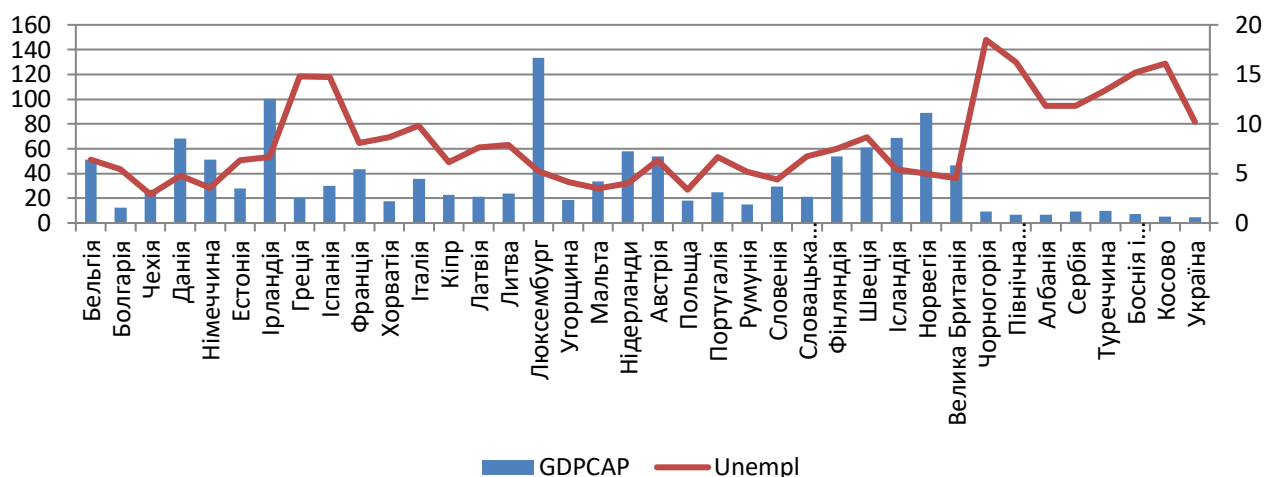


Рис. 2.6. ВВП на душу населення (тис. дол. США) GDPCAP та рівень безробіття UNEMP в країнах Європи у 2022 році

Джерело: Побудовано автором на основі даних Світового банку [194]

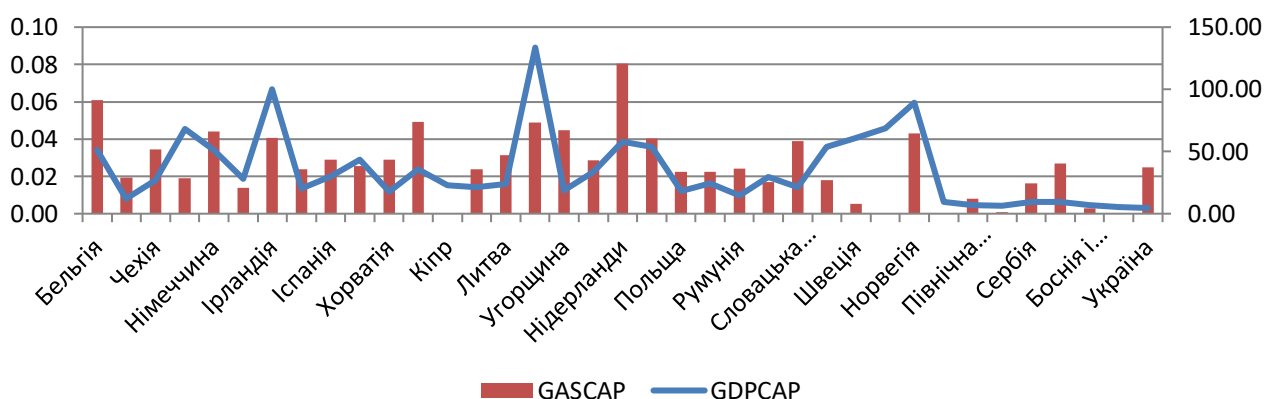


Рис. 2.7. ВВП на душу населення (тис. дол. США) GDPCAP та рівень безробіття UNEMP в країнах Європи у 2022 році

Джерело: Побудовано автором на основі даних Світового банку [194]

Про рішучість ЄС стати кліматично нейтральним до 2050 року говорить той факт, що на початку 2023 року між Європейським парламентом та Радою було досягнуто згоди щодо реформування та посилення Директиви ЄС щодо енергоефективності. Ця угода є черговим кроком до завершення пакету «Fit for 55» для реалізації Європейської зеленої угоди та плану REPowerEU. Вперше перший принцип енергоефективності набуває юридичної сили з чіткою вимогою до країн ЄС враховувати енергоефективність у політиці, плануванні та прийнятті важливих інвестиційних рішень в енергетичному секторі та за його межами [84].

Перший принцип енергоефективності означає максимальне використання економічних заходів щодо підвищення енергоефективності при формуванні енергетичної політики та ухваленні відповідних інвестиційних рішень. Угода визначає мету ЄС щодо енергоефективності на рівні 11,7% до 2030 року, що перевищує початкову пропозицію Європейської Комісії та вимагає, щоб держави-члени колективно забезпечили додаткове скорочення споживання кінцевої та первинної енергії порівняно з прогнозами споживання енергії, зробленими у 2020 році.

Отримані у роботі моделі дають змогу визначати детермінанти енергоємності первинної енергії, інтенсивності викидів вуглекислого газу, споживання первинної енергії та валової доступної енергії на душу населення в 38 країнах Європи. Моніторинг макроекономічних та інших факторів, які спричиняють статистично значущий вплив на ці показники дозволить сформулювати гнучку систему управління енергоефективністю національних економік європейських країн.

Так, згідно із отриманими моделями, до факторів, від яких суттєво залежить значення показника енергоємності ВВП країн Європи належать інтенсивність викидів вуглекислого газу, рівень безробіття, споживання первинної енергії на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення. Детермінантами споживання первинної енергії виявились внутрішнє споживання твердого викопного палива на душу населення, внутрішнє споживання природного газу на душу населення та споживання первинної енергії на душу населення. Найбільше пояснювальних змінних виявилось у моделі оцінки споживання первинної енергії на душу населення, а саме, споживання первинної енергії, внутрішнє споживання природного газу на душу населення, рівень безробіття, відношення експорту товарів і послуг до ВВП та електроенергія, доступна для кінцевого споживання на душу населення. Валова доступна енергія на душу населення залежить від рівня безробіття, валового виробництва електроенергії із розрахунку на душу населення, внутрішнього споживання природного газу на душу населення.

Отримані у статті моделі дають змогу у цілому зробити висновок стосовно залежності економічного зростання та енергоефективності країн Європи. Оскільки змінні GDPCAP та EXP_GDP, які визначають рівень економічного зростання у країні, є пояснювальними змінними у моделі оцінювання CO2_GDP і їх зростання негативно впливає на інтенсивність викидів CO₂, можна стверджувати що можливість одночасного досягнення сталого економічного розвитку та зменшення інтенсивності викидів вуглекислого газу. Позитивна залежність енергоемності EI від рівня безробіття теж слугує підтвердженням того, що економічне зростання в європейських країнах супроводжується покращенням рівня енергоефективності. можливо досягти сталого економічного розвитку та одночасно скорочувати викиди парникових газів. Про існування такої залежності, яка характерна в основному для високорозвинутих країн свідчать також інші дослідження (наприклад [122]). Це узгоджується також із еколого-економічною кривою Кузнеця, згідно із якою зростання обсягів викидів забруднюючих речовин спричиняє економічне зростання країни, проте після досягнення певного рівня свого економічного розвитку екологія країни поступово починає покращуватись.

2.2. Вплив енергоефективності на економічне зростання країн Європи

Вплив енергоефективності на економічне зростання країн останнім часом став предметом постійних дискурсів, причому щодо цього питання ще не сформовано єдиного підходу. Економічне зростання зазвичай ототожнюють із збільшенням та якісним покращенням за аналізований період результатів виробництва та його ключових факторів. Економічне зростання кількісно характеризує зміну показників економічної системи країни: зростання ВВП, обсягів споживання, виробництва, доходів населення, капітальних інвестицій тощо. Підвищення рівня енергоефективності може принести користь всій економіці, впливаючи напряду або опосередковано на економічну діяльність,

яка вимірюється зазвичай через валовий внутрішній продукт, рівень зайнятості, торговельний баланс та ціни на енергоносії. Незважаючи на наявність значної кількості наукових публікацій, присвячених даній проблематиці, вплив політики енергоефективності на макроекономічні показники все ще потребує кращого розуміння та систематичного аналізу.

Проблемі знаходження зв'язку між енергоефективністю та економічним розвитком присвячено чимало публікацій. М. Високінські та інші в роботі [192] провели аналіз економічної та енергетичної ефективності сільського господарства у країнах Європейського Союзу за період до 2016 року. Для аналізу було використано Data Envelopment Analysis (DEA) метод, зокрема модель CCR (Charnes, Cooper and Rhodes), орієнтована на мінімізацію вхідних даних. Оцінку соціально-економічного розвитку країн ЄС проводилось індексу людського розвитку та валового внутрішнього продукту (ВВП) на душу населення (у доларах США на душу населення). Економічна ефективність сільського господарства в країнах ЄС у 2016 р. яка знаходилася на високому рівні – DEA досяг 0,67. Також було встановлено, що поряд із соціально-економічним розвитком у країнах ЄС підвищується економічна та енергетична ефективність сільського господарства.

Л. Джіродет та А. Місмер у роботі [201] проаналізували економічну літературу починаючи з середини XIX ст. стосовно виявлення ключових історичних аспектів впливу енергоефективності на економіку. Авторами було виділено три періоди: класичний, орієнтований на так званий ефект відскоку від 1860-х років до американського інституціоналізму у середині 20 століття; сучасну епоху, відзначену зростанням концепції розриву в енергоефективності з 1970-х до 1990-х років; сьогодення, зосереджене на концепції розриву в енергетичних показниках з початку 2000-х років. Авторами було виявлено, що переходи між фазами тісно пов'язані зі змінами у соціальних проблемах, від виснаження ресурсів у класичну епоху до енергетичної безпеки в сучасну епоху та зміни клімату в сьогоденні. Протягом усієї цієї довгої історії було виявлено зміну фокусу з макро- на мікро- перспективи. Незважаючи на постійне

переосмислення, енергоефективність залишається предметом суперечок, тож досі не досягнуто консенсусу щодо її потенційних переваг [22].

Економічне зростання є ключовою умовою підвищення рівня добробуту будь-якої країни. З огляду на посилення екологічних вимог в країнах Європи проблема впливу енергоефективності на економічне зростання стала сьогодні актуальною як науковою, так і прикладною темою наукових досліджень. У 2017 році Європейська комісія змодельовала чотири різні сценарії, в яких було оцінено шляхи реалізації мети ЄС з енергоефективності на 2030 рік. В аналізі, викладеному у роботі [198] оцінюється вплив енергоефективності на економічний розвиток на різних рівнях до 2030 року у порівнянні з базовим рівнем 2007 року. З погляду на ВВП, кожен змодельований сценарій призвів до позитивних змін: від збільшення ВВП на 0,1% у найменш оптимістичному сценарії до збільшення на 2,0% у найбільш оптимістичному сценарії підвищення енергоефективності.

Глуха Г. у роботі [4] відзначає, що аналіз існуючих підходів до трактування категорії «економічне зростання» дозволяє зробити висновок, що економічне зростання є однією з базових складових економічного розвитку і воно проявляється у зміні якісних та кількісних показників «під впливом екзогенних та ендогенних факторів економічного, організаційного, структурного, інституціонального характеру, які тісно пов'язані з державним регулюванням та характеризує процес певних змін у макроекономічній системі та ефективності суспільного виробництва» [4, с.37].

Енергоефективність є життєво важливим чинником забезпечення стійкого розвитку. Ціль 7 сталого розвитку передбачає подвоєння зусиль економік всього світу щодо підвищення енергоефективності. У роботі [46] було показано, що підвищення енергоефективності стимулює економічне зростання, хоча емпіричні дані, що підтверджують це твердження, залишаються неоднозначними. Автори проаналізували динаміку нерівності доходів у різних країнах та її вплив на взаємозв'язок зростання та енергоефективності. Дослідження ґрунтується на незбалансованому щорічному наборі панельних

даних для 51 африканської країни з 1991 по 2017 рік. Енергоефективність оцінювалась за допомогою методу стохастичного граничного аналізу та методу двоетапного узагальненого методу моментів. Автори дійшли висновку, що безпосередньо підвищення енергоефективності стимулює економічне зростання, але у країнах із високою нерівністю у доходах цей ефект порушується. Розрахунковий умовний сумарний вплив енергоефективності на економічне зростання є нижчим для країн з вищою нерівністю доходів у порівнянні з країнами з нижчою нерівністю доходів. Таким чином, скорочення нерівності доходів може стати одним із ефективних засобів, за допомогою якого енергоефективність буде системно стимулювати економічне зростання [46].

Лауреати Нобелівської премії з економіки 2018 року Пол М. Ромер та Вільям Д. Нордхаус розробили нові інструменти для аналізу довгострокового розвитку, які передбачають інтеграцію інновацій та клімату в економіку зростання та інтеграцію технологічних інновацій у довгостроковий макроекономічний аналіз відповідно. З довгострокової глобальної точки зору технологічні зміни та зміна клімату є ключовими аспектами сталого довгострокового економічного зростання. Обидва вчені взяли одну й ту саму відправну точку, а саме неокласичну модель зростання, і доповнили її ключовими рушіями довгострокової економічної діяльності — технологічними досягненнями та кліматом, які вважалися екзогенними більшістю економістів.

Основна суть теорії Пола М. Ромера полягає у тому, що національні економіки можуть зростати постійно зі сталою швидкістю. Це означає, що не потрібно боятися переходу до стагнації. Крім цього, він показав, що державна політика може бути надзвичайно ефективним інструментом для стимулювання економічного зростання. В. Нордхаус перший розробив математичну модель, що описує глобальну взаємодію між економікою та кліматом. Сьогодні ця модель широко використовується для вивчення наслідків втручання у кліматичну політику [37].

З метою визначення детермінант енергоефективності можна скористатись моделями лінійної регресії. Для побудови моделей панельної регресії нами було використано статистичні дані, які описують енергоефективність та макроекономічні показники 38 країн Європи.

Детермінанти енергоефективності країн Європи у подальшому будемо знаходити на основі однієї із трьох моделей: моделі на основі пулу даних, моделі панельної регресії із фіксованими або змінними ефектами. Для побудови економетричних моделей та проведення відповідних статистичних тестів було використано програму Eviews. Для підбору змінних регресійної моделі нами було реалізовано кроковий регресійний метод, при якому фактори по чергові включаються в модель до моменту, поки вона не стане задовільною. Черговість включення фактору визначалась на основі коефіцієнту кореляції незалежної та залежної змінних [22].

Після отримання відповідних моделей із випадковими ефектами (random effects) було реалізовано тест Гаузмана для визначення найбільш підходящого методу побудови моделей панельної регресії – на основі random effect (RE) або fixed effect (FE). Для визначення пріоритетності між панельною моделлю з фіксованими ефектами та пуловою моделлю зі спільною константою було використано тест Вальда, який перевіряє відмінність від нуля коефіцієнтів регресії.

За результатами тесту Хаусмана (табл. 2.12) для оцінки річного темпу зростання ВВП у відсотках, отриманого на основі ринкових цін в національній валюті краще підходить використання моделі панельної регресії із фіксованими ефектами. ВВП у цінах покупця – це сума валової доданої вартості всіх виробників-резидентів в національній економіці плюс усі податки на продукцію та мінус будь-які субсидії, не включені у вартість продукції. Він розраховується без вирахування амортизації виготовлених активів або виснаження та деградації природних ресурсів. Агреговані дані базуються на постійних цінах 2015 року, виражених у доларах США. Тест Вальда вказав на доцільність реалізації моделей із фіксованим ефектом, а не на основі пулу.

Таблиця 2. 12

Результати тесту Хаузмана для моделі оцінки GDP_GROW

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	11.4563	3	0.0116

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Результати оцінки параметрів моделі панельної регресії із фіксованими ефектами оцінки GDP_GROW подано у таблиці 2.13. У результаті було отримано, що інтенсивність викидів CO₂, рівень безробіття та річний темп зростання ВВП на душу населення справляють статистично значущий вплив на темпи зростання ВВП у країнах Європи. Позитивний вплив інтенсивності викидів CO₂ на зростання темпів приросту ВВП означає, що у менш економічно розвинутих країнах, для яких характерним є більші значення інтенсивності викидів CO₂ спостерігаються і більші темпи зростання ВВП, що добре видно із рис. 2.8. Аналогічний висновок можна зробити із негативного впливу рівня безробіття на річний темп зростання ВВП.

Таблиця 2.13

Модель оцінки GDP_GROW

Dependent Variable: GDP_GROW				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0,6556	0,0674	9,7270	0.0000
EI	1,8327	0,2707	6,7677	0.0000
CO2_GDP	10.4379	1.8415	5.6678	0.0000
UNEMP	-0.2009	0.0415	-4.8369	0.0000
R-squared		0.8758		
Prob(F-statistic)		0.000000		

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

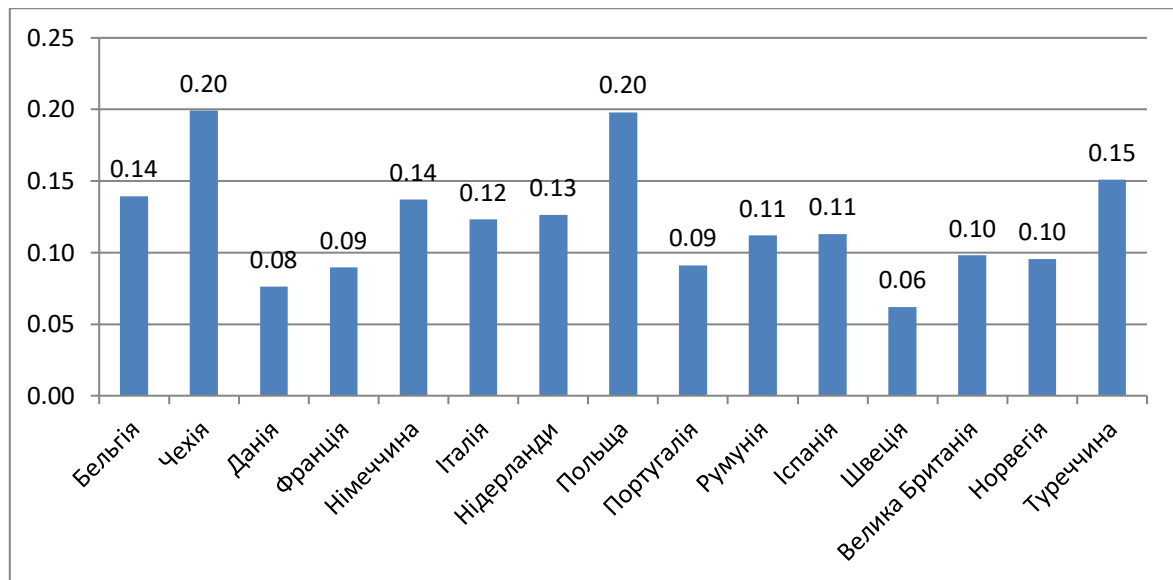


Рис. 2.8. Інтенсивність CO₂ при постійному паритеті купівельної спроможності (kCO₂/\$15p) у 2023 році

Джерело: побудовано автором на основі [87]

Реалізація тесту Хаузмана (див. табл. 2.14) для моделі оцінки річного темпу зростання ВВП на душу населення на основі постійної місцевої валюти показала, що нульову гіпотезу про доцільність використання random effect (RE) для побудови моделі слід відхилити, а отже, нами було вибрано модель із фіксованими ефектами.

Таблиця 2.14

Результати тесту Хаузмана для моделі оцінки GDP_GROW_PC

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	7.5789	3	0.0349

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Із отриманої моделі (таблиця 2.15) не можна зробити висновок про вплив рівня енергоефективності європейських економік на річний темп зростання ВВП на душу населення, оскільки усі змінні, що описують енергоефективність виявились статистично не значущими. Цікаво, що зростання надходження прямих іноземних інвестицій та рівня безробіття сприяє збільшенню річних темпів зростання ВВП в європейських країнах.

Таблиця 2.15

Модель оцінки GDP_GROW_PC				
Dependent Variable: GDP_GROW_PC				
Cross-sections included: 38				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0,7581	0,1385	-5,4736	0.0000
UNEMP	0,0511	0,0053	9,6415	0.0000
GDP_GROW	1,0002	0,0049	204,1224	0.0000
FDGDP	0,0019	0,0005	3,8000	0.0022
R-squared	0.8797			
Prob(F-statistic)	0.000000			

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Аналогічно до попередніх моделей для оцінювання ВВП на душу населення країн Європи після реалізації відповідних статистичних тестів (таблиця 2.16) нами було вибрано модель панельної регресії із фіксованими ефектами. Пояснюючими змінними у цій моделі були: частка експорту у ВВП, енергоємність ВВП та валове виробництво електроенергії із розрахунку на душу населення (таблиця 2.17).

Таблиця 2.16

Результати тесту Хаузмана для моделі оцінки GDPCAP

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	26.2036	3	0.0000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Таблиця 2.17

Модель оцінки GDPCAP

Dependent Variable: GDPCAP				
Cross-sections included: 38				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	22562,1	3181,845	7,0909	0.0000
EXP_GDP	265,6471	34,5235	7,6947	0.0000
EI	-3511,9145	462,4342	-7,5944	0.0000
EL_CAP	8963949	1654643	5,4175	0.0000
R-squared	0.8973			
Prob(F-statistic)	0.000000			

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Негативний вплив енергоємності ВВП країн Європи на величину ВВП на душу населення підтверджується також динамікою цих показників, зображеною на рисунку 2.9.

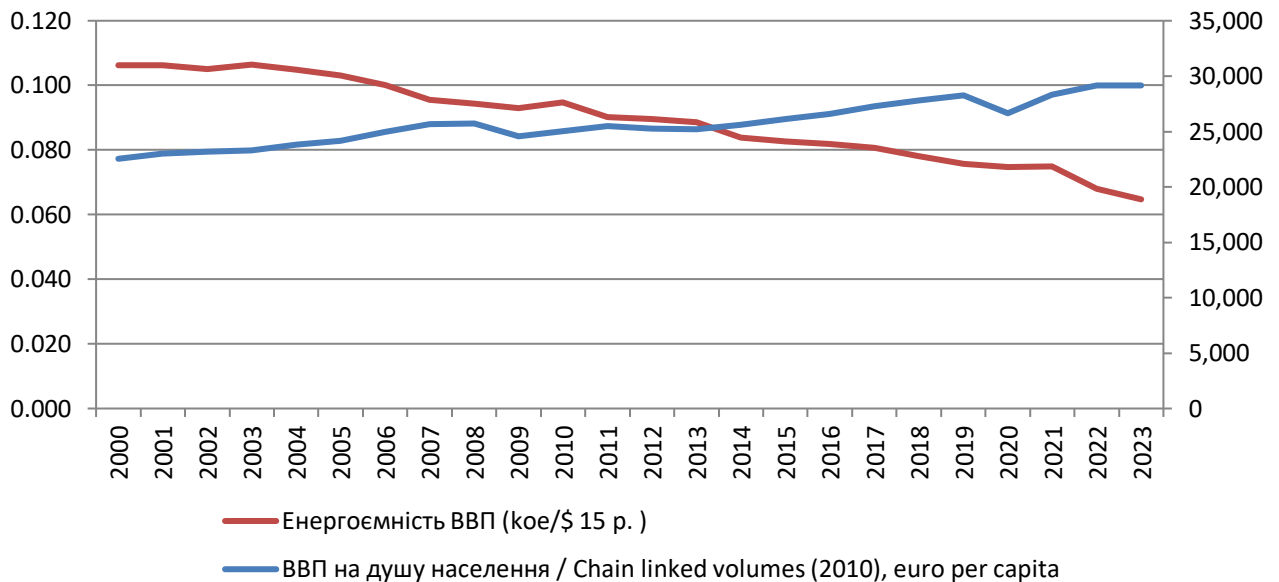


Рис. 2.9. Динаміка ВВП на душу населення та енергоємності ВВП країн Європи
Джерело: побудовано автором на основі [90], [91]

Частка електроенергії в загальному кінцевому споживанні енергії у світі та Європі постійно зростає (рис. 2.10), що теж пояснює позитивний вплив валового виробництва електроенергії із розрахунку на душу населення на величину ВВП на душу населення країн Європи. Враховуючи, що з кожним роком у європейських країнах збільшується частка відновлювальної енергетики, це теж можна вважати позитивним впливом енергоефективності на економічне зростання, яке вимірюється у даному випадку величиною ВВП на душу населення. Слід відзначити, що європейські країни вибудовують свою енергетичну політику з тим, щоб протягом цього десятиліття взагалі відмовитися від вугілля при виробленні електроенергії.

Нами було побудовано низку економетричних моделей оцінювання окремих макроекономічних показників країн Європи, які дають змогу ідентифікувати яким чином енергоефективність впливає на економічне зростання в цих країнах та визначити фактори, які справляють статистично значущий вплив на ці показники.

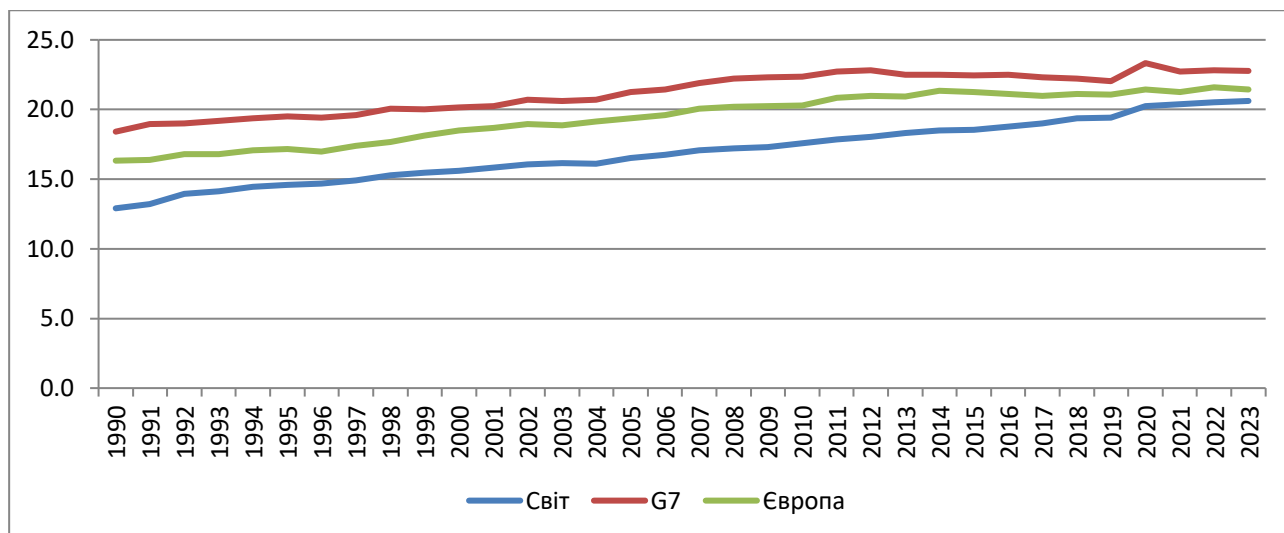


Рис.2.10. Частка електроенергії в загальному кінцевому споживанні енергії (%)

Джерело: побудовано автором на основі [87]

На основі отриманих моделей оцінки ключових макроекономічних показників, які характеризують рівень економічного розвитку країн Європи можна зробити висновок, що підвищення енергоефективності в цілому позитивно впливає на економічне зростання в цих країнах. Аналіз наукової літератури теж показує, що така залежність має місце здебільшого в економічно розвинутих країнах чи окремих регіонах, тоді як в менш розвинутих така тенденція не прослідковується [22].

2.3. Використання DEA моделей для врахування кращих європейських практик при формуванні організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки

Сучасні тенденції в енергетичному секторі вимагають нових підходів до аналізу та планування енергетичних стратегій, де моделі DEA можуть стати ефективним інструментом для оцінки та підвищення енергоефективності. Крім того, перехід до відновлюваних джерел енергії потребує комплексного аналізу ефективності їх впровадження та впливу на економіку. Розробка ефективних стратегій підвищення енергоефективності дозволяє не лише зменшити витрати

на енергію, але й сприяє зменшенню впливу на довкілля. Для України, яка має високий рівень енергоемності, актуальним є впровадження європейського досвіду у сталому енергетичному розвитку. Крім того, міжнародні угоди, такі як Паризька кліматична угода, вимагають від держав розробки та реалізації заходів зі зменшення викидів CO₂. В цьому контексті використання DEA моделей для аналізу ефективності енергетичних систем допоможе країнам досягти поставлених цілей сталого розвитку.

У наукових дослідженнях активно використовують DEA для оцінки енергоефективності та інноваційної діяльності країн ЄС. Наприклад, оцінки охоплюють використання екологічних інновацій для скорочення викидів CO₂ та підвищення енергоефективності через розвиток зелених технологій. Дослідження показують, що екологічні інновації мають значний вплив на енергоефективність в європейських країнах, і моделі DEA можуть допомогти в аналізі цього впливу, як це продемонстровано в роботах таких авторів, як Gómez-Calvet et al. [102]. Моделі DEA також використовуються для оцінки ефективності відновлюваних джерел енергії в країнах Європи. Jamshidi et al. в [117] розглянули альтернативні показники для оцінки відновлюваної енергетики, використовуючи DEA, і встановили, що ефективність варіюється між країнами залежно від політик та рівня інвестицій у зелену енергетику. У роботі Moutinho та Madaleno [143] було використано двоетапну модель DEA для оцінки енергоефективності 27 країн ЄС протягом 2008-2018 років. У першому етапі оцінювалась технічна ефективність на основі показників ВВП на душу населення та викидів парникових газів, а в другому – аналізувалися детермінанти ефективності за допомогою фракційної регресії. Було встановлено, що зменшення викидів CO₂ та метану (CH₄) позитивно впливає на енергоефективність, причому найкращі результати продемонструвала Ірландія. У статті Simeonovski et al. [177] досліджено енергоефективність країн ЄС за допомогою орієнтованої на вихід моделі DEA. Аналіз охоплює період з 2010 по 2018 рік, враховуючи змінні ресурсоемності економіки та викиди. Автори виявили, що старі країни-члени ЄС були значно ефективнішими у використанні

енергоресурсів порівняно з новими країнами-членами, причому загальний рівень неефективності склав 16%.

Дослідження, проведене Karasek et al. [119] використало DEA моделі для аналізу енергоефективності у 2013 та 2020 роках. Було виявлено, що середня ефективність країн знизилася у 2020 році порівняно з 2013 роком, і відбулося зростання диференціації між країнами щодо енергоефективності. Це вказує на необхідність впровадження нових технологій та політик для поліпшення трансформації енергоресурсів. У роботі Fidanoski et al. [92] автори аналізують енергоефективність 30 розвинених країн, використовуючи DEA для оцінки ефективності споживання первинної енергії та електроенергії, з акцентом на вплив відновлюваних джерел енергії та екологічних заходів. Результати показують, що турбота про навколишнє середовище не впливає на ефективність загалом, тоді як залежність від енергії, виробленої з відновлюваних джерел, дещо її знижує.

Стаття Pishgar-Komleh et al. [158] аналізує енергоефективність сільськогосподарських систем ЄС із використанням DEA, порівнюючи традиційні та консерваційні методи виробництва пшениці. Хоча стаття Halkos & Polemis [108] фокусується на США, вона надає цінні поради щодо використання DEA для оцінки екологічної ефективності енергетичного сектора, що також може бути застосовано до країн ЄС. Rashidi & Saen [163] дослідили енергозбереження та скорочення небажаних викидів в країнах OECD, використовуючи DEA для оцінки ефективності зменшення негативних викидів, зокрема CO₂. Вони виявили, що країни з більш розвиненими технологіями енергозбереження показали вищу ефективність. Pang et al. [153] порівняли загальні фактори енергоефективності країн, що використовують чисту енергію, та оцінювали вплив на ефективність використання ресурсів і викидів. Beltrán-Esteve & Picazo-Tadeo [59] використовували DEA для оцінки еко-інновацій та ефективності у країнах ЄС. Вони дослідили, як впровадження інноваційних технологій впливає на підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів. Mardani et al. [139] провели огляд застосування DEA в енергетичній

економіці, показавши ключові напрями розвитку методології для оцінки енергоефективності в країнах ЄС та інших регіонах. Gökgöz & Erkul [101] проаналізували енергоефективність у європейських країнах, використовуючи DEA. Вони показали, що нові країни-члени ЄС значно поступаються старим за показниками енергоефективності. Moutinho & Madaleno [144] провели крос-національний аналіз енергоефективності в ЄС із використанням DEA, з акцентом на економічну та екологічну ефективність. Robaina et al. [165] використовували DEA для побудови нових моделей енергоефективності в європейських країнах, що враховують економічні та екологічні показники. Halkos & Petrou [107] оцінили енергоефективність у секторах утилізації відходів в ЄС, демонструючи, як ефективне управління ресурсами може сприяти зменшенню викидів. Duman & Kasman [74] застосували DEA моделі для оцінки технічної екологічної ефективності у країнах-членах та кандидатах ЄС. Їх аналіз показав, що економічне зростання не завжди співвідноситься з підвищенням енергоефективності. Gómez-Calvet et al. [103] досліджували динаміку показників екологічності країн ЄС, використовуючи метод DEA, показуючи, як зміна економічних умов впливає на енергетичну політику. Різні аспекти оцінки енергоефективності країн Європи та їх зв'язку із показниками економічного розвитку висвітлено у роботах Кишакевича [15], [132]. У дослідженнях Rashidi & Saen [162], Duman & Kasman [73], Beltrán-Esteve & Pícazo-Tadeo [58] основна увага приділена технічним аспектам оцінки екологічної ефективності в Європейському Союзі.

В Україні має місце чітка тенденція до зменшення викидів CO₂ з 2005 по 2022 роки. Зниження з приблизно 350 000 тисяч тон до трохи менше ніж 150 000 тисяч тонн в 2022 році свідчить про певний прогрес у скороченні викидів (рис 2.11).

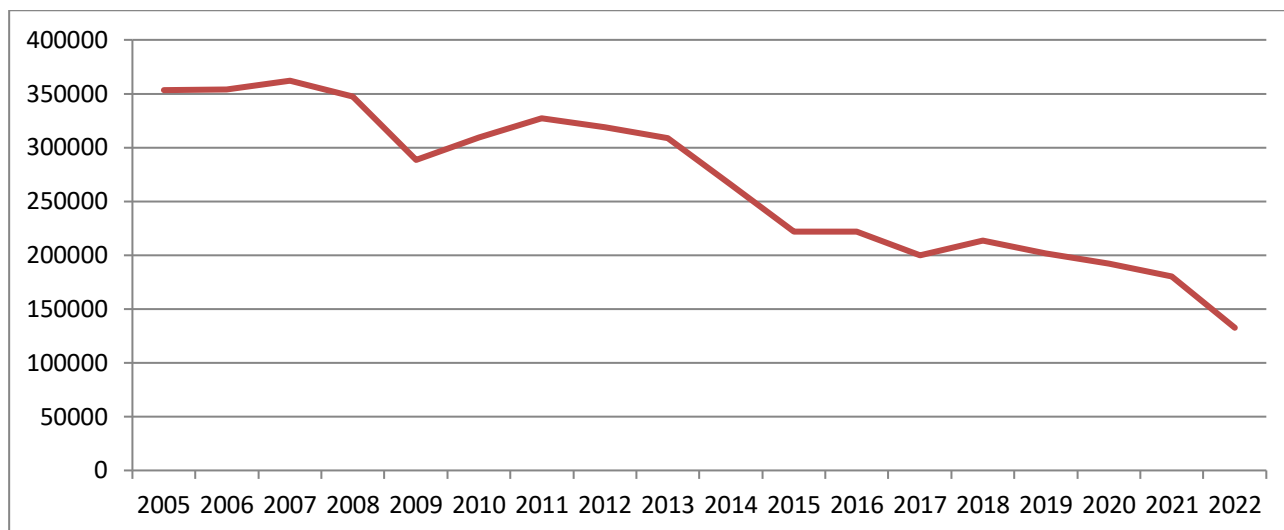


Рис. 2.11. Викиди викопного вуглекислого газу (CO₂) в Україні (тисяч тон)
Джерело: побудовано автором на основі [89]

Хоча Україна демонструє позитивну динаміку у зниженні викидів CO₂, високий рівень енергоємності та енергетичної залежності (табл. 2.18) свідчать про наявність серйозних проблем в енергетичній політиці країни.

Таблиця 2.18

Основні показники споживання енергії в Україні за 2022 рік

Показник	Значення
Темп зростання ВВП	-29% на рік
Енергетична незалежність	77,1%
Загальне споживання/ВВП (за паритетом купівельної спроможності)	64,9 (2005=100)
Викиди CO ₂	3,14 тCO ₂ /капіта
Рівень втрат електроенергії у передачі та розподілі	10,9%

Джерело: побудовано автором на основі [89], [90]

За енергоємністю (кількістю енергії, спожитої на одиницю ВВП), Україна має один із найвищих показників — 7,11 MJ на одиницю ВВП (за паритетом купівельної спроможності), що є значно вищим, ніж у більшості інших країн Європи. Лише Ісландія має більший показник — 11,93 MJ/ВВП (рис. 2.12). Висока енергоємність означає, що на кожен одиницю ВВП країна використовує більше енергії, ніж інші країни, що може свідчити про старі енергетичні технології та недостатню енергоефективність промислового та житлового секторів.

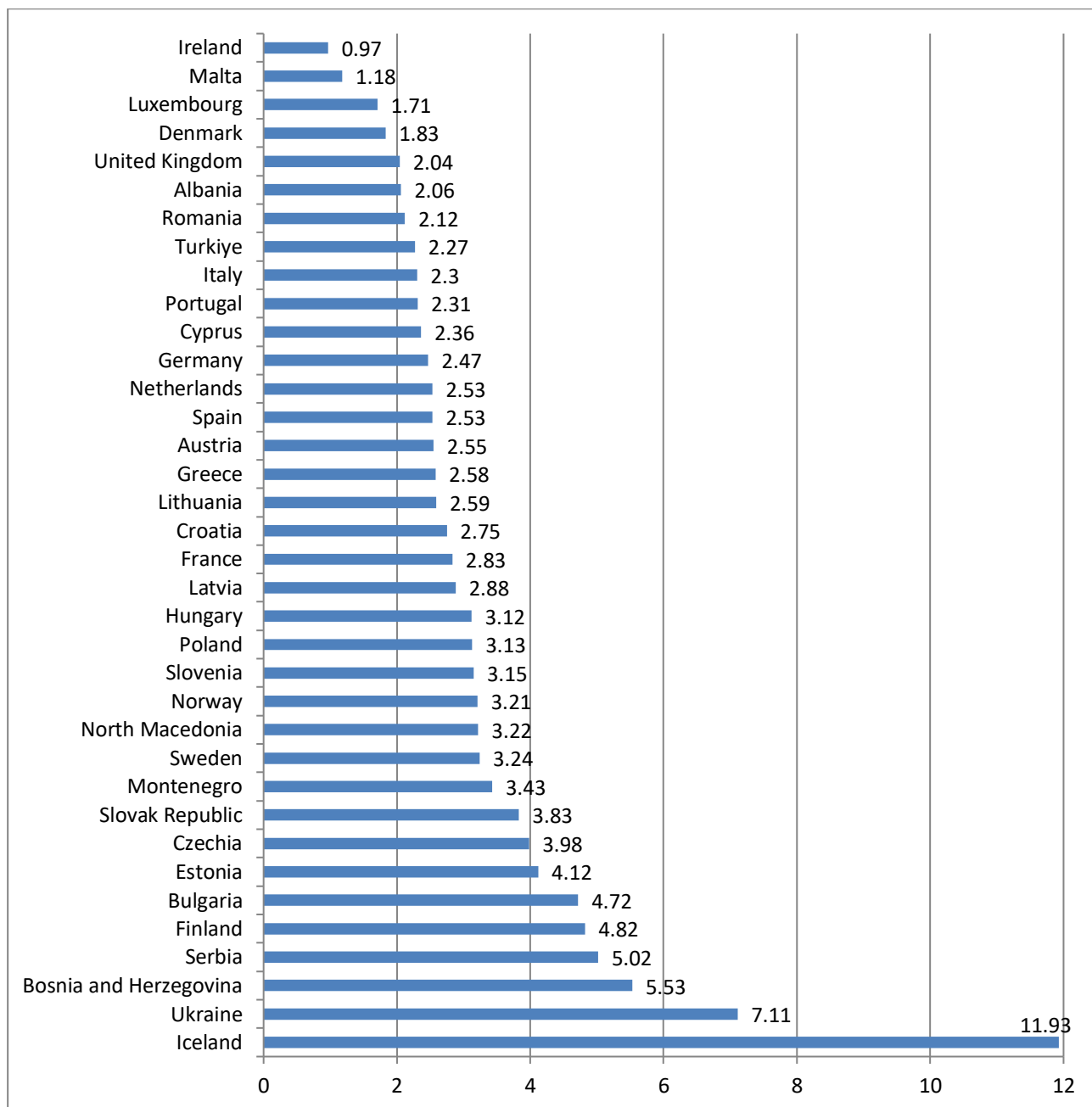


Рис. 2.12 Енергоємність первинної енергії у 2022 році (MJ/\$2017 PPP GDP)

Джерело: побудовано автором на основі [88]

В Україні існують значні втрати енергії, особливо в процесах її виробництва, транспортування та споживання. Це зумовлено застарілою інфраструктурою, неефективними технологіями та низькою часткою відновлюваних джерел енергії.

Нами пропонується використати DEA моделі для порівняння енергетичного сектору України із європейськими країнами та на основі аналізу ваг λ розробити стратегії підвищення енергоефективності на основі прикладів найкращих європейських практик, визначати слабкі місця в поточній

енергетичній структурі України та оптимізувати використання ресурсів для досягнення найкращих економічних і екологічних результатів.. Це дозволить розробити адресні стратегії для оптимізації використання ресурсів та мінімізації втрат.

У подальшому для аналізу енергоефективності використовуватимемо орієнтовані на вхід DEA моделі, оскільки з огляду на вибір вхідних змінних, таких як енергоємність (EI), викиди CO₂ та електроспоживання (EL_SUP_CAP), та вихідних змінних, таких як економічне зростання (GDP_GROW_PC) і ВВП на душу населення (GDP_CAP), орієнтовані на вхід DEA моделі виглядають більш релевантними. Основний акцент цього дослідження полягає в оптимізації використання енергоресурсів, електроенергії та зменшенні екологічного впливу (викидів CO₂). Мета — зменшити споживання ресурсів (вхідні змінні), залишаючи економічні результати (вихідні змінні) на тому ж рівні або навіть покращити їх. Вхідна орієнтація дозволяє зрозуміти, як країни можуть досягати тих самих економічних результатів, знижуючи споживання енергії та електрики, а також зменшуючи викиди CO₂. Це відповідає меті дослідження - оцінити енергоефективність і зменшення екологічного впливу. Орієнтовані на вихід моделі менш релевантні, тому що вони фокусуються на максимізації результатів (економічного зростання та ВВП), залишаючи фіксованими вхідні змінні.

Вибір між моделлю з змінними масштабами ефективності (VRS) або постійними масштабами ефективності (CRS) у DEA залежить від припущень про те, як змінюються результати (outputs) зі зміною ресурсів (inputs). Модель CRS (Constant Returns to Scale) передбачає, що зміна вхідних змінних призводить до пропорційної зміни вихідних змінних. CRS модель підходить, якщо країни або інші DMU (Decision-Making Units) діють за однаковими умовами і мають можливість досягати однакових масштабів виробництва або продуктивності незалежно від їх розміру. Перевагами такого підходу є те, що ця модель простіша і підходить для ситуацій, де всі одиниці мають однакові можливості і працюють в однакових умовах ринку.

Модель VRS (Variable Returns to Scale) передбачає, що зміна вхідних змінних може призвести до непропорційної зміни вихідних змінних. Тобто, збільшення ресурсів у два рази може призвести до збільшення результатів менш ніж удвічі (спадні масштаби) або більше ніж удвічі (зростаючі масштаби). VRS модель підходить, коли припускається, що країни чи інші DMU працюють в різних умовах і можуть не мати однакових можливостей до масштабного зростання продуктивності. Наприклад, великі країни можуть мати економії на масштабах, а малі — ні. Ця модель є гнучкішою і враховує, що різні країни можуть діяти в умовах зростаючих або спадних масштабів. Це важливо, коли аналізуються різні країни, які можуть мати різну економічну структуру, ресурси та потенціал.

Таким чином, модель VRS (Variable Returns to Scale) більше підходить для нашої цілі дослідження, оскільки вона враховує різні економічні умови, масштаби та продуктивність кожної країни. Вона дозволяє зрозуміти, як країни можуть бути ефективними в умовах різних масштабів виробництва та ресурсів, що є більш реалістичним для аналізу на міжнародному рівні.

Кожна DMU_j ($j = 1, \dots, n$) має m входів x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) та генерує s виходів y_{rj} ($r = 1, \dots, s$). У нашому випадку DMU представлятиме одну із 38 країн Європи ($n=38$). Ваги v_i ($i = 1, 2, \dots, m$) входів та u_r ($r = 1, 2, \dots, s$) виходів вважаються змінними. У моделі BCC передбачається, що ефективна границя утворена опуклою оболонкою існуючих DMU. BCC модель, на основі якої ми визначатимемо VRS ефективність у загальному випадку матиме вигляд:

$$\min \theta_o \quad (2.5)$$

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} - \theta_o x_{io} \leq 0 \quad (2.6)$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} - y_{ro} \geq 0 \quad (2.7)$$

$$\sum_j \lambda_j = 1 \quad (2.8)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (2.9)$$

У DEA моделі важливо, щоб вхідні та вихідні змінні відповідали певній логіці: вхідні змінні зазвичай мають бути дестимуляторами (тобто їх менше значення вказує на більшу ефективність), а вихідні змінні — стимуляторами (їх більше значення вказує на більшу ефективність). Це забезпечує правильну інтерпретацію результатів аналізу. Вхідні змінні представляють ресурси або витрати, які використовуються для досягнення результатів. Чим менше значення вхідних змінних, тим ефективніше DMU використовує свої ресурси, що є бажаним результатом. Наприклад, споживання енергії, витрати на матеріали, витрати часу — це все типові дестимулятори, оскільки зменшення їх значення вказує на підвищення ефективності. Вихідні змінні представляють результати, які досягаються DMU. Чим більше значення вихідних змінних, тим вищу продуктивність показує DMU. Для оцінки енергоефективності країн Європи нами було запропоновано три DEA моделі із відповідними наборами вхідних та вихідних змінних (таблиці 2.19 та 2.20).

Модель 1 фокусується на електроспоживанні, що може бути корисним для аналізу країн або регіонів із високою часткою електроенергії у загальному енергоспоживанні. Модель 2 ставить акцент на споживанні твердих горючих копалин, таких як вугілля, що має сенс для країн із великою часткою цього ресурсу в енергетичному балансі. Модель 3 робить акцент на загальному споживанні первинної енергії, що дозволяє більш широкий аналіз всієї енергетичної системи, включаючи як викопні, так і відновлювані джерела.

Таблиця 2.19

Змінні DEA моделей

Змінні	Опис
EN_INT	Рівень енергоємності первинної енергії (MJ/\$2017 PPP GDP)
CO ₂	Інтенсивність викидів CO ₂ (kg per PPP \$ of GDP)
EL_CAP	Електроенергія, доступна для кінцевого споживання на душу населення, GWh/капіта
SOLID_CAP	Внутрішнє споживання твердого викопного палива на душу населення, кТ/капіта
CON_ENER_CAP	Споживання первинної енергії на душу населення, (Mtoe)
GDP_GR_CAP	Зростання ВВП за рік, (%)
GDP_CAP	Річний темп зростання ВВП на душу населення, %

Джерело: розроблено автором

DEA моделі оцінки енергоефективності країн Європи

	Модель 1 Оцінка енергоефективності із акцентом на електроспоживання	Модель 2 Оцінка енергоефективності із акцентом на споживання твердих горючих копалин	Модель 3 Оцінка енергоефективності із акцентом на споживання первинної енергії
Вхідні змінні			
EN_INT	+	+	+
CO ₂	+	+	+
EL_CAP	+		
SOLID_CAP		+	
CON_ENER_CAP			+
Вихідні змінні			
GDP_GR_CAP	+	+	+
GDP_CAP	+	+	+

Джерело: розроблено автором

Первинна енергія — це фундаментальний ресурс, що використовується для виробництва всіх інших видів енергії, і відіграє ключову роль у функціонуванні сучасної економіки, впливаючи на енергетичну безпеку, економічну ефективність і екологічну стійкість.

Таким чином, модель 3 можна вважати деяким узагальненням моделей 1 та 2, оскільки вона враховує як ресурси на виробництво електроенергії, так і використання твердих горючих копалин.

Важливу інформацію стосовно оптимізації використання енергії в країні несуть вагові коефіцієнти λ у DEA моделі з змінним ефектом масштабу (VRS). На основі їх значень можна виробити рекомендації для неефективної Decision-Making Unit (DMU) з метою покращення її ефективності. Лямбди показують, які саме ефективні DMU (у нашому випадку країни) використовуються для побудови віртуальної референтної DMU для оцінки неефективного DMU. Високі значення λ для конкретних DMU вказують на те, що ці DMU можуть слугувати прикладом для наслідування. Рекомендується вивчити, як ці референтні DMU управляють своїми ресурсами (вхідними змінними) та досягають високих результатів (вихідні змінні). Наприклад, якщо референтні DMU споживають менше енергії або мають нижчі викиди при високому економічному результаті, неефективний DMU може проаналізувати ці практики

та впровадити подібні підходи. На основі ваг λ можна визначити, за рахунок чого саме ефективні DMU досягають своїх результатів. Якщо певний DMU має високі λ щодо інших DMU, це означає, що він може знизити певні вхідні змінні (наприклад, споживання енергії, витрати) до рівня референтних DMU. Неефективному DMU слід зосередитися на зниженні тих вхідних ресурсів, які мають великий вплив на його неефективність, порівнюючи з референтними DMU.

Інформація про ваги λ в DEA моделі може бути використана на наступні цілі:

1. Оптимізація вихідних змінних:

- Підвищення результатів: Якщо неефективний DMU має значно нижчі результати порівняно з референтними DMU (які відображаються у вагових коефіцієнтах λ), він повинен розглянути стратегії підвищення своїх вихідних показників. Наприклад, якщо референтні DMU мають вищий ВВП на душу населення, неефективному DMU слід вивчити шляхи підвищення продуктивності або економічного зростання.
- Розробка нових стратегій: Неефективному DMU може бути корисно вивчити, як референтні DMU досягають високих вихідних показників і спробувати впровадити аналогічні стратегії.

2. Бенчмаркінг:

- Використання референтних DMU як орієнтирів: Неефективний DMU може використовувати свої референтні DMU як орієнтири для встановлення цілей покращення. Це дозволить йому порівняти свої показники з кращими практиками та визначити конкретні цілі для підвищення ефективності.

3. Перегляд управлінських практик:

- Аналіз управлінських процесів: Якщо референтні DMU мають різні управлінські процеси або технології, неефективному DMU слід розглянути можливість їх впровадження. Це може включати більш

ефективне управління ресурсами, впровадження нових технологій або оптимізацію операційних процесів.

Рекомендації для неефективного DMU на основі ваг λ включають вивчення та впровадження практик референтних DMU, оптимізацію використання вхідних ресурсів, підвищення вихідних результатів, а також використання референтних DMU як бенчмарків. Основна мета — наблизити показники неефективного DMU до показників ефективних DMU, які використовуються для його оцінки в DEA моделі.

У Додатку Б подано результати оцінок енергоефективності 38 країн Європи на основі DEA моделей за 2021 рік, у таблиці 2.21 – за 2022 рік.

Таблиця 2.21

Результати оцінок ефективності на основі DEA моделей за 2022 рік

	Країна	Модель 1		Модель 2		Модель 3	
		CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
1	Belgium	44,69%	61,26%	30,69%	51,99%	32,50%	52,03%
2	Bulgaria	50,41%	52,59%	23,92%	31,91%	30,96%	47,96%
3	Czechia	35,29%	50,94%	11,42%	32,08%	23,99%	48,33%
4	Denmark	64,76%	91,03%	65,91%	93,26%	67,81%	91,27%
5	Germany	45,66%	63,48%	31,40%	44,07%	41,27%	63,66%
6	Estonia	36,00%	56,26%	91,00%	98,00%	38,55%	55,14%
7	Ireland	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
8	Greece	59,08%	71,74%	31,59%	41,28%	56,31%	66,08%
9	Spain	44,95%	83,25%	47,10%	91,74%	34,46%	77,94%
10	France	52,96%	74,70%	62,21%	98,00%	48,89%	93,48%
11	Croatia	88,00%	97,00%	100,00%	100,00%	105,00%	100,00%
12	Italy	53,48%	85,82%	59,68%	93,20%	46,97%	82,91%
13	Cyprus	48,09%	79,92%	73,12%	96,17%	38,07%	67,36%
14	Latvia	43,43%	85,83%	88,35%	98,00%	28,15%	82,97%
15	Lithuania	47,88%	84,50%	60,06%	101,80%	35,76%	75,73%
16	Luxembourg	80,67%	100,00%	100,00%	100,00%	87,67%	100,00%
17	Hungary	53,44%	75,04%	37,95%	46,68%	38,74%	73,76%
18	Malta	94,44%	100,00%	100,00%	100,00%	92,44%	100,00%
19	Netherlands	54,39%	69,97%	36,82%	55,79%	29,22%	59,93%
20	Austria	40,31%	65,05%	29,02%	60,23%	45,20%	69,79%
21	Poland	53,53%	71,45%	24,11%	28,28%	41,67%	51,54%
22	Portugal	41,86%	75,78%	90,28%	99,00%	42,14%	84,55%
23	Romania	69,62%	100,00%	35,71%	58,49%	43,09%	97,00%
24	Slovenia	37,17%	55,46%	28,72%	40,22%	37,54%	65,78%
25	Slovak Republic	33,44%	66,36%	11,85%	37,37%	23,46%	55,07%
26	Finland	30,97%	51,96%	29,97%	54,88%	31,97%	54,72%

Продовження таблиці 2.21

27	Sweden	70,81%	100,00%	68,81%	100,00%	73,81%	100,00%
28	Iceland	64,19%	83,46%	70,19%	88,46%	64,19%	90,46%
29	Norway	73,13%	77,72%	74,32%	100,00%	69,13%	74,72%
30	United Kingdom	72,26%	86,16%	46,40%	72,68%	52,44%	86,56%
31	Montenegro	70,27%	71,99%	47,40%	48,07%	78,68%	77,29%
32	North Macedonia	38,84%	74,93%	11,36%	30,33%	37,11%	65,81%
33	Albania	66,00%	87,00%	88,00%	100,00%	100,00%	100,00%
34	Serbia	54,01%	60,06%	13,50%	24,01%	39,08%	42,96%
35	Turkiye	81,30%	91,43%	43,28%	46,48%	76,91%	74,83%
36	Bosnia and Herzegovina	74,31%	79,74%	15,57%	12,96%	45,01%	44,65%
37	Kosovo	85,91%	94,56%	58,52%	58,23%	76,28%	88,01%
38	Ukraine	34,18%	89,32%	11,22%	22,42%	15,69%	40,43%

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EMS на основі джерел [87]-[90]

Ваги λ для України за 2022 рік для VRS DEA моделей подано у таблиці 2.22.

Таблиця 2.22

Ваги λ для України за 2022 рік для VRS DEA моделей

Модель 1	Модель 2	Модель 3
33 (1,00)	7 (0,68) 10 (0,24) 27 (0,07)	7 (0,08) 33 (0,92)

Ваги λ у дужках, число перед дужками – номер DMU (країни)

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EMS на основі джерел [87]-[90]

У випадку моделі 1, яка оцінює енергоефективність із акцентом на електроспоживання референтною країною для України є Албанія (країна під номером 33), це означає, що Албанія є прикладом для України в цьому контексті. Албанія є прикладом країни, яка активно використовує відновлювані джерела енергії, зокрема гідроелектроенергію, для значної частини своїх енергетичних потреб. Україні слід звернути увагу на цей досвід і розглянути можливість збільшення частки відновлюваних джерел енергії, таких як гідроенергетика, вітрова та сонячна енергетика. Албанія має відносно низькі викиди CO₂ на одиницю ВВП завдяки значній залежності від гідроелектроенергії та майже у тричі нижчу енергоємність у порівнянні із Україною. Україні слід вивчити, як Албанія скорочує використання викопного палива, і працювати над подібними стратегіями для зниження викидів,

наприклад, через розвиток екологічно чистих технологій і скорочення вуглецевого сліду в енергетиці.

Ірландія (DMU 7) з вагою $\lambda = 0.68$ (таблиця 5), є основною референтною країною для України в моделі 2. Франція (DMU 10) і Швеція (DMU 27) також є важливими референтними країнами, але їхній внесок у формування "віртуальної ефективної країни" для моделі 2 є меншим порівняно з Ірландією. Це означає, що Ірландія є головним прикладом для моделі 2 в аспекті ефективного використання твердого викопного палива на душу населення при досягненні відповідних економічних результатів. Україна повинна орієнтуватися на Ірландію як приклад ефективного використання твердого викопного палива. Основний акцент повинен бути зроблено на скороченні його споживання та переході до більш сталих джерел енергії, щоб досягти кращих економічних результатів із меншою енерговитратністю. Ірландія слугує яскравим прикладом, як країна може знизити використання викопних палив і водночас підтримати економічне зростання, розвиваючи відновлювані джерела енергії. Ірландія активно припиняє використання твердого викопного палива в енергетиці. Торф, що історично використовувався для опалення та електрогенерації, зараз поступово виводиться з ужитку. За планом до 2030 року, Ірландія прагне скоротити викиди CO₂ на 51% порівняно з рівнем 2018 року.

У моделі 3 ваги λ для України показують, що референтними країнами є: Ірландія (DMU 7) з вагою 0.08 та Албанія (DMU 33) з вагою 0.92. Україна може наслідувати досвід Албанії, яка має найбільше значення λ та має низьке споживання викопних палив та значно використовує відновлювані джерела енергії, для підвищення своєї енергоефективності.

У DEA (Data Envelopment Analysis) моделях, референтними одиницями або DMU (Decision-Making Units) відбираються ті одиниці, які є ефективними і можуть використовуватися для оцінки неефективних одиниць. Референтними одиницями є ті DMU, які знаходяться на межі ефективності (ефективні одиниці). Це означає, що ці одиниці використовують свої вхідні ресурси для

отримання максимальних вихідних результатів. Вони є своєрідними зразками або еталонами ефективності для інших одиниць. Неефективні DMU порівнюються з ефективними DMU, які знаходяться найближче до них у просторі вхідних та вихідних змінних. Це допомагає неефективним одиницям знайти найбільш схожі ефективні одиниці, від яких вони можуть навчитися або на яких можуть орієнтуватися. Для кожної неефективної DMU будується віртуальна ефективна одиниця шляхом взяття опуклої комбінації кількох ефективних одиниць. Ваги λ показують, наскільки кожен референтний DMU впливає на формування цієї віртуальної одиниці. Ті DMU, для яких значення лямбд більше, є важливішими в якості референтів для даної неефективної одиниці. У випадках, коли різні DMU працюють за різних умов (наприклад, зростаючі або спадні масштаби виробництва), VRS (Variable Returns to Scale) модель дозволяє враховувати ці різниці. Це означає, що навіть за різних умов референтними одиницями стають ті DMU, які є найбільш релевантними з точки зору ефективності. У випадку України референтними одиницями є Ірландія та Албанія, тому що ці країни використовують свої ресурси (енергоємність, споживання енергії, викиди CO₂) для досягнення кращих економічних результатів порівняно з Україною. Лямбди для цих країн показують, наскільки кожна з них впливає на створення "віртуальної" ефективної країни для України. Референтні DMU в DEA моделі відбираються на основі їхньої ефективності та близькості до неефективних одиниць у просторі вхідних та вихідних змінних. Неефективна DMU (Україна) порівнюється з ефективними DMU (Ірландія, Албанія), які використовуються як приклад для наслідування або моделювання для підвищення ефективності.

Підхід на основі DEA методології дозволяє оцінювати ефективність з урахуванням багатьох чинників. Нами було враховано енергоємність, інтенсивність викидів CO₂, споживання енергії та ВВП, що дало змогу отримати комплексну картину ефективності енергетичної системи країн Європи. DEA моделі можуть використовуватися для аналізу країн з різними рівнями розвитку та різними економічними і енергетичними структурами.

Зокрема, VRS моделі з змінним ефектом масштабу дозволяють враховувати особливості великих та малих економік. DEA методологія дає змогу кожній країні порівнюватися не лише із загальними показниками, а з найближчими референтними країнами. Це дозволяє більш точно виявляти слабкі місця у власній енергетичній політиці та наслідувати найкращі практики референтних країн.

Було запропоновано три набори вхідних та вихідних змінних для DEA моделей оцінювання енергоефективності країн Європи та отримано відповідні оцінки, які дозволяють побудувати рейтинги країн у залежності від акценту, який робився на певні види ресурсів. Нами було проаналізовано ефективність використання первинної енергії та електроспоживання, що критично для України з огляду на високий рівень втрат енергії. Високі вагові коефіцієнти λ свідчать про те, що Ірландія та Албанія можуть стати прикладами для наслідування у питанні управління енергетичними ресурсами України. Референтні країни, такі як Ірландія та Албанія, показують шлях для впровадження ефективних енергетичних стратегій в Україні. Успішний досвід Ірландії показує, як можна одночасно скорочувати використання викопних палив і досягати економічного зростання завдяки інвестиціям у відновлювані джерела енергії. Україна повинна зосередитися на скороченні споживання викопного палива та інвестуванні в відновлювані джерела енергії.

Висновки до розділу 2

- 1) Згідно з проведеним аналізом, основними факторами, що суттєво впливають на енергоємність ВВП країн Європи, є інтенсивність викидів CO₂, рівень безробіття, споживання первинної енергії на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення. Споживання первинної енергії визначається внутрішнім споживанням твердого викопного палива та природного газу на душу населення. Найбільша кількість змінних впливає на споживання первинної енергії на душу населення, що включає споживання газу, рівень безробіття, експорт товарів і послуг до ВВП, а

також доступну електроенергію. Валова доступна енергія залежить від безробіття, виробництва електроенергії та споживання газу на душу населення. Моделі підтверджують залежність між економічним зростанням та енергоефективністю європейських країн. Зростання показників GDPCAP та EXP_GDP знижує інтенсивність викидів CO₂, що вказує на можливість сталого розвитку. Позитивний зв'язок між енергоємністю та рівнем безробіття свідчить про те, що економічне зростання супроводжується покращенням енергоефективності.

- 2) У роботі пропонується набір найбільш ефективних моделей фінансування відновлюваної енергетики для України. З огляду на військовий стан та економічні виклики, з якими країна стикається, особливе значення набувають такі механізми, як міжнародні гранти і донорська допомога, публічно-приватні партнерства (PPP), зелені облігації та багатосторонні кредитні угоди. Одним із ключових завдань сьогодення є впровадження децентралізованої автономної генерації, що сприятиме енергетичній безпеці та незалежності України під час війни. Показано, що ДАГ підвищує стійкість, надійність та автономність енергосистеми, що має вирішальне значення у контексті можливих ризиків і пошкоджень центральної інфраструктури в умовах війни.
- 3) У Розділі представлено шість ключових бізнес-моделей, які можуть стимулювати розвиток децентралізованої генерації електроенергії. Модель енергетичних кооперативів залучає місцеві громади до виробництва і споживання відновлюваної енергії, сприяючи їхній енергетичній самодостатності та економічній стабільності. Модель "Pay-as-you-go" (PAYG) полегшує доступ до електроенергії, усуваючи потребу в значних початкових витратах для споживачів. Оренда обладнання дозволяє використовувати сучасні енергетичні рішення без значних фінансових витрат на старті. Енергосервісні компанії (ESCO) пропонують комплексні енергоефективні рішення, зменшуючи фінансові ризики для клієнтів. Модель краудфандингу сприяє залученню коштів від великої кількості

інвесторів для реалізації проектів, підтримуючи інновації та підвищуючи інформованість про них. Публічно-приватні партнерства (PPP) дозволяють ефективно об'єднувати ресурси та знання обох секторів для реалізації масштабних інфраструктурних проектів.

- 4) Було побудовано низку економетричних моделей оцінювання окремих макроекономічних показників країн Європи, які дають змогу ідентифікувати яким чином енергоефективність впливає на економічне зростання в цих країнах та визначити фактори, які справляють статистично значущий вплив на ці показники. На основі отриманих моделей оцінки ключових макроекономічних показників, які характеризують рівень економічного розвитку країн Європи можна зробити висновок, що підвищення енергоємності та інтенсивності викидів CO₂ негативно впливають на рівень економічного добробуту населення країн Європи (ВВП на душу населення). Це може бути пов'язано з тим, що висока енергоємність свідчить про неефективне використання енергоресурсів, що збільшує витрати на виробництво та споживання, знижуючи прибутки та доходи на душу населення. Крім того, інтенсивні викиди CO₂ можуть призводити до негативних екологічних наслідків, які погіршують якість життя та вимагають значних витрат на охорону здоров'я та екологічні проекти, що також негативно впливає на економічний добробут. Водночас підвищення інтенсивності викидів CO₂ може позитивно впливати на темпи економічного зростання. Це можна пояснити тим, що збільшення викидів часто є наслідком активізації промислового виробництва та економічної діяльності, що призводить до зростання ВВП у короткостроковій перспективі. Однак цей позитивний вплив на економічне зростання може бути тимчасовим і супроводжуватися довгостроковими негативними екологічними та соціальними наслідками, такими як погіршення здоров'я населення або зміни клімату, які зрештою можуть сповільнити економічне зростання і погіршити добробут.

5) Було запропоновано три DEA моделі оцінки енергоефективності 38 країн Європи, що дозволило отримати відповідні результати і сформувані рейтинги країн залежно від акценту на використання різних видів ресурсів: електроспоживання, споживання твердих горючих копалин та споживання первинної енергії. Нами було обрано VRS (Variable Returns to Scale) моделі, які більше підходить для нашої цілі дослідження, оскільки вони враховують різні економічні умови, масштаби та продуктивність кожної країни. Вони дозволяють зрозуміти, як країни можуть бути ефективними в умовах різних масштабів виробництва та ресурсів, що є більш реалістичним для аналізу на міжнародному рівні. У ролі референтних країн для України було обрано Ірландію та Албанію, які отримали високі вагові коефіцієнти λ в DEA моделях у випадку України. Це означає, що вони можуть слугувати прикладом для України в управлінні енергетичними ресурсами, оскільки ці референтні країни демонструють ефективні підходи до впровадження енергетичних стратегій. Досвід Ірландії показує, як можна одночасно скорочувати споживання викопних палив і забезпечувати економічне зростання через інвестиції у відновлювані джерела енергії. Україна має зосередитися на зменшенні використання викопного палива та розширенні інвестицій у відновлювані енергоресурси.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора дисертації: [145], [22], [146], [26], [30]

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ З УРАХУВАННЯМ РЕЗУЛЬТАТІВ КОІНТЕГРАЦІЙНОГО ТА ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВОГО АНАЛІЗУ

3.1. Аналіз коінтеграції та причинно-наслідкових зв'язків між показниками економічного зростання та енергоефективності країн Європи

Європейський кліматичний закон юридично закріплює мету, визначену в Європейському зеленому курсі, яка спрямована на те, щоб до 2050 року зробити європейську економіку вуглецево-нейтральною. Крім того, цей закон вимагає суттєвого скорочення викидів парникових газів, ставлячи за мету зменшення їх обсягів щонайменше на 55% до 2030 року порівняно з рівнями 1990 року. Досягнення таких амбітних цілей вимагає створення ефективних програм, спрямованих на підвищення енергоефективності європейських економік. У сучасних умовах, коли дискусії часто зосереджуються на тому, як підвищені вимоги до енергоефективності національних економік впливають на економічне зростання, стає надзвичайно важливим проаналізувати причинно-наслідкові зв'язки між ключовими показниками, що характеризують ці процеси, та визначити характер їхнього взаємного впливу.

Протягом останніх сорока років загальне споживання енергії в Європі залишалося відносно стабільним, перебуваючи на рівні близько 1300 мільйонів тонн нафтового еквівалента на рік. Однак ситуація кардинально змінюється при аналізі енергії, необхідної для виробництва однієї одиниці валового внутрішнього продукту (ВВП). Цей показник демонстрував значне зниження на 43,3 відсотка в період з 1980 по 2021 рік [63]. Це результат впровадження більш енергоефективних виробничих технологій та підвищення енергоефективності споживчих товарів і послуг. Занепокоєння забезпеченням належного рівня енергопостачання європейських країн та зусилля щодо переходу до більш

ефективної, безпечної та диверсифікованої енергосистеми створили дуже сприятливі умови для розвитку енергоефективних технологій. Попри сприятливу ситуацію, все ще існують значні відмінності в рівні енергоефективності різних країн, і Європа не є винятком. Навіть країни з дуже високими показниками енергоефективності можуть не повністю реалізовувати свій потенціал у цій сфері. Все це визначає необхідність більш детального вивчення проблеми взаємозв'язку між економічним розвитком і енергоефективністю національних економік європейських країн, встановлення причинно-наслідкових зв'язків між ними, що дозволило б формувати довгострокові та короткострокові програми реформування енергопостачальних систем європейських країн.

Багато наукових праць було присвячено пошуку відповіді на це питання. Висновки Алмозайні та ін. (2019) [48] вказують на наявність як односпрямованої, так і двонаправленої причинності Грейнджера між змінними, що представляють економічне зростання та споживання енергії. Кіріккалелі та ін. (2018) підтвердили зворотний зв'язок між споживанням електроенергії та попитом на Інтернет, а також односпрямовану причинність між економічним зростанням і споживанням електроенергії в країнах ОЕСР.

Шахатіт та ін. (2014) [174] визначили взаємозв'язок між економічним зростанням та споживанням енергії в Йорданії за період 1970-2011 років на основі неокласичної теорії продуктивності, яка розглядає капітал, працю та енергію як окремі фактори виробництва. Аналіз підтвердив існування односпрямованої причинності Грейнджера від ВВП до споживання енергії. На думку авторів, така односпрямована причинність надає емпіричні докази того, що економіка Йорданії є менш енергозалежною і відповідає урядовій політиці, спрямованій на підвищення цін на енергію та зниження попиту на енергоспоживання серед населення, головним чином для зменшення дефіциту державного бюджету та зовнішнього боргу. Однак тест Грейнджера не є достатнім для того, щоб зробити подібні висновки.

Баяр та ін. (2019) [57] проаналізували вплив енергоефективності та відновлюваної енергії на економічне зростання в країнах, що розвиваються, за період 1992–2014 років, використовуючи тест на коінтеграцію та тест на причинність Думітреску-Хурліна. Тест на існування коінтеграції показав, що енергоефективність має позитивний вплив на економічне зростання в довгостроковій перспективі, тоді як відновлювана енергія не має значного впливу на економічне зростання в довгостроковій перспективі. Крім того, аналіз причинності виявив односпрямовану причинність від енергоефективності та використання відновлюваної енергії до економічного зростання в короткостроковій перспективі.

Андрей та ін. (2017) [52] показали, що існуючі тенденції зростання попиту на енергію в Європейському Союзі виражені досить чітко, що диктує необхідність вдосконалення концепцій енергопостачання національних економік і оптимізації енергоефективності. Факторами, які порушують рівновагу системи в довгостроковій перспективі, є виробництво первинної відновлюваної енергії, а меншою мірою — використання відновлюваної енергії.

Іфа та ін. (2022) [113] підтвердили наявність коінтеграції між економічним зростанням, відновлюваною та невідновлюваною енергією, а також державними витратами в восьми країнах Південного Середземномор'я, що свідчить про існування довгострокових зв'язків. Усі проаналізовані країни виявили короткострокові причинно-наслідкові зв'язки.

Беручи до уваги також той факт, що підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії визначено ключовими заходами для вирішення проблеми екологічних і кліматичних змін, проблема визначення характеру причинно-наслідкових зв'язків між енергоефективністю та економічним розвитком набуває сьогодні значної теоретичної та прикладної важливості.

Багато наукових публікацій присвячено вивченню природи взаємозв'язку між показниками економічного розвитку та енергоефективністю. У науковій літературі економічний розвиток зазвичай пов'язується зі зростанням викидів

парникових газів. У цьому контексті часто виникає питання: чи можливо досягти стійкого економічного розвитку, одночасно підвищуючи енергоефективність економіки, що, у свою чергу, пов'язано зі зниженням викидів парникових газів?

Bao-Linh Tran та ін. [56] і Hussain та ін. [111] досліджували причинно-наслідковий зв'язок між ВВП та споживанням енергії в різних країнах за допомогою тестів причинності Грейнджера на основі моделі векторної корекції похибки. Основний висновок полягав у наявності порогу ВВП, при якому вплив ВВП на споживання енергії та напрямок причинності щодо зростання споживання енергії залежать від початкового рівня валового внутрішнього продукту. Наприклад, у Пакистані економічне зростання асоціюється з підвищеним споживанням енергії. Подібний результат був отриманий Tahir та ін. [189], що свідчить про те, що протягом тривалого періоду використання відновлюваних джерел енергії має потенціал для зниження викидів вуглекислого газу (CO₂). Однак тривале економічне та демографічне зростання в довгостроковій перспективі може призвести до збільшення викидів CO₂. У короткостроковій перспективі результати вказують на те, що зростання економіки може призвести до підвищення рівня викидів CO₂. Навпаки, зростання населення та ширше використання відновлюваної енергії можуть сприяти скороченню викидів CO₂ у короткостроковій перспективі.

Alam та ін. [47] стверджують, що економічне зростання, відкритість торгівлі та технологічний прогрес мають значний вплив на довгострокове використання відновлюваної енергії в країнах ОЕСР. Хоча довгострокові взаємозв'язки між цими змінними є стабільними для країн ОЕСР, їхні короткострокові динаміки різняться, що можна пояснити різним рівнем економічної відкритості та технологічного розвитку серед цих країн.

Результати, отримані Kirikkaleli та ін. [121], вказують на позитивний зв'язок між споживанням електроенергії, попитом на Інтернет та економічним зростанням у країнах ОЕСР у довгостроковій перспективі. Результати тесту на причинність ДН підтвердили наявність причинно-наслідкового зв'язку між

споживанням електроенергії та попитом на Інтернет, а також односпрямовану причинність від економічного зростання до споживання електроенергії.

Abbas та ін. [45] досліджують взаємозв'язок між споживанням енергії в сільському господарстві та викидами CO₂ в Китаї. На основі щорічних даних Китаю дослідження використовувало модель ARDL. Аналіз показав наявність двостороннього причинно-наслідкового зв'язку між сільськогосподарським виробництвом та викидами CO₂. Результати свідчать про те, що уряд Китаю повинен змінити свою стратегію розвитку сільського господарства та зосередити більше уваги на енергоефективних технологіях, що дозволить покращити енергоінтенсивність економіки.

Rajaguru та ін. [160] виявили переконливі докази існування як довгострокових, так і короткострокових причинно-наслідкових зв'язків між економічним зростанням та споживанням енергії, зокрема стосовно енергоінтенсивності. Цей причинний зв'язок було підтверджено в більшості країн, включених до вибірки. Дослідження також підкреслює зростаюче значення політик енергоефективності на глобальному рівні. Результати дослідження показують, що для більшості цих країн спостерігається помірне зниження або збільшення споживання енергії зі зростанням рівня доходів. Відповідно, скорочення споживання енергії відіграє ключову роль у зменшенні попиту на наявні енергоресурси, включаючи викопне паливо.

Gholizadeh та ін. [97] показали, що ВВП має прямий зв'язок з усіма змінними, а саме капіталом, працею та споживанням енергії, і зростання цих незалежних змінних призводить до зростання кожної із залежних змінних. Kyshakevych та ін. [130] на основі панельних регресійних моделей для 38 європейських країн загалом підтвердили сучасну тезу про те, що економічний розвиток може бути досягнутий зі зниженням викидів парникових газів.

Küçüksakarya [125] досліджує взаємозв'язок між фінансовим розвитком та економічним зростанням країн ОЕСР. Результати тесту на причинність показали, що навіть серед країн з високим рівнем розвитку в аналізованій панелі фінансовий розвиток залишається фундаментальним фактором їхнього

економічного зростання. Висновки дослідження надають переконливі докази зв'язку між економічним зростанням та фінансовим розвитком, беручи до уваги різноманітний діапазон країн у вибірці, які мали різні ступені фінансового розвитку та зростання ВВП на душу населення.

У цьому дослідженні ми маємо на меті проаналізувати наявність довгострокових і короткострокових взаємозв'язків та причинно-наслідкових зв'язків між показниками економічного зростання та енергоефективності європейських країн. Для досягнення цієї мети слід виконати наступні завдання:

- перевірку наявності причинно-наслідкових зв'язків між парами стаціонарних показників економічного розвитку та енергоефективності європейських країн;
- перевірку наявності коінтеграції між показниками економічного розвитку та енергоефективності;
- побудувати VECM моделі для перевірки наявності довгострокових і короткострокових взаємозв'язків між коінтегрованими показниками економічного розвитку та енергоефективності.

Для встановлення характеру взаємозв'язку між показниками енергоефективності та економічним зростанням ми використаємо тест на причинність Грейнджера. Цей тест причинно-наслідкових зв'язків між часовими рядами був розроблений у 1969 році (Granger, 1969) [105]. Тест Грейнджера реалізує ідею, що часовий ряд X_t викликає зміни в часовому ряді Y_t , якщо зміни у значеннях X_t передують змінам у значеннях Y_t , і, крім того, X_t робить суттєвий внесок у прогнозування значень Y_t . Тест на причинність Грейнджера проводиться для стаціонарних часових рядів. У випадку панельних даних тест Грейнджера передбачатиме оцінювання параметрів наступної пари регресій. Це дозволяє виявити напрямок і наявність причинно-наслідкових зв'язків між двома змінними в часових рядах:

$$x_{lt} = \sum_{i=1}^n a_l^i x_{lt-i} + \sum_{j=1}^n b_l^j y_{lt-j} + u_{lt} , \quad (3.1)$$

$$y_{lt} = \sum_{i=1}^n c_l^i y_{lt-i} + \sum_{j=1}^n d_l^j x_{lt-j} + u_{lt}, \quad (3.2)$$

де x_{lt} та y_{lt} — це значення двох стаціонарних змінних для країни l у момент часу t .

Нульова гіпотеза полягатиме в тому, що коефіцієнти при лагах другої змінної будуть одночасно дорівнювати нулю. Можлива також взаємна незалежність, якщо обидві групи коефіцієнтів є статистично незначущими.

EViews пропонує два підходи до тестування причинності для панельних даних. Перший підхід розглядає панельні дані як один великий стекований набір даних і проводить тест на причинність Грейнджера стандартним способом, за винятком того, що дані з одного перетину не включаються в лагові значення даних із наступних перетинів. Цей метод передбачає, що всі коефіцієнти є однаковими для всіх перетинів, тобто:

$$a_l^i = a_m^i \quad (3.3)$$

$$b_l^i = b_m^i \quad (3.4)$$

Другий підхід, розроблений Думітреску-Хурліном, базується на протилежному припущенні, дозволяючи всім коефіцієнтам бути різними в різних крос-секціях: $a_l^i \neq a_m^i$ і $b_l^i \neq b_m^i$. Припускається, що лаг p є однаковим для всіх крос-секцій, і панель повинна бути збалансованою. Цей тест реалізується шляхом звичайної оцінки стандартних параметрів регресії та аналізу причинності Грейнджера для кожної крос-секції (країни) окремо. Таким чином, тест Думітреску-Хурліна враховує гетерогенність коефіцієнтів у різних країнах, що дозволяє виявляти причинно-наслідкові зв'язки в різних частинах панелі, не вимагаючи однаковості ефектів для всіх країн.

Передумовою для застосування тесту Грейнджера є стаціонарність часових рядів. Для побудови панельних регресійних моделей були використані статистичні дані, що описують енергоефективність і макроекономічні показники 38 європейських країн за період з 1995 по 2022 рік. Для цього були

використані такі статистичні ресурси, як Enerdata, Світовий банк, World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023, Eurostat. Ми визначали причинно-наслідковий зв'язок для коінтегрованих змінних на основі тестування загальної значущості змінних із лагами за допомогою F-тесту або тесту Вальда для моделі VECM [193]:

$$\Delta y_{it} = \sum_{k=1}^{p-1} \lambda_{ik}^* \Delta y_{i,t-k} + \sum_{k=0}^{q-1} \delta_{ik}' \Delta x_{i,t-k} + \varphi(y_{i,t-1} + \beta_i' X_{it-1}) + w_i + \varepsilon_{it} \quad (3.5)$$

де φ — коефіцієнт коінтеграційного рівняння;

$y_{i,t-1} + \beta_i' X_{it-1}$ — коінтеграційне рівняння (Error Correction Term, ECT).

Причинність у короткостроковому періоді полягає в статистичній значущості першої різниці змінної у рівнянні векторної корекції помилок. Використовуючи тест Вальда можна визначити причинність по Грейнджеру. У довгостроковій перспективі йдеться про значущість корекції помилок у цьому рівнянні. Причинність по Грейнджеру, таким чином, більше стосується короткострокового періоду. Якщо змінні є стаціонарними $I(0)$, це означає, що не існує довгострокової причинності, проте може існувати короткострокова.

Більшість аналізованих часових рядів є нестаціонарними, і регресія на основі МНК, що включає нестаціонарні часові ряди, може призвести до помилкових результатів. Одним із вирішень цієї проблеми є проведення коінтеграційного тесту. Мета коінтеграції — з'ясувати, чи існує лінійна комбінація нестаціонарних змінних яка у результаті дає стаціонарний часовий ряд. Якщо існує коінтеграція між двома змінними, які мають схожі нестаціонарні властивості, то регресія може бути отримана без хибних результатів. На практиці використовують модель корекції помилок (Vector Error Correction (VECM)), щоб визначити тип довгострокової поведінки змінних зі своїми короткостроковими відгуками.

Часові ряди, що відхиляються від свого середнього значення з часом, називаються нестаціонарними. Таким чином, неврахування стаціонарності змінних в більшості випадків призводить до помилкової регресії. Щоб подолати

цю проблему нестационарності, економетричний аналіз часових рядів дедалі більше зміщується у бік проблеми коінтеграції. Причина в тому, що коінтеграція є потужним способом виявлення стійкої рівноваги між змінними. Врахування коінтеграції сьогодні стало головною вимогою для будь-якої економічної моделі, яка використовує нестационарні часові ряди [61].

Не стаціонарність, яка є характерною багатьом макроекономічним та фінансовим часовим рядам, означає, що змінна не має явної тенденції повернутися до сталого значення або лінійного тренду. Стаціонарність є важливою властивістю для моделювання часових рядів. Проблема в тому, що на практиці мало процесів насправді стаціонарні у своїй первісній формі. Коінтеграція утворює стаціонарний ряд із лінійної комбінації двох або більше нестационарних рядів.

Поняття коінтеграції виникло через занепокоєння можливості побудови хибних регресій часових рядів, які часто мають місце в випадку, коли хоча б один із часових рядів не є стаціонарним. Починаючи з 1980-х років, коінтеграція стала один із можливих способів поводження із помилковою регресією (*spurious regression*) і сьогодні широко використовувалася в макроекономічному аналізі.

Стаціонарний ряд має середнє значення до якого він прагне повернутися після тимчасових відхилень, сталу дисперсію, шоки є не постійними, коефіцієнти автокореляції згасають із збільшенням кількості лагів, тоді як нестационарний ряд має нескінченну дисперсію, яка збільшується з часом, шоки є постійними. Наявність коінтеграції між змінними означає відсутність хибного зв'язку між ними та підтверджує довгострокову рівновагу між змінними.

Сама по собі коінтеграція не описує довгостроковий взаємозв'язок і можуть бути ситуації, коли має місце коінтеграція там, де довгострокового взаємозв'язку немає. Враховуючи це, нами було реалізовано алгоритм аналізу причинно-наслідкових зав'язків між показниками енергоефективності та економічного зростання на основі алгоритму, поданого на рис. 3.1.

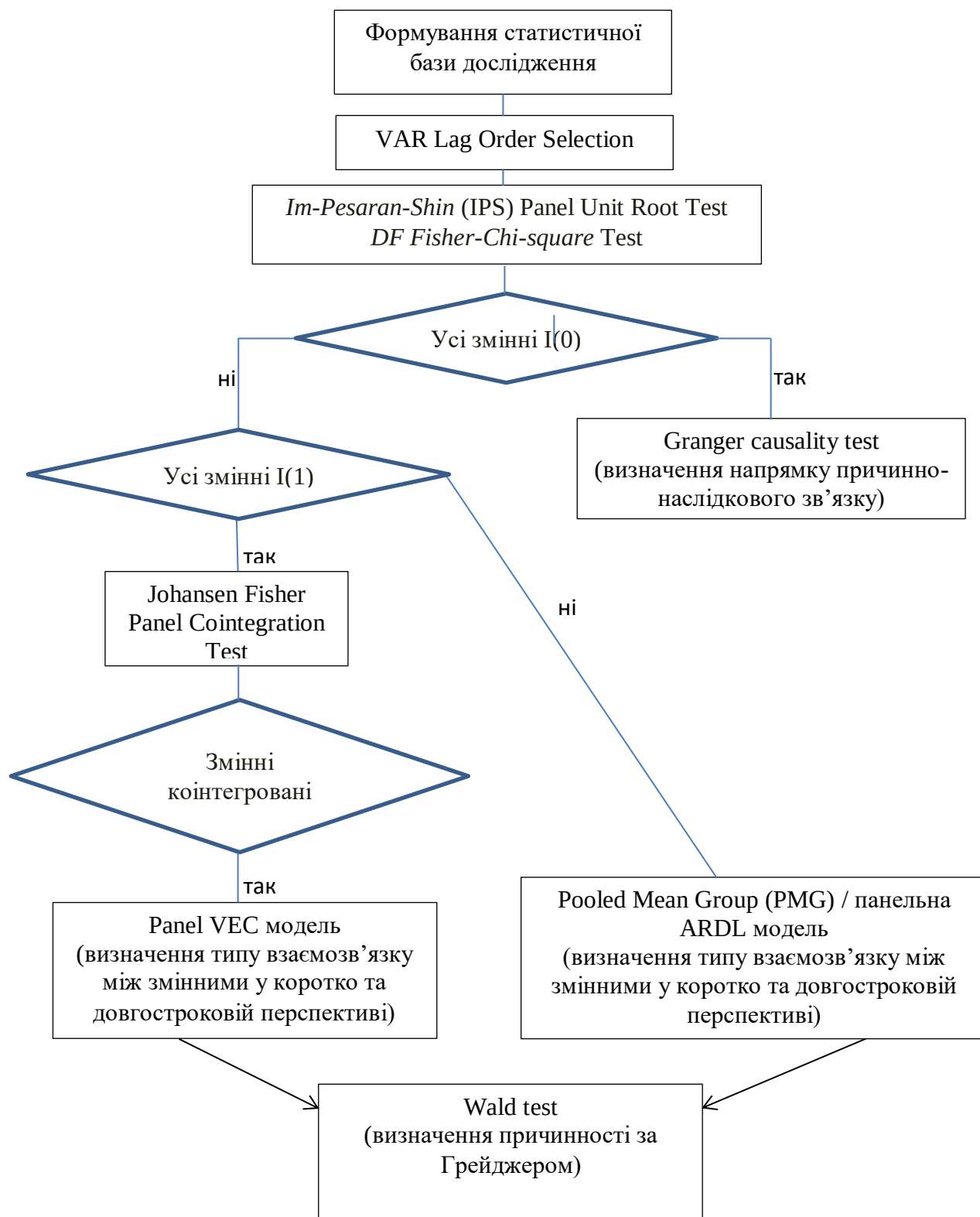


Рис. 3.1. Алгоритм аналізу причинно-наслідкових зв'язків
Джерело: розроблено автором

Часовий ряд є стаціонарним, якщо він не демонструє довгострокових тенденцій або вираженої сезонності. Стаціонарність часових рядів була перевірена в Eviews за допомогою тесту на наявність одиничного кореня, який є

основоположним у сучасному аналізі часових рядів. У Таблиці 3.1 представлені результати тесту ADF - Fisher Chi-square на наявність одиничних коренів.

Таблиця 3.1

Результати тесту ADF (Fisher Chi-square)

	Рівень ряду		Перша різниця		
	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.	
Показники енергоефективності					
CO_GDP	126.202	0.000	-	-	I(0)
EI	36.204	0.999	502.36	0.000	I(1)
C_ENER	85.4466	0.170	635.337	0.000	I(1)
S_PC	94.4246	0.039	442.241	0.000	I(1)
GAS_PC	81.0088	0.074	453.789	0.000	I(1)
C_ENER_ALL_PC	59.6352	0.887	537.660	0.000	I(1)
C_ENER_PC	67.1084	0.701	526.085	0.000	I(1)
EL_PC	104.704	0.0109	-	-	I(0)
ELS	75.1151	0.4420	258.456	0.000	I(1)
Показники економічного розвитку					
GDP_PC	68.3379	0.663	351.026	0.000	I(1)
GDP_GR_PC	427.040	0.000	-	-	I(0)
GDP_GR	420.919	0.000	-	-	I(0)
INV_GDP	287.177	0.000	-	-	I(0)
EMP	129.176	0.000	-	-	I(0)
EXP_GDP	56.2670	0.937	431.589	0.000	I(1)

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

У результаті лише два показники енергоефективності країн Європи, а саме інтенсивність викидів вуглекислого газу CO_GDP та валове виробництво електроенергії із розрахунку на душу населення EL_PC виявились стаціонарними часовими рядами I(0). Серед показників економічного розвитку чотири часові ряди не мають одиничних коренів: GDP_GR_PC, GDP_GR, INV_GDP, EMP. Саме до цих змінних можна застосувати тест Грейджера на причинність. У випадку стаціонарних часових рядів спочатку визначалась оптимальне значення лагу для відповідної VAR моделі. Для цього ми скористались інформаційним критерієм Акаїке (AIC).

Далі ми використаємо обидва тести на причинність, реалізовані в Eviews: з спільними коефіцієнтами та Dumitrescu Hurlin test. Варто зазначити, що останній тест частіше використовується для аналізу панельних даних, оскільки

він більш коректно враховує особливості панельних даних, а саме взаємозв'язки між крос-секціями (Küçüksakarya, 2021) [125]. У таблиці 3.2 представлені результати тестів на причинність за Грейнджером для всіх пар стаціонарних змінних, що представляють енергоефективність та економічний розвиток європейських країн.

Таблиця 3.2

Тести на причинність за Грейнджером та панельний тест причинності

Dumitrescu Hurlin test між стаціонарними часовими рядами

Pairwise Granger Causality Tests			Dumitrescu Hurlin Panel Causality Tests		
Null Hypothesis:	F-Stat.	Prob		W-Stat.	Prob
GDP_GR_PC does not Cause CO_GDP	15.69	2.E-14	CO_GDP does not cause GDP_GR_PC	1.97	0.441
CO_GDP does not Cause GDP_GR_PC	3.77	0.002	GDP_GR_PC does not cause CO_GDP	5.46	8.E-12
CO_GDP does not Cause EMP	3.19	0.007	CO_GDP does not cause EMP	2.54	0.641
EMP does not Cause CO_GDP	12.54	1.E-11	EMP does not cause CO_GDP	5.36	3.E-11
CO_GDP does not Cause INV_GDP	0.14	0.997	CO_GDP does not cause INV_GDP	2.82	0.296
INV_GDP does not Cause CO_GDP	1.50	0.153	INV_GDP does not cause CO_GDP	2.97	0.175
GDP_GR does not Cause CO_GDP	31.61	7.E-14	GDP_GR does not cause CO_GDP	5.49	5.E-12
CO_GDP does not Cause GDP_GR	6.23	0.002	CO_GDP does not cause GDP_GR	1.96	0.429
GDP_GR does not Cause EL_PC	2.99	0.050	GDP_GR does not cause EL_PC	1.77	0.357
EL_PC does not Cause GDP_GR	1.64	0.194	EL_PC does not cause GDP_GR	1.96	0.592
GDP_GR_PC does not Cause EL_PC	2.81	0.060	GDP_GR_PC does not cause EL_PC	1.61	0.673
EL_PC does not Cause GDP_GR_PC	4.27	0.014	EL_PC does not cause GDP_GR_PC	2.57	0.478
EMP does not Cause EL_PC	0.07	0.927	EMP does not cause EL_PC	2.67	0.292
EL_PC does not Cause EMP	0.67	0.510	EL_PC does not cause EMP	2.54	0.238
INV_GDP does not Cause EL_PC	1.07	0.340	INV_GDP does not cause EL_PC	1.67	0.557
EL_PC does not Cause INV_GDP	2.12	0.120	EL_PC does not cause INV_GDP	1.57	0.669

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

В результаті було отримано таку схему причинно-наслідкових зв'язків для стаціонарних часових рядів (Рисунок 3.2).

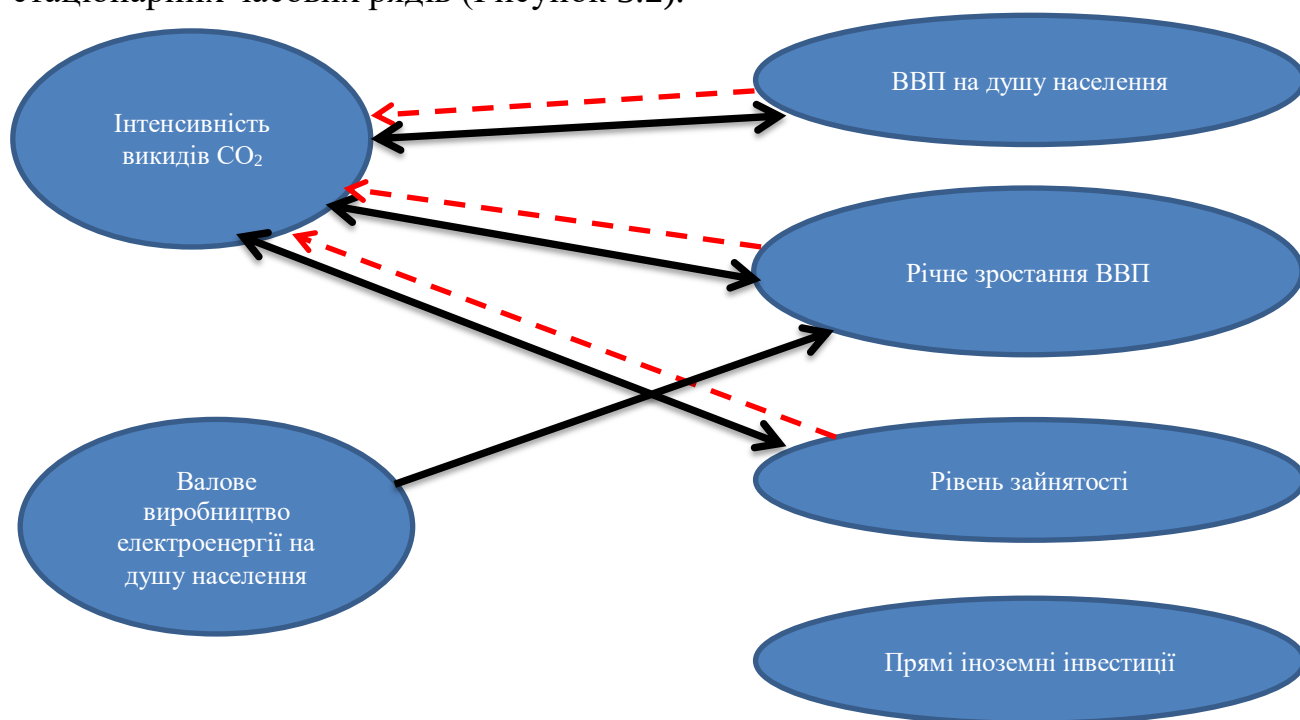


Рис. 3.2. Напрямки причинно-наслідкових зв'язків між стаціонарними показниками енергоефективності та економічного розвитку згідно з тестом спільних коефіцієнтів (чорний колір) та тестом DH (червоний колір).

Джерело: побудовано автором

На основі Dumitrescu Hurlin test можна зробити висновок, що прогнозування викидів вуглекислого газу значною мірою залежить від показників економічного зростання європейських країн. Більше того, цей зв'язок є одностороннім. Зростання ВВП, зростання ВВП на душу населення та рівень безробіття спричиняють зміни в часовому ряді CO_GDP, передують цим змінам і, до того ж, роблять суттєвий внесок у прогнозування його значень.

Слід зазначити, що коінтеграція дозволяє оцінити наявність довгострокового зв'язку між змінними, тоді як тест на причинність за Грейнджером застосовується для короткострокових залежностей. Тест на причинність за Грейнджером визначає рівень кореляції між минулим значенням однієї змінної та поточним значенням другої змінної. У довгостроковій перспективі мова йде про значущість корекції похибки в моделі корекції похибки векторів (VECM). Причинність у короткостроковій перспективі

визначається статистичною значущістю першої різниці змінної в рівнянні корекції похибки. За допомогою тесту Вальда можна визначити причинність за Грейнджером. Таким чином, причинність за Грейнджером більше стосується короткострокових взаємозв'язків. Якщо змінні є стаціонарними на рівні $I(0)$, це означає, що довгострокової причинності не існує, проте короткострокова причинність може мати місце. Справа в тому, що якщо всі ряди є стаціонарними на рівні $I(0)$ (не мають тренду), то в такому випадку немає сенсу говорити про коінтеграцію.

Для виявлення короткострокових причинно-наслідкових зв'язків було перевірено наявність коінтеграції між аналізованими парами змінних $I(1)$, а також проаналізовано наявність причинності за Грейнджером для неконінтегрованих пар. Перевірка на наявність коінтеграції була проведена на основі Pedroni Residual Cointegration Test в програмі Eviews (Таблиця 3.3).

Таблиця 3.3

Коінтеграція між нестационарними показниками економічного розвитку та енергоефективності.

	GDP_PC	EXP_GDP
EI	K	K
C_ENER	N	K
S_PC	N	K
GAS_PC	N	K
C_ENER_ALL_PC	N	N
C_ENER_PC	N	K
ELS	N	N

Примітка: *K - коінтеграція існує, N - коінтеграції немає.

Джерело: розраховано автором

Причинно-наслідковий зв'язок між неконінтегрованими парами нестационарних часових рядів можна виявити, принаймні, лише для перших різниць цих рядів. Оскільки причинно-наслідкові зв'язки можуть бути визначені тільки для стаціонарних часових рядів, усі нестационарні змінні були перетворені в стаціонарні за допомогою перших різниць, що суттєво змінює інтерпретацію результатів тесту Грейнджера. Результати проведення тесту

Грейнджера для перших різниць неконінтегрованих пар часових рядів з першим рівнем інтеграції представлені в Таблиці 3.4 та на Рисунку 3.3.

Таблиця 3.4

Тести на причинність за Грейнджером та тест Dumitrescu Hurlin між неконінтегрованими часовими рядами

Pairwise Granger Causality Tests			Dumitrescu Hurlin Panel Causality Tests		
Null Hypothesis:	F-Stat.	Prob.	Null Hypothesis:	W-Stat.	Prob.
DEXP_GDP does not Cause DC_ENER_ALL_PC	12.97	0.00	DEXP_GDP does not cause DC_ENER_ALL_PC	2.97	0.13
DC_ENER_ALL_PC does not Cause DEXP_GDP	0.25	0.77	DC_ENER_ALL_PC does not cause DEXP_GDP	2.74	0.38
DGDP_PC does not Cause DS_PC	1.44	0.23	DS does not cause DEXP_GDP	2.87	0.19
DS_PC does not Cause DGDP_PC	2.51	0.08	DEXP_GDP does not cause DS	1.56	0.88
DGDP_PC does not Cause DGAS_PC	17.23	0.00	DGAS_PC does not cause DGDP_PC	1.64	0.81
DGAS_PC does not Cause DGDP_PC	7.62	0.00	DGDP_PC does not cause DGAS_PC	5.16	0.00
DC_ENER does not Cause DGDP_PC	1.48	0.22	DC_ENER does not cause DGDP_PC	1.87	0.34
DGDP_PC does not Cause DC_ENER	1.58	0.20	DGDP_PC does not cause DC_ENER	1.94	0.58
DGDP_PC does not Cause DC_ENER_ALL_PC	0.01	0.98	DC_ENER_ALL_PC does not cause DGDP_PC	1.64	0.68
DC_ENER_ALL_PC does not Cause DGDP_PC	6.13	0.00	DGDP_PC does not cause DC_ENER_ALL_PC	6.51	0.00
DC_ENER_PC does not Cause DGDP_PC	8.63	0.00	DGDP_PC does not cause DC_ENER_PC	4.23	0,02
DGDP_PC does not Cause DC_ENER_PC	0.16	0.84	DC_ENER_PC does not cause DGDP_PC	2.47	0.45
DGDP_PC does not Cause DELS	0.17	0.83	DGDP_PC does not cause DELS	2.77	0.39
DELS does not Cause DGDP_PC	6.39	0.00	DELS does not cause DGDP_PC	2.44	0.25
DEXP_GDP does not Cause DELS	5.43	0.00	DEXP_GDP does not cause DELS	1.87	0.65
DELS does not Cause DEXP_GDP	2.18	0.11	DELS does not cause DEXP_GDP	1.77	0.69

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

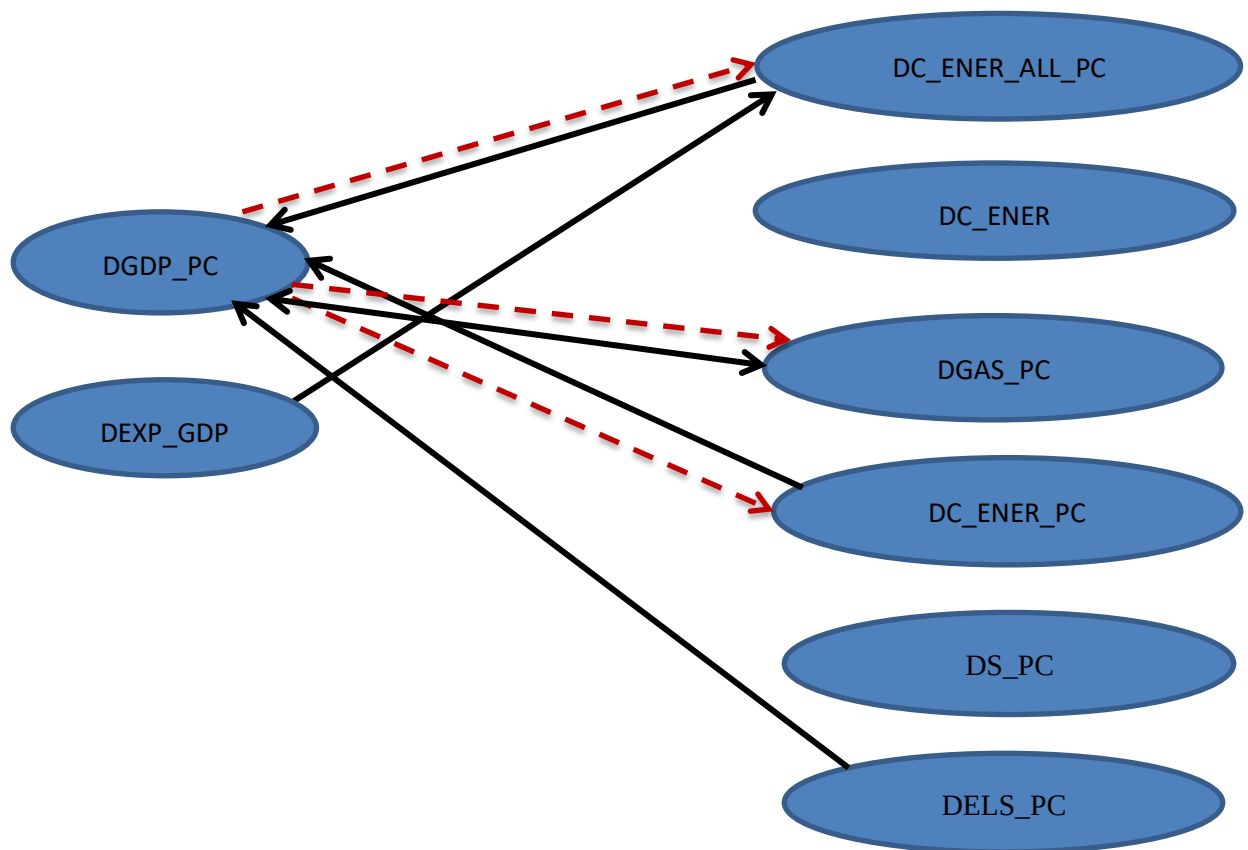


Рисунок 3.3. Напрямки причинно-наслідкових зв'язків між неконінтегрованими показниками енергоефективності та економічного розвитку згідно з тестом Грейнджера (чорний колір) та тестом DH (червоний колір).

Джерело: побудовано автором

Результати, отримані з тесту DH, свідчать про те, що показники економічного розвитку спричиняють показники енергоефективності у всіх парах, де присутній причинно-наслідковий зв'язок. Цікаво, що ця тенденція також спостерігається для пар стаціонарних часових рядів (Рисунок 2). Це вказує на те, що рівень енергоефективності європейських економік значною мірою залежить від економічної ситуації в цих країнах у попередні роки. Однак при інтерпретації результатів тесту Грейнджера для часових рядів у перших різницях важливо розуміти, що в цьому випадку досліджується зв'язок між змінами в цих рядах, а не між їх абсолютними рівнями. Таким чином, з того факту, що зміни у зростанні ВВП на душу населення (DGDGP_PC) є причиною змін у споживанні природного газу (DGAS_PC) за результатами тесту DH, можна зробити висновок, що зміни у зростанні ВВП на душу населення

європейських країн передують і пов'язані з подальшими змінами у споживанні газу. Це свідчить про те, що коливання в економіці (вказані змінами в зростанні ВВП) мають прогностичну силу щодо коливань у споживанні природного газу. Згідно з Грейнджером, причинність можна поділити на довгострокову і короткострокову (Granger, 1969) [105]. Для цього використовуються моделі корекції похибки або VECM, залежно від підходу до визначення причинності. Довгострокова причинність визначається через коефіцієнт коінтеграційного рівняння, і якщо він є значущим, це вказує на наявність довгострокового причинно-наслідкового зв'язку від пояснювальної змінної до залежної.

У подальшому ми припустимо, що якщо коефіцієнт коригування для змінної y є від'ємним і статистично значущим, це означає, що коли довгострокова рівновага порушується (наприклад, через зміни в x), змінна y буде адаптуватися для відновлення цієї рівноваги. У цьому контексті змінну x можна вважати "причиною", а змінну y — "наслідком" у причинно-наслідковому зв'язку. Тобто, коли змінна x змінюється, це спричиняє зміни в y для того, щоб система повернулася до рівноваги. Для визначення характеру причинно-наслідкових зв'язків ми побудуємо моделі VECM для всіх пар коінтегрованих часових рядів. Моделі VECM для EI та GDP_PC представлені в Таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

VECM модель для часових рядів EI та GDP_PC з тестами Вальда

Cointegrating	EI(-1)	1.000		GDP_PC(-1)	1.000000	
	GDP_PC(-1)	0.005	(7.2E-04)	EI(-1)	4223.61	(3305.81)
	C	2.676		C	-10760.31	
Error Correction:		D(EI)	Probability		D(GDP_PC)	Proby
	CointEq1	-0.038	0.010	CointEq1	0.014	0.007
	D(EI(-1))	0.117	0.001	D(GDP_PC(-1))	0.190	0.000
	D(EI(-2))	0.099	0.006	D(GDP_PC(-2))	-0.269	0.000
	D(GDP_PC(-1))	0.001	0.044	D(EI(-1))	-458.509	0.380
	D(GDP_PC(-2))	0.001	0.017	D(EI(-2))	-1611.888	0.001
	C	-0.069	0.000	C	965.115	0.000
Wald tests	Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0			Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0		
	Test Statistic	Value	Probability	Test Statistic	Value	Probability
	Chi-square	8.400	0.015	Chi-square	11.441	0.003

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Коефіцієнт коригування в моделі VECM відображає швидкість, з якою система повертається до рівноваги після короткострокових шоків. Це означає, що якщо енергоємність (EI) відхиляється від свого довгострокового рівня рівноваги внаслідок змін у ВВП на душу населення (GDP_PC), приблизно 3,89% цього відхилення буде скориговано в наступному періоді. Знак мінус вказує на те, що коригування відбувається у напрямку зменшення відхилення та спроби повернути систему до рівноваги. Тобто, якщо енергоємність тимчасово відхиляється від рівня, який вона повинна мати на основі своєї довгострокової взаємодії з ВВП на душу населення, то вона буде "коригуватися" назад до цього рівня зі швидкістю приблизно 3,89% за період.

Якщо коефіцієнт коригування в моделі VECM має позитивне значення, це свідчить про те, як система реагує на відхилення від довгострокової рівноваги (Rahman & Vц, 2021) [159]. Коли залежна змінна ВВП на душу населення (GDP_PC) відхиляється від своєї довгострокової взаємодії з іншими змінними (у цьому випадку з енергоємністю EI), вона буде коригуватися в напрямку збільшення цього відхилення зі швидкістю приблизно 1,41% за період. У такому випадку не можна стверджувати наявності довгострокової причинності від EI до GDP_PC.

Тест Вальда підтвердив статистичну значущість коефіцієнтів для лагових змінних, що свідчить про наявність короткострокового причинно-наслідкового зв'язку в обох напрямках між енергоємністю (EI) та ВВП на душу населення (GDP_PC). Таким чином, між енергоємністю та розміром ВВП на душу населення європейських країн існує односторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок від ВВП на душу населення до енергоємності EI та двосторонній короткостроковий зв'язок. Негативне значення коефіцієнта коригування та його статистична значущість означають існування конвергенції від короткострокової динаміки до довгострокової рівноваги у перспективі.

У випадку коінтегрованої пари часових рядів EI та EXP_GDP оптимальне лагове значення для моделей VAR становить 3. З Таблиці 3.6, яка представляє моделі VECM для цієї пари змінних, немає підстав стверджувати про існування

довгострокового зв'язку між ними. Справа в тому, що коли EI є залежною змінною, коефіцієнт коригування не є статистично значущим, а в моделі з EXP_GDP як залежною змінною цей коефіцієнт має позитивне значення.

Таблиця 3.6.

Модель VECM для часових рядів EI та EXP_GDP та результати тестів Вальда

Cointegrating	EI(-1)	1.000		EXP_GDP(-1)	1.000	
	EXP_GDP (-1)	0.163	(0.044)	EI(-1)	6.128	(4.33)
	C	-13.154		C	-80.610	
Error Correction:		D(EI)	Prob		D(EXP_GDP)	Prob
	CointEq1	-0.001	0.307	CointEq1	0.017	0.000
	D(EI(-1))	0.126	0.001	D(EXP_GDP(-1))	-0.015	0.714
	D(EI(-2))	0.111	0.003	D(EXP_GDP(-2))	-0.134	0.002
	D(EI(-3))	0.032	0.383	D(EXP_GDP(-3))	-0.116	0.007
	D(EXP_GDP(-1))	-0.009	0.000	D(EI(-1))	1.785	0.003
	D(EXP_GDP(-2))	0.000	0.876	D(EI(-2))	1.352	0.024
	D(EXP_GDP(-3))	-0.002	0.433	D(EI(-3))	-0.130	0.824
	C	-0.058	0.000	C	1.727	0.000
	Null Hypothesis: C(5)=C(6)=C(7)=0			Null Hypothesis: C(5)=C(6)=C(7)=0		
Wald tests	Test Statistic	Value	Probability	Test Statistic	Value	Probability
	Chi-square	12.162	0.006	Chi-square	15.942	0.001

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Однак тести Вальда підтвердили статистичну значущість коефіцієнтів для лагових змінних, тому існує двосторонній короткостроковий причинно-наслідковий зв'язок між енергоємністю (EI) та часткою експорту у ВВП на душу населення (EXP_GDP).

Між первинним споживанням енергії (C_ENER) та часткою експорту товарів і послуг у ВВП (EXP_GDP) існує двосторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок (Таблиця 3.7). Це означає, що якщо первинне споживання енергії відхиляється від свого довгострокового рівня рівноваги через зміни в експорті на душу населення, приблизно 0,9% цього відхилення буде скориговано в наступному періоді. Іншими словами, якщо первинне споживання енергії тимчасово відхиляється від рівня рівноваги з EXP_GDP, то воно повернеться до цього рівня зі швидкістю близько 0,9% на рік. Відхилення EXP_GDP від рівноважного стану буде компенсоване зі швидкістю 0,08%.

Короткостроковий причинно-наслідковий зв'язок між цими змінними існує тільки в одному напрямку: від EXP_GDP до C_ENER.

Таблиця 3.7

Модель VECM для часових рядів C_ENER та EXP_GDP з тестами Вальда

Cointegrating	C_ENER(-1)	1.000		EXP_GDP(-1)	1.000	
	EXP_GDP(-1)	0.226	(0.418)	C_ENER(-1)	4.413	(0.86)
	C	-62.401		C	-275.380	
Error Correction:	:	D(C_ENER)	Prob		D(EXP_GDP)	Prob
	CointEq1	-0.009	0.000	CointEq1	-0.000	0.047
	D(C_ENER(-1))	-0.257	0.000	D(EXP_GDP(-1))	0.147	0.036
	D(C_ENER(-2))	0.231	0.000	D(EXP_GDP(-2))	-0.140	0.002
	D(EXP_GDP(-1))	-0.078	0.021	D(C_ENER(-1))	-0.094	0.071
	D(EXP_GDP(-2))	-0.015	0.648	D(C_ENER(-2))	0.005	0.955
	C	-0.138	0.284	C	0.994	0.000
Wald tests	Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0			Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0		
	Test Stat.	Value	Probability	Test Stat.	Value	Probability
	Chi-square	6.217	0.044	Chi-square	3.394	0.183

Примітка: стандартні похибки в (), t-статистики в [], D(·) – перша різниця
Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

У разі відхилення внутрішнього споживання твердого викопного палива (S_PC) від рівноважного стану з EXP_GDP, 1,5% цього відхилення компенсується кожен період, що свідчить про існування одностороннього довгострокового причинно-наслідкового зв'язку, де причиною виступає EXP_GDP. Тест Вальда підтвердив наявність короткострокового одностороннього причинно-наслідкового зв'язку між цими змінними, де також EXP_GDP виступає в ролі причини (Таблиця 3.8).

Таблиця 3.8

Модель VECM для часових рядів EXP_GDP та S_PC

Cointegrating	EXP_GDP(-1)	1.000		S_PC(-1)	1.000	
	S_PC(-1)	33194.42	(8086.7)	EXP_GDP(-1)	0.001	(8342.4)
	C	-105.109		C	-0.003	
Error Correction:		D(EXP_GDP)	Prob		D(S_PC)	Prob
	CointEq1	0.005	0.033	CointEq1	-0.015	0.001
	D(EXP_GDP(-1))	0.064	0.159	D(S_PC(-1))	-0.265	0.000
	D(EXP_GDP(-2))	-0.125	0.004	D(S_PC(-2))	-0.101	0.010
	D(S_PC(-1))	-435.926	0.542	D(EXP_GDP(-1))	0.001	0.063
	D(S_PC(-2))	-1060.919	0.159	D(EXP_GDP(-2))	-0.002	0.009
	C	1.103	0.000	C	-0.001	0.000

Примітка: стандартні похибки в (), t-статистики в [], D(·) – перша різниця
Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Між внутрішнім споживанням природного газу (GAS_PC) та експортом (EXP_GDP) існує односторонній довгостроковий і короткостроковий причинно-наслідковий зв'язок, де причиною є EXP_GDP. Швидкість коригування дисбалансу у разі можливих відхилень від довгострокової рівноваги становитиме 2,5% на рік (Таблиця 3.9).

Таблиця 3.9

Модель VECM для часових рядів EXP_GDP та GAS_PC та результати тестів Вальда

Cointegrating	GAS_PC(-1)	1.000		EXP_GDP(-1)	1.000	
	EXP_GDP(-1)	6.1E-05	(0.0001)	GAS_PC(-1)	14680.83	(2536.4)
	C	-0.032		C	-472.791	
Error Correction:		D(GAS_PC)	Prob		D(EXP_GDP)	Prob
	CointEq1	-0.025	0.0000	CointEq1	0.007	0.088
	D(GAS_PC(-1))	-0.069	0.0761	D(EXP_GDP(-1))	0.036	0.385
	D(GAS_PC(-2))	0.119	0.0004	D(EXP_GDP(-2))	-0.138	0.003
	D(GAS_PC(-3))	0.049	0.1238	D(EXP_GDP(-3))	-0.099	0.029
	D(EXP_GDP(-1))	-0.004	0.0000	D(GAS_PC(-1))	-61.555	0.283
	D(EXP_GDP(-2))	0.001	0.0135	D(GAS_PC(-2))	35.449	0.476
	D(EXP_GDP(-3))	-0.001	0.0002	D(GAS_PC(-3))	-12.725	0.797
	C	2.9E-05	0.799	C	1.383	0.000
Wald tests	Null Hypothesis: C(5)=C(6)=C(7)=0			Null Hypothesis: C(5)=C(6)=C(7)=0		
	Test Statistic	Value	Prob	Test Statistic	Value	Prob
	Chi-square	55.884	0.000	Chi-square	2.096	0.552

Примітка: стандартні похибки в (), t-статистики в [], D(·) – перша різниця
Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

На основі отриманих моделей VECM для змінних C_ENER_PC та EXP_GDP можна стверджувати про існування лише одностороннього причинно-наслідкового зв'язку від EXP_GDP до C_ENER_PC (Таблиця 3.10).

Рисунок 3.4 схематично представляє типи причинно-наслідкових зв'язків між коінтегрованими парами показників енергоефективності та економічного розвитку на основі моделей VECM.

Таким чином, нами було підтверджено, що рівень енергоефективності європейських економік значною мірою залежить від економічної ситуації в цих країнах у попередні роки, що певною мірою узгоджується з результатами, отриманими багатьма дослідниками, наприклад, Hussain et al. [111], Gholizadeh

et al. [98]. Подібний результат отримали Rajaguru et al. [160], де було представлено докази як довгострокових, так і короткострокових причинно-наслідкових зв'язків між змінними, що представляють економічне зростання та енергоємність. Існування тісного причинно-наслідкового зв'язку між показниками енергоефективності та економічного розвитку було підтверджено в багатьох статтях.

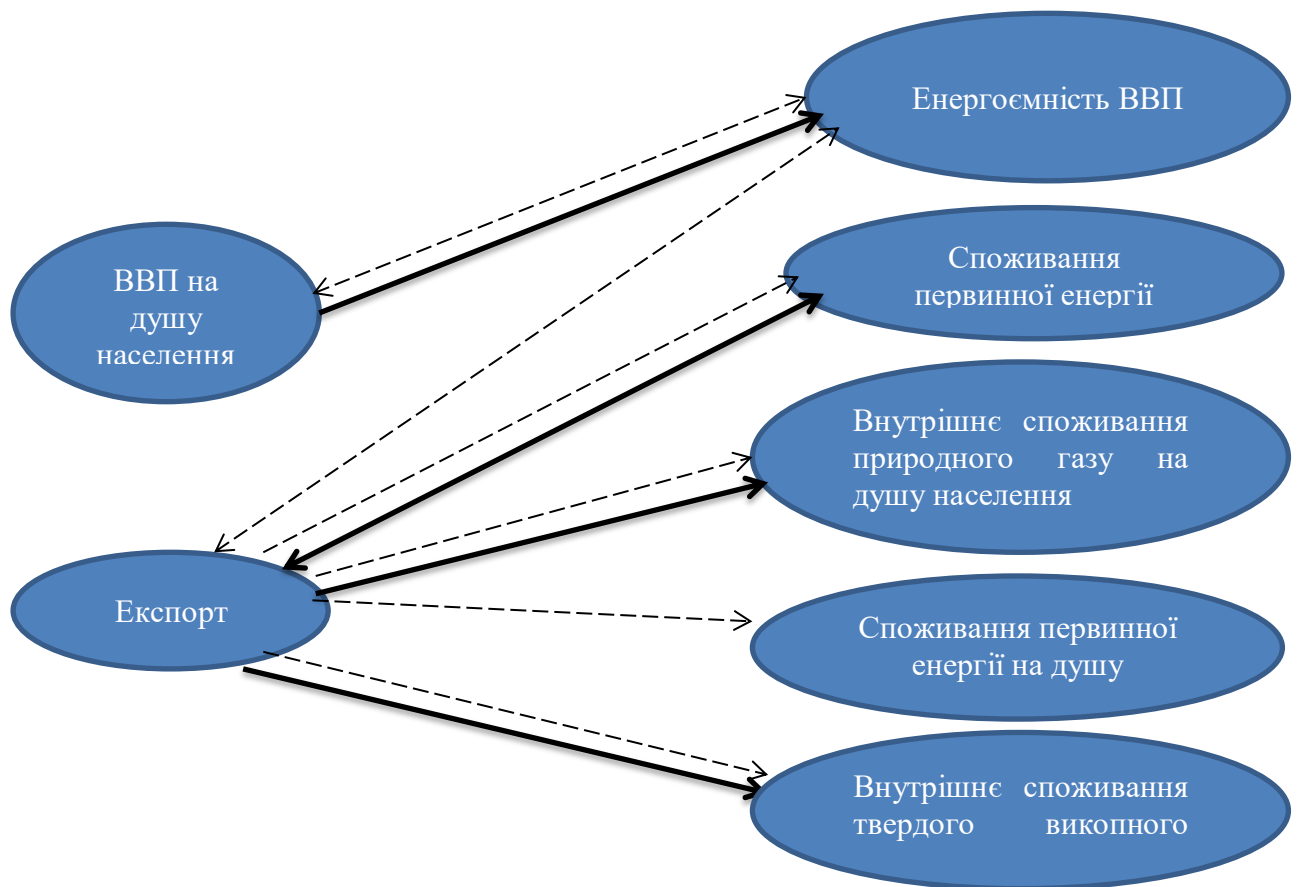
Таблиця 3.10

Модель VECM для часових рядів EXP_GDP та C_ENER_PC

Cointeg rating	EXP_GDP(-1)	1.000		C_ENER_PC(-1)	1.000000	
	C_ENER_PC(-1)	-0.007	(0.0034)	EXP_GDP(-1)	-136.0718	(39.40)
	C	-26.919		C	3662.924	
Error Correction:		D(EXP_GDP)	Prob		D(EXP_GDP)	Prob
	CointEq1	0.013	0.004	CointEq1	0.002936	0.238
	D(EXP_GDP(-1))	0.062	0.139	D(C_ENER_PC(-1))	0.103901	0.011
	D(EXP_GDP(-2))	-0.145	0.001	D(C_ENER_PC(-2))	0.007143	0.862
	D(C_ENER_PC(-1))	-0.001	0.688	D(EXP_GDP(-1))	-12.81739	0.000
	D(C_ENER_PC(-2))	0.001	0.275	D(EXP_GDP(-2))	2.963593	0.343
	C	1.169	0.000	C	18.49664	0.856
Wald tests		Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0		Null Hypothesis: C(4)=C(5)=0		
	Test Statistic	Value	Probability	Test Statistic	Value	Probability
	Chi-square	1.263	0.531	Chi-square	8.894	0.001

Примітка: стандартні похибки в (), t-статистики в [], D(·) – перша різниця
Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Таким чином, нами було підтверджено, що рівень енергоефективності європейських економік значною мірою залежить від економічної ситуації в цих країнах у попередні роки, що певною мірою узгоджується з результатами, отриманими багатьма дослідниками, наприклад, Hussain et al. [111], Gholizadeh et al. [98]. Подібний результат отримали Rajaguru et al. [160], де було представлено докази як довгострокових, так і короткострокових причинно-наслідкових зв'язків між змінними, що представляють економічне зростання та енергоємність. Існування тісного причинно-наслідкового зв'язку між показниками енергоефективності та економічного розвитку було підтверджено в багатьох статтях.



*Рисунок 3.4. Напрямки причинно-наслідкових зв'язків між коінтегрованими парами показників енергоефективності та економічного розвитку згідно з моделями VECM. Довгостроковий зв'язок — суцільна лінія, короткостроковий зв'язок — пунктирна лінія.
Джерело: побудовано автором*

Крім того, результати, отримані в нашій роботі, свідчать про те, що показники економічного розвитку є причиною змін у показниках енергоефективності у всіх парах, де спостерігається причинно-наслідковий зв'язок, незалежно від того, чи це короткостроковий або довгостроковий зв'язок, стаціонарні або коінтегровані пари.

Для аналізу причинно-наслідкових зв'язків між часовими рядами, що представляють різні рівні інтеграції, слід використовувати . Kyshakevych et al. [130] аналізували причинно-наслідкові зв'язки між споживанням електроенергії та економічним зростанням для часових рядів з різними рівнями інтеграції, використовуючи моделі ARDL.

Було проаналізовано коінтеграційні та причинно-наслідкові зв'язки між показниками економічного розвитку та енергоефективності 38 європейських

країн за період з 1995 по 2022 рік на основі використання панельних даних. Для визначення напрямку причинно-наслідкових зв'язків для стаціонарних часових рядів було застосовано тест Думітреску-Хурліна, який коректніше враховує особливості панельних даних, зокрема крос-секційні зв'язки. Виявлено, що інтенсивність викидів CO₂ є причиною річного темпу зростання ВВП, річного темпу зростання ВВП на душу населення та рівня безробіття. Причинність між неконінтегрованими парами нестаціонарних часових рядів було визначено на основі тесту панельної причинності Думітреску-Хурліна для перших різниць цих рядів. При цьому слід враховувати, що при інтерпретації результатів тесту Грейнджера для часових рядів перші різниці вивчають зв'язок між змінами в цих рядах, а не між їхніми абсолютними рівнями.

У випадку коінтеграції між двома часовими рядами ми використовували модель корекції похибок (VECM) для визначення типу довгострокової поведінки змінних разом із їхнім короткостроковим зворотним зв'язком. Було встановлено, що ВВП на душу населення є рушієм рівня первинної енергоемності європейських країн у довгостроковій перспективі. Також було виявлено односторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок від експорту товарів і послуг до внутрішнього споживання природного газу та твердого викопного палива. Між первинним споживанням енергії та експортом існує двосторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок. Стаціонарні часові ряди валового виробництва електроенергії на душу населення та прямих іноземних інвестицій не були представлені в жодній із причинно-наслідкових пар.

Було визначено швидкість повернення до довгострокової рівноваги коінтегрованої пари показників у разі її порушення через можливі кризові події в економіці європейських країн. Майбутні дослідження можуть включати аналіз, спрямований на розробку та оцінку інструментів, що покращують енергоефективність без шкоди для економічного зростання. Сюди можна віднести аналіз податкових стимулів, субсидій, регуляторних заходів тощо. Ще одним перспективним напрямком для продовження досліджень є побудова

економетричних моделей для прогнозування майбутніх тенденцій у сфері енергоефективності та їхнього впливу на економічний розвиток.

3.2. Дослідження причинно-наслідкових зав'язків між споживанням електроенергії та економічним зростанням

Між енергетикою, навколишнім середовищем та економічним зростанням існує тісний взаємозв'язок, і ефективне управління цим взаємозв'язком є не лише обов'язковою умовою досягнення сталого розвитку та добробуту людей, а й основою для розробки розумної економічної політики, яка б узгоджувалась з енергетичною та екологічною політикою країни. Енергоефективність та питання електропостачання за останній рік стали вкрай важливими майже для кожної європейської країни, оскільки регіон перестав залежати від імпорту палива з Росії. Хоча багато країн досягли прогресу у відмові від викопного палива в енергетиці, майже половина європейських країн, як і раніше, залежить від нього як від основного джерела виробництва електроенергії. Через вторгнення Росії в Україну європейці постраждали від стрибків цін як на газ, так і електроенергію. Ціна на газ значно зросла, оскільки обсяги імпорту російського газу, що різко скоротилися, довелося замінити дорожчими джерелами газу, наприклад LPG (Liquefied Natural Gas). Ціна на електроенергію також зросла, незважаючи на те, що види палива, що викопуються, виробляють менше 40% електроенергії на рівні ЄС. Ціна електроенергію часто визначається ціною на газ. Усе це потребує встановлення системи причинно-наслідкових зав'язків між цими показниками, що дозволило б ефективніше будувати прогнози економічного зростання та використання електроенергії.

Проблемам вивчення впливу споживання електроенергії на економічний розвиток країн Європи присвячено чимало публікацій. У роботі [106] з допомогою моделі векторної корекції помилок проаналізовано короткостроковий та довгостроковий вплив споживання електроенергії та

економічного зростання на викиди CO₂ у Західній та Центральній Африці з 1970 по 2020 рік. Було реалізовано тест на стаціонарність, тест на коінтеграцію та стабільність, тест на причинність по Грейнджеру. Аналіз показав, що споживання електроенергії та економічне зростання позитивно впливають на викиди CO₂. Дослідження також показало, що процес коригування не залежить від споживання електроенергії, і щоразу, коли відбувається відхилення від довгострокової рівноваги, економічне зростання та викиди CO₂ коригуються для відновлення довгострокової рівноваги.

Стаття [190] спрямована на дослідження причинно-наслідкових зв'язків між виробництвом відновлюваної енергії, загальним споживанням енергії та економічним зростанням Туреччини як у довгостроковій, так і короткостроковій перспективі. Аналіз проводиться з використанням тесту коінтеграції, векторної моделі корекції помилок, причинно-наслідкового зв'язку Грейнджера, функцій імпульсного відгуку за період 1980–2016 років. Було підтверджено двосторонній зв'язок як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі між споживанням енергії та економічним зростанням. Однак не вдалося отримати послідовних результатів для короткострокової залежності економічного зростання та споживання енергії. Ці результати показують, що збільшення виробництва відновлюваної енергії та зниження споживання енергії є життєво важливими для сталого розвитку Туреччини.

Зважаючи на актуальні для сьогодення дебати між атомною та відновлюваною енергетикою в ЄС, у статті [178] досліджується динамічна взаємодія між двома джерелами знеуглененої енергії (відновлюваної та атомної) та економічним зростанням для трьох країн: Франції, Іспанії та Німеччини. Емпіричні результати за період 1983–2019 років не підтверджують існування статистичного причинно-наслідкового зв'язку між використанням відновлюваних джерел енергії та економічним зростанням у Франції та Іспанії, що узгоджується з «нейтральною гіпотезою». Крім того, виявлено слабкий односторонній зв'язок між використанням відновлюваних джерел енергії та

ВВП тільки в Німеччині, економічне зростання суттєво стимулює споживання атомної енергії в Іспанії, але не навпаки, що підтверджує «гіпотезу зростання».

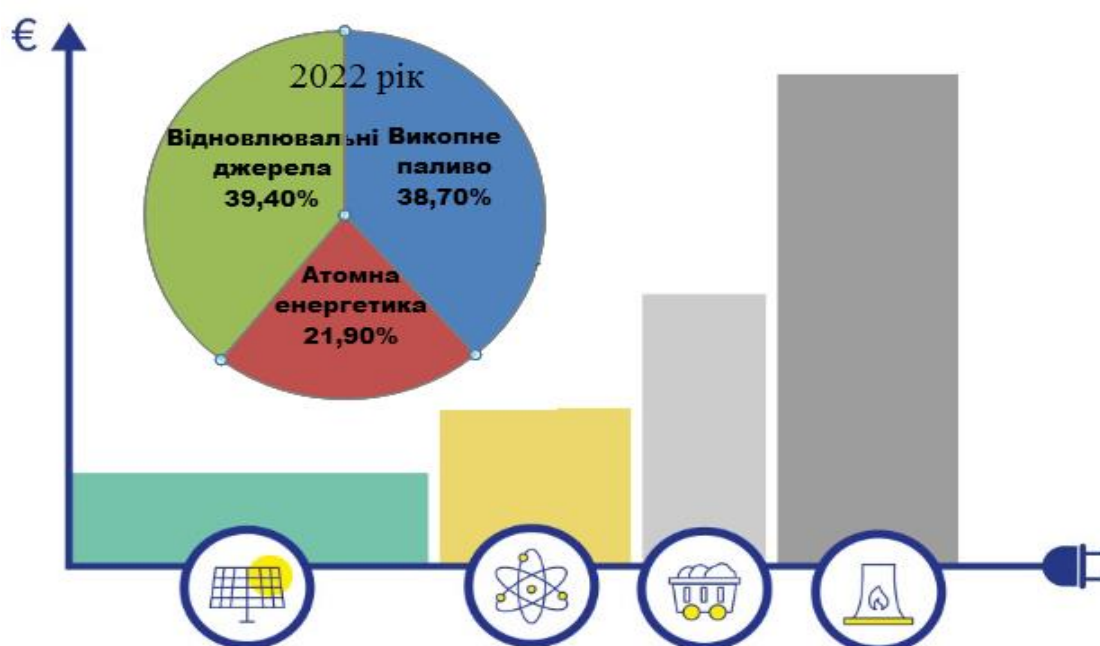
У статті [49] проведено емпіричне та економічне дослідження причинно-наслідкового зв'язків між економічним зростанням та споживанням енергії у п'яти країнах з високим рівнем споживання енергії у період 1968-2016 років, а саме, Китаї, Індії, Японії, США та Саудівській Аравії. У цей період відбулися різні зміни в економіці, споживанні та виробничій сфері цих країн. Результати аналізу причинно-наслідкових зв'язків для країн показують, що між змінними існує односпрямована та двоспрямована причинність по Грейнджеру, через це політику енергозбереження слід розробляти обережно, оскільки енергія є двигуном для економічного розвитку та зростання валового внутрішнього продукту.

У дослідженні [99] представлено аналіз причинно-наслідкових зв'язків між споживанням енергії та економічним зростанням з використанням динамічного аналізу панельних даних для 28 європейських країн за період 1990-2014 років. Метод динамічного аналізу панельних даних, запропонований у цьому дослідженні, розглядає реальний валовий внутрішній продукт (ВВП) як залежну змінну, тоді як параметри капіталу, праці та споживання енергії розглядаються як незалежні змінні. Щоб показати причинно-наслідковий зв'язок між ВВП та капіталом, працею та споживанням енергії, застосовується тест автокореляції Арельяно-Бонда шляхом взяття першої різниці певних параметрів. Результати дослідження показують, що ВВП має прямий зв'язок з усіма незалежними змінними, а саме, капіталом, працею та споживанням енергії. При заданому значенні збільшення цих незалежних змінних кожна із залежних змінних демонструє значне зростання.

Останнім часом у світі відбуваються різкі зміни у структурі використання джерел для виробництва електроенергії. Темпи росту використання відновлюваних джерел енергії у Європі є особливо вражаючими. Так, у 2011 році викопне паливо (нафта, природний газ та вугілля) становило 49% виробництва електроенергії в ЄС, тоді як відновлювані джерела енергії лише

18% (Додаток Є). Через десять років відновлювані джерела енергії наближаються до рівня викопного палива і становлять 32% виробництва електроенергії в ЄС порівняно з 36% викопного палива в 2021 році [86]. У 2022 році частка відновлюваних джерел енергії становила уже 39,4%.

Протягом 2022 р. багато країн ЄС запровадили заходи щодо пом'якшення впливу стрибків цін на енергоносії, наприклад, за рахунок зниження ПДВ або надання субсидій домашнім господарствам та компаніям. Електроенергія в ЄС продається не за індивідуальними цінами, які пропонують електростанції, а за ціною запропонованою останнім найбільш дорогою електростанцією (рис. 3.5).



*Рис. 3.5. Механізм формування ціни на електроенергію
Джерело: побудовано автором на основі [148]*

Попит на електроенергію в ЄС почав швидко падати — у четвертому кварталі 2022 року він упав на 7,9% порівняно з тим же періодом попереднього року, що близько до розмірів падіння на 9,6%, яке спостерігалось у другому кварталі 2020 року. Усі три місяці четвертого кварталу 2022 року були теплішими, ніж у 2021 році, але однією погодою не можна пояснити такі великі падіння. Цілком імовірно, що тимчасові скорочення були викликані переважно міркуваннями доступності, а також солідарністю багатьох громадян з метою скорочення попиту на енергію під час кризи та підвищення енергоефективності.

З поширенням у 2022 році теплових насосів, електромобілів та електролізерів очевидно, що ці зміни пришвидшуватимуться. Різке зростання використання сонячної енергії лише починається. У 2022 році вироблення сонячної енергії зросло на рекордні 39 ТВтч (+24%), що допомогло уникнути витрат на газ на 10 мільярдів євро.

Двадцять країн ЄС досягли найвищої частки сонячної електроенергії за всю історію. Нідерланди були лідером, виробляючи 14% своєї електроенергії за рахунок сонячної енергії, тоді як до цього вугілля було основним джерелом. У жовтні 2022 року Греція працювала виключно на відновлюваних джерелах енергії протягом п'яти годин, і очікується, що до кінця 2023 року, на сім років раніше, вона досягне своєї мети встановлення сонячних батарей в 8 ГВт до 2030 року. Вперше у 2022 році вітрова та сонячна енергетика сягнули більше п'ятої частини (22%) згенерованої електроенергії в ЄС [86].

Останнім часом все частіше піднімають питання про перехід України до децентралізованої автономної генерації (ДАГ), яка полягає в розподілі виробництва електроенергії на малі генераційні установки, які розміщені поблизу споживачів і функціонують автономно або частково автономно від центральної енергетичної системи. Це протиставляється централізованій генерації, де великі електростанції постачають електроенергію на великі відстані через розгалужену мережу.

Для розвитку децентралізованої автономної генерації електроенергії (ДАГ) пропонується застосовувати різні бізнес-моделі, які сприяють фінансовій стійкості, залученню інвестицій і підтримці місцевих громад (Додаток В).

В умовах постійних ракетних атак на об'єкти енергетичної інфраструктури України, бізнес-моделі формування децентралізованої автономної генерації електроенергії набувають критично важливого значення. Децентралізована генерація електроенергії дозволяє зменшити залежність від великих енергетичних об'єктів, які є основними цілями атак. Це забезпечує стійкість енергосистеми та зменшує ризики масштабних збоїв у разі пошкодження централізованих об'єктів. Децентралізовані системи можуть бути

швидко розгорнуті та адаптовані до нових умов. В умовах війни та постійних атак це дозволяє оперативно забезпечити енергопостачання вразливих районів та об'єктів. Автономні системи можуть забезпечувати енергією критичні об'єкти, такі як лікарні, водоканали, об'єкти зв'язку та інші важливі установи, що є надзвичайно важливим для підтримання функціонування держави в умовах кризи.

З метою встановлення виду взаємозв'язків, які існують між виробництвом електроенергії та економічним розвитком у подальшому скористаємось моделями панельної регресії, для побудови яких нами було використано статистичні дані, які описують виробництво електроенергії та макроекономічні показники 38 країн Європи за період з 1995 по 2022 роки.

Оскільки стаціонарність часових рядів є передумовою до проведення тесту на причинність за Грейнджером, нами було проведено перевірку на наявності одиничних коренів та коінтеграції. У зв'язку із цим, дослідження причинно-наслідкових зв'язків між виробництвом електроенергії та економічним зростанням слід почати із визначення порядку інтеграції відповідних змінних. У таблиці 3.11 представлено результати тестів ADF - Fisher Chi-square та Im, Pesaran and Shin W-stat на наявність одиничних коренів.

Таблиця 3.11

Результати тесту на наявність одиничного кореня

	Рівень ряду				Перша різниця				
	Im, Pesaran and Shin W-stat		ADF - Fisher Chi-square		Im, Pesaran and Shin W-stat		ADF - Fisher Chi-square		
	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.	
Показники енергоефективності									
ELSUP_CAP	-0.4920	0.311	89.3031	0.108	-17.956	0.000	426.953	0.000	I(1)
EL_CAP	-3.6881	0.000	133.762	0.000					I(0)
Показники економічного розвитку									
GDPCAP	0.3142	0.623	68.3379	0.663	-15.288	0.000	351.026	0.000	I(1)
GDP_GROW_PC	-18.486	0.000	427.040	0.000					I(0)
GDP_GROW	-18.239	0.000	420.919	0.000					I(0)
FDGDP	-11.871	0.000	287.177	0.000					I(0)
UNEMP	-4.0808	0.000	129.176	0.000					I(0)
EXP_GDP	2.3110	0.989	56.2670	0.937	-18.573	0.000	431.589	0.000	I(1)

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Таким чином, серед показників економічного розвитку чотири часові ряди не мають одиничних коренів: GDP_GROW_PC, GDP_GROW, FDGDP, UNEMP. Валове виробництво електроенергії із розрахунку на душу населення EL_CAP теж виявилось стаціонарним часовим рядом $I(0)$. Саме до цих змінних можна застосувати тест Грейджера на причинність, результати якого подано у таблиці 3.12. Беручи до уваги те, що Dumitrescu Hurlin Panel Causality тест більш повно враховує особливості панельних даних, у подальшому було використано саме цей тест на причинність.

Таблиця 3.12

Тест Грейджера на причинність між часовими рядами

Pairwise Dumitrescu Hurlin Panel Causality Tests			
Null Hypothesis:	W-Stat.	Zbar-Stat.	Prob.
GDP_GROW does not homogeneously cause EL_CAP	1.92070	1.02356	0.4760
EL_CAP does not homogeneously cause GDP_GROW	2.97072	1.14315	0.2741
GDP_GROW_PC does not homogeneously cause EL_CAP	1.52670	1.22654	0.1110
EL_CAP does not homogeneously cause GDP_GROW_PC	1.95671	1.31632	0.1443
EL_CAP does not homogeneously cause UNEMP	1.62778	1.52674	0.2310
UNEMP does not homogeneously cause EL_CAP	1.34561	2.34662	0.2343
EL_CAP does not homogeneously cause FDGP	2.425677	3.54574	0.7319
FDGP does not homogeneously cause EL_CAP	3.34111	2.34566	0.3349

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Тест Педроні на наявність панельної коінтеграції між парами показників ELSUP_CAP, EXP_GDP та GDPCAP і ELSUP_CAP показав відсутність коінтеграції (Таблиця 3.13).

Таблиця 3.13

Тест Педроні на наявність панельної коінтеграції

Series: ELSUP_CAP EXP_GDP					Series: GDPCAP ELSUP_CAP			
			Weighted				Weighted	
	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>
Panel v-Statistic	-1.8201	0.9656	0.0056	0.4978	-1.2929	0.9020	-1.1336	0.8715
Panel rho-Statistic	2.8084	0.9975	-2.1647	0.0152	0.7588	0.7760	0.4764	0.6831
Panel PP-Statistic	3.4466	0.9997	-3.5034	0.0002	-1.1369	0.1278	-0.7957	0.2131
Panel ADF-Statistic	-0.4196	0.3374	-2.1810	0.0146	-1.7973	0.0361	-1.1546	0.1241
	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>			<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>		
Group rho-Statistic	0.2381	0.5941			1.9550	0.9747		
Group PP-Statistic	-2.4308	0.0075			-0.4341	0.3321		
Group ADF-Statistic	-1.7723	0.0382			-1.2844	0.0995		

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Для визначення характеру на напрямку причинно-наслідкових зв'язків між часовими рядами, які мають різні порядки інтеграції, а саме, нульовий $I(0)$ та перший $I(1)$, було використано панельні моделі авторегресії розподіленого лагу (Panel AutoRegressive and Distributed Lag Model, ARDL). Згідно із побудованими ARDL моделями для ELSUP_CAP та GDP_GROW_PC, електроенергія, доступна для кінцевого споживання ELSUP_CAP спричиняє лише короткостроковий статистично значущий причинний ефект на GDP_GROW_PC (Таблиця 3.14).

Таблиця 3.14

ARDL моделі оцінки GDP_GROW_PC та ELSUP_CAP

Dependent Variable: D(ELSUP_CAP) ARDL(2, 1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
GDP_GROW_PC	0.002329	0.001206	1.931475	0.0539
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.017888	0.004191	-4.268216	0.0000
D(ELSUP_CAP(-1))	-0.155996	0.053185	-2.933066	0.0035
D(GDP_GROW_PC)	2.20E-06	3.92E-06	0.560260	0.5755
C	0.000244	0.000120	2.035102	0.0423
Dependent Variable: D(GDP_GROW_PC) ARDL(1, 2)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
ELSUP_CAP	-87.51611	75.87846	-1.153372	0.2492
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.985815	0.059330	-16.61590	0.0000
D(ELSUP_CAP)	15109.51	1834.521	8.236216	0.0000
D(ELSUP_CAP(-1))	2760.801	1118.921	2.467377	0.0139
C	2.141485	0.344556	6.215207	0.0000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Коінтеграція існує між GDP_GROW та ELSUP_CAP (таблиця 3.15). Це означає, що відстань між ними залишатиметься сталою у довгостроковій перспективі. GDP_GROW спричиняє довгостроковий статистично значущий причинний ефект на ELSUP_CAP, тоді як ELSUP_CAP на GDP_GROW короткостроковий каузальний вплив.

Таблиця 3.15

ARDL моделі оцінки GDP_GROW та ELSUP_CAP

Dependent Variable: D(ELSUP_CAP)		ARDL(2, 1)		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
GDP_GROW	0.000887	0.000263	3.377311	0.0008
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.043089	0.010803	-3.988642	0.0001
D(ELSUP_CAP(-1))	-0.135157	0.050025	-2.701769	0.0071
D(GDP_GROW)	4.03E-06	4.65E-06	0.867367	0.3861
C	0.000538	0.000239	2.255485	0.0244
Dependent Variable: D(GDP_GROW)		ARDL(1, 2)		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
ELSUP_CAP	-88.26872	84.47587	-1.044899	0.2965
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.965669	0.057347	-16.83902	0.0000
D(ELSUP_CAP)	15121.18	1768.654	8.549545	0.0000
D(ELSUP_CAP(-1))	2999.372	1143.949	2.621946	0.0090
C	2.286956	0.328595	6.959800	0.0000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Коінтеграційний зв'язок виявлено також між ELSUP_CAP та FDGDP, тобто вони можуть зростати або спадати, проте вони робитимуть це синхронізовано у довгостроковій перспективі (Таблиця 3.16).

Таблиця 3.16

ARDL моделі оцінки ELSUP_CAP та FDGDP

Dependent Variable: D(ELSUP_CAP)		ARDL(1, 1)		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
FDGDP	7.93E-06	3.00E-06	2.648584	0.0083
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.189788	0.033036	-5.744861	0.0000
D(FDGDP)	9.49E-06	4.68E-06	2.027681	0.0430
C	0.001608	0.000478	3.363308	0.0008
Dependent Variable: D(FDGDP)		ARDL(1, 1)		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
ELSUP_CAP	-117.2770	225.6170	-0.519806	0.6034
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.688824	0.042856	-16.07302	0.0000
D(ELSUP_CAP)	2548.396	4605.577	0.553328	0.5802
C	6.385878	1.737235	3.675887	0.0003

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

FDGDP спричиняє як довгостроковий, так і короткостроковий статистично значущий причинний ефект на ELSUP_CAP. Коефіцієнт коригування відхилень від довгострокового рівноважного стану становитиме 0.19% за один термін.

Між рівнем безробіття UNEMP та ELSUP_CAP існує коінтеграційний зв'язок, а, отже, у довгостроковій перспективі досягається рівноважний стан між ними, відхилення від якого погашаються із швидкістю 0.19% за період. Таким чином, електроенергія доступна для кінцевого споживання на душу населення ELSUP_CAP є причиною у довгостроковій та короткостроковій односторонній каузальності для рівня безробіття UNEMP (Таблиця 3.17).

Таблиця 3.17

ARDL моделі оцінки ELSUP_CAP та UNEMP

Dependent Variable: D(ELSUP_CAP) ARDL(1, 2)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
UNEMP	0.000500	0.000149	3.356178	0.0008
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.353814	0.024685	-1.369850	0.1712
D(UNEMP)	-6.68E-05	1.36E-05	-4.903759	0.0000
D(UNEMP(-1))	6.33E-06	2.58E-05	0.245081	0.8065
C	0.000795	0.000471	1.689959	0.0915
Dependent Variable: D(UNEMP) ARDL(2, 2)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
ELSUP_CAP	-43.53984	126.8333	-3.418649	0.0007
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.244292	0.028556	-8.554712	0.0000
D(UNEMP(-1))	0.409195	0.040143	10.19341	0.0000
D(ELSUP_CAP)	-3202.005	610.9680	-5.240872	0.0000
D(ELSUP_CAP(-1))	-1506.750	403.1186	-3.737733	0.0002
C	3.149419	0.393377	8.006110	0.0000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Згідно із ARDL моделлю (Таблиця 3.18), між GDPCAP та валовим виробництвом електроенергії із розрахунку на душу населення EL_CAP існує двостороння довгострокова каузальність та коінтеграція між цими показниками. У випадку, коли має місце відхилення від довгострокової рівноваги, ВВП на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення коригуються для відновлення довгострокової рівноваги,

причому швидкість погашення коливань EL_CAP становитиме 0.19%, а GDPCAP – 0,15% за один рік.

Таблиця 3.18

ARDL моделі оцінки GDPCAP та EL_CAP				
Dependent Variable: D(GDPCAP)			ARDL(1, 1)	
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
EL_CAP	42490883	5142966.	8.261941	0.0000
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.141779	0.020175	-7.027391	0.0000
D(EL_CAP)	3900366.	4210720.	0.926294	0.3546
C	1484.148	617.3864	2.403921	0.0165
Dependent Variable: D(EL_CAP)			ARDL(1, 2)	
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
GDPCAP	1.91E-08	1.87E-09	10.20383	0.0000
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.188567	0.067769	-2.782495	0.0056
D(GDPCAP)	1.98E-09	1.54E-09	1.280068	0.2010
D(GDPCAP(-1))	-5.41E-09	2.70E-09	-2.004756	0.0454
C	7.20E-05	2.35E-05	3.056194	0.0023

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Отримані у результаті застосування ARDL та VECM моделей причинно-наслідкові зв'язки схематично подано на рисунку 3.6.

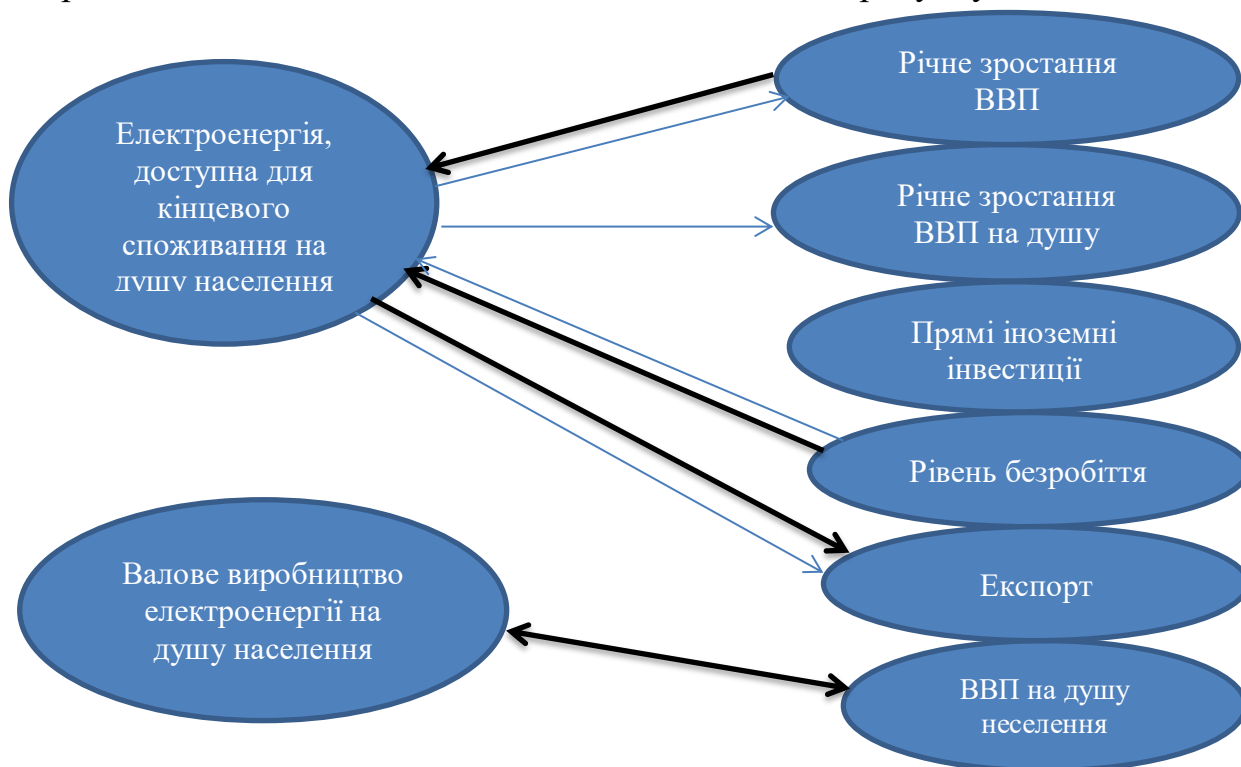


Рис.3.6. Схема причинно-наслідкових довгострокових (жирна лінія) та короткострокових (тонка лінія) зв'язків

Джерело: побудовано автором

Отримані каузальні зв'язки між виробництвом та споживанням електроенергії із макроекономічними показниками 38 країн Європи будуть корисними при розробленні коротко- та довгострокових програм розвитку енергетичного сектору, формуванні загальноєвропейської економічної політики.

На основі побудованих VECM та ARDL моделей для панельних даних 38 країн Європи у статті проаналізовано коінтеграційні та причинно-наслідкові зв'язки між показниками виробництва електроенергії та економічним розвитком в 38 країнах Європи. Між ВВП на душу населення GDP_{CAP} та валовим виробництвом електроенергії із розрахунку на душу населення EL_CAP існує двосторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок та коінтеграція. У випадку, коли має місце відхилення від рівноважного стану, ВВП на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення повертатимуться до довгострокової рівноваги, причому швидкість погашення коливань EL_CAP становитиме 19%, а GDP_{CAP} – 15% за один період. Коінтеграція існує також між електроенергією, доступною для кінцевого споживання на душу населення $ELSUP_CAP$, темпами зростанням ВВП GDP_GROW та відношенням прямих іноземних інвестицій до ВВП $FDGDP$, тобто, між ними існує тісний зв'язок і вони ведуть себе синхронізовано у довгостроковій перспективі. $FDGDP$ спричиняє як довгостроковий, так і короткостроковий статистично значущий причинний ефект на $ELSUP_CAP$. Між рівнем безробіття $UNEMP$ та $ELSUP_CAP$ існує коінтеграційний зв'язок, а, отже, у довгостроковій перспективі досягається рівноважний стан між ними, відхилення від якого погашаються із швидкістю 19% за період. Крім цього, електроенергія доступна для кінцевого споживання на душу населення $ELSUP_CAP$ є причиною для рівня безробіття $UNEMP$ у довгостроковій та короткостроковій перспективі.

У Додатку Д подано рекомендовані стратегії розвитку ринку електроенергії на основі аналізу причинно-наслідкових зв'язків.

3.3. Врахування причинно-наслідкових зв'язків між показниками економічного розвитку, міжнародної торгівлі та енергоефективності при формуванні організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності

Взаємозв'язок між економічним зростанням, міжнародною торгівлею та енергоефективністю в європейських країнах є надзвичайно важливою сферою досліджень, особливо в контексті досягнення цілей сталого розвитку. Використання підходу на основі авторегресійної моделі з розподіленим лагом (ARDL) забезпечує надійну основу для розуміння цих динамічних процесів як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі. По-перше, економічне зростання в європейських країнах часто корелює з підвищеним споживанням енергії, однак зосередженість на енергоефективності може зменшити екологічний вплив. Крім того, міжнародна торгівля сприяє економічному зростанню шляхом розширення ринків, але може також збільшити попит на енергію, якщо цей процес не керується на засадах сталого розвитку. Ці взаємозв'язки вимагають ретельного аналізу для розробки політик, спрямованих на досягнення економічного зростання без шкоди для навколишнього середовища.

Дослідження Ziolo et al. [203] аналізує, чи можуть стале економічне та фінансове зростання співіснувати зі зменшенням викидів парникових газів. Автори припускають, що підвищення енергоефективності може бути ключем до досягнення цього балансу. У роботі розглядається зв'язок між енергоефективністю та сталим економічним і фінансовим розвитком у країнах Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) з 2000 по 2018 роки, використовуючи підхід DEA (аналіз обгорткових даних). Результати показують помірне зростання енергоефективності серед країн ОЕСР за досліджуваний період, проте існують розбіжності: розвинені країни ОЕСР демонструють вищу енергоефективність порівняно з їхніми країнами, що розвиваються.

Leitão & Lorente (2020) [136] вивчають взаємозв'язок між економічним зростанням, відновлюваною енергією, туристичними потоками, відкритістю торгівлі та викидами вуглекислого газу в межах Європейського Союзу. Було визначено, що ці змінні мають довгострокову коінтеграцію. Економетричні результати показують, що відкритість торгівлі та використання відновлюваної енергії сприяють зменшенню кліматичних змін та деградації довкілля. Водночас економічне зростання позитивно впливає на викиди вуглекислого газу.

Rejović et al. (2023) [156] досліджують зв'язок між економічним зростанням і споживанням енергії в європейських країнах, що перебувають на етапі трансформації. Вони виявили, що в довгостроковій перспективі зростання валового внутрішнього продукту призводить до збільшення споживання енергії. Отже, дослідження рекомендує країнам у перехідному періоді зосередитися на розвитку нових джерел енергії та підвищенні енергоефективності. Автори також застерігають, що політики, спрямовані на обмеження споживання енергії, можуть негативно вплинути на економічне зростання. Модель ARDL допомагає аналізувати, як короткострокові економічні коливання впливають на довгострокові цілі сталого розвитку. Вона також досліджує ефект відтермінування реалізації політичних заходів щодо підвищення енергоефективності. Крім того, модель ARDL може аналізувати вплив міжнародних торговельних угод, що включають екологічні положення, спостерігаючи, як вони впливають на економічні та енергетичні показники. Розуміючи ці взаємозв'язки, політики можуть краще розробляти стратегії, які сприяють не лише економічному зростанню, але й екологічній стійкості. Це особливо важливо, оскільки Європа прагне досягти амбітних енергетичних і кліматичних цілей на 2030 і 2050 роки.

Загалом, підхід на основі ARDL моделей надає цінні інсайти, які можуть допомогти у створенні ефективніших та збалансованих економічних і екологічних політик в європейському контексті. У подальшому ми розглянемо показники з різними рівнями інтеграції. Для цього ми використали модель

ARDL. Враховуючи, що підвищення енергоефективності та впровадження відновлюваних джерел енергії є необхідними для вирішення екологічних та кліматичних проблем, розуміння взаємозв'язків між енергоефективністю та економічним зростанням є критично важливим як з теоретичної, так і з практичної точок зору.

Численні наукові дослідження зосереджуються на вивченні характеру взаємозв'язку між показниками економічного зростання та енергоефективністю. Kédaitiené та Klyviené [120] виявили короткостроковий негативний вплив екологічної політики на економічну активність. Це певною мірою узгоджується з теоріями, які припускають, що екологічна політика може накладати додаткові витрати на економічну діяльність. Щодо економічних змінних, було виявлено сильний позитивний вплив екологічної політики на міжнародну торгівлю.

Sener та Karakas (2019) [171] досліджували гіпотезу про те, що економічне зростання призводить до зниження енергоємності. Для перевірки цієї гіпотези використовували тест на коінтеграцію. Результати показали, що ця гіпотеза є застосовною для країн з високими та вище середнього доходами. Однак для країн із нижче середнього доходами гіпотеза не була підтверджена, що свідчить про те, що обернений зв'язок між економічним зростанням і енергоємністю стає більш очевидним у міру переходу країн від низького до високого рівня доходів.

Sevik і Gao [64] проаналізували енергоефективність у групі з 38 європейських країн, використовуючи метод стохастичного граничного аналізу (SFA). Дослідження виявило, що потужні екологічні політики та інституції значно покращують енергоефективність, сприяючи інвестиціям в енергоефективне обладнання та будівлі, а також стимулюючи енергозбереження серед споживачів. Крім того, дослідження підкреслює важливість впровадження таких заходів, як введення податку на викиди вуглецю та ліквідація субсидій на викопне паливо. Ці заходи є ключовими, оскільки вони впливають на поведінку споживачів через зміни в ціноутворенні на енергію.

Osei-Assibey Bonsu та Wang [149] досліджують взаємопов'язані відносини між споживанням енергії, відкритістю торгівлі та економічним зростанням у 45 країнах з 1991 по 2014 роки. Дослідження підтверджує наявність двостороннього зв'язку в довгостроковій перспективі між споживанням енергії та доходами, відкритістю торгівлі та доходами, а також між відкритістю торгівлі та споживанням енергії. Примітно, що споживання енергії має більш значний вплив на економічне зростання, ніж вплив відкритості торгівлі. Водночас відкритість торгівлі має більш виражений вплив на споживання енергії, ніж економічне зростання. Однак, серед цих тріадичних взаємозв'язків найбільш значний вплив економічного зростання спостерігається на відкритість торгівлі.

Gholizadeh [98] досліджує причинно-наслідковий зв'язок між споживанням енергії та економічним зростанням через призму виробничої функції Кобба-Дугласа в 28 європейських країнах. Результати свідчать про те, що ВВП безпосередньо пов'язаний з усіма незалежними змінними, які розглядалися в дослідженні: капіталом, працею та споживанням енергії.

Згідно з дослідженням Kyshakevych et al. [132], факторами, які значно впливають на енергоємність ВВП у європейських країнах, є рівень безробіття, первинне споживання енергії на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення.

Zhakanova та Fathi [199] досліджують, як фінансовий розвиток, технологічні інновації, економічна свобода, ВВП та забруднення навколишнього середовища впливають на використання стійкої енергії в Європейському Союзі. Використовуючи динамічну панельну техніку PMG ARDL, дослідження оцінює ці змінні. Результати показують, що фінансовий розвиток відіграє ключову роль у підвищенні використання стійкої енергії. Також встановлено, що із зростанням використання стійкої енергії знижується рівень забруднення навколишнього середовища.

Результати тесту PMG ARDL у дослідженні Zhang & Zhang [200] демонструють значущі ймовірнісні значення для залежних змінних як у

короткостроковому, так і в довгостроковому періодах, що вказує на те, що ВВП позитивно та значущо впливає на витрати на охорону здоров'я в Європейському Союзі. Водночас викиди NOX і CO₂ мають негативний і значущий вплив на витрати на охорону здоров'я.

Результати дослідження Steinhauser et al. [180] показують, що експорт і імпорт ЄС з країнами-партнерами зростають, водночас у цих країнах також збільшуються викиди CO₂. Це дослідження підтримує ідею про можливість зниження викидів у країнах-партнерах ЄС через цілеспрямовані торговельні політики та заходи.

Більшість поширених моделей для аналізу взаємозв'язку між економічними показниками припускають наявність стаціонарності або коінтеграції між ними, що передбачає однаковий порядок інтеграції у відповідних часових рядах. Однак для повного розуміння природи взаємозв'язків між цими елементами важливо також враховувати часові ряди з різними порядками інтеграції, використовуючи для цього моделі ARDL.

У подальшому дослідженні ми визначимо характер довгострокових і короткострокових взаємозв'язків між показниками економічного зростання, енергоефективності та міжнародної торгівлі для 38 європейських країн з різними порядками інтеграції.

Для оцінки рівня енергоефективності економік європейських країн ми використовували енергоємність та інтенсивність викидів вуглекислого газу. Щоб визначити характер причинно-наслідкових зв'язків між часовими рядами з різними порядками інтеграції, зокрема нульового порядку I(0) і першого порядку I(1), було використано панельні моделі авторегресії з розподіленим лагом (Panel AutoRegressive and Distributed Lag Model, ARDL) (Kripfganz & Schneider, 2023) [164]:

$$y_{it} = \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \beta'_{ij} \Delta x_{i,t-j} + \varphi_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3.6)$$

У цій моделі Y_{it} — це залежна змінна для i -ї країни в момент часу t , а X_{it} — незалежні змінні. Коефіцієнти α_j і β_j вимірюють вплив від короткострокових

змін Y та X на Y_t . Доданок $\phi_t + \gamma_t$ відображає будь-які фіксовані ефекти або детерміновані тренди в даних, де ϕ — константа, а γ — коефіцієнт часового тренду. Останнім доданком є ϵ_{it} , який є похибкою для i -ї країни у момент часу t .

Дослідження природи взаємозв'язків між показниками енергоефективності та економічним зростанням почнемо з визначення порядку інтеграції відповідних змінних. У Таблиці 3.19 представлені результати тестів ADF - Fisher Chi-square та Im, Pesaran і Shin (IPS) на наявність одиничних коренів. Тільки часові ряди, такі як CO2_INT, GDP_RATE_PC та GDP_RATE, виявилися стаціонарними, тоді як решта змінних є інтегрованими першого порядку.

Таблиця 3.19

Результати тестів на існування одиничного кореня

	Рівень ряду				Перша різниця				
	IPS statistics		ADF - Fisher		IPS statistics		ADF - Fisher		
	Stat	p-value	Stat	p-value	Stat	p-value	Stat	p-value	
Показники енергоефективності									
CO2_INT	-3.0591	0.001	127.123	0.000					I(0)
EI	4.7431	1.000	35.124	1.000	-21.983	0.000	504.78	0.000	I(1)
Показники економічного розвитку									
GDP_IND	0.3562	0.637	68.5367	0.690	-15.455	0.000	352.123	0.000	I(1)
GDP_RATE_PC	-18.691	0.000	429.141	0.000					I(0)
GDP_RATE	-19.133	0.000	421.113	0.000					I(0)
IMP	0.2234	0.593	65.2221	0.7823	-16.434	0.000	367.216	0.000	I(1)
EXP	2.3233	0.999	56.5678	0.832	-19.673	0.000	432.349	0.000	I(1)

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Наступним кроком була побудова моделей ARDL для пар часових рядів, де перший ряд (залежна змінна) представляє енергоефективність, а другий ряд (незалежна змінна) відповідає або темпам економічного зростання, або міжнародній торгівлі. Значення інформаційного критерію Акаїке, необхідного для вибору лагів моделі ARDL із CO2_INT як залежною змінною та GDP_IND як незалежною змінною, зображено у Додатку А. Оцінка параметрів для моделі ARDL(3,1) представлена в Таблиці 3.20.

Від'ємне значення коефіцієнта GDP_IND (-9.95E-06) у рівнянні довгострокової залежності свідчить про негативний взаємозв'язок між GDP_IND та залежною змінною CO2_INT у довгостроковій перспективі. Це

означає, що зі зростанням GDP_IND у довгостроковій перспективі CO2_INT зменшується, за умови, що інші фактори залишаються незмінними. Статистична значущість коефіцієнта GDP_IND вказує на переконливі докази проти нульової гіпотези про відсутність довгострокової залежності між GDP_IND та CO2_INT, що підтверджує існування причинно-наслідкового зв'язку в довгостроковому періоді.

Таблиця 3.20

Модель ARDL(3,1) для залежної змінної CO2_INT та незалежної змінної GDP_IND

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
GDP_IND	-9.95E-06	-12.68681	0.0000
Short term			
ALPHA	-0.110980	-9.220903	0.0000
D(CO2_INT(-1))	-0.136605	-2.979624	0.0030
D(CO2_INT(-2))	-0.123567	-3.053660	0.0024
D(GDP_IND)	7.21E-07	1.369036	0.1715
C	0.035148	5.635376	0.0000
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.019627	-11.38484	0.0015
D(CO2_INT(-1))	-0.406821	-14.27347	0.0007
D(CO2_INT(-2))	-4.60E-10	-3100.803	0.0000
D(GDP_IND)	0.115723	1.512587	0.2276
C	0.006893	10.40141	0.0019

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Загалом, це свідчить про те, що довгострокове економічне зростання може мати суттєвий негативний вплив на викиди CO2 у співвідношенні до ВВП, що може означати, що з часом, у міру зростання економік, вони стають більш ефективними у зменшенні викидів CO2 на одиницю ВВП. Такий ефект може бути результатом технологічних інновацій, переходу до менш вуглецево-інтенсивних секторів або покращення енергоефективності.

Таким чином, модель ARDL свідчить про наявність довгострокової причинності від GDP_IND до CO2_INT, що вказує на те, що довгострокове економічне зростання негативно впливає на співвідношення викидів CO2 до ВВП. У короткостроковій перспективі ARDL модель надає уявлення про

причинно-наслідковий зв'язок від GDP_IND до CO2_INT через коефіцієнт D(GDP_IND). Однак значення p-value, яке відповідає цьому коефіцієнту, дорівнює 0.1715, що свідчить про те, що коефіцієнт не є статистично значущим. Таким чином, ми не можемо відкинути нульову гіпотезу про відсутність впливу GDP_IND на D(CO2_INT) у короткостроковій перспективі. Це означає, що немає підстав стверджувати про наявність короткострокової причинності між GDP_IND та CO2_INT.

Коефіцієнт коригування довгострокової рівноваги асоціюється із змінною ALPHA у рівнянні короткострокової залежності, і він дорівнює -0.11 . Цей коефіцієнт відображає швидкість повернення до довгострокової рівноваги після тимчасових відхилень Jiawei et al. [118]. Він показує, як швидко залежна змінна D(CO2_INT) повертається до свого довгострокового рівноважного стану після змін у короткостроковій перспективі. Від'ємне значення цього коефіцієнта та його статистична значущість вказують на існування сильної коригуючої динаміки і наявність довгострокової рівноваги між змінними.

Інформаційний критерій Акаїке та сама ARDL модель для залежної змінної EI і незалежної змінної GDP_RATE_PC представлені у Таблиці 3.21.

Таблиця 3.21

Модель ARDL(1,3) для залежної змінної EI та незалежної змінної GDP_RATE_PC

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
GDP_RATE_PC	-0.175977	-4.851455	0.0000
Short term			
ALPHA	-0.069802	-3.253149	0.0012
D(GDP_RATE_PC)	0.003311	0.874995	0.3819
D(GDP_RATE_PC(-1))	-0.010773	-0.206295	0.8367
D(GDP_RATE_PC(-2))	-0.005321	-1.176105	0.2402
C	0.339238	2.256912	0.0244
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.119380	-13.21145	0.0009
D(GDP_RATE_PC)	-0.061386	-33.14511	0.0001
D(GDP_RATE_PC(-1))	-0.070708	-34.32394	0.0001
D(GDP_RATE_PC(-2))	-0.030196	-11.67228	0.0014
C	1.596411	1.030568	0.3786

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Коефіцієнт -0.175977 свідчить про те, що зі збільшенням темпів зростання ВВП на душу населення на один відсоток, енергоємність зменшується на 0.175977 одиниць, або, іншими словами, економіка стає більш енергоефективною у довгостроковій перспективі. Така залежність може свідчити про підвищення енергоефективності, перехід до менш енергоємних галузей або більш ефективного використання енергії у міру зростання економіки.

У контексті ARDL моделі від'ємний коригуючий коефіцієнт вказує на стійкий, обернений зв'язок між економічним зростанням на душу населення та енергоємністю. Від'ємне значення цього коефіцієнта означає, що в довгостроковій перспективі економічне зростання на душу населення асоціюється зі зменшенням енергоємності та вказує на існування тенденції до підвищення енергоефективності або на структурні зміни в економіці у бік менш енергоємної діяльності.

Така інтерпретація є позитивною з точки зору досягнення цілей сталого розвитку, оскільки свідчить про те, що економічне зростання на душу населення не обов'язково призводить до збільшення споживання енергії на одиницю ВВП. Отриманий результат означає, що економіки можуть зростати, одночасно підвищуючи свою енергоефективність.

Коефіцієнт -0.069802 визначає швидкість повернення до довгострокової рівноваги після різких змін залежної змінної (у нашому випадку енергоємності EI). Це означає, що приблизно 6.98% дисбалансу, спричиненого шоком у попередньому періоді, коригується в поточному періоді. Від'ємне значення коригуючого коефіцієнта є очікуваним і бажаним у моделі корекції похибок, оскільки воно свідчить про те, що змінна коригується в напрямку довгострокової рівноваги. У нашому випадку швидкість коригування є відносно помірною, що вказує на те, що для повного згладжування впливу шоку та повернення змінної до її довгострокової траєкторії знадобиться кілька періодів. Статистична значущість цього коефіцієнта вказує на те, що відхилення від довгострокової рівноваги мають значущий і статистично

підтверджений вплив на короткострокову поведінку енергоємності, спрямовуючи її до рівноваги в довгостроковій перспективі.

Якщо коефіцієнти, що представляють короткострокові взаємодії між змінними (наприклад, у нашому випадку між зростанням ВВП на душу населення та енергоємністю), не є статистично значущими, це може означати, що зміни в одній змінній не мають негайного впливу на іншу змінну в короткостроковій перспективі. Відсутність короткострокового впливу може відображати реальну економічну динаміку, згідно з якою певні економічні зміни проявляються лише в довгостроковій перспективі.

У випадку, коли залежною змінною є EI, а незалежною — GDP_RATE, найменше значення критерію Акаїке спостерігається для моделі ARDL (1,3) з трьома лагами для незалежної змінної та одним лагом для залежної змінної (див. Додаток Б).

Із коінтеграційного рівняння у ARDL моделі (див. таблицю 3.22) видно, що коефіцієнт при GDP_RATE є від'ємним і дорівнює -0.184098. Він є статистично значущим, що вказує на сильний і статистично значущий негативний взаємозв'язок між зростанням ВВП і енергоємністю (EI) у довгостроковій перспективі. Зокрема, збільшення темпів зростання ВВП на один відсотковий пункт асоціюється зі зменшенням енергоємності на 0.184098 одиниць. Це свідчить про те, що вищі темпи зростання ВВП можуть бути пов'язані зі зростанням рівнів енергоефективності у довгостроковій перспективі.

Коефіцієнт при ECT є від'ємним та статистично значущим, що свідчить про те, що відхилення від довгострокової рівноваги коригуються з часом. Наявність статистично значущого негативного терміну коригування похибки в моделі вказує на те, що існує механізм для компенсації відхилень від довгострокової рівноваги між зростанням ВВП (GDP_RATE) та енергоємністю (EI). Таким чином, можна стверджувати, що є усі підстави говорити про наявність довгострокового причинно-наслідкового зв'язку від GDP_RATE до EI. Негативний знак ECT (-0.067890) означає, що коли виникає дисбаланс,

система коригується таким чином, що EI повертається до своєї довгострокової рівноваги із GDP_RATE.

Таблиця 3.22

ARDL(1, 3) модель для EI залежної та GDP_RATE незалежної змінних

Variables	Coefficients	t-Statistic	P-value
Long-term			
GDP_RATE	-0.184098	-5.052993	0.0000
Short term			
ALPHA	-0.067890	-3.117071	0.0019
D(GDP_RATE)	0.003691	0.959944	0.3375
D(GDP_RATE(-1))	-0.212462	-1.642411	0.1012
D(GDP_RATE(-2))	-0.004867	-1.790544	0.0739
C	0.336895	2.244819	0.0251
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.007961	-2.015069	0.1373
D(GDP_RATE)	-0.011108	-64.91076	0.0000
D(GDP_RATE(-1))	-0.020761	-122.4707	0.0000
D(GDP_RATE(-2))	-0.011234	-77.58434	0.0000
C	-0.111468	-3.595845	0.0369

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що немає переконливих доказів короткострокової причинності між зростанням ВВП та енергоємністю в цій моделі ARDL, оскільки ефекти не є статистично значущими на загальноприйнятих рівнях. Однак відкладений ефект зростання ВВП на два періоди назад показує деякі ознаки значущості, що свідчить про те, що зміни в зростанні ВВП можуть мати відстрочений вплив на енергоємність, хоча цей ефект є слабким і не є статистично значущим на рівні 5%.

Найменше значення критерію AIC для залежної змінної CO2_INT та незалежної змінної EXP відповідає моделі ARDL (3,3) (див. Додаток Б).

У довгостроковій перспективі збільшення EXP на одну одиницю призводить до зменшення CO2_INT на 0.003 пунктів (див. Додток Г), що вказує на наявність негативного довгострокового взаємозв'язку між EXP і CO2_INT. У результаті зростання EXP асоціюється зі незначним, але зниженням CO2_INT. Від'ємне значення коефіцієнта коінтеграційного рівняння -0.049 та його статистичну значущість можна інтерпретувати як доказ довгострокової

причинності від EXP до CO2_INT. В довгостроковій перспективі це означає, що зростання EXP призводить до незначного зниження викидів CO2 на одиницю ВВП, що може відображати покращення енергоефективності, перехід до експорту товарів із меншою вуглецевою інтенсивністю або інші довгострокові зміни в структурі економіки в напрямку сталого розвитку.

У нашій моделі всі лагові значення EXP є значущими, що вказує на наявність короткострокової причинності від EXP до CO2_INT, і що зміни в частці експорту у ВВП можуть призводити до негайних змін в інтенсивності викидів вуглекислого газу, вказуючи на безпосередній короткостроковий вплив експорту на екологічні показники.

Найменше значення інформаційного критерію Акаїке (AIC) для залежної змінної CO2_INT і незалежної змінної IMP відповідає моделі ARDL (3,4) (див. Додаток Б). Згідно з отриманою моделлю (див. Таблицю 7) не можна стверджувати про суттєвий довгостроковий вплив співвідношення імпорту до ВВП на викиди CO2 на одиницю ВВП на основі наданих даних, оскільки коефіцієнт для IMP у рівнянні довгострокової залежності не є статистично значущим (див. Додаток Д).

У короткостроковій перспективі коефіцієнти, пов'язані з IMP, показують, що зміни у співвідношенні імпорту до ВВП мають статистично значущий вплив на викиди CO2 на одиницю ВВП. Ці результати свідчать про те, що в короткостроковій перспективі збільшення частки імпорту до ВВП асоціюється з незначним зростанням викидів CO2 на одиницю ВВП у тому ж періоді і зі зменшенням викидів CO2 на одиницю ВВП у наступних періодах. Така залежність вказує на динамічний зв'язок, при якому вплив змін у співвідношенні імпорту до ВВП на викиди CO2 на одиницю ВВП змінюється з часом. Значущість цих коефіцієнтів свідчить про те, що в короткостроковій перспективі коливання співвідношення імпорту до ВВП можна розглядати як чинник, що визначає зміни викидів CO2 на одиницю ВВП, причому напрямок впливу змінюється з часом.

Згідно з оцінками AIC (Додаток Б), модель ARDL(2, 1) є найкращою для залежної змінної EXP та незалежної змінної CO2_INT. Коефіцієнт 27.22795 для D(CO2_INT) у моделі ARDL вказує на статистично значущий короткостроковий взаємозв'язок між викидами CO2 на одиницю ВВП та залежною змінною EXP (див. таблицю 3.23). Це свідчить про те, що в короткостроковій перспективі зміни у викидах CO2 на одиницю ВВП мають безпосередній та значний вплив на співвідношення експорту до ВВП. Така залежність підкреслює взаємодію між економічними та екологічними факторами, наголошуючи на тому, як екологічні показники можуть впливати на експорт у короткостроковій перспективі.

Довгостроковий взаємозв'язок у цій ARDL моделі визначається статистично значущим від'ємним коефіцієнтом для CO2_INT, що відчить про сильний і статистично значущий довгостроковий взаємозв'язок між викидами CO2 на одиницю ВВП та експортом як часткою ВВП. На відміну від короткострокової взаємодії, негативний коефіцієнт у рівнянні для довгострокової перспективи вказує на те, що збільшення викидів CO2 на одиницю ВВП асоціюється зі зниженням частки експорту у ВВП у довгостроковій перспективі.

Таблиця 3.23

ARDL(2, 1) модель для залежної змінної EXP та незалежної змінною CO2_INT

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
CO2_INT	-48.16225	-20.35844	0.0000
Short term			
ALPHA	-0.407504	-6.855592	0.0000
D(EXP(-1))	0.144500	2.848826	0.0045
D(CO2_INT)	27.22795	2.408889	0.0163
C	25.67651	6.199197	0.0000
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.194204	-20.14791	0.0003
D(EXP(-1))	0.128055	2.601659	0.0803
D(CO2_INT)	2.668059	0.010527	0.9923
C	9.746443	0.469531	0.6707

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Це означає, що в той час, як викиди CO₂ можуть мати позитивний вплив у короткостроковому періоді, їхній ефект у довгостроковій перспективі стає негативним, що може бути пов'язано з такими факторами, як погіршення якості довкілля, що впливає на конкурентоспроможність експорту, або зростання витрат на регулювання та дотримання екологічних норм. Це підкреслює важливість врахування як короткострокової, так і довгострокової динаміки при оцінці впливу екологічних факторів на економічні показники.

Згідно з оцінками інформаційного критерію Акаїке (як показано у Додатку А), модель ARDL (1, 1) визначена як найбільш відповідна для аналізу взаємозв'язку між залежною змінною IMP та незалежною змінною CO₂_INT (Таблиця 3.24). Негативний коефіцієнт -31.98795 при CO₂_INT вказує на обернений взаємозв'язок між двома змінними. Зокрема, це означає, що зі збільшенням викидів CO₂ на одиницю ВВП на одну одиницю співвідношення імпорту до ВВП зменшується приблизно на 31.99 одиниць, за умови, що всі інші фактори залишаються незмінними.

Таблиця 3.24

**ARDL (1,1) модель для залежної змінної IMP та незалежної змінної
CO₂_INT**

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
CO ₂ _INT	-31.98795	-13.45114	0.0000
Short term			
ALPHA	0.407740	12.36828	0.0000
D(CO ₂ _INT)	19.01493	2.266081	0.0238
C	24.59930	12.69358	0.0000
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.414879	-17.00509	0.0004
D(CO ₂ _INT)	115.4202	0.028441	0.9791
C	36.12934	0.213201	0.8448

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Позитивний коефіцієнт 0.407740 свідчить про те, що з часом часові ряди для IMP і CO₂_INT все більше відхилятимуться від стану рівноваги, що робить

проблемним підтвердження наявності довгострокової причинності. Статистична значущість коефіцієнта для лагових значень CO2_INT свідчить про те, що CO2_INT впливає на IMP у короткостроковій перспективі. Це може означати, що економічні процеси, які впливають на викиди CO2, такі як енергоспоживання або виробничі процеси, мають безпосередній вплив на обсяг або вартість імпорту відносно ВВП країни в короткостроковій перспективі.

Згідно з оцінками інформаційного критерію Акаїке, представленими на Додатку А, модель ARDL (1, 1) визначена як оптимальний вибір для аналізу взаємозв'язку між залежною змінною GDP_IND та незалежною змінною CO2_INT.

Коінтеграційне рівняння має досить великий від'ємний коефіцієнт для CO2_INT, що свідчить про довгостроковий обернений зв'язок між інтенсивністю викидів CO2 і ВВП на душу населення (див. таблицю 3.25). У короткостроковому рівнянні включено термін коригування похибки з негативним коефіцієнтом, що вказує на наявність процесу коригування до довгострокової рівноваги. Однак зміни в CO2_INT ($D(\text{CO2_INT})$) у короткостроковій перспективі не є статистично значущими, що означає відсутність короткострокового причинного впливу CO2_INT на GDP_IND. Значний негативний коефіцієнт для CO2_INT у довгостроковому рівнянні вказує на те, що зі зростанням інтенсивності викидів CO2 ВВП на душу населення має тенденцію до зниження, що свідчить про негативний вплив зростання викидів CO2 на одиницю ВВП на економічне благополуччя, виміряне через ВВП на душу населення.

При аналізі взаємозв'язку між незалежною змінною EI та залежною змінною GDP_RATE_PC модель ARDL (1,3), яка включає три лаги для незалежної змінної та один лаг для залежної змінної, показує найменше значення інформаційного критерію Акаїке (див. Додаток В).

Таблиця 3.25

ARDL(1, 1) модель для залежної змінної GDP_IND та незалежної змінної CO2_INT

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
CO2_INT	-8115.771	-10.38347	0.0000
Short term			
ALPHA	-0.154835	-8.249921	0.0000
D(CO2_INT)	-16099,94	-1,572884	0.0804
C	5249.414	6.768232	0.0000
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.052193	2.379569	0.0977
D(CO2_INT)	-366.553	3.110959	0.0528
C	3452.832	39.34448	0.0000

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Від’ємний коефіцієнт -0.695046 у довгостроковому рівнянні вказує на негативний зв'язок між енергоємністю та зростанням ВВП на душу населення у довгостроковій перспективі, що в контексті ARDL моделі означає збільшення енергоємності на 1% асоціюється з приблизним зменшенням темпів зростання ВВП на душу населення на 0.695% у довгостроковій перспективі (Таблиця 3.26).

Таблиця 3.26

ARDL(1, 1) модель для незалежної змінної EI та залежної змінної GDP_RATE_PC

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
EI	-0.695046	-4.841081	0.0000
Short term			
ALPHA	-0,067369	-0,795361	0.8000
D(EI)	-6.280379	-4.094040	0.0000
C	-1.362952	-5.880671	0.0000
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.697083	-15.98876	0.0005
D(EI)	-3.063507	-0.493916	0.6553
C	-0.737297	-0.439924	0.6898

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews

Наявність довгострокової причинності від EI до GDP_RATE_PC через статистичну незначущість коефіцієнта ALPHA видається проблематичною. Однак статистична значущість лагової змінної D(EI) вказує на наявність короткострокової причинності від EI до GDP_RATE_PC.

У Додатку А показано значення інформаційного критерію Акаїке для моделі ARDL, де залежною змінною є GDP_RATE та незалежною EI. Оцінки параметрів для моделі ARDL(3,1) детально представлені у Таблиці 3.27 .

Таблиця 3.27

ARDL(1, 1) модель із залежною змінною GDP_RATE та незалежною EI

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
EI	-0.677577	-4.710771	0.0000
Short term			
ALPHA	-0.055433	-7.744208	0.0000
D(EI)	-6.434150	-4.261186	0.0000
C	-1.053677	-4.945209	0.0000
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.219232	-12.48616	0.0004
D(EI)	-1.111443	-0.423162	0.7007
C	-2.612491	-1.409027	0.2536

Джерело: розраховано автором з допомогою програми EViews на основі джерел [85]-[90]

Коефіцієнт при енергоємності EI -0.677577 свідчить про те, що у довгостроковій перспективі вона матиме значний позитивний вплив на зростання ВВП. Від'ємний коефіцієнт ALPHA вказує на наявність процесу коригування до довгострокової рівноваги. На основі довгострокового рівняння моделі ARDL(1,1) можна зробити висновок про наявність довгострокової причинності від EI до зростання ВВП. Це означає, що зміни в енергоємності мають довгостроковий вплив на темпи зростання ВВП. Статистична значущість коефіцієнта вказує на те, що цей взаємозв'язок не є випадковим, а позитивний знак свідчить про те, що з підвищенням енергоємності зростання ВВП також має тенденцію до зростання в довгостроковій перспективі. Значущість лагової незалежної змінної EI вказує на наявність короткострокових причинно-наслідкових ефектів на зростання ВВП (GDP_RATE).

Таким чином, за допомогою моделі ARDL ми отримали наступну систему причинно-наслідкових зв'язків між показниками економічного розвитку, міжнародної торгівлі та енергоефективності, які мають різні порядки інтеграції (див. Рис. 3.7).



*Рисунок 3.7. Схема довгострокової (жирні стрілки) та короткострокової (вузькі стрілки) причинності між показниками з різними рівнями інтеграції
Джерело: побудовано автором*

Відсутність довгострокової причинності від імпорту може бути пояснена складністю та варіативністю його впливу на економіку країни. Імпорт може одночасно стимулювати конкуренцію, спонукаючи вітчизняні галузі до підвищення ефективності, і задовольняти попит споживачів, пропонуючи ширший асортимент товарів. Однак у довгостроковій перспективі ці ефекти можуть бути нейтралізовані відповідним зростанням експорту, змінами у виробничих можливостях країни та зсувами в глобальній торгівлі, що робить їхній вплив на енергоефективність та економічний розвиток менш прямим і послідовним у порівнянні з іншими факторами. Розуміння взаємозв'язку між глобальною торгівлею та викидами CO₂ є ключовим для розробки ефективних стратегій боротьби зі змінами клімату.

Повертаючись до питання, яке ми спочатку підняли в нашому дослідженні — чи можна досягти сталого економічного розвитку, підвищуючи енергоефективність економіки та знижуючи викиди парникових газів — ми можемо впевнено відповісти ствердно у випадку європейських країн у довгостроковій перспективі. Зниження інтенсивності викидів вуглекислого газу в економіках європейських країн позитивно впливає на їх економічний розвиток, що відображається у ВВП на душу населення в довгостроковій перспективі. Наші результати показують, що зі збільшенням ВВП на душу

населення інтенсивність викидів CO₂ (CO₂_INT) також має тенденцію до зниження в довгостроковій перспективі по всій Європі.

Подібний результат було виявлено також у дослідженні Kyshakevych та ін. [131], яке аналізувало часові ряди з однаковими рівнями інтеграції. Результати дослідження Pehlivanoglu та ін. [155] чітко вказують на те, що енергоефективність відіграє важливу роль у розвитку економіки країн ЄС. Рекомендується переглянути Директиву про енергоефективність 2012/27/ЄС (Європейська Комісія, 2020) [159], враховуючи успіхи та недоліки цілей політики 2020 року, приділивши особливу увагу унікальним умовам кожного регіону та країни.

Коли розглядаємо темпи економічного зростання, ситуація змінюється. У науковій літературі можна зустріти різні, іноді суперечливі погляди на це питання. Наприклад, Ziolo та ін. [83] виявили позитивний вплив економічного зростання на викиди вуглекислого газу. Sener та Karakas [171] зазначають, що економічне зростання сприяє зниженню енергоємності в країнах з високим та середньовисоким рівнем доходів. Tahir та Eatzaz [188] також згадують про існування негативного зв'язку, і вони пропонують, що цей негативний зв'язок не обов'язково слід трактувати як ознаку тенденції до зниження енергоємності. Tögök [191] вказують на відсутність послідовного, сильного зв'язку між ВВП та споживанням енергії серед країн-членів. Крім того, результати показують, що в країнах-членах, де спостерігалось значне зниження споживання енергії, це зменшення не мало негативного впливу на економічне зростання. Результати Dong та ін. [72] не дозволяють однозначно заявити, що економічне зростання в країнах Євросоюзу відокремлене від пом'якшення наслідків зміни клімату; однак, прогрес у напрямку "зеленої" трансформації йде в правильному напрямку.

Згідно з дослідженням Kédaitienè та Klyvienè [120], варіації в результатах можуть бути зумовлені низкою факторів, таких як різні часові рамки, вибірка країн, економетричні методи або можливі упередження через пропущені змінні. Крім того, більшість із цих досліджень використовують статичний підхід до

аналізу, аналізуючи агреговані дані щодо споживання енергії та зосереджуючись на обмеженій кількості країн.

Наші результати частково узгоджуються з обома точками зору, оскільки ми проаналізували взаємозв'язок між цими показниками як у довгостроковому, так і в короткостроковому контекстах. Аналіз показав, що у довгостроковій перспективі підвищення енергоемності європейських країн сприяє збільшенню їхніх темпів економічного зростання. Однак у короткостроковій перспективі енергоемність, ймовірно, матиме негативний вплив як на темпи зростання ВВП, так і на темпи зростання ВВП на душу населення.

Таким чином, нами було проаналізовано характер причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності, економічного розвитку та міжнародної торгівлі у 38 європейських країнах, включаючи Україну. Було виявлено наявність двосторонніх причинних довгострокових зв'язків між енергоемністю та темпами зростання ВВП, між інтенсивністю викидів вуглекислого газу, ВВП на душу населення та часткою експорту у ВВП. Цікаво, що інтенсивність викидів вуглекислого газу демонструє короткострокову двосторонню причинність як із імпортом, так і з експортом. Це свідчить про те, що у короткостроковій перспективі різкі коливання обсягів торгівлі, таких як експорт і імпорт, будуть швидко впливати на рівень викидів через стрімке зростання або скорочення виробничої та транспортної діяльності. Аналогічно, швидкі коригування екологічної політики у відповідь на рівень викидів можуть негайно вплинути на торговельну діяльність, що позначається на тому, як компанії організовують свою роботу та логістику.

У довгостроковій перспективі зростання енергоемності (EI) країн Європи призводить до нижчих темпів зростання ВВП. Однак у короткостроковій перспективі зростання енергоемності сприяє збільшенню темпів зростання ВВП. Зі зростанням енергоефективності європейських країн з часом (що означає використання меншої кількості енергії на одиницю виробленого ВВП), це покращення може корелювати зі зниженням темпів зростання ВВП. Розуміння цих динамічних процесів вимагає тонкого аналізу того, як

енергетичні політики, ринкові умови та економічні стратегії взаємодіють. Аналізуючи як негайні, так і довгострокові наслідки зниження енергоємності, політики та економісти можуть краще планувати та впроваджувати стратегії, які збалансовують короткострокові вигоди з довгостроковим стійким зростанням.

Результати щодо міжнародної торгівлі демонструють наявність двосторонньої довгострокової причинності між часткою експорту у ВВП та інтенсивністю викидів вуглекислого газу. Крім того, у довгостроковій перспективі цей зв'язок є негативним, тобто зростання одного з показників у довгостроковому вимірі призводить до зменшення іншого. Європейські політики можуть зробити кілька стратегічних кроків для оптимізації своїх експортно-імпортних операцій задля довгострокової стійкості та економічної стабільності, враховуючи висновки дослідження про двосторонню довгострокову причинність між часткою експорту у ВВП та інтенсивністю викидів вуглекислого газу. На відміну від довгострокового періоду, який показує негативний вплив, у короткостроковій перспективі спостерігається позитивна двостороння причинність між інтенсивністю викидів вуглекислого газу та частками експорту й імпорту у ВВП. Це свідчить про те, що значні зміни рівнів експорту чи імпорту можуть швидко вплинути на викиди вуглекислого газу. Це особливо важливо для країн з розвиненими промисловими секторами, де експорт та імпорт складають значну частку економіки.

У результаті нами було отримано залежності між показниками енергоефективності та економічного розвитку країн Європи. На рисунку 3.8 зображено характер довгострокової залежності на основі VECM та ARDL моделей та залежності на основі панельної регресії. Рисунок 3.8 ілюструє результати аналізу взаємозв'язків між енергоємністю (EI) та економічними показниками країн Європи на основі коінтеграційного рівняння (VECM та ARDL моделі) і панельної регресії. У коінтеграційних моделях (VECM та ARDL) для країн Європи показано довгострокові причинно-наслідкові зв'язки

між енергоємністю та такими показниками, як темп зростання ВВП на душу населення (GDP_RATE_PC), річний темп зростання ВВП (GDP_RATE) та ВВП на душу населення (GDP_CAP). При цьому стрілки вказують напрямок впливу, а знаки (- або +) показують негативний чи позитивний зв'язок між показниками. В коінтеграційних моделях темп зростання ВВП на душу населення та річний темп зростання ВВП мають негативний вплив на енергетичну інтенсивність (EI), що може означати, що зі зростанням економіки енергоємність ВВП знижується, оскільки економіки стають більш енергоефективними. Навпаки, ВВП на душу населення має позитивний вплив на EI, що може вказувати на збільшення споживання енергії при підвищенні рівня життя.

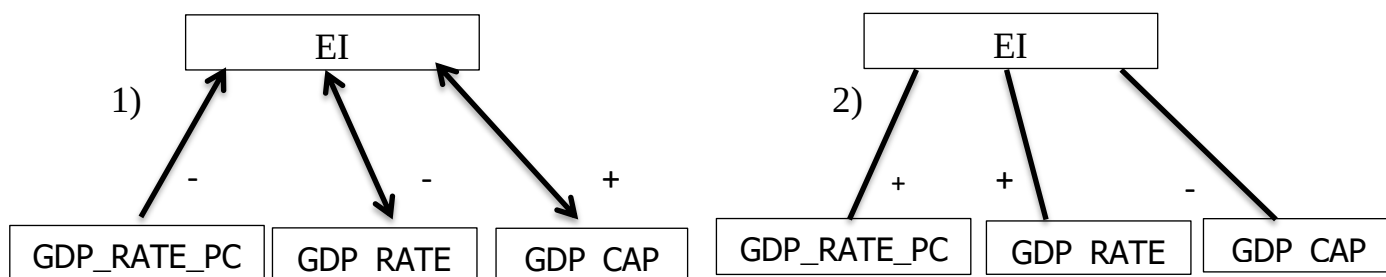


Рисунок 3.8. Порівняння характеру довгострокової залежності на основі 1) VECM та ARDL моделей та 2) короткострокової залежності на основі моделей панельної регресії

Джерело: побудовано автором

У моделі панельної регресії ми бачимо інші залежності. Тут темп зростання ВВП на душу населення та загальний темп зростання ВВП мають позитивний вплив на енергетичну інтенсивність, тоді як ВВП на душу населення — негативний. Ці відмінності можуть бути зумовлені тим, що панельні регресії показують середньострокові або короткострокові зв'язки, де економічне зростання може тимчасово супроводжуватися підвищенням енергетичної інтенсивності через інвестиції в енергоємні інфраструктури або нові технології.

Це цілком природно, коли в панельній регресії між двома змінними спостерігається негативний зв'язок, а в коінтеграційному рівнянні спостерігається позитивний зв'язок. Причина такої розбіжності полягає в тому,

що панельна регресія і коінтеграційний аналіз оцінюють взаємозв'язки змінних з різними підходами і часовими горизонтом. Панельна регресія часто фокусується на короткострокових або середньострокових взаємозв'язках між змінними. Коінтеграційне рівняння оцінює довгострокову рівновагу між змінними. Коінтеграція відображає тенденцію змінних рухатися разом у довгостроковому періоді, навіть якщо їх короткострокові динаміки відрізняються. У панельній регресії може використовуватися річна, квартальна чи місячна динаміка змінних, яка може виявляти короткострокові шоки, сезонність або інші тимчасові чинники, що спричиняють негативний зв'язок. У коінтеграційному аналізі моделі фокусуються на довгостроковій перспективі, коли змінні досягають стабільної рівноваги. Наприклад, короткостроковий негативний зв'язок може бути наслідком тимчасових економічних змін, але в довгостроковій перспективі, коли фактори стабілізуються, зв'язок може бути позитивним.

Негативний коінтеграційний зв'язок між економічним зростанням (GDP_RATE) та енергоемністю (EI) вказує на те, що зі збільшенням темпів економічного зростання країни ЄС стають більш енергоефективними. Це явище пояснюється тим, що зростаюча економіка має більше ресурсів для інвестування в технології, які зменшують споживання енергії на одиницю продукції. Тобто, економічне зростання в країнах ЄС стимулює розвиток інновацій, модернізацію виробничих процесів і впровадження енергоефективних технологій. Це, в свою чергу, сприяє зниженню енергетичних витрат на виробництво, що веде до зменшення енергоемності економіки.

Позитивний зв'язок між ВВП на душу населення (GDP_CAP) та енергоемністю (EI) свідчить про те, що зі збільшенням доходів населення зростає і споживання енергії. Цей взаємозв'язок може бути пояснений тим, що з підвищенням рівня життя населення зростає попит на енергомісткі товари та послуги. Наприклад, люди починають купувати більше побутової техніки, автомобілів, використовувати більше електроенергії для кондиціонування,

опалення та інших потреб, що веде до зростання енергоспоживання на душу населення.

Таким чином, ці результати вказують на те, що в умовах зростання економіки країни стають загалом більш енергоефективними, але зростання добробуту населення збільшує споживання енергії. Це означає, що стратегія енергоефективності повинна враховувати не лише економічне зростання на макрорівні, але й особливості поведінки населення та його зростаючий попит на енергоємні продукти та послуги на мікрорівні.

Протилежні знаки зв'язків між аналогічними змінними в коінтеграційних рівняннях моделей VECM та ARDL у порівнянні з панельною регресією можуть бути пояснені різними часовими горизонтами, які враховують ці моделі, а також різними методологічними підходами до оцінки залежностей. У довгостроковій перспективі (VECM та ARDL моделі) країни часто знаходять можливості для підвищення енергоефективності через модернізацію технологій та політичні ініціативи. Наприклад, економічне зростання (GDP_RATE) у довгостроковій перспективі веде до зниження енергетичної інтенсивності (EI), оскільки економіки стають більш раціональними у використанні енергоресурсів, досягнувши рівноважного стану. У короткостроковій перспективі, яка може бути краще врахована панельною регресією, економічне зростання може призвести до тимчасового збільшення енергетичної інтенсивності. Це пояснюється збільшенням попиту на енергомісткі ресурси для підтримки швидкого економічного розвитку (нові заводи, виробничі лінії тощо), що вимагає більше енергії, перш ніж з'являться інвестиції в енергоефективність.

VECM та ARDL моделі враховують коінтеграційні зв'язки, що означає наявність збалансованого довгострокового рівноважного стану між змінними, навіть якщо в короткостроковій перспективі спостерігаються значні відхилення. Це дозволяє виявити, як змінні взаємодіють, коли економіка повертається до стабільності після зовнішніх шоків. Панельна регресія аналізує взаємозв'язки між змінними, але без врахування коінтеграції, тобто може відображати

короткострокові ефекти, пов'язані з поточними змінами, що не враховують довгострокову стабільність або ефекти відкоригованих моделей споживання.

У панельній регресії на коротких часових відрізках, економіки можуть перебувати на різних стадіях розвитку, де економічне зростання та споживання енергії пов'язані позитивно. Наприклад, швидкий економічний розвиток у перехідних економіках може супроводжуватись збільшенням споживання енергії, оскільки виробництво та інфраструктурні потреби зростають.

У довгостроковій перспективі ці економіки можуть пройти через процеси модернізації та структурних змін, що з часом знижує залежність від енергетичних ресурсів і призводить до зниження енергоємності.

Протилежні знаки у зв'язках між аналогічними змінними в різних моделях відображають суттєві відмінності в короткострокових і довгострокових процесах. Панельна регресія більше підходить для аналізу тимчасових або середньострокових тенденцій, тоді як VECM і ARDL моделі краще демонструють довгострокові тенденції та глибинні взаємозв'язки між змінними, коли економіка досягає стану рівноваги.

Для врахування відмінностей між короткостроковими та довгостроковими залежностями енергоємності (EI) в організаційно-економічному механізмі підвищення енергоефективності економіки України, необхідно розробити стратегії, які інтегрують як короткострокові заходи для швидкої реакції на економічні зміни, так і довгострокові дії для забезпечення сталого розвитку. Для врахування такого типу взаємозв'язків на нашу думку слід реалізувати наступні кроки:

1. Розроблення довгострокової та короткострокової стратегій:

- Короткострокові заходи. Короткострокові залежності свідчать, що швидке економічне зростання може призвести до тимчасового збільшення енергоємності через зростання попиту на енергоємні технології. Для врахування цього в OEM потрібно:
 - Створити фінансові стимули для швидкої модернізації. Надати пільги та субсидії для підприємств, що впроваджують

енергоефективні технології в короткостроковій перспективі, щоб компенсувати негативний вплив економічного зростання на енергоємність.

- Проведення оперативного енергоаудиту та моніторингу. Регулярний аудит енерговикористання допоможе швидко виявляти та усувати енерговитратні технології та процеси, що можуть тимчасово збільшувати енергетичну інтенсивність.
- Пільгові кредитні програми для підприємств, що потребують термінового впровадження енергоефективних заходів.
- Довгострокові заходи. У довгостроковій перспективі залежність між економічним зростанням та енергоємністю часто змінюється, і зростання економіки веде до зниження енергоємності через технологічні інновації та зменшення споживання енергії на одиницю ВВП.
 - Інвестиції в науково-дослідницьку діяльність та інновації. Стимулювання довгострокових інвестицій у дослідження та розробки, спрямовані на підвищення енергоефективності технологій та впровадження нових відновлюваних джерел енергії.
 - Інституційні зміни та законодавче забезпечення. Впровадження та удосконалення законодавчих ініціатив для сприяння переходу до більш енергоефективної економіки в довгостроковій перспективі, включаючи жорсткі екологічні стандарти та обов'язкові вимоги до підприємств щодо енергоефективності.

2. Збалансований підхід до планування. ОЕМ має передбачати інтеграцію коротко- та довгострокових планів розвитку енергетичної інфраструктури та управління енергетичними ресурсами:

- Короткострокові цілі: Досягнення швидких результатів за допомогою пільгових фінансових механізмів та активної підтримки впровадження енергоефективних технологій, що дозволяє зменшити витрати енергії впродовж одного чи двох економічних циклів.

- Довгострокові цілі: Розробка стратегій сталого розвитку на 10-20 років, з акцентом на перехід до відновлюваних джерел енергії, довгострокову модернізацію інфраструктури та зміну енергоспоживчих моделей серед населення.

3. Освітня та інформаційна підтримка. Для підвищення енергоефективності як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі, важливо забезпечити:

- Освітні кампанії та тренінги для працівників підприємств, щоб сприяти швидкому впровадженню енергоефективних рішень у короткостроковій перспективі.
- Підтримка досліджень та інновацій у довгостроковій перспективі для забезпечення розвитку нових енергозберігаючих технологій.

Для ефективного врахування короткострокових і довгострокових залежностей енергоємності ВВП в ОЕМ необхідно застосовувати багаторівневий підхід. Це включає як негайні заходи для скорочення енергоспоживання, так і стратегічні ініціативи, спрямовані на зниження енергоємності через структурні реформи, модернізацію та інновації.

На відміну від енергоємності інтенсивність викидів вуглекислого газу (CO_2_INT) демонструє негативний взаємозв'язок із ВВП на душу населення (GDP_CAP) як у випадку коінтеграційного рівняння, так і панельної регресії. Зростання ВВП на душу населення спричиняє зменшення інтенсивності викидів вуглекислого газу в обох випадках. Різниця у зв'язку між інтенсивністю викидів вуглекислого газу (CO_2_INT) та ВВП на душу населення (GDP_CAP) порівняно з енергетичною інтенсивністю (EI) може бути пояснена кількома факторами, пов'язаними з економічним розвитком, структурою економіки та енергетичними технологіями.

Інтенсивність викидів CO_2 (CO_2_INT) і ВВП на душу населення (GDP_CAP) пов'язані негативно як у панельній регресії, так і в коінтеграційних рівняннях (ARDL). Це означає, що зростання GDP_CAP веде до зниження інтенсивності викидів CO_2 (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Порівняння характеру довгострокової залежності CO2_INT та GDP_PC на основі VECM та ARDL моделей 1) та залежності на основі панельної регресії 2)

Джерело: побудовано автором

На нашу думку, такий негативний зв'язок залишається стабільним в обох моделях з наступних причин:

2. **Структурні зміни в економіці.** Зі зростанням ВВП на душу населення країни переходять до менш вуглецеємних галузей, таких як сфера послуг, високотехнологічна промисловість та інформаційні технології. Ці сектори мають нижчі рівні викидів вуглекислого газу на одиницю продукції, що зменшує загальну інтенсивність викидів.
3. **Технологічна модернізація.** У більш розвинених економіках інвестують у технології з низьким рівнем викидів CO_2 , такі як відновлювані джерела енергії, електрифікація транспортних систем, енергоефективні будівлі тощо. Це також веде до зниження інтенсивності викидів навіть при зростанні економіки.
4. **Політичні ініціативи.** Високий рівень ВВП на душу населення дозволяє урядам впроваджувати екологічні стандарти та програми, що зменшують викиди CO_2 , включаючи впровадження технологій "чистої" енергії, податки на викиди, торгівлю квотами на викиди тощо.

Енергоємність EI і ВВП на душу населення GDP_CAP у короткостроковій перспективі можуть мати негативний зв'язок, але у довгостроковій перспективі зв'язок стає позитивним у коінтеграційних моделях ARDL . Така залежність відрізняється від стабільно негативного зв'язку CO2_INT з GDP_CAP . Справа у тому, що ВВП на душу населення часто позитивно пов'язане зі збільшенням споживання енергії. З підвищенням добробуту люди купують більше

енергоємних товарів, таких як автомобілі, побутова техніка, електроніка, і використовують більше енергії для кондиціонування, опалення тощо. Це збільшує енергоспоживання, навіть якщо частка відновлюваних джерел зростає. Попри те, що економіки загалом стають більш енергоефективними, зростаючі доходи населення ведуть до підвищення індивідуального енергоспоживання. Наприклад, більше подорожей на автомобілях, більші будинки з високими витратами на енергетику, інтенсивніше використання електронних пристроїв – усе це збільшує енергетичну інтенсивність, навіть якщо загальна ефективність виробничого сектору підвищується. У довгостроковій перспективі, коли країни з різними рівнями доходу на душу населення переходять до енергоефективніших технологій, в одних секторах відбувається швидке зниження енергоємності, тоді як в інших секторах (побутовий сектор, транспорт) споживання енергії зростає через підвищення рівня життя.

Слід також взяти до уваги, що зменшення CO2_INT з ростом GDP_CAP відбувається через впровадження "зелених" технологій та зростання частки відновлюваної енергії, яка не збільшує викиди CO2, навіть якщо загальне споживання енергії збільшується. Проте, у випадку EI, навіть використання чистої енергії не виключає збільшення загального енергоспоживання. У розвинених економіках зростання енергоспоживання не завжди супроводжується зростанням викидів CO2, оскільки з'являються нові технології (відновлювані джерела енергії, електромобілі тощо), що значно скорочують вуглецеві викиди. Це пояснює, чому зв'язок між CO2_INT і GDP_CAP залишається негативним у довгостроковій перспективі.

Позитивний зв'язок між EI та GDP_CAP у довгостроковій перспективі виникає через зростання добробуту, що веде до збільшення індивідуального споживання енергії, навіть якщо економіка загалом стає більш енергоефективною. Водночас, зв'язок між CO2_INT та GDP_CAP залишається негативним, оскільки зростання економіки супроводжується використанням чистих енергетичних технологій, які знижують інтенсивність викидів CO2 навіть при зростанні споживання енергії.

Висновки до Розділу 3

1) У Розділі було проведено аналіз коінтеграційних та причинно-наслідкових зв'язків між показниками економічного розвитку та енергоефективності 38 європейських країн за період 1995-2022 років. Для оцінки причинно-наслідкових зв'язків було використано тест Думітреску-Хурліна, який враховує особливості панельних даних, зокрема крос-секційні зв'язки. Виявлено, що інтенсивність викидів CO₂ є причиною змін у річному темпі зростання ВВП, ВВП на душу населення та рівні безробіття. Було встановлено односторонній довгостроковий зв'язок між експортом товарів і послуг та споживанням природного газу і твердого викопного палива. Виявлено двосторонній довгостроковий зв'язок між первинним споживанням енергії та експортом. ВВП на душу населення є ключовим фактором, що впливає на рівень первинної енергоемності європейських країн у довгостроковій перспективі. Для визначення типу довгострокової поведінки змінних використовувалася модель корекції похибок (VECM). Наші результати також показують, що зміни в показниках енергоефективності у всіх випадках, де виявлено причинно-наслідковий зв'язок, зумовлені показниками економічного розвитку, незалежно від того, чи цей зв'язок є короткостроковим або довгостроковим, а також незалежно від стаціонарності чи коінтеграції пар. Іншими словами, розвиток економіки безпосередньо впливає на те, наскільки ефективно країна використовує свої енергетичні ресурси, і цей вплив спостерігається як у стабільних умовах, так і під час тривалих змін у економічних та енергетичних показниках.

2) Зниження викидів CO₂ позитивно впливає на економічний розвиток європейських країн, що проявляється у зростанні ВВП на душу населення в довгостроковій перспективі. Наші дослідження демонструють, що зі збільшенням ВВП на душу населення спостерігається тенденція до зменшення інтенсивності викидів CO₂ по всій Європі. У довгостроковій перспективі підвищення енергоемності сприяє прискоренню економічного зростання. Проте

в короткостроковому періоді зростання енергоємності, ймовірно, буде мати негативний вплив як на темпи зростання ВВП, так і на ВВП на душу населення. Аналіз взаємозв'язку між показниками міжнародної торгівлі та енергоефективністю на основі ARDL моделей виявив наявність двосторонньої довгострокової причинності між часткою експорту у ВВП та інтенсивністю викидів CO₂ у європейських країнах. Виявлено, що цей зв'язок є негативним у довгостроковій перспективі, тобто зростання одного з показників призводить до зниження іншого. У короткостроковому ж періоді спостерігається протилежна ситуація: існує позитивний двосторонній зв'язок між інтенсивністю викидів CO₂ та часткою експорту і імпорту у ВВП. Це означає, що швидкі зміни в обсягах міжнародної торгівлі можуть оперативно вплинути на рівень викидів, що особливо актуально для країн із потужними промисловими секторами, де експорт та імпорт мають вагоме значення для економіки.

3) У Розділі на основі VECM та ARDL моделей для панельних даних 38 європейських країн, було досліджено коінтеграційні та причинно-наслідкові зв'язки між виробництвом електроенергії та економічним розвитком. Виявлено, що між ВВП на душу населення (GDPCAP) та валовим виробництвом електроенергії на душу населення (EL_CAP) існує двосторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок та коінтеграція. У випадку відхилення від рівноваги, обидва показники намагатимуться повернутися до довгострокової стабільності, причому виробництво електроенергії на душу населення коригується зі швидкістю 19%, а ВВП на душу населення — 15% за один період. Також виявлено коінтеграційний зв'язок між доступною для кінцевого споживання електроенергією на душу населення (ELSUP_CAP), темпами зростання ВВП (GDP_GROW) та часткою прямих іноземних інвестицій у ВВП (FDGDP), що свідчить про їхню синхронізовану поведінку у довгостроковій перспективі.

4) Короткострокові тенденції показують, що швидке економічне зростання може тимчасово збільшити енергоємність через підвищений попит на енергоємні технології. Для вирішення цього в рамках організаційно-

економічного механізму (ОЕМ) необхідно запровадити фінансові стимули для прискореної модернізації. Пропонується надавати пільги та субсидії підприємствам, які в короткі терміни впроваджують енергоефективні технології, щоб зменшити негативний вплив зростання економіки на енергоємність. Важливим кроком є проведення швидких енергоаудитів та постійного моніторингу, що дозволить оперативно виявляти та усувати енерговитратні процеси. У довгостроковій перспективі залежність між економічним зростанням і енергоємністю змінюється на позитивну: економічне зростання сприяє зниженню енергоємності завдяки технологічним інноваціям та скороченню енергоспоживання на одиницю ВВП. ОЕМ має включати довгострокові інвестиції в дослідження та розробки, а також стимулювати інновації, спрямовані на покращення енергоефективності та розвиток відновлюваних джерел енергії. Також необхідно вдосконалювати законодавчу базу, впроваджувати нові екологічні стандарти та вимоги до підприємств, що сприятимуть переходу до енергоефективної економіки.

5) На відміну від енергоємності, інтенсивність викидів CO₂ проявляє негативний зв'язок із ВВП на душу населення як у коінтеграційних рівняннях, так і в випадку панельної регресії. Зростання рівня ВВП на душу населення сприяє зниженню інтенсивності викидів CO₂ в обох випадках. Відмінність у взаємозв'язку між CO₂_INT і GDP_CAP порівняно з енергоємністю (EI) можна пояснити низкою чинників, включаючи рівень економічного розвитку, структуру економіки та використання енергоефективних технологій.

Основні результати, отримані у цьому розділі висвітлено у роботах: [129], [132], [30], [22], [26], [27], [28], [29], [15].

ВИСНОВКИ

У дисертації здійснено теоретичне узагальнення та нове вирішення наукової проблеми щодо розроблення методичних положень та практичних рекомендацій стосовно формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки із врахуванням причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного зростання, розроблення комплексу методів та моделей оцінювання енергоефективності на макрорівні, побудови механізмів врахування євроінтеграційних процесів при формуванні довго- та короткострокових енергетичних стратегій. Виконане наукове дослідження дало змогу зробити наступні висновки:

1. Аналіз наукової літератури, присвяченої проблемам енергоефективності економіки показав, що на сьогодні існують різні підходи до трактування цього терміну й відповідно різні методи її оцінювання та моніторингу. У роботі удосконалено теоретико-методичні засади оцінки ефективності економіки на основі узагальнення існуючих науково-методичних підходів до її оцінювання та виділення технологічної, економічної, екологічної та інтеграційної концепцій тлумачення терміну «енергоефективність економіки». Було розроблено відповідний інструментарій їх реалізації на основі DEA моделей, що дозволяє робити акцент на різних аспектах аналізу та рейтингування енергоефективності європейських національних економік та забезпечує комплексний підхід до формування ефективної енергетичної політики.
2. У роботі запропоновано концептуальну схему організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки, під яким розуміється комплекс заходів, інструментів та методів, спрямованих на забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів, зменшення енергетичних витрат та підвищення енергоефективності в усіх секторах економіки. Запропонований організаційно-економічний механізм

складається з блоків нормативно-правового забезпечення, організаційного забезпечення, освіти та інформаційної підтримка, технологічної складової та фінансово-економічної складової. Особливістю запропонованого організаційно-економічного механізму є передбачений регулярний моніторинг причинно-наслідкових зв'язків між показниками енергоефективності та економічного розвитку 38 країн Європи, включаючи Україну на основі розроблених у роботі VECM та ARDL моделей, що дало б змогу врахувати євроінтеграційні тенденції, робити необхідні зміни в різних блоках механізму та коригувати довгострокові та короткострокові стратегії економічного розвитку у разі необхідності. Було акцентовано на необхідності врахування в організаційно-економічному механізмі окремо довго- та короткострокових взаємозв'язків між показниками енергоефективності та економічного розвитку, оскільки вони можуть досить суттєво відрізнятись, що було показано у роботі.

3. Отримані у роботі моделі панельної регресії дають змогу визначати детермінанти енергоємності первинної енергії, інтенсивності викидів вуглекислого газу, споживання первинної енергії та валової доступної енергії на душу населення в 38 країнах Європи. Так, згідно із отриманими моделями, до факторів, від яких суттєво залежить значення показника енергоємності ВВП країн Європи належать інтенсивність викидів вуглекислого газу, рівень безробіття, споживання первинної енергії на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення. Детермінантами споживання первинної енергії виявились внутрішнє споживання твердого викопного палива на душу населення, внутрішнє споживання природного газу на душу населення та споживання первинної енергії на душу населення. Валова доступна енергія на душу населення залежить від рівня безробіття, валового виробництва електроенергії із розрахунку на душу населення, внутрішнього споживання природного газу на душу населення.

4. Аналіз показав, що державні та ринкові механізми підвищення енергоефективності в ЄС та Україні мають суттєві відмінності. У Європі більш розвиненими є як державні, так і ринкові механізми підвищення енергоефективності, причому вони працюють в тісному взаємозв'язку, тоді як в Україні наразі державні механізми відіграють значно більшу роль ніж ринкові. Лібералізація енергетичних ринків в ЄС сприяє прозорості та конкуренції, тоді як в Україні тільки починається перехід до ринкових цін на енергоресурси. ЄС активно стимулює інновації через такі програми, як Horizon Europe, тоді як в Україні подібні ініціативи знаходяться на стадії розвитку. Торгівля квотами на викиди в ЄС здійснюється через систему ETS, а в Україні лише починаються перші кроки в цьому напрямку. Було показано, що державні механізми в ЄС та Україні відіграють ключову роль у формуванні законодавчої бази та фінансової підтримки, тоді як ринкові механізми сприяють розвитку конкурентного середовища і стимулюванню інновацій.
5. У роботі побудовано низку моделей панельної регресії оцінювання окремих макроекономічних показників країн Європи, які дають змогу ідентифікувати яким чином енергоефективність впливає на економічне зростання в цих країнах та визначити фактори, які справляють статистично значущий вплив на ці показники. Було показано існування негативного впливу енергоємності ВВП країн Європи на величину ВВП на душу населення. Результати оцінки параметрів моделі панельної регресії із фіксованими ефектами вказують на те, що енергоємність та інтенсивність викидів CO₂ мають позитивний вплив на темпи економічного зростання в 38 європейських країнах. Висока енергоємність ВВП (низька енергоефективність) негативно впливає на ВВП на душу населення (рівень економічного розвитку), іншими словами, високо розвинуті європейські країни мають як правило нижчу енергоємність ВВП. Водночас енергоємність позитивно впливає на темпи економічного зростання, стимулюючи активну виробничу діяльність у короткостроковій перспективі.

6. Було запропоновано методику використання інструментарію DEA аналізу при формуванні стратегій розвитку енергетичного сектору, як складової організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки. Важливу інформацію стосовно оптимізації використання енергії в країні несуть вагові коефіцієнти λ у DEA моделі з змінним ефектом масштабу (VRS), для чого було побудовано три DEA моделі із акцентами на різні енергетичні ресурси країни. Лямбди показують, які саме ефективні DMU (у нашому випадку країни) найкраще підходять для побудови віртуальної ефективної DMU для оцінки неефективної DMU. У випадку України як неефективної DMU, референтними країнами (майже в усіх DEA моделях) виявились Ірландія та Албанія, досвід яких можна використати для впровадження ефективних енергетичних стратегій в Україні. Успішний досвід Ірландії показує, як можна одночасно скорочувати використання викопних палив і досягати економічного зростання завдяки інвестиціям у відновлювані джерела енергії. Україна повинна зосередитися на скороченні споживання викопного палива та інвестуванні в відновлювані джерела енергії.
7. Для стаціонарних часових рядів було реалізовано два тести на причинність: класичний тест Грейджера з спільними коефіцієнтами та Dumitrescu Hurlin test (DH), який частіше використовують для панельних даних. Тести на причинність між неконінтегрованими парами нестаціонарних часових рядів було проведено для перших різниць цих рядів. Результати, отримані з тесту DH, свідчать про те, що показники економічного розвитку є причиною для показників енергоефективності у всіх парах, де присутній причинно-наслідковий зв'язок. Така тенденція спостерігається як для пар стаціонарних часових рядів, так і нестаціонарних але коінтегрованих пар. Це означає, що зміни в показниках економічного розвитку (наприклад, ВВП на душу населення, частка експорту у ВВП тощо) впливають на зміну показників енергоефективності (енергоємність, інтенсивність викидів CO₂, споживання первинної енергії) у наступних періодах. Іншими словами, економічний

розвиток виступає причиною, а показники енергоефективності є наслідком за Грейджером і поточні значення економічних показників містять інформацію, яка статистично значущо пояснює зміни в енергоефективності в майбутніх періодах. Таким чином, нами було підтверджено, що рівень енергоефективності європейських економік значною мірою залежить від економічної ситуації в цих країнах у попередні роки.

8. Характер довгострокового та короткострокового взаємозв'язку між економічним зростанням, міжнародною торгівлею та енергоефективністю у роботі було проаналізовано на основі дистрибутивно-лагової (ARDL) моделі та моделі корекції помилок (VECM). Інтенсивність викидів вуглекислого газу демонструє короткострокову двосторонню причинність як із імпортом, так і з експортом. Це свідчить про те, що у короткостроковій перспективі коливання обсягів торгівлі, таких як експорт і імпорт, можуть швидко впливати на рівень викидів через стрімке зростання або скорочення виробничої та транспортної діяльності. У довгостроковій перспективі зростання енергоемності (EI) країн Європи призводить до нижчих темпів зростання ВВП. Однак у короткостроковій перспективі зростання енергоемності сприяє збільшенню темпів зростання ВВП. Результати щодо міжнародної торгівлі демонструють наявність двосторонньої довгострокової причинності між часткою експорту у ВВП та інтенсивністю викидів вуглекислого газу. Крім того, у довгостроковій перспективі цей зв'язок є негативним, тобто зростання одного з показників у довгостроковому вимірі призводить до зменшення іншого. На відміну від довгострокового періоду, який показує негативний вплив, у короткостроковій перспективі спостерігається позитивна двостороння причинність між інтенсивністю викидів вуглекислого газу та частками експорту й імпорту у ВВП, що свідчить про швидкий вплив значних змін рівнів експорту чи імпорту на викиди вуглекислого газу. Така залежність особливо характерна для країн з

розвиненими промисловими секторами, де експорт та імпорт складають значну частку економіки.

9. На основі побудованих VECM та ARDL моделей для панельних даних 38 країн Європи у роботі проаналізовано коінтеграційні та причинно-наслідкові зв'язки між показниками виробництва електроенергії та економічним розвитком. Між ВВП на душу населення GDP_{CAP} та валовим виробництвом електроенергії із розрахунку на душу населення EL_{CAP} існує двосторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок. У випадку, коли має місце відхилення від рівноважного стану, ВВП на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення повертатимуться до довгострокової рівноваги, причому швидкість погашення коливань EL_{CAP} становитиме 19%, а GDP_{CAP} – 14% за один період. Коінтеграція існує також між електроенергією, доступною для кінцевого споживання на душу населення $ELSUP_{CAP}$, темпами зростанням ВВП GDP_{GROW} та відношенням прямих іноземних інвестицій до ВВП $FDGDP$, тобто, між ними існує тісний зв'язок і вони ведуть себе синхронізовано у довгостроковій перспективі. $FDGDP$ спричиняє як довгостроковий, так і короткостроковий статистично значущий причинний ефект на $ELSUP_{CAP}$. Між рівнем безробіття $UNEMP$ та $ELSUP_{CAP}$ існує коінтеграційний зв'язок, а, отже, у довгостроковій перспективі досягається рівноважний стан між ними, при якому $ELSUP_{CAP}$ є причиною для рівня безробіття $UNEMP$ у довгостроковій та короткостроковій перспективі. Відхилення від збурення $ELSUP_{CAP}$ будуть погашатись із швидкістю 44% за період. На основі отриманих причинно-наслідкових зв'язків у роботі було розроблено довгострокові та короткострокові стратегії розвитку енергетичного сектору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонів В. Аналіз економічних сценаріїв політики енергоефективності в рамках енергетичної стратегії Європейського Союзу. *Формування ринкової економіки в Україні*. 2024. № 51. С.116–128. DOI: [10.30970/meu.2024.51.0.5114](https://doi.org/10.30970/meu.2024.51.0.5114)
2. Біла С. О. Соціально-інституціональні складові антикризової політики. *Економічний вісник університету*. 2010. С. 249–253.
3. Васильківський Д. М., Котик Я. І. Порівняльний аналіз енергоефективності економік країн Європи. *Академічні візії*. 2024. № 35. DOI: [10.5281/zenodo.13829043](https://doi.org/10.5281/zenodo.13829043).
4. Глуха Г. Я. Економічне зростання: еволюційно-змістовий аналіз. *Академічний огляд*. 2013. № 1 (38). С. 32–38.
5. Горбачук В., Шулінок Г., Сирку А. До вимірювання загальної енергоефективності держав. *Теорія оптимальних рішень*. 2019. № 18. С. 110–115. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tor_2019_18_18.
6. Градовий В. В. Організаційно-економічний механізм енергозбереження в сільськогосподарських підприємствах: Дис. ... д-ра філософії: 073 «Менеджмент». Тернопіль: Західноукраїнський національний університет, 2022. URL: http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/45774/1/%2bdisertation_Hradovyi_V.V.pdf.
7. Дубина М., Забаштанський М. Організаційно-економічний інструментарій розвитку житлового фонду в Україні. *Економіка та суспільство*. 2023. № 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-21>.
8. Закон «Про енергетичну ефективність». *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2022. №2. С. 8.
9. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 21 квітня 2023 р. № 373-р «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-p>.

- 10.Квасній Л. Г., Малик Л. О., Солтисік О. О., Щербан О. Я. Забезпечення енергоефективності економіки: можливості імплементації зарубіжного досвіду. *Академічний огляд*. 2024. №1(60). С. 20–36. DOI: 10.32342/2074-5354-2024-1-60-2.
- 11.Кишакевич Б. Ю. Стрес-тестування економічного капіталу банку на основі однофакторних моделей. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2011. № 21.02. С. 210–219.
- 12.Кишакевич Б.Ю., Прикарпатський А.К., Твердохліб І.П. Аналіз оптимальних стратегій портфельної конкуренційної моделі ринку акцій. *Доповіді Національної академії наук України*. 2009. №1. С. 40–47.
- 13.Кишакевич Б. Ю., Кубай Р. Ю., Мажаров Д. В. Ефективність діяльності банків: економічна сутність та методи оцінювання. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент*. 2016. № 22. С. 200–203.
- 14.Кишакевич Б., Максишко Н., Ворончак І., Настошин С. Екологічні та економічні детермінанти енергоефективності в країнах Європи. *Наукові горизонти*, 2023. № 26(8). С. 140–155. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.140>.
- 15.Кишакевич Б., Мельник О., Гриценко К., Ворончак І., Настьошин С. Аналіз коінтеграції та причиново-наслідкових зв'язків між показниками економічного зростання та енергоефективності країн Європи. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2024. Vol. 1(54). Р. 316–330. DOI: [10.55643/fcaptp.1.54.2024.4280](https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.54.2024.4280).
- 16.Кишакевич Б.Ю. Використання рейтингових моделей в ризик-менеджменті. *Вісник Львівської державної фінансової академії*. 2009. №16. С. 160–169.
- 17.Конеченков А., Омельченко В. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. *Разумков Центр*. 2022. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>.

18. Куницька-Іляш М. В., Березівський Я. П. Стратегічні імперативи формування організаційно-економічного механізму державної політики зміцнення фінансово-економічної безпеки пріоритетних галузей національної економіки України. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. Серія Економічна. Серія Юридична*. 2023. № 36. С. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7656522>.
19. Методика визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ № 169 від 11 липня 2018 року. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>.
20. Настьошин С. Є., Благун І. С. Лізинг як інструмент інвестування в енергоефективні технології. *Ефективна економіка*. 2023. №3. DOI: [10.32702/2307-2105.2023.3.17](https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.3.17).
21. Настьошин С. Є., Благун І. С. Оцінка ефективності використання лізингу як засобу оновлення основних фондів підприємства. *Бізнес Інформ*. 2022. № 9. С.108–113. DOI: [10.32983/2222-4459-2022-9-108-113](https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-9-108-113).
22. Настьошин С. Є., Кишакевич Б. Ю. Вплив енергоефективності на економічне зростання країн Європи. *Ефективна економіка*. 2023. №5. DOI: [10.32702/2307-2105.2023.5.24](https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.24).
23. Настьошин С. Є., Кишакевич Б. Ю. Особливості формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України із врахуванням євроінтеграційних процесів. *Агросвіт* 2023 №18. DOI: [10.32702/2306-6792.2023.18.51](https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.18.51).
24. Настьошин С. Є., Кишакевич Б. Ю. Сучасні методи оцінки енергоефективності економіки: порівняльний аналіз та перспективи впровадження в Україні. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2024. №9. DOI: [10.5281/zenodo.13376392](https://doi.org/10.5281/zenodo.13376392).
25. Настьошин С. Є., Кишакевич Б. Ю. Сучасні підходи до оцінювання енергоефективності національної економіки. *Бізнес Інформ*. 2022. №9. С.34–

39. DOI: [10.32983/2222-4459-2022-9-34-39](https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-9-34-39).
- 26.Настьошин С. Є., Кишакевич Б. Ю., Андрійчик М. Є. Оцінка причинно-наслідкових зв'язків між споживачами електроенергії та економічним зростанням в країнах Європи. *Інвестиції: практика та досвід*. 2023. №15. С.23–29. DOI: [10.32702/2306-6814.2023.15.23](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.15.23).
- 27.Настьошин С. Є., Кишакевич Б. Ю., Війчук О. Т., Котик Я. І. Моделі фінансування проектів відновлювальної енергетики: міжнародний досвід та рекомендації для України. *Академічні візії*. 2024. №33. DOI: [10.5281/zenodo.12684686](https://doi.org/10.5281/zenodo.12684686).
- 28.Настьошин С., Кишакевич Б. Економічні інструменти стимулювання розвитку відновлювальної енергетики та підвищення енергоефективності в ЄС. *Економічний простір*. 2024. №190. С.136–140. DOI: [10.32782/2224-6282/190-26](https://doi.org/10.32782/2224-6282/190-26).
- 29.Настьошин С., Кишакевич Б., Зварич Б., Волинський О. Бізнес-моделі формування децентралізованої автономної генерації електроенергії. *Сталий розвиток економіки*. 2024. №3(50). С.94–99. DOI: [10.32782/2308-1988/2024-50-15](https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-50-15).
- 30.Настьошин С., Кишакевич Б., Мельник О., Гриценко К., Ворончак І. Аналіз коінтеграції та причиново-наслідкових зв'язків між показниками економічного зростання та енергоефективності країн Європи. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2024. №1(54). С.316–330. DOI: [10.55643/fcaptp.1.54.2024.4280](https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.54.2024.4280).
- 31.Овсяннікова Н. В. *Вісник ДІТБ. Серія: Економіка, організація та управління підприємствами туристичної індустрії та туристичної галузі в цілому*. 2009. № 13. С. 108–114.
- 32.Паласевич М., Лучаківський А. Фінансові механізми стимулювання енергоефективності економіки: міжнародний досвід та перспективи для України. *Сталий розвиток економіки*. 2024. 3(50). С. 136–140. DOI: [10.32782/2308-1988/2024-50-21](https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-50-21).

33. Показники енергоефективності. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. 2019. 5 с. URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/energyefficiencyindicators>.
34. Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1803-р.
35. Проблеми та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в 2024 році. Інформаційно-аналітичний центр ЛІГА. URL: https://biz.ligazakon.net/analitics/227024_problemi-ta-perspektivi-rozvitku-vdnovlyuvano-energetiki-v-2024-rots.
36. Пулька Ч., Дзядикевич Ю. Організаційно-економічний механізм енергозбереження на підприємствах. *Galician Economic Journal*. 2020. № 6(67). С. 40–49. URL: <https://galicianvisnyk.tntu.edu.ua/pdf/67/910.pdf>.
37. Пушак Я. Я., Лагодієнко В. В. Соціальна відповідальність підприємств харчової промисловості як основа інноваційного розвитку сучасної економіки. *Актуальні проблеми інноваційної економіки*. 2018 № 3. С. 27–35.
38. Рибчук А. В., Процишин О. Р., Лапчук Я. С., Зінкевич В. І. Функціональна спрямованість інтегрованого інструментарію економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки. *Бізнес Інформ*. 2023. №6. С. 49–56. DOI: [10.32983/2222-4459-2023-6-49-56](https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-6-49-56).
39. Скрипник Д. М. Організаційно-економічний механізм формування енергоефективної моделі розвитку національної економіки: Дис. ... д-ра філософії: 073 «Менеджмент». Суми: Сумський національний аграрний університет. 2021. 203 с. URL: https://science.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/Diss_SkrypnykD.pdf.
40. Трансформація організаційно-економічних відносин до соціально-орієнтованих умов господарювання: [монографія] / А. В. Бондарчук, О. Ю. Бронська [та ін.] ; за заг. ред. В. М. Гончарова. Луганськ : Янтар 2011. 268 с.
41. Халіна В. Ю., Устіловська А. С., Гончаренко П. І., Ветрова В. В. Адаптація механізму впровадження «зелених» закупівель до вітчизняних економічних

- умов. *Ефективна економіка*. 2019. № 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7004>.
42. Хринюк О. С., Дергалюк М. О. Генезис наукової думки щодо поняття «організаційно-економічний механізм». *Економічний вісник НТУУ КПІ*. 2017. № 14. С. 267–274.
43. Черкашина Т. Особливості дії еколого-економічної кривої Кузнеця в країнах Вишеградської групи. *Економічний простір*. 2020. № 153. С. 30–35. DOI: [10.32782/2224-6282/153-5](https://doi.org/10.32782/2224-6282/153-5).
44. Юрченко А. Ю. Формування організаційно-економічного механізму розвитку і безпеки регіону. *Причорноморські економічні студії*. 2016. № 7. С. 197–201. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bSES_2016_7_40.
45. Abbas C., Waqar A., Fayyaz A., Munir, A. Dynamic relationship among agriculture-energy-forestry and carbon dioxide (CO₂) emissions: empirical evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27, P. 34078–34089. DOI: [10.1007/s11356-020-09560-z](https://doi.org/10.1007/s11356-020-09560-z).
46. Adom P. K., Agradí M., Vezzulli A. Energy efficiency-economic growth nexus: What is the role of income inequality? *Journal of Cleaner Production*. 2021, Vol. 310. Article 127382. DOI: [10.1016/j.jclepro.2021.127382](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127382).
47. Alam M., Wahid M. The impacts of economic growth, trade openness and technological progress on renewable energy use in OECD countries. *Renewable Energy*. 2020. Vol. 145, P. 382–390. DOI: [10.1016/j.renene.2019.06.05](https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.05).
48. Almozaini M. S. The Causality Relationship between Economic Growth and Energy Consumption in The World's top Energy Consumers. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019. Vol. 9(4). P. 40–53. URL: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/7657>.
49. Almozaini M. The Causality Relationship between Economic Growth and Energy Consumption in The World's top Energy Consumers. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019. Vol. 9(4). P. 40–53. URL: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/7657>.

50. Alnafrh. Efficiency evaluation of BRICS's national innovation systems based on bias-corrected network data envelopment analysis. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 2021. Vol. 10. Article 26. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13731-021-00159-3>.
51. Andrei D. The energy efficiency issue in the European Union: perspectives, objectives and challenges. *MPRA Paper*. 2023. No. 118326. 36 p. URL: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/118326/1/Energy%20Efficiency%20in%20EU.pdf>.
52. Andrei J., Mieila M., Panait M. The impact and determinants of the energy paradigm on economic growth in European Union. *PLoS One*. 2017. Vol. 12(3). e0173282. DOI: [10.1371/journal.pone.0173282](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173282).
53. Ardiansyah M., Djuraidah A., Sumertajaya I. M., Wigena A. H., Fitrianto A. Development of the Panel ARDL by Adding Space-Time effect to Modeling Monthly Paddy Producer Price in Java. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021 Vol. 1863 Article 012053. DOI: [10.1088/1742-6596/1863/1/012053](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1863/1/012053).
54. Ari A., Arregui N., Black S., et al. Surging energy prices in Europe in the aftermath of the war: how to support the vulnerable and speed up the transition away from fossil fuels. *IMF Working Papers*. 2022, Vol. 152. P. 1–41.
55. Bai X., Wang K., Tran T., Sadiq M., Trung L., Khudoykulov K. Measuring China's green economic recovery and energy environment sustainability: Econometric analysis of sustainable development goals. *Economic Analysis and Policy*. 2022. Vol. 75. P. 768–779. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.07.005>.
56. Bao-Linh T., Chi-Chung C., Wei-Chun T. Causality between energy consumption and economic growth in the presence of GDP threshold effect: Evidence from OECD countries. *Energy* 2022 Vol. 251 Article 123902. DOI: [10.1016/j.energy.2022.123902](https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123902).
57. Bayar Y., Dan Gavriltea M. Energy efficiency, renewable energy, economic growth: evidence from emerging market economies. *Quality & Quantity: International Journal of Methodology*. 2019. Vol. 53(4). P. 2221–2234. DOI:

[10.1007/s11135-019-00867-9](https://doi.org/10.1007/s11135-019-00867-9).

58. Beltrán-Esteve M., Picazo-Tadeo A. J. Assessing environmental performance in the European Union: Eco-innovation versus catching-up. *Energy Policy*. 2020. Vol. 104. P. 240–252. DOI: [10.1016/j.enpol.2020.01.003](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.01.003).
59. Rios V., Beltrán-Esteve M., Gianmoena L., Peiró-Palomino J., Picazo-Tadeo A. Quality of government and women's political empowerment: Evidence from European regions. *Papers in Regional Science*. 2023. Vol. 102. Issue 6. Pages 1067–1097. <https://doi.org/10.1111/pirs.12761>.
60. Bersalli G., Menanteau P., El Methni J. Renewable energy policy effectiveness: A panel data analysis across Europe and Latin America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. Vol. 133. Article 110351. DOI: [10.1016/j.rser.2020.110351](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110351).
61. Camanho M., Silva F., Piran D., Lacerda D. A literature review of economic efficiency assessments using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*. 2024. Vol. 315. Issue 1. P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.07.027>.
62. Canh N., Schinckus C., Thanh S., Chong F. The determinants of the energy consumption: A shadow economy-based perspective. *Energy*. 2021. Vol. 225, Article 120210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120210>.
63. Cevik S., Gao K. Reaching (Beyond) the Frontier: Energy Efficiency in Europe. *IMF Working Paper*. 2023. WP/23/198. 19 p. DOI: [10.5089/9798400255540.001](https://doi.org/10.5089/9798400255540.001).
64. Cevik S. Restructuring reforms for green growth. *IMF Working Paper*. 2024. WP/23/198. 19 p. <https://doi.org/10.1111/sjpe.12377>
65. Chasin F., Paukstadt U., Gollhardt T., Becker J. Smart energy driven business model innovation: An analysis of existing business models and implications for business model change in the energy sector. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 269, Article 122083. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.122083](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122083).
66. Chatain B. Parliament backs boost for renewables use and energy savings. *European Parliament Website*. 14 September 2022. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press->

<room/20220909IPR40134/parliament-backs-boost-for-renewables-use-and-energy-savings>.

67. Cibinskiene A., Dumciuviene D., Andrijauskiene M. Energy consumption in public buildings: The determinants of occupants' behavior. *Energies*. 2020. Vol. 13. Article 3586.
68. Conte N. Mapped: Europe's Biggest Sources of Electricity by Country. *Visual Capitalist*. February 10 2023. URL: <https://www.visualcapitalist.com/mapped-europes-biggest-sources-of-electricity-by-country/>.
69. Costa-Campi M. T., Garcia-Quevedo J., Segarra, A. Energy efficiency determinants: An empirical analysis of Spanish innovative firms. *Energy Policy*. 2015. Vol. 83. P. 229–239.
70. De Melo C., Jannuzzi G. Energy Efficiency Standards for Refrigerators in Brazil: A Methodology for Impact Evaluation. *Energy Policy*. 2010. Vol. 38. P. 6545–6550.
71. Dimitra T., Stavrakas V., Santini M., Thomas S., Rosenow J., Flamos A. Pioneering a performance-based future for energy efficiency: Lessons learnt from a comparative review analysis of pay-for-performance programmes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 158. Article 112162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112162>.
72. Dong Y., Hongda L., Pinbo Y. Assessing Energy Efficiency for Economic and Sustainable Development in the Region of European Union Countries. *Frontiers in Environmental Science*. 2021. Vol. 9. 12 p. DOI: [10.3389/fenvs.2021.779163](https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.779163).
73. Duman Y., Kasman A. Environmental technical efficiency in EU member and candidate countries: A parametric hyperbolic distance function approach. *Energy*, 2019. Vol. 147, P. 297–307. DOI: [10.1016/j.energy.2019.04.035](https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.035).
74. Duman Y., Marzouk H. A., Meier J., Khudhur Q. L., Alani O. Assessment of Perceptions of Climate Change and Its Causes and Impacts on Mental Health and Psychosocial Wellbeing among a Group of Internally Displaced Persons in Iraq. *Intervention*. 2022. 20(1). 98-106.
75. ECBC. Energy Efficient Mortgages Initiative. Best Practice in European Public

- Support Schemes for Energy Efficiency. Version: 07/12/2022, 28 c. URL: <https://energyefficientmortgages.eu/wp-content/uploads/2023/01/Best-Practice-in-European-Public-Support-Schemes-for-Energy-Efficiency.pdf>.
76. Emeka N., Aham K. Autoregressive Distributed Lag (ARDL) cointegration technique: application and interpretation. *Journal of Statistical and Econometric Methods*. 2016. Vol. 5(4), P. 63–91. URL: https://ideas.repec.org/a/spt/stecon/v5y2016i4f5_4_3.html.
77. Enerdata. Energy and Climate Databases. URL: <https://www.enerdata.net/expertise/data-science.html>.
78. Enerdata. Global Energy Trends: Annual benchmarks and Long-term impacts. Report. 2022 Edition. URL: <https://www.enerdata.net/publications/reports-presentations/world-energy-trends.html>.
79. Enerdata. World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2022. URL: <https://www.enerdata.net>.
80. Energy Efficiency. Briefing Initial Appraisal of a European Commission Impact Assessment. March 2017, 6 p. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/598592/EPRS_BRI\(2017\)598592_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/598592/EPRS_BRI(2017)598592_EN.pdf).
81. Euro area annual inflation up to 10.0%. *Eurostat Website. Euroindicators*, 107/2022, 30 September 2022. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/14698140/2-30092022-AP-EN.pdf/727d4958-dd57-de9f-9965-99562e1286bf>.
82. European Commission, Directorate-General for Energy. Stimulating consumers' demand for energy efficiency investments – Final report, June 2023, Publications Office of the European Union, 2023. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/444676>.
83. European Commission. Energy efficiency targets. URL: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/targets-directive-and-rules/eu-targets-energy-efficiency_en.

84. European Commission. European Green Deal: EU agrees stronger rules to boost energy efficiency. 10 March 2023. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_1581.
85. European Commission. Trans-European Networks for Energy. URL: <https://europa.eu/>.
86. European Electricity Review 2023. *Ember*. January 31, 2023. URL: <https://ember-climate.org/app/uploads/2023/01/Report-European-Electricity-Review-2023.pdf>.
87. Eurostat. Dataset Energy efficiency (nrg_ind_eff). URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/30276a0e-65ad-437c-980a-4d0948822650?lang=en>.
88. Eurostat. Energy Efficiency Indicators - Data Browser. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_eff/default/table?lang=en.
89. Eurostat. Environment and Energy Statistics. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/envir?lang=en&subtheme=nrg.nrg_quant&display=list&sort=category.
90. Eurostat. Environment and Energy Statistics. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat>.
91. Eurostat. Share of renewable energy in gross final energy consumption by sector. Dataset. Online data code: sdg_07_40. DOI: 10.2908/sdg_07_40.
92. Fidanoski, F. Simeonovski K., Cvetkoska V. Energy Efficiency in OECD Countries: A DEA Approach. *Energies*. 2021 Vol. 14(4). Article 1185. DOI: [10.3390/en14041185](https://doi.org/10.3390/en14041185).
93. Filippini M., Hunt L. Measurement of energy efficiency based on economic foundations. *Energy Economics*. 2015. Vol. 52. Supplement 1, P. S5–S16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.08.023>.
94. Galeotti M., Salini S., Verdolini E. Measuring environmental policy stringency: Approaches, validity, and impact on environmental innovation and energy efficiency. *Energy Policy*. 2020. Vol. 136, Article 111052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111052>.
95. Gao X., Huang S., Sun X., Hao X., An F. Modelling cointegration and Granger

- causality network to detect long-term equilibrium and diffusion paths in the financial system. *Royal Society Open Science*. 2018. Vol. 5. Article 172092. DOI: [10.1098/rsos.172092](https://doi.org/10.1098/rsos.172092).
96. Gernego I., Dyba M. I., Shkoda T., Dyba M. V. Venture Financing as Support for the Sustainable Model of Post-War Rebuilding in Ukraine. *European Journal of Sustainable Development* 2023 Vol. 12(2), Article 1. DOI: [10.14207/ejsd.2023.v12n2p1](https://doi.org/10.14207/ejsd.2023.v12n2p1).
 97. Gholizadeh Y. Causality relationship between energy consumption and economic growth in the European Union countries. *EERI Research Paper Series*. 2020. Vol. 12, 25 p. URL: <http://hdl.handle.net/10419/251104>.
 98. Gholizadeh Y. Causality relationship between energy consumption and economic growth in the European Union countries. *EERI Research Paper Series*, 2020, Economics and Econometrics Research Institute. 12/2020. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/251104/1/EERI-RP-2020-12.pdf>.
 99. Gholizadeh Y., Narin M. (2020). Seçilmiş Avrupa Birliği Ülkelerinde Yenilenebilir Enerjinin GSYH Üzerine Etkisi: Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1). 249-270.
 100. Giraudet L., Missemmer A. The History of Energy Efficiency in Economics: Breakpoints and Regularities. *Energy Research & Social Science*. 2023. Vol. 97. 10 p.
 101. Gökgöz F., Erkul E. Energy efficiency analysis for the European countries. *International Scientific Publications: Economics & Business Journal*. 2020. Vol. 8. P. 124–140.
 102. Gómez-Calvet R., Conesa D., Gómez-Calvet A. R., Tortosa-Ausina, E. European Energy Efficiency Evaluation Based on the Use of Super-Efficiency Under Undesirable Outputs in SBM Models. In: Aparicio, J., Lovell, C., Pastor, J., Zhu, J. (eds). *Advances in Efficiency and Productivity II*. Springer, Cham, 2020. Vol. 287. DOI: [10.1007/978-3-030-41618-8_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41618-8_12).

103. Gómez-Calvet R., Conesa D., Gómez-Calvet A., Tortosa-Ausina E. On the dynamics of eco-efficiency performance in the European Union. *Computers & Operations Research*. 2020. Vol. 66. P. 336–350.
104. Gorus M., Karagol E. Reactions of energy intensity, energy efficiency, and activity indexes to income and energy price changes: The panel data evidence from OECD countries. *Energy*. 2022. Vol. 254. Part A. Article 124281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124281>.
105. Granger C. W. J. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*. 1969. Vol. 37(3), P. 424–438. DOI: [10.2307/1912791](https://doi.org/10.2307/1912791).
106. Gyamerah S., Gil-Alana L. A multivariate causality analysis of CO2 emission, electricity consumption, and economic growth: Evidence from Western and Central Africa. *Heliyon*. 2023. Vol. 9(1). P. 28–58. DOI: [10.1016/j.heliyon.2023.e12858](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12858).
107. Halkos G., Petrou K. N. Assessing 28 EU member states' environmental efficiency in national waste generation with DEA. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 208. P. 509–521.
108. Halkos G., Polemis M. The impact of economic growth on environmental efficiency of the electricity sector: A hybrid window DEA methodology for the USA. *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 211. P. 334–346. DOI: [10.1016/j.jenvman.2018.01.067](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.067).
109. He X., Yu Y., Jiang S. City centrality, population density and energy efficiency. *Energy Economics*. 2023. Vol. 117. Article 106436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106436>.
110. Hossin M., Alemzero D., Wang R., Kamruzzaman M., Mhlanga M. Examining artificial intelligence and energy efficiency in the MENA region: The dual approach of DEA and SFA. *Energy Reports*. 2023. Vol. 9. P. 4984–4994. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.03.113>.
111. Hussain S., Chunjiao Y. Causal Relationship of Energy Consumption and Economic Growth – A Case Study of Pakistan. *International Journal of New*

- Economics and Social Sciences*. 2021. Vol. 1(13). P. 139–162. DOI: [10.5604/01.3001.0015.2290](https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2290).
112. Iazzolino I., Sorrentino N., Menniti D., Pinnarelli A., De Carolis M., Mendicino L. Energy communities and key features emerged from business models review. *Energy Policy*. 2022. Vol. 165. Article 112929. DOI: [10.1016/j.enpol.2022.112929](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112929).
113. Ifa A., Guetat I. Analysing short-run and long-run causality relationship among public spending, renewable energy consumption, non-renewable energy consumption and economic growth: Evidence from eight South Mediterranean Countries. *Energy Exploration & Exploitation*. 2022. Vol. 40(2). P. 554–579. DOI: [10.1177/01445987211049304](https://doi.org/10.1177/01445987211049304).
114. International Energy Agency. Energy Efficiency 2022. 130 c. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7741739e-8e7f-4afa-a77f-49dadd51cb52/EnergyEfficiency2022.pdf>.
115. IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.
116. Jaffe A. B., Stavins, R. N. The energy-efficiency gap: What does it mean? *Energy Policy*. 1994. Vol. 22(10). P. 804–810.
117. Jamshidi N., Meybodi M. E. Dynamic spillover effects of renewable energy efficiency in the European countries. *Environmental Science and Pollution Research*. 2024. Vol. 31. P. 11698–11715. DOI: [10.1007/s11356-023-31815-8](https://doi.org/10.1007/s11356-023-31815-8).
118. Jiawei Z., Yuhong Y., Jie D. Information criteria for model selection. *WIREs Computational Statistics*. 2023. Vol. 15. Article e1607. DOI: [10.1002/wics.1607](https://doi.org/10.1002/wics.1607).
119. Karasek A., Fura B., Zajączkowska M. Assessment of Energy Efficiency in the European Union Countries in 2013 and 2020. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(4), Article 3414.
120. Kėdaitienė A., Klyvienė V. The Relationships between Economic Growth, Energy Efficiency and CO2 Emissions: Results for the Euro Area. *Ekonomika*. 2020. Vol. 99(1). P. 6–25. DOI: [10.15388/Ekon.2020.1.1](https://doi.org/10.15388/Ekon.2020.1.1).

121. Kirikkaleli D., Sokri A., Candemir M., Ertugrul H. Panel Cointegration: Long-Run Relationship between Internet, Electricity Consumption and Economic Growth. *Investigación Económica*. 2018. Vol. 77(303). P. 161–176. DOI: [10.22201/fe.01851667p.2018.303.64158](https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2018.303.64158).
122. Klyvienė V., Kėdaitienė A. The Relationships between Economic Growth, Energy Efficiency and CO2 Emissions: Results for the Euro Area. *Ekonomika*. 2020. Vol. 99(1). P. 6–25. DOI: 10.15388/Ekon.2020.1.1.
123. Kowalski S. Guaranteed energy savings contracts: an efficient and viable procurement option. *Illinois ASBO*. 2022. URL: <https://www.iasboupdate.org/featured/savings-contracts>.
124. Kripfganz S., Schneider D. ARDL: Estimating autoregressive distributed lag and equilibrium correction models. *The Stata Journal*. 2023, Vol. 4. P. 983–1019.
125. Küçüksakarya S. A panel causality analysis of the relationship between financial development and economic growth in OECD countries. *Bmij*. 2021. Vol. 9(2). P. 662–672. DOI: [10.15295/bmij.v9i2.1817](https://doi.org/10.15295/bmij.v9i2.1817).
126. Ku-Hsieh C., Jen-Chi C., Joe-Ming L., Liou-Yuan L., Sheng-Yu P. Energy Efficiency: Indicator, Estimation, and a New Idea. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Article 4944. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12124944>.
127. Kurbanov F., Sitenko D., Yessengeldin B., Zhumatayeva B., Yesbergen R. Organizational and Economic Mechanisms of Energy Conservation and Energy Efficiency Management in Kazakhstan. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2020. Vol. 10. P. 206–212.
128. Kvach Y., Kuzmynchuk N., Kutsenko T. Energy efficiency as an economic potential development of the country. *Herald of Kyiv National University of Trade and Economics*. 2021. Vol. 137. P. 52–61. DOI: 10.31617/visnik.knute.2021(137)04.
129. Kyshakevych B., Maksyshko N., Voronchak I., Nastoshyn S. Ecological and economic determinants of energy efficiency in European countries. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(8). P. 140–155. DOI: 10.48077/scihor8.2023.140.

130. Kyshakevych B., Hentosh O., Blackmore D., Prykarpatski A. New fractional nonlinear integrable Hamiltonian systems. *Applied Mathematics Letters*. 2019. 88. P. 41-49.
131. Kyshakevych B., Mazharov D. A stochastic frontier analysis of Ukrainian banks efficiency. *Scientific Journal of Polonia University*. 2018. Vol. 31(6). P. 27-40. <https://doi.org/10.23856/3103>.
132. Kyshakevych B., Nastoshyn S., Melnyk O., Maksyshko N., Svintsov O. The relationship between economic growth, international trade and energy efficiency in European countries: An Autoregressive Distributed Lag (ARDL) modeling approach. *Rivista Di Studi Sulla Sostenibilita*. 2024. Vol. 2. P. 141-160, <https://doi.org/10.3280/riss2024-002009>.
133. Kyshakevych B., Melnyk O., Hrytsenko K., Voronchak I., Nastoshyn S. Analysis of cointegration and causality between indicators of economic growth and energy efficiency of European countries. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2024. Vol. 1(54), P. 316–330. DOI: [10.55643/fcaptp.1.54.2024.4280](https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.54.2024.4280).
134. Kyshakevych B., Nastoshyn S., Andriychuk M. Assessment of causal relationships between electricity consumption and economic growth in European countries. *Investytsiyi: praktyka ta dosvid* 2023 Vol. 15. P. 23. DOI: [10.32702/2306-6814.2023.15.23](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.15.23).
135. Laurens P., Le Bas C., Lhuillery S., Schoen A. The determinants of cleaner energy innovations of the world's largest firms: The impact of firm learning and knowledge capital. *Economic Innovation and New Technology*. 2017. Vol. 26. P. 311–333.
136. Leitão N., Lorente D. The Linkage between Economic Growth, Renewable Energy, Tourism, CO2 Emissions, and International Trade: The Evidence for the European Union. *Energies* 2020 Vol. 13(18) Article 4838. DOI: [10.3390/en13184838](https://doi.org/10.3390/en13184838).
137. Lopez L., Weber S. Testing for Granger causality in panel data. *IRENE Working Papers* 2017 Vol. 17(03). URL:

<https://econpapers.repec.org/scripts/redir.pf?u=https%3A%2F%2Fwww5.unine.ch%2FRePEc%2Fftp%2Firn%2Fpdfs%2FWP17-03.pdf;h=repec:irn:wpaper:17-03>.

138. Lu C.-C., Lu L.-C. Evaluating the energy efficiency of European Union countries: The dynamic data envelopment analysis. *Energy & Environment*. 2019. Vol. 30(1). P. 27–43. DOI: [10.1177/0958305X18787257](https://doi.org/10.1177/0958305X18787257).
139. Mardani A., Streimikiene D., Balezentis T., et al. Data envelopment analysis in energy and environmental economics: An overview of the state-of-the-art and recent development trends. *Energies*. 2019. Vol. 11(8). Article 2002.
140. Menegaki A. The ARDL Method in the Energy-Growth Nexus Field; Best Implementation Strategies. *Economies*. 2019. Vol. 7(4). Article 105. DOI: [10.3390/economies7040105](https://doi.org/10.3390/economies7040105).
141. Miketa A., Mulder P. Energy Productivity across Developed and Developing Countries in 10 Manufacturing Sectors: Patterns of Growth and Convergence. *Energy Economics*. 2005. Vol. 27. P. 429–453.
142. Mohammed K. S., Usman M., Ahmad P., et al. Do all renewable energy stocks react to the war in Ukraine? Russo-Ukrainian conflict perspective. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. Vol. 30, P. 36782–36793. DOI: [10.1007/s11356-022-24833-5](https://doi.org/10.1007/s11356-022-24833-5).
143. Moutinho V., Madaleno M. A Two-Stage DEA Model to Evaluate the Technical Eco-Efficiency Indicator in the EU Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18(6). Article 3038.
144. Moutinho V., Madaleno M., Robaina M. Economic and environmental assessment: EU cross-country efficiency ranking analysis. *Energy Procedia*. 2020, Vol. 106. P. 134–154.
145. Nastoshyn S., Kyshakevych B., Maksyshko N., Voronchak I. Ecological and economic determinants of energy efficiency in European countries. *Scientific Horizons*, 2023. №26(8). P.140–155. DOI: [10.48077/scihor8.2023.140](https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.140).
146. Nastoshyn S., Kyshakevych B., Maksyshko N., Svintsov O., Maturin Y. Application of DEA Models to Develop Strategies for Improving the Energy

- Efficiency of National Economies: Focusing on SDGs and Best Practices in European Countries. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*. 2024. №4(4). e02678. DOI: [10.47172/2965-730X.SDGsReview.v4.n04.pe02678](https://doi.org/10.47172/2965-730X.SDGsReview.v4.n04.pe02678).
147. Nguyen H., Nguyen P., Ngo V. Energy security and the shift to renewable resources: The case of Russia-Ukraine war. *The Extractive Industries and Society*. 2024. Vol. 17. Article 101442. DOI: [10.1016/j.exis.2024.101442](https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101442).
 148. Official website of the Council of the EU and the European Council. Infographic - How is EU electricity produced and sold? May 10, 2023. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>.
 149. Osei-Assibey Bonsu M., Wang Y. The triangular relationship between energy consumption, trade openness and economic growth: new empirical evidence. *Cogent Economics & Finance*. 2022. Vol. 10(1). Article 2140520. DOI: [10.1080/23322039.2022.2140520](https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2140520).
 150. Ozcan M., Özkan K., Özkan U. Ayşegül. The Relationship between Energy Efficiency and Economic Performance in G20 Countries. *Topics in Middle Eastern and African Economies Proceedings of Middle East Economic Association*. 2018. Vol. 20(1). 20 p.
 151. Özcan M., Özkan U. The Relationship between Energy Efficiency and Economic Performance in G20 Countries. *Topics in Middle Eastern and North African Economies*. 2018. Vol. 20(1). URL: <http://www.luc.edu/orgs/meea/>.
 152. Pacheco D., Caten C. T., Jung C. F., Ribeiro J. L., Navas H., Machado V. Eco-innovation determinants in manufacturing SMEs: Systematic review and research directions. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 142. P. 2277–2287.
 153. Pang R. Z., Deng Z. Q., Hu J. Clean energy use and total-factor efficiencies: an international comparison. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. Vol. 52. P. 1158–1171.
 154. Payne J., Truong H., Chu L., Doğan B., Ghosh S. The effect of economic complexity and energy security on measures of energy efficiency: Evidence from

- panel quantile analysis. *Energy Policy*. 2023. Vol. 177. Article 113547. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113547>.
155. Pehlivanoglu F., Kocbulut O., Akdag S., Alola A. A. Toward a sustainable economic development in the EU member states: The role of energy efficiency-intensity and renewable energy. *International Journal of Energy Research*. 2021. Vol. 45(15). P. 21219–21233. DOI: [10.1002/er.7174](https://doi.org/10.1002/er.7174).
 156. Pejovic B., Backovic T., Karadzic V. Analysis of the Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth in Transition Countries. *Eastern European Economics*. 2023. P. 1–21. DOI: [10.1080/00128775.2023.2216690](https://doi.org/10.1080/00128775.2023.2216690).
 157. Pimonenko T., Us Y., Lyulyova L., Kotenko N. The impact of the macroeconomic stability on the energy-efficiency of the European countries: A bibliometric analysis. *E3S Web Conf*. 2021. Vol. 234. Article 00013. DOI: 10.1051/e3sconf/202123400013.
 158. Pishgar-Komleh S. H., Čechura L., Kuzmenko E. Investigating the dynamic eco-efficiency in agriculture sector of the European Union countries. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. P. 48942–48954. DOI: [10.1007/s11356-021-13948-w](https://doi.org/10.1007/s11356-021-13948-w).
 159. Rahman M., Vu X.-B. Are Energy Consumption, Population Density and Exports Causing Environmental Damage in China? *Sustainability*. 2021. Vol. 13(7). Article 3749. DOI: [10.3390/su13073749](https://doi.org/10.3390/su13073749).
 160. Rajaguru G., Khan S. Causality between Energy Consumption and Economic Growth in the Presence of Growth Volatility: Multi-Country Evidence. *Journal of Risk and Financial Management*. 2021. Vol. 14(10). Article 471. DOI: [10.3390/jrfm14100471](https://doi.org/10.3390/jrfm14100471).
 161. Rapie, R. Global energy trends: insights from the 2023 statistical review of world energy. *Forbes*. 6 August 2023. URL: <https://www.forbes.com/sites/rrapier/2023/08/06/global-energy-trends-insights-from-the-2023-statistical-review-of-world-energy/?sh=59f3dbe83502>.
 162. Rashidi K., Saen R. F. Using data envelopment analysis for estimating energy

- saving and undesirable output abatement: A case study in the Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD) countries. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 105. P. 241–252. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.01.027](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.027).
163. Rashidi K., Radziwon A., Enevoldsen P. Dyadic Relationships for Collaborative Innovation: Lessons from the Danish Wind Industry. *Academy of Management Proceedings*. 2022. 1.
164. Reis I., Gonçalves, I., Lopes M., Antunes C. Business models for energy communities: A review of key issues and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 144. Article 111013. DOI: [10.1016/j.rser.2021.111013](https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111013).
165. Robaina M., Moutinho V., Macedo P. A new frontier approach to model the eco-efficiency in European countries. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 103, P. 562–573.
166. Roslan M. F., Hannan M. A., Ker P. J., et al. Microgrid control methods toward achieving sustainable energy management: A bibliometric analysis for future directions. *Journal of Cleaner Production*. 2022, Vol. 348. Article 131340. DOI: [10.1016/j.jclepro.2022.131340](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131340).
167. Saheb Y., Ossenbrink H., Szabo S., Bódis, K., Panev S. Energy transition of Europe's building stock. Implications for EU 2030 Sustainable Development Goals. *Annales Des Mines - Responsabilité Et Environnement*. 2018. № 90(2). P. 62–67. DOI: [10.3917/RE1.090.0062](https://doi.org/10.3917/RE1.090.0062).
168. Salehin M., Kiss J. T. Testing the Causal Relationship between Economic Growth and Renewable Energy Consumption: Evidence from a Panel of EAGLE Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2022. Vol. 12(1). P. 281–288. DOI: [10.32479/ijeep.11851](https://doi.org/10.32479/ijeep.11851).
169. Sarker T., et al. The Role of Fiscal Incentives in Promoting Energy Efficiency in the Industrial Sector: Case Studies from Asia. *ADB Working Paper 1172*. Tokyo: Asian Development Bank Institute. 2020. URL: <https://www.adb.org/publications/role-fiscalincentives-promoting-energy-efficiency-industrial-sector-asia>.

170. Segarra-Blasco A., Jové-Llopis E. Determinants of Energy Efficiency and Renewable Energy in European SMEs. *Economics of Energy & Environmental Policy*. 2019. Vol. 8. DOI: 10.5547/2160-5890.8.2.aseg.
171. Sener S., Karakas A. T. The effect of economic growth on energy efficiency: Evidence from high, upper-middle and lower-middle income countries. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 158. P. 523–532. DOI: [10.1016/j.procs.2019.09.084](https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.084).
172. Shaari M. S., Abidin N. Z., Karim Z. A. The Impact of Renewable Energy Consumption and Economic Growth on CO2 Emissions: New Evidence using Panel ARDL Study of Selected Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2020. Vol. 10(6). P. 617–623. URL: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/9878>.
173. Shah W.U.H., Hao G., Yan H., et al. Energy efficiency evaluation, changing trends and determinants of energy productivity growth across South Asian countries: SBM-DEA and Malmquist approach. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. Vol. 30. P. 19890–19906. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23484-w>.
174. Shahateet M., Al-Majali I., Khalid A., Al-Hahabashneh F. Causality and Cointegration between Economic Growth and Energy Consumption: Econometric Evidence from Jordan. *International Journal of Economics and Finance*. 2014. Vol. 6(10). P. 270–279. DOI: [10.5539/ijef.v6n10p270](https://doi.org/10.5539/ijef.v6n10p270).
175. Share of renewables in electricity production. *The Enerdata Yearbook*. URL: <https://yearbook.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>.
176. Sharma N., Smeets B., Tryggestad C. The decoupling of GDP and energy growth: A CEO guide. *McKinsey & Company*. April 24, 2019. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/the-decoupling-of-gdp-and-energy-growth-a-ceo-guide>.
177. Simeonovski K., Kaftandzieva T., Brock G. Energy Efficiency Management across EU Countries: A DEA Approach. *Energies*. 2021. Vol. 14(9). Article 2619.

178. Simionescu M., Schneider N., Gavurova B. Decarbonized Energies and the Wealth of Three European Nations: A Comparative Nexus Study Using Granger and Toda-Yamamoto Approaches. *Frontiers in Environmental Science*. 2021. Vol. 9. Article 817982. DOI: [10.3389/fenvs.2021.817982](https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.817982).
179. Sovacool B. K., Griffiths S. Culture and low-carbon energy transitions. *Nature Sustainability*. 2020. Vol. 3(10). pp. 852–864.
180. Steinhauser D., Kittová Z., Khúlová L. Relationship Between CO₂ Emissions and Trade: The Case of the EU. *Intereconomics*. 2024. Vol. 59. P. 41–47. DOI: [10.2478/ie-2024-0009](https://doi.org/10.2478/ie-2024-0009).
181. Sterlacchini A. Trends and determinants of energy innovations: Patents, environmental policies and oil prices. *Journal of Economic Policy Reform*. 2020, Vol. 23. P. 49–66.
182. Su X., Yang X., Zhang J., et al. Analysis of the Impacts of Economic Growth Targets and Marketization on Energy Efficiency: Evidence from China. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, 17 p.
183. Šumakaris P., Korsakiene R., Šceulovs D. Determinants of Energy Efficient Innovation: A Systematic Literature Review. *Energies*. 2021. Vol. 14. Article 7777. DOI: [10.3390/en14227777](https://doi.org/10.3390/en14227777).
184. Sun C., Yan X., Zhao L. Coupling efficiency measurement and spatial correlation characteristic of water–energy–food nexus in China. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021. Vol. 164. Article 105151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105151>.
185. Sun H., Kporsu A., Taghizadeh-Hesary F., Edziah B. Estimating environmental efficiency and convergence: 1980 to 2016. *Energy*. 2020. Vol. 208. Article 118224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118224>.
186. Supply, transformation and consumption of renewables and wastes. *Eurostat Dataset*. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_rw/default/table?lang=en.
187. Szafranko E. Assessment of the economic efficiency of energy-saving projects,

- methodology based on simple and compound methods. *Energy Science & Engineering* 2021. DOI: 10.1002/ese3.1032.
188. Tahir M., Eatzaz A. The relationship of energy intensity with economic growth: Evidence for European economies. *Energy Strategy Reviews*. 2018. Vol. 20. P. 90–98. DOI: [10.1016/j.esr.2018.02.002](https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.02.002).
 189. Tahir Y., Nadeem M., Ahmed A., Khan I., Qamar F. A Review on Hybrid Energy Storage Systems in Microgrids. In: *Proceedings of the 2020 3rd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*. Sukkur. Pakistan. 29–30 January 2020. P. 1–7.
 190. Temiz D., Akdoğan E. Renewable Energy Production, Energy Consumption and Sustainable Economic Growth in Turkey: A VECM Approach. *Sustainability*. 2019, Vol. 11(5). Article 1273. DOI: [10.3390/su11051273](https://doi.org/10.3390/su11051273).
 191. Török L. Ambivalent changes in the correlation of energy consumption and economic growth in the member states of the European Union (2010–2019). *Heliyon*. 2023. Vol. 9(3). Article e14550. DOI: [10.1016/j.heliyon.2023.e14550](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14550).
 192. Wieczorek A., Rohrer H., Bauknecht D., et al. Citizen-led decentralised energy futures: Emerging rationales of energy system organization. *Energy Research & Social Science*. 2024. Vol. 13. Article 103557. DOI: [10.1016/j.erss.2024.103557](https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103557).
 193. Winarno S., Usman M., Kurniasari D., Widiarti. Application of Vector Error Correction Model (VECM) and Impulse Response Function for Daily Stock Prices. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1751. Article 012016. DOI: [10.1088/1742-6596/1751/1/012016](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012016).
 194. World Bank. Renewable energy dataset. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.EGY.PRIM.PP.KD>.
 195. World Bank. World Development Indicators. URL: <https://data.worldbank.org>.
 196. World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2022. URL: <https://www.enerdata.net>.
 197. Wysokiński M., Domagała J., Gromada A., Golonko M., Trębska P. Economic

- and energy efficiency of agriculture. *Agricultural Economics*. 2020. Vol. 66, P. 355–364.
198. Xu Y., Ahokangas P., Yrjölä S., et al. The fifth archetype of electricity market: the blockchain marketplace. *Wireless Networks*. 2021. Vol. 27. P. 4247–4263. DOI: [10.1007/s11276-019-02065-9](https://doi.org/10.1007/s11276-019-02065-9).
 199. Zhakanova A., Fathi A. Determinants of sustainable energy demand in the European economic area: Evidence from the PMG-ARDL model. *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. Vol. 183. Article 121901. DOI: [10.1016/j.techfore.2022.121901](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121901).
 200. Zhang C., Zhang L. The relationship between toxic air pollution, health expenditure, and economic growth in the European Union: fresh evidence from the PMG-ARDL model. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2024. Vol. 31(14). pp. 21107–21123. DOI: [10.1007/s11356-024-32342-w](https://doi.org/10.1007/s11356-024-32342-w).
 201. Zhao H., Zhao J., Liu W., Yan Y., Huang J., Wen F. Metaverse-based decentralised autonomous organisation in energy systems. *Energy Conversion and Economics*. 2023, Vol. 4. pp. 379–386. DOI: [10.1049/enc2.12104](https://doi.org/10.1049/enc2.12104).
 202. Zhao X., Wang S., Su Y. A comprehensive review of energy efficiency policies for the industrial sector in major countries. *Energy Strategy Reviews*. 2022. Vol. 41, Article 100826.
 203. Ziolo M., Jednak S., Savić G., Kragulj D. Link between Energy Efficiency and Sustainable Economic and Financial Development in OECD Countries. *Energies*. 2020. Vol. 13(22) Article 5898. DOI: [10.3390/en13225898](https://doi.org/10.3390/en13225898).
 204. Zubeltzu-Jaka, E., Erauskin-Tolosa, A., Heras-Saizarbitoria, I. Shedding light on the determinants of eco-innovation: A metaanalytic study. *Business Strategy and the Environment*, 2018, Vol. 27, pp. 1093–1103.

ДОДАТКИ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ*Статті, що індексуються в наукометричних базах даних****Scopus, Web of Science:***

1. Kyshakevych B., Maksyshko N., Voronchak I., Nastoshyn S. Ecological and economic determinants of energy efficiency in European countries. Scientific Horizons. 2023. № 26(8). с.140-155. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.140>
2. Кишакевич Б., Мельник О., Гриценко К., Ворончак І., Настьошин С. Аналіз коінтеграції та причиново-наслідкових зв'язків між показниками економічного зростання та енергоефективності країн Європи. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice. 2024. №1(54). с.316–330. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.54.2024.4280>
3. Kyshakevych B., Nastoshyn S., Maksyshko N., Svintsov O., Maturin Y. Application of DEA Models to Develop Strategies for Improving the Energy Efficiency of National Economies: Focusing on SDGs and Best Practices in European Countries. Journal of Lifestyle and SDGs Review. 2024. № 4(4), e02678. <https://doi.org/10.47172/2965-730X.SDGsReview.v4.n04.pe02678>
4. Kyshakevych B., Nastoshyn S., Melnyk O., Maksyshko N., Svintsov O. The relationship between economic growth, international trade and energy efficiency in European countries: An Autoregressive Distributed Lag (ARDL) modeling approach. Rivista Di Studi Sulla Sostenibilita. 2024. 2. pp. 141-160, <https://doi.org/10.3280/riss2024-002009>

Статті у наукових фахових виданнях:

5. Кишакевич Б. Ю., Настьошин С. Є. Сучасні підходи до оцінювання енергоефективності національної економіки. Бізнес Інформ. 2022. №9. С. 34–39. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-9-34-39>

6. Благун І.С., Настьошин С. Є. Лізинг як інструмент інвестування в енергоефективні технології. *Ефективна економіка*. 2023. №3. <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.3.17>
7. Кишакевич Б.Ю., Настьошин С. Є. Вплив енергоефективності на економічне зростання країн Європи. *Ефективна економіка*. 2023. №5. <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.24>
8. Кишакевич Б.Ю., Настьошин С. Є., Андрійчик М.Є. Оцінка причинно-наслідкових зв'язків між споживачами електроенергії та економічним зростанням в країнах Європи. *Інвестиції: практика та досвід*. 2023. № 15. С. 23-29 <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.15.23>
9. Кишакевич Б.Ю., Настьошин С. Є. Особливості формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України із врахуванням євроінтеграційних процесів. *Агросвіт*. 2023. № 18. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.18.51>
10. Кишакевич Б., Настьошин С. Економічні інструменти стимулювання розвитку відновлювальної енергетики та підвищення енергоефективності в ЄС. *Економічний простір*. 2024. № 190. С. 136-140. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/190-26>
11. Кишакевич Б. Ю., Настьошин С. Є., Війчук О. Т., Котик Я. І. Моделі фінансування проектів відновлювальної енергетики: міжнародний досвід та рекомендації для України. *Академічні візії*. 2024. №33. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12684686>
12. Кишакевич Б., Настьошин С., Зварич Б., Волинський О. Бізнес-моделі формування децентралізованої автономної генерації електроенергії. *Сталий розвиток економіки*. 2024. №3(50). С. 94-99. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-50-15>
13. Кишакевич Б. Ю., Настьошин С. Є. Сучасні методи оцінки енергоефективності економіки: порівняльний аналіз та перспективи впровадження в Україні. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2024. № 9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13376392>

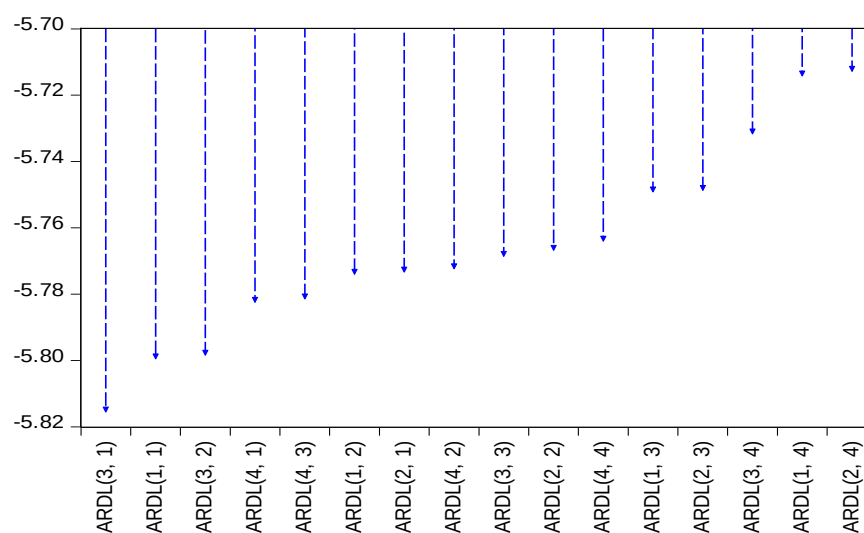
Тези доповідей, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

14. Кишакевич Б. Ю., Настьошин С. Є. Проблеми та перспективи підвищення енергоефективності світової економіки. *Виклики та перспективи розвитку нової економіки на світовому, державному та регіональному рівнях* : збірник матеріалів XVI Міжнародної науково-практичної конференції (Запоріжжя, 25-26 листопада 2021). Запоріжжя: ЗНУ, 2021. С. 57-59.
15. Настьошин С.Є. Вплив цифрових технологій на енергоефективність світової економіки. актуальні проблеми сучасної науки. *Актуальні проблеми сучасної науки* : Збірник IX міжнародної науково-практичної конференції викладачів та студентів навчально-наукового інституту фізики, математики, економіки та інноваційних технологій (Дрогобич, 29 квітня 2022). Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка. 2022. С. 41-42.
16. Настьошин С.Є., Кишакевич Б.Ю. Глобальні тенденції інвестування у відновлювальну енергетику. *Особливості розвитку цифрової економіки в умовах інформаційно-технологічних викликів* : Збірник тез-доповідей I Всеукраїнської науково-практичної конференції (Трускавець, 20 жовтня 2022). Дрогобич: ПП ПОСВІТ. 2022. С.112-114.
17. Настьошин С.Є. Проблеми та перспективи розвитку відновлювальної енергетики в Україні. *Актуальні проблеми сучасної науки* : Матеріали X-ї Міжнародної науково-практичної конференції. (Дрогобич, 10-11 травня 2023). Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка. 2023. С.425-427.
18. Настьошин С. Є., Кишакевич Б. Ю. Сучасні тенденції розвитку відновлюваної енергетики у країнах ЄС. *Економіка, облік, фінанси та право: стратегічні пріоритети розвитку в умовах глобалізації* : Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Кропивницький, 28 листопада 2023). Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. С.66-68.

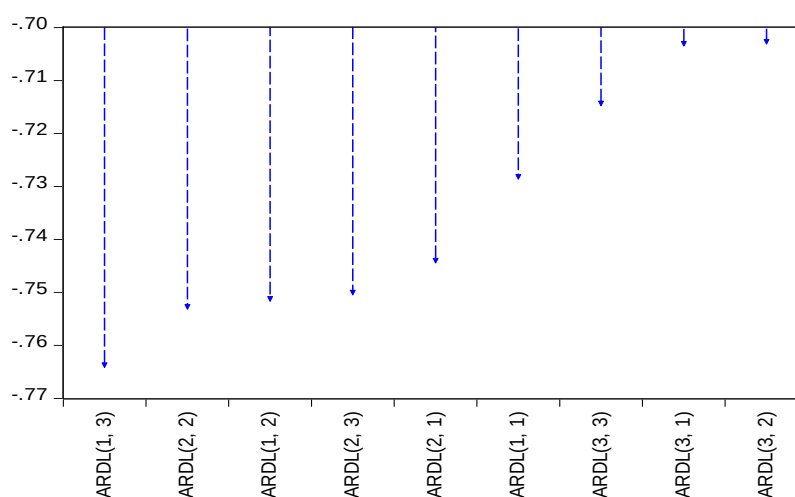
19. Кишакевич Б.Ю., Настьошин С. Є. Взаємозв'язок енергоефективності та економічного зростання країн Європи. *Сучасний стан та пріоритети модернізації фінансово - економічної системи: теорії та пропозиції* : Матеріали доповідей Міжнародної науково - практичної конференції (Запоріжжя, 12-13 травня 2023 р.). Львів-Торунь, Liha-Pres, 2023. 55-57.
20. Кишакевич Б.Ю., Настьошин С.Є. Методи вимірювання енергоефективності економіки. *Актуальні проблеми сучасної науки* : Матеріали XI-ї Міжнародної науково-практичної конференції (Дрогобич, 10-11 травня 2024). Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені Івана Франка, 2024. С. 663-665
21. Кишакевич Б.Ю., Настьошин С.Є. Економічні механізми стимулювання розвитку відновлюваної енергетики в країнах Європи. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інтеграції освіти, науки та бізнесу в умовах глобалізації»: тези доповідей, 4 жовтня 2024 р. Київ: КНУТД, 2024. С. 38-39.

Інформаційний критерій Акаїке для визначення параметрів ARDL моделей

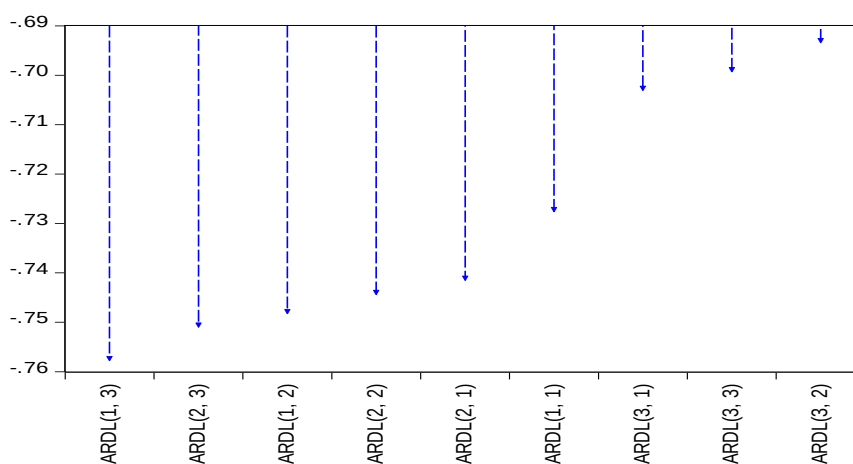
Додаток Б1. Інформаційний критерій Акаїке для моделі ARDL із залежною змінною CO2_INT та незалежною змінною GDP_IND



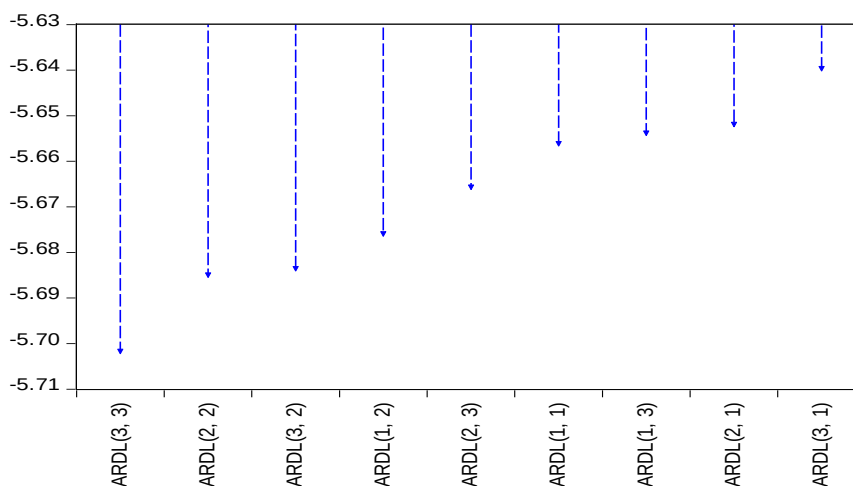
Додаток Б2. Інформаційний критерій Акаїке для ARDL моделі із залежною змінною EI та незалежною змінною GDP_RATE_PC



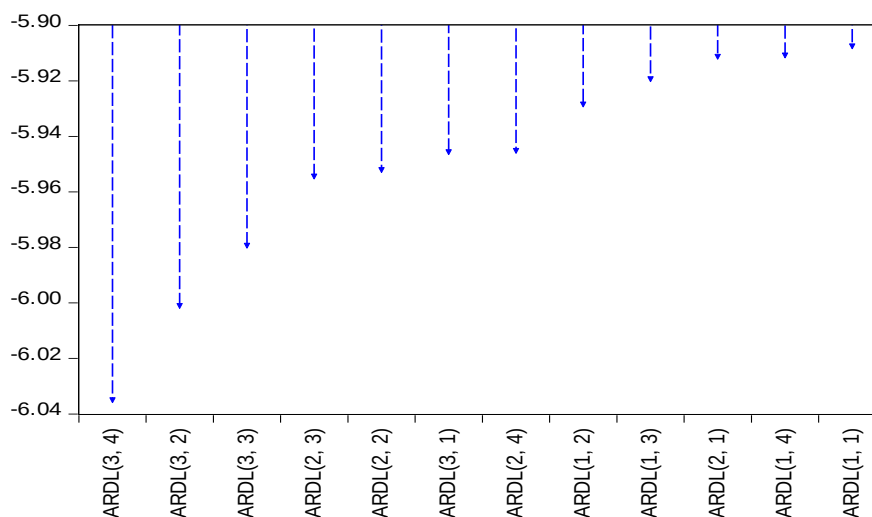
**Додаток Б3. Інформаційний критерій Акаїке для ARDL моделі з EI
залежною та GDP_RATE незалежною змінними**



**Додаток Б4. Інформаційний критерій Акаїке для ARDL моделі з залежною
змінною CO2_INT та незалежною змінною EXP**



**Додаток Б5. Інформаційний критерій Акаїке для ARDL моделі з залежною
змінною CO2_INT і незалежною змінною IMP**



Додаток Б6. AIC для ARDL моделі для залежної змінної IMP та незалежної змінної CO2_INT

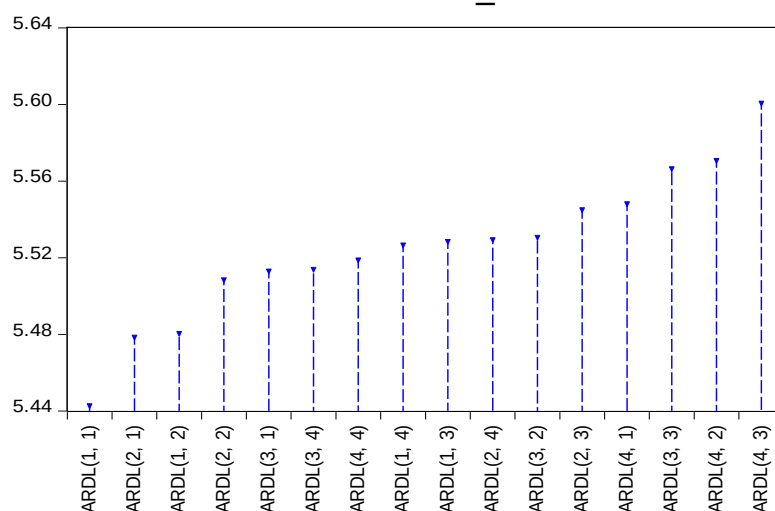


Рисунок Б7. AIC для ARDL моделі для залежної змінної GDP_IND та незалежної змінної CO2_INT

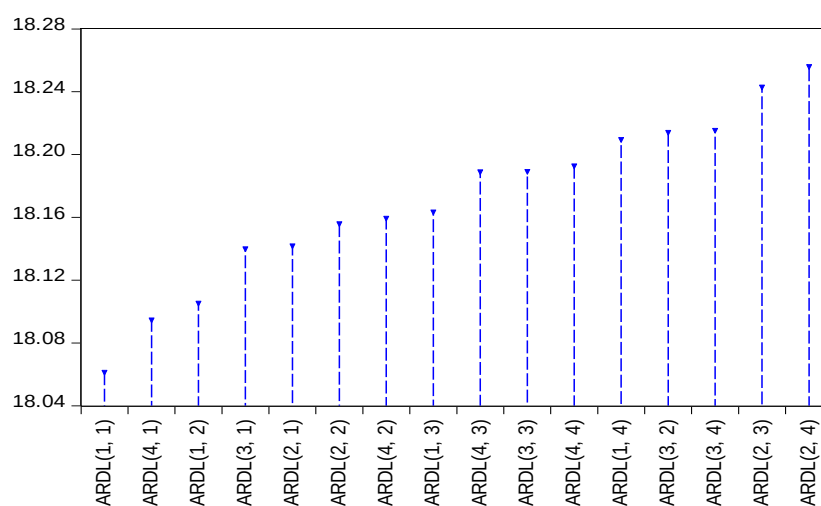
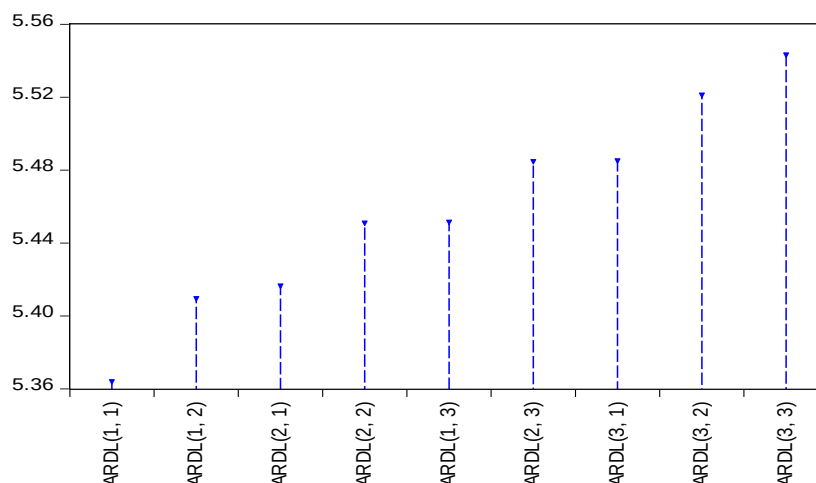
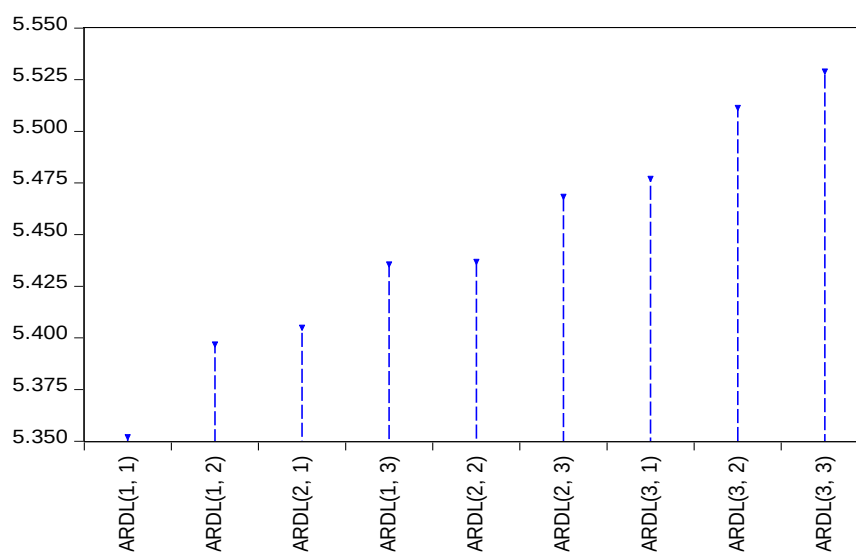


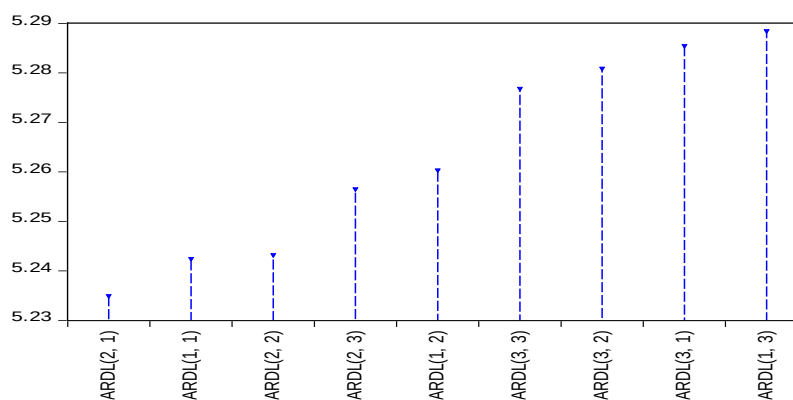
Рисунок Б8. AIC для ARDL моделі із незалежною змінною EI та залежною змінною GDP_RATE_PC



Додаток Б9. AIC для ARDL моделі із залежною змінною GDP_RATE та незалежною EI



Додаток Б10. AIC для ARDL моделі із залежною змінною EXP та незалежною змінною CO2_INT



Результати DEA моделей за 2021 рік

	Країна	Модель 1		Модель 2		Модель 3	
		CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
1	Belgium	41,69%	61,26%	29,69%	55,99%	27,50%	53,03%
2	Bulgaria	48,41%	57,59%	23,92%	28,91%	35,96%	48,96%
3	Czechia	34,29%	52,94%	16,42%	31,08%	22,99%	47,33%
4	Denmark	69,76%	91,03%	63,91%	94,26%	64,81%	93,27%
5	Germany	49,66%	68,48%	28,40%	48,07%	42,27%	64,66%
6	Estonia	40,00%	52,26%	100,00%	100,00%	33,55%	50,14%
7	Ireland	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
8	Greece	54,08%	71,74%	31,59%	41,28%	56,31%	70,08%
9	Spain	42,95%	78,25%	52,10%	87,74%	37,46%	79,94%
10	France	46,96%	77,70%	63,21%	100,00%	46,89%	87,48%
11	Croatia	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
12	Italy	53,48%	79,82%	60,68%	87,20%	48,97%	81,91%
13	Cyprus	52,09%	84,92%	78,12%	94,17%	32,07%	66,36%
14	Latvia	47,43%	85,83%	91,35%	100,00%	32,15%	77,97%
15	Lithuania	46,88%	86,50%	64,06%	97,80%	35,76%	80,73%
16	Luxembourg	84,67%	100,00%	100,00%	100,00%	84,67%	100,00%
17	Hungary	49,44%	73,04%	33,95%	51,68%	39,74%	69,76%
18	Malta	93,44%	100,00%	93,44%	100,00%	93,44%	100,00%
19	Netherlands	52,39%	67,97%	32,82%	53,79%	34,22%	57,93%
20	Austria	42,31%	64,05%	33,02%	58,23%	40,20%	66,79%
21	Poland	51,53%	67,45%	20,11%	32,28%	35,67%	54,54%
22	Portugal	40,86%	79,78%	89,28%	100,00%	40,14%	85,55%
23	Romania	66,62%	100,00%	31,71%	55,49%	45,09%	89,64%
24	Slovenia	41,17%	59,46%	31,72%	41,22%	39,54%	61,78%
25	Slovak Republic	28,44%	63,36%	11,85%	39,37%	20,46%	58,07%
26	Finland	29,97%	47,96%	29,97%	48,88%	29,97%	53,72%
27	Sweden	73,81%	100,00%	73,81%	100,00%	73,81%	100,00%
28	Iceland	68,19%	85,46%	68,19%	85,46%	68,19%	85,46%
29	Norway	67,13%	71,72%	73,32%	90,46%	67,13%	71,72%
30	United Kingdom	66,26%	90,16%	42,40%	66,68%	51,44%	84,56%
31	Montenegro	66,27%	70,99%	45,40%	46,07%	75,68%	78,29%
32	North Macedonia	35,84%	77,93%	12,36%	33,33%	34,11%	68,81%
33	Albania	94,72%	100,00%	69,64%	100,00%	100,00%	100,00%
34	Serbia	48,01%	57,06%	15,50%	21,01%	36,08%	41,96%
35	Turkiye	77,30%	89,43%	38,28%	43,48%	72,91%	78,83%
36	Bosnia and Herzegovina	68,31%	75,74%	14,57%	17,96%	41,01%	42,65%
37	Kosovo	82,91%	91,56%	53,52%	55,23%	81,28%	89,01%
38	Ukraine	39,18%	89,32%	9,72%	27,42%	17,69%	40,43%

Бізнес-моделі розвитку децентралізованої автономної генерації електроенергії

Бізнес- модель	Суть моделі	Переваги	Недоліки
Енергетичні кооперативи	Групи місцевих жителів або підприємств об'єднують ресурси для фінансування та експлуатації енергетичних систем	Залучення місцевих громад Підвищення енергетичної незалежності Прозорість та демократичність управління	Вимагає значних початкових зусиль Фінансова стійкість залежить від кількості учасників
"Pay-as-you- go" (PAYG)	Споживачі платять за використану електроенергію по мірі її споживання, без необхідності значних початкових інвестицій	Доступність для споживачів з обмеженими фінансовими ресурсами Зниження фінансових бар'єрів для встановлення обладнання Гнучка система оплати	Може бути складно організувати ефективну систему збору платежів Можливі технічні проблеми з обладнанням
Оренда обладнання	Споживачі орендують енергетичне обладнання, сплачуючи регулярні орендні платежі, які включають технічне обслуговування	Відсутність початкових витрат Підтримка та технічне обслуговування Гнучкість у доступі до новітніх технологій	Довгострокові зобов'язання щодо оренди Можливі додаткові витрати на обслуговування
Енергетичні послуги (ESCO)	Компанії фінансують та управляють енергоефективними проектами, клієнти сплачують з частини збекономлених коштів	Зниження фінансових ризиків для клієнтів Гарантована економія енергії Професійне управління енергетичними системами	Складність контрактів та необхідність ретельного контролю за виконанням Можливість конфліктів інтересів між ESCO та клієнтами
Спільне використан ня ресурсів	Залучення коштів від великої кількості людей через онлайн- платформи для фінансування проектів	Доступ до капіталу без необхідності звертатися до традиційних фінансових установ Підтримка інновацій Підвищення обізнаності про проект та його ідеї	Залежність від успіху кампанії збору коштів Можливі ризики недостатнього фінансування проекту Високі вимоги до прозорості та звітності

Бізнес-модель	Суть моделі	Переваги	Недоліки
Державні і приватні партнерства (PPP)	Співпраця між урядом і приватним сектором для фінансування, будівництва, управління та експлуатації інфраструктурних проектів	Залучення приватного капіталу для фінансування великих проектів Розподіл ризиків між державою та приватними компаніями	Складність управління Можливість політичних та регуляторних ризиків Високі вимоги до узгодження інтересів та умов співпраці

ARDL моделі

Додаток Д1

ARDL(3, 4) модель для залежної змінної CO2_INT і незалежної змінної IMP

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
IMP	-0.000908	-1.721533	0.0858
Short term			
ALPHA	-0.031551	-0.385077	0.7003
D(CO2_INT(-1))	-0.302951	-1.784721	0.0749
D(CO2_INT(-2))	-0.219979	-1.804545	0.0717
D(IMP)	-0.000423	-2.008980	0.0451
D(IMP(-1))	-0.001130	-3.278871	0.0011
D(IMP(-2))	-0.000918	-2.663563	0.0080
D(IMP(-3))	-0.000903	-3.550561	0.0004
C	4.42E-05	0.002673	0.9979
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	2.905220	0.505642	0.6479
D(CO2_INT(-1))	-6.204249	-0.277933	0.7991
D(CO2_INT(-2))	-4.291347	-0.276692	0.8000
D(IMP)	0.003248	2588.968	0.0000
D(IMP(-1))	0.007432	132.4006	0.0000
D(IMP(-2))	-0.005250	-407.1419	0.0000
D(IMP(-3))	-0.003940	-168.2314	0.0000
C	-0.587715	-1.894709	0.1544

Додаток Д2

**ARDL(3, 3) модель для залежної змінної CO2_INT та незалежної змінної
EXP**

Variables	Coefficients	t-Stat.	P-value
Long-term			
EXP	-0.002962	-7.897663	0.0000
Short term			
ALPHA	-0.068672	-2.044104	0.0414
D(CO2_INT(-1))	-0.235160	-3.209879	0.0014
D(CO2_INT(-2))	-0.072315	-1.341809	0.1802
D(EXP)	-0.000805	-2.519492	0.0120
D(EXP(-1))	-0.000700	-2.092495	0.0369
D(EXP(-2))	0.154919	4.209986	0.0245
C	0.018039	2.028551	0.0430
Cross-section short run coefficients for Ukraine			
ALPHA	-0.049339	-13.97438	0.0008
D(CO2_INT(-1))	0.091125	2.033809	0.1348
D(CO2_INT(-2))	0.094076	2.646030	0.0773
D(EXP)	-0.000432	-1362.818	0.0000
D(EXP(-1))	-0.001678	-6259.928	0.0000
D(EXP(-2))	0.000314	857.6634	0.0000
C	0.015801	24.18865	0.0002

**Рекомендовані стратегії розвитку ринку електроенергії на основі аналізу
причинно-наслідкових зв'язків**

Причина	Напрямок стратегії	Пропозиції
Двосторонній зв'язок між ВВП на душу населення (GDPCAP) та валовим виробництвом електроенергії на душу населення (EL_CAP)	Стійке довгострокове зростання виробництва	Стимулювати інвестиції в інноваційні та екологічно чисті технології виробництва електроенергії (сонячну, вітрову, гідроенергію).
		Модернізувати існуючу інфраструктуру для підвищення ефективності виробництва та зменшення залежності від традиційних джерел.
		Забезпечити синхронізацію економічного зростання та виробництва електроенергії, враховуючи, що EL_CAP і GDPCAP мають двосторонній зв'язок.
Статистично значущий вплив прямих іноземних інвестицій (FDI) на електроенергію, доступну для кінцевого споживання (ELSUP_CAP)	Залучення прямих іноземних інвестицій (FDI)	Формувати сприятливий інвестиційний клімат через зниження бар'єрів для входу іноземних інвесторів на енергетичний ринок.
		Забезпечити стабільність та прозорість регуляторних умов для стимулювання довгострокових інвестицій.
		Враховувати довгостроковий та короткостроковий вплив FDI на доступну електроенергію для кінцевого споживання (ELSUP_CAP) та стимулювати такі інвестиції.
Коінтеграційний зв'язок між електроенергією для кінцевого споживання (ELSUP_CAP) та рівнем безробіття (UNEMP)	Стабілізація ринку праці через енергозабезпечення	Враховуючи зв'язок між ELSUP_CAP та рівнем безробіття, забезпечити стабільність доступної електроенергії для підтримки ринку праці.
		Розробити програми навчання та перекваліфікації для працівників у

Причина	Напрямок стратегії	Пропозиції
		сфері відновлюваної енергетики для зниження рівня безробіття.
Відновлення рівноваги у випадку відхилень показників ELSUP_CAP та GDPCAP	Синхронізація із економічним зростанням	Стимулювати ініціативи з енергоефективності та розширення доступу до енергоресурсів для підтримки зростання ВВП на душу населення.
		Інвестувати у дослідження для прогнозування довгострокових коливань та стабілізації відхилень від рівноваги з метою повернення до рівноважного стану в разі дисбалансу.

Додаток Є1

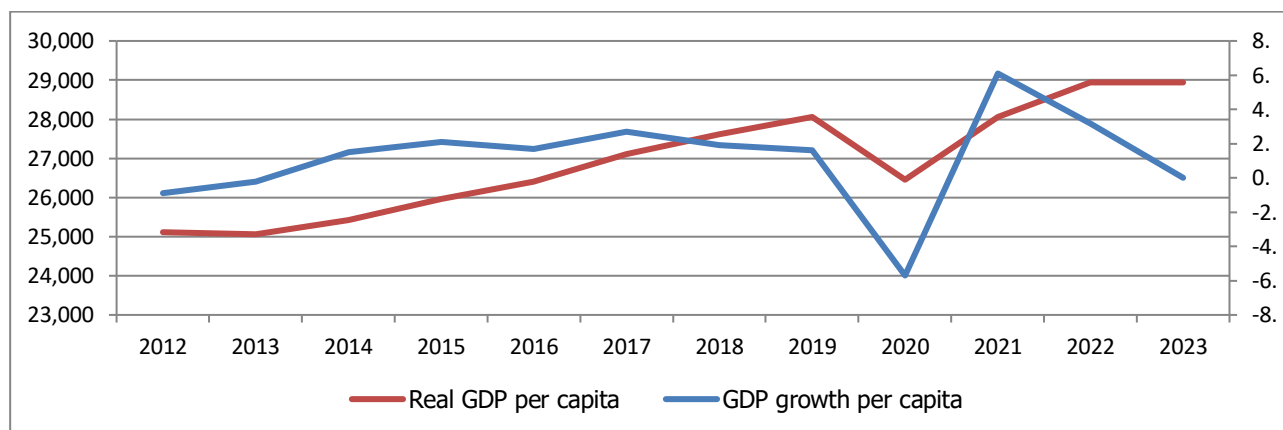
**Використання різних видів палива для генерації
електроенергії в ЄС**

Джерело	Частка в генерації електроенергії ЄС (2011)	Частка в генерації електроенергії ЄС (2021)
Атомні електростанції	29%	25%
Вугілля	25%	14%
Природний газ	19%	20%
Гідроенергетика	10%	13%
Вітер	6%	13%
Нафта	5%	2%
Сонячна	2%	6%
Біопаливо	4%	5%
Інший	n/a	2%

Джерело: [182]

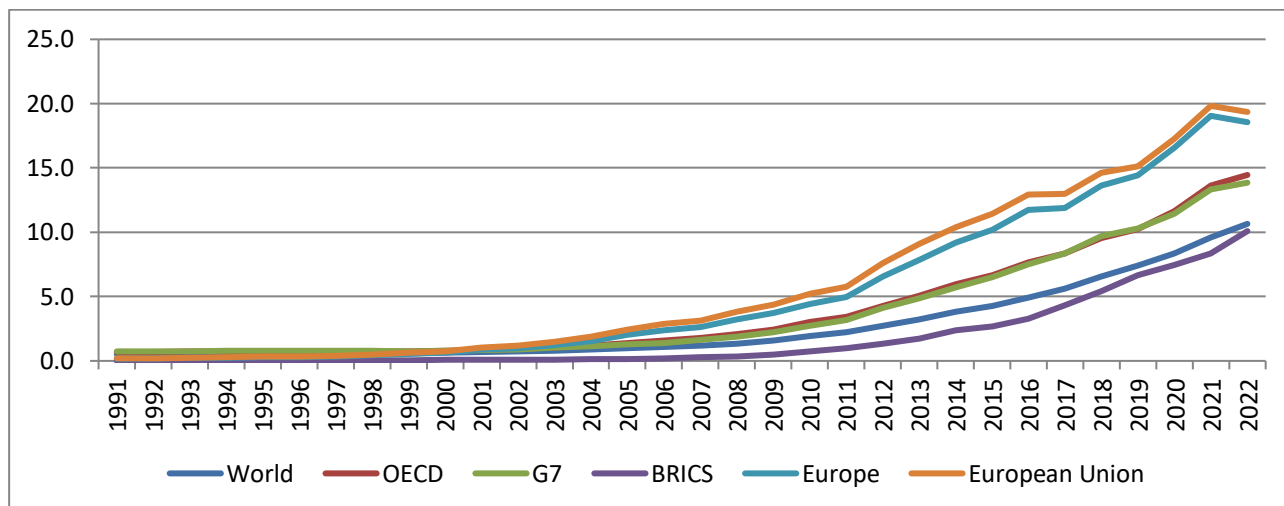
Додаток Є2

**Динаміка реального ВВП на душу населення та темпів зростання ВВП на
душу населення в ЄС**



Додаток Є3

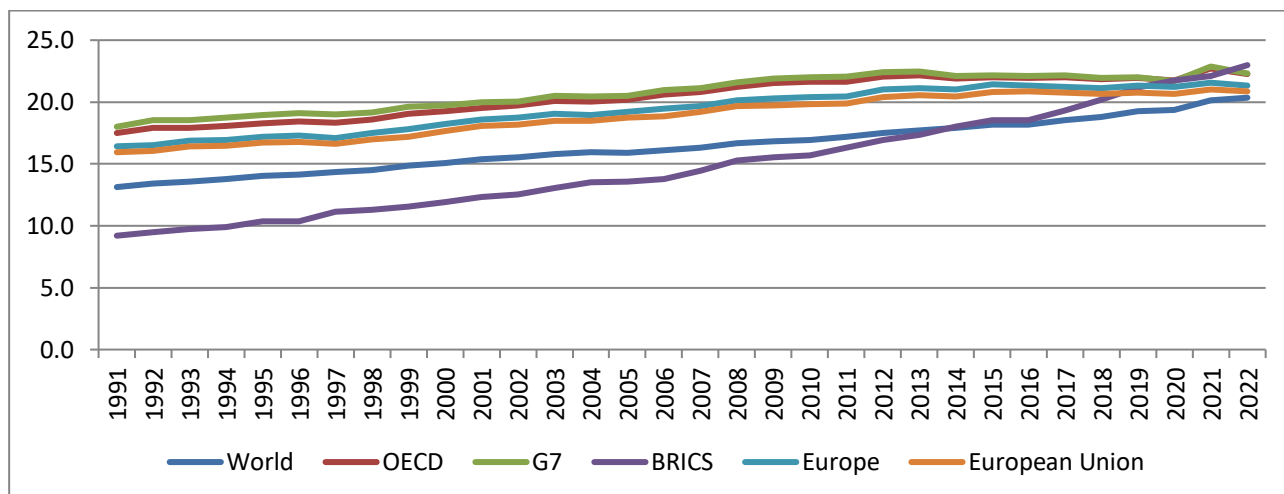
Частка вітряних та сонячних електростанцій у виробництві електроенергії (%)



Джерело: побудовано автором на основі [62]

Додаток Є4

Частка електроенергії в загальному кінцевому споживанні енергії (%)



Джерело: побудовано автором на основі [62]



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДРОГОБИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ФРАНКА

вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська обл., 82100; тел./факс: (03244) 1-04-74, тел.: (03244) 3-38-77
 e-mail: dsru@dsru.edu.ua, вебсайт: <http://dsru.edu.ua>, код згідно з ЄДРПОУ 02125438

Від 26.11 2024 р. № 1994

На № _____ від _____ 20__ р.

ДОВІДКА

про зв'язок дисертаційної роботи на здобуття ступеня доктора філософії
 Настьошина Степана Євгеновича на тему «Формування організаційно-
 економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України у
 контексті євроінтеграційних процесів» з науковими програмами, планами,
 темами Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана
 Франка

Дисертаційна робота Настьошина Степана Євгеновича на тему
 «Формування організаційно-економічного механізму підвищення
 енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних
 процесів» виконана відповідно до планів науково-дослідної роботи
 Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка за
 держбюджетними темами: **«Соціально-економічні системи в умовах
 глобалізації: проблеми моделювання та управління»** (номер державної
 реєстрації 0116U008869, термін виконання 01.2018-12.2021), у межах якої
 автором розроблено моделі панельної регресії визначення детермінант
 енергоефективності європейських країн, та **«Механізм управління
 ефективністю та стійкістю функціонування соціально-економічних систем
 в умовах трансформації економіки України»** (державний реєстраційний
 номер 0122U001528, термін виконання 01.2021-12.2025), в межах якої
 розроблено інструментарій визначення швидкості повернення до
 довгострокової рівноваги коінтегрованих пар показників енергоефективності та
 економічного розвитку.

Зв'язок дисертаційної роботи Настьошина Степана Євгеновича на тему
 «Формування організаційно-економічного механізму підвищення
 енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних

процесів» із науковими програмами, планами, темами Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка було обговорено і підтверджено на засіданні кафедри математики та економіки (протокол № 17 від 04.10.2024 року).

Завідувач кафедри математики та економіки,
кандидат педагогічних наук, доцент

Проректор з наукової роботи,
доктор педагогічних наук, професор



Тарас ВІЙЧУК

Микола ПАНТЮК



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДРОГОБИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ФРАНКА

вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська обл., 82100; тел./факс: (03244) 1-04-74, тел.: (03244) 3-38-77
e-mail: dspu@dspu.edu.ua, вебсайт: <http://dspu.edu.ua>, код згідно з ЄДРПОУ 02125438

Від 07.11. 2024 р. № 1927

На № _____ від _____ 20__ р.

ДОВІДКА

про використання результатів дисертаційної роботи
Настьошина Степана Євгеновича на тему
«Формування організаційно-економічного механізму підвищення
енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних
процесів»
на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 051 Економіка

Результати дисертаційної роботи Настьошина Степана Євгеновича на тему «Формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних процесів» використовуються у Дрогобицькому державному педагогічному університеті імені Івана Франка при викладанні дисциплін: "Державне регулювання економіки", "Статистичне моделювання", "Економіко-математичне моделювання" та "Економетрика та статистика". До основних положень, які використано при проведенні лекційних та практичних занять належать:

- інструментарій реалізації VECM та ARDL моделей в Eviews, який передбачає визначення швидкості повернення до довгострокової рівноваги коінтегрованих пар показників (Економетрика та статистика, Статистичне моделювання);
- методика формування стратегій розвитку енергетичної галузі на основі розробленого інструментарію визначення характеру взаємозв'язку між споживанням електроенергії та економічним зростанням. (Державне регулювання економіки);
- інструментарій визначення еколого-економічних детермінант енергоефективності на основі запропонованих моделей панельної регресії з фіксованими та випадковими ефектами. (Економіко-математичне моделювання, Економетрика та статистика).

Практична реалізація ключових положень дисертаційного дослідження Настьошина С.Є. у навчальному процесі Дрогобицького державного

педагогічного університету імені Івана Франка дала змогу підвищити ефективність підготовки фахівців першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальностями 051 Економіка та 073 Менеджмент.

Впровадження результатів дослідження Настьошина Степана Євгеновича на тему «Формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних процесів» було обговорено і затверджено на засіданні кафедри математики та економіки (протокол № 17 від 04.10.2024 року).

Завідувач кафедри математики та
економіки, кандидат педагогічних
наук, доцент



Тарас ВІЙЧУК

Проректор з наукової роботи,
доктор педагогічних наук, професор



Микола ПАНТЮК

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційної роботи
Настьошина Степана Євгеновича на тему
«Формування організаційно-економічного механізму підвищення
енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних
процесів»
на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дрогобицьким УЕГГ ЛФ ТОВ «ГРМУ» використовуються наступні підходи та моделі, розроблені Степаном Євгеновичем Настьошином у його дисертаційному дослідженні «Формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України в контексті євроінтеграції»:

1. Отримані у роботі моделі панельної регресії, які дають змогу визначати детермінанти енергоємності первинної енергії та інтенсивності викидів вуглекислого газу.
2. Побудовані VECM та ARDL моделі для аналізу коінтеграційних та причинно-наслідкових зв'язків між показниками споживання природного газу та економічним розвитком.
3. Запропоновану схему організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки для вивчення питання використання енергосервісних компаній (ЕСКО) з метою фінансування енергоефективних заходів з поверненням інвестицій за рахунок економії енергії.

Застосування моделей і підходів, запропонованих у дослідженні Настьошина С.Є., у практиці Дрогобицького УЕГГ ЛФ ТОВ «ГРМУ» сприяло зростанню фінансової стабільності компанії, дало змогу удосконалити системи енергетичного менеджменту на підприємстві, що включають планування, моніторинг, аналіз та оптимізацію енергоспоживання. Результати дослідження були використані при проведенні енергетичних аудитів для виявлення потенційних можливостей зниження енергоспоживання.

В.о. начальника Дрогобицького УЕГГ
ТОВ «ГРМУ»



Павлик В.М.



ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційної роботи
Настьошина Степана Євгеновича на тему
«Формування організаційно-економічного механізму підвищення
енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних
процесів»
на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дрогобицьке відділення АТ «Львівгаз» у своїй практичній діяльності використовує наступні методи та моделі, розроблені у дисертаційному дослідженні Настьошина Степана Євгеновича на тему «Формування організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності економіки України у контексті євроінтеграційних процесів»:

1. Розроблені у роботі DEA моделі для реалізації внутрішнього рейтингування підрозділів компанії стосовно реалізації енергоефективних програм.
2. Запропоновані у роботі технології утилізації та повторного використання енергії для використання технологій когенерації, які дозволяють одночасно виробляти електричну та теплову енергію.
3. Запропоновану технологічну складову організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності для формування освітніх програм та інформаційних кампаній, що сприяють раціональному використанню енергії населенням та бізнесом.

Практична реалізація в Дрогобицькому відділенні АТ «Львівгаз» запропонованих Настьошиним С.Є. у своєму дисертаційному дослідженні моделей та підходів дозволило покращити рівень платоспроможності компанії та підвищити ефективність використання енергетичних ресурсів.

Начальник Дрогобицького
відділення АТ «Львівгаз»



Бунь М.Я.