

УДК 620.9,620.9:338;620.9:658;620.9:338.26;620.9.001.18
УКПШ
№ державної реєстрації 0120U102002
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет (СумДУ)
40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2, тел. (0542) 66-51-10, факс (0542) 33-40-49

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
д-р. фіз.-мат. наук, професор
_____ А.М. Черноус

**ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**Моделювання механізмів мінімізації розривів енергоефективності в
контексті Цілей сталого розвитку: комунікативна мережа взаємодії
стейкхолдерів**

**ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ
СТЕЙКХОЛДЕРАМИ ПРИ ПРИЙНЯТТІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
РІШЕНЬ, ЩО ВИКЛИКАЮТЬ РОЗРИВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
(проміжний)**

Керівник НДР
доктор. екон. наук

Ю. В. Білан

2020

Рукопис закінчено 22 грудня 2020 р.

Результати роботи розглянуто науковою радою СумДУ,
протокол від 23 грудня 2020 р. № 6

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР	<hr/>	Ю. В. Білан
Виконавець за договором підряду, доктор екон. наук, доцент	(22.12.2020)	(розділи 1, вступ, висновки)
Старший науковий співробітник, доктор екон. наук, доцент	<hr/>	О. В. Люльов
	(22.12.2020)	(розділи 2, 3, вступ, висновки)
Старший науковий співробітник, доктор екон. наук, доцент	<hr/>	Т. В. Пімоненко
	(22.12.2020)	(розділи 1, 2, вступ, висновки)
Провідний науковий співробітник, доктор екон. наук, доцент	<hr/>	О. І. Карінцева
	(22.12.2020)	(розділ 1)
Старший науковий співробітник, кандидат екон. наук, доцент	<hr/>	Є. В. Коваленко
	(22.12.2020)	(розділ 1)
Старший науковий співробітник, кандидат екон. наук, доцент	<hr/>	Н. М. Костюченко
	(22.12.2020)	(розділ 1)
Лаборант, кандидат екон. наук	<hr/>	Г. С. Росохата
	(22.12.2020)	(розділи 1)
Фахівець, аспірант	<hr/>	Я. В. Решетняк
	(22.12.2020)	(розділ 1)
Лаборант, аспірант	<hr/>	М. С. Саєнко
	(22.12.2020)	(розділ 1)
Виконавець за договором підряду, кандидат екон. наук, доцент	<hr/>	О. Ю. Чигрин
	(22.12.2020)	(розділ 1)
Виконавець за договором підряду, доктор філософ. наук	<hr/>	М. Пхандарі
	(22.12.2020)	(розділ 1)
Виконавець за договором підряду, канд. екон. наук	<hr/>	В. В. Павлик
	(22.12.2020)	(розділ 2)
Виконавець за договором підряду,	<hr/>	І. А. Вакуленко
	(22.12.2020)	(розділ 3)
Виконавець за договором підряду, студент	<hr/>	А. П. Назаренко
	(22.12.2020)	(розділ 1)
Виконавець за договором підряду, студент	<hr/>	Т. М. Василина
	(23.12.2020)	(розділ 1)
Виконавець за договором підряду, студент	<hr/>	А. С. Волк
	(22.12.2020)	(розділ 1)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 73 с., 20 рис., 17 табл., 77 джерел.

РОЗРИВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, НАЦІОНАЛЬНА ЕКОНОМІКА, СОЦІО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ВІДНОСИНИ, СТЕЙКХОЛДЕРИ.

Об'єкт дослідження – система соціо-еколого-економічних відносин, які виникають при мінімізації розривів енергоефективності. Метою дослідження – формування методичного інструментарію організаційного, інформаційного та управлінського забезпечення мінімізації розривів енергоефективності країни на основі економіко-математичного моделювання причинно-наслідкових комунікативних зв'язків стейкхолдерів при прийнятті енергоефективних рішень. Методи дослідження – використано економіко-математичне моделювання при оцінюванні та прогнозуванні розривів енергоефективності у національній економіці.

У результаті виконання роботи було узагальнено основні типи соціо-еколого-економічних конфліктів при реформуванні екологічної політики, що обумовлюють появу розривів енергоефективності у національній економіці. Розроблено методичний інструментарій оцінювання розривів енергоефективності у національній економіці, що базується на використанні стохастичного фронтального аналізу та функції енерговідстані Шепарда, враховує випадковий характер ендегенних детермінант розривів енергоефективності, а також їх причинно-наслідковий зв'язок із рівнями глобалізації, відкритості національної економіки та урбанізації як екзогенними детермінантами. Сформовано інструментарій для прогнозування обсягу розривів енергоефективності у національній економіці, здійснено на засадах методології Бокса-Дженкінса з використанням авторегресійного інтегрованого моделювання ARIMA та дозволило визначити таргети державної стратегії переходу до вуглецево-нейтральної економіки. Розроблено організаційно-комунікаційну схему взаємодії та узгодження інтересів стейкхолдерів.

ЗМІСТ

ВСТУП	с. 5
1 Передумови виникнення розривів енергоефективності у національній економіці	7
2 Методичний інструментарій оцінювання та прогнозування розривів енергоефективності у національній економіці	22
3 Організаційно-комунікаційна схема взаємодії та узгодження інтересів стейкхолдерів при мінімізації розривів енергоефективності	49
ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	65

ВСТУП

Різновекторність екологічної, енергетичної та економічної політик країни викликає виникнення дилеми пріоритетності принципово нової траєкторії розвитку країни та досягнення Цілей сталого розвитку у сфері підвищення енергоефективності та енергозбереження. При цьому загострення екологічних конфліктів, високий рівень енерговитратного споживання в країні, зростання обсягів викидів парникових газів потребує першочергового фокусування на формуванні дієвих механізмів вирішення та нівелювання визначених проблем при одночасному забезпеченні підвищення рівня енергетичної безпеки країни. У даному напрямі перспективним є сформування принципово нової моделі взаємодії зацікавлених сторін у підвищенні енергетичної безпеки країни шляхом мінімізації наявних розривів енергоефективності (невідповідність між оптимальним та фактичним рівнями енергоефективності за умови відсутності опортуністичної поведінки стейкхолдерів), моделювання явних та латентних ефектів, що обумовлені ірраціональною поведінкою стейкхолдерів при прийнятті енергоефективних рішень; структурного моделювання причинно-наслідкових соціо-еколого-економічних взаємозалежностей при прийнятті енергоефективних рішень у ланцюгу держава-бізнес- суспільство.

Об'єкт дослідження – система соціо-еколого-економічних відносин, які виникають при мінімізації розривів енергоефективності

Метою дослідження – формування методичного інструментарію організаційного, інформаційного та управлінського забезпечення мінімізації розривів енергоефективності країни на основі економіко-математичного моделювання причинно-наслідкових комунікативних зв'язків стейкхолдерів при прийнятті енергоефективних рішень.

Методи дослідження – використано як традиційні, так і удосконалені методи дослідження з урахуванням недоліків вже існуючих. У роботі використано економіко-математичне моделювання при оцінюванні та прогнозуванні розривів енергоефективності у національній економіці.

У результаті виконання роботи було узагальнено основні типи соціо-еколого-економічних конфліктів при реформуванні екологічної політики, що обумовлюють появу розривів енергоефективності у національній економіці.

Розроблено методичний інструментарій оцінювання розривів енергоефективності у національній економіці, що базується на використанні стохастичного фронтального аналізу та функції енерговідстані Шепарда, враховує випадковий характер ендегенних детермінант розривів енергоефективності, а також їх причинно-наслідковий зв'язок із рівнями глобалізації, відкритості національної економіки та урбанізації як екзогенними детермінантами. Це дозволило дослідити ретроспективну динаміку зміни рівня розривів енергоефективності в Україні, визначити критичні біфуркаційні точки, оцінити результативність вжитих державою заходів щодо мінімізації розривів енергоефективності.

Сформовано інструментарій для прогнозування обсягу розривів енергоефективності у національній економіці, здійснено на засадах методології Бокса – Дженкінса з використанням авторегресійного інтегрованого моделювання ARIMA та дозволило визначити таргети державної стратегії переходу до вуглецево-нейтральної економіки.

Розроблено організаційно-комунікаційну схему взаємодії та узгодження інтересів стейкхолдерів, яка базується на модифікації моделі зрілості розумних енергомереж, враховує ключові параметри й стратегії їх розвитку, стадію реалізації проєкту, систему техніко-технологічних обмежень, соціальні та екологічні фактори.

1 ПЕРЕДУМОВИ ВИНИКНЕННЯ РОЗРИВІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У НАЦІОНАЛЬНІЙ ЕКОНОМІЦІ

Загосрення енергетичних проблем обумовлює необхідність налагодження міжнародного співробітництва з питань зеленого енергетичного переходу національної економіки. Так, у грудні 2019 року Європейська Комісія представила нову програму дій «Європейський зелений курс» (ЄЗК), спрямовану на досягнення вуглецево-нейтрального економічного розвитку до 2050 року. Слід зазначити, що впровадження ЄЗК вважається рушійною силою для прискорення розвитку зеленої енергетики, що сприятливо вплине на промисловість країн ЄС та їх партнерів, особливо потенційних кандидатів.

Згідно зазначеному вище, перед Україною, як однієї зі сторін Договору про енергетичне співтовариство ЄС, постає низка проблем та відкриваються значні можливості в енергетичному секторі. Таким чином, український уряд оголосив концепцію «Український зелений курс» з метою досягнення енергетичної незалежності з точки зору сталого, прогнозованого, доступного виробництва та споживання енергії, а також мінімізації викидів парникових газів до кліматично-нейтрального рівня до 2070 року. Згідно даної концепції, енергоефективність та відновлювані джерела енергії вважаються головними векторами трансформації зеленої енергії в Україні. Більше того, постає необхідність побудови енергоефективного профілю з урахуванням реалізованих угод, досягнутих цілей, а також аналізу невдач та їх причин. Таким чином, це сприятиме трансформації поточної української політики в області клімату та енергетики до вимог ЄЗК. При цьому результати багатофакторного економічного та математичного моделювання майбутніх сценаріїв розвитку української вуглецево-нейтральної економіки забезпечать довгострокові перспективи розвитку.

Варто відмітити, що в даний час Україна є виконавцем низки енергетичних Директив Європейського Парламенту та Ради, а саме: Директива 2006/32/ЄС від 5 квітня 2006 року про ефективність кінцевого використання енергії та

енергетичні послуги; Директива 2010/31/ЄС від 19 травня 2010 року про енергоефективність будівель; Директива 2010/30/ЄС від 19 травня 2010 року про вказування за допомогою маркування та стандартної інформації про товар обсягів споживання енергії та інших ресурсів енергоспоживчими продуктами. Аналіз статистичних даних свідчить про те, що у 2017 році, в Україні первинна енергоемність ВВП на душу населення зменшилась більш, ніж на 46% порівняно з 2000 роком. Однак, між країнами Вишеградської четвірки (V4) та Україною спостерігається значний розрив енергоефективності – у 2,8 рази порівняно з середнім значенням країн V4 (рис. 1.1). Більше того, різке зниження енергоемності ВВП на душу населення було спричинене не лише ефективною державною політикою, а й особливостями методології розрахунку ВВП, політикою на зовнішньому ринку, демографічною ситуацією тощо. Таким чином, пріоритетами енергетичної політики стали зниження енергоефективності, енергозбереження, економічне зростання, задоволення потреб суспільства та підвищення конкурентоспроможності національної економіки.

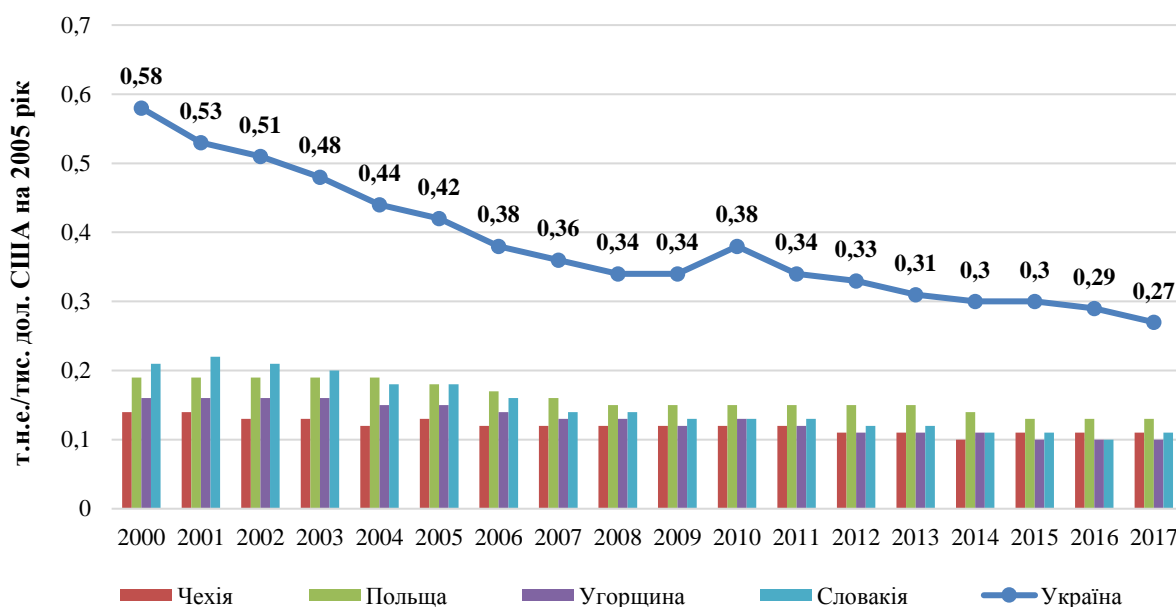


Рисунок 1.1 – Первинна енергоемність ВВП на душу населення України та країн V4, 2000-2019

Джерело: сформовано авторами на основі даних [34].

Варто зазначити, що 1 лютого 2011 року Україна отримала статус Договірної сторони Договору про заснування Енергетичного Співтовариства. Таким чином, відповідно до першого Національного плану дій з енергоефективності України до 2020 року визначено національні індикативні цілі енергозбереження на 2015-2020 роки, а саме: на 2017 рік – досягти 5% рівня енергозбереження (3612 тис. т.н.е.) від середнього показника кінцевого внутрішнього споживання енергії за 2005-2009 роки; на 2020 рік – 9% рівня енергозбереження (6501 тис. т.н.е.). При цьому цілі країн ЄС є значно вищими – зменшити споживання енергії більше, ніж на 20% до 2020 року.

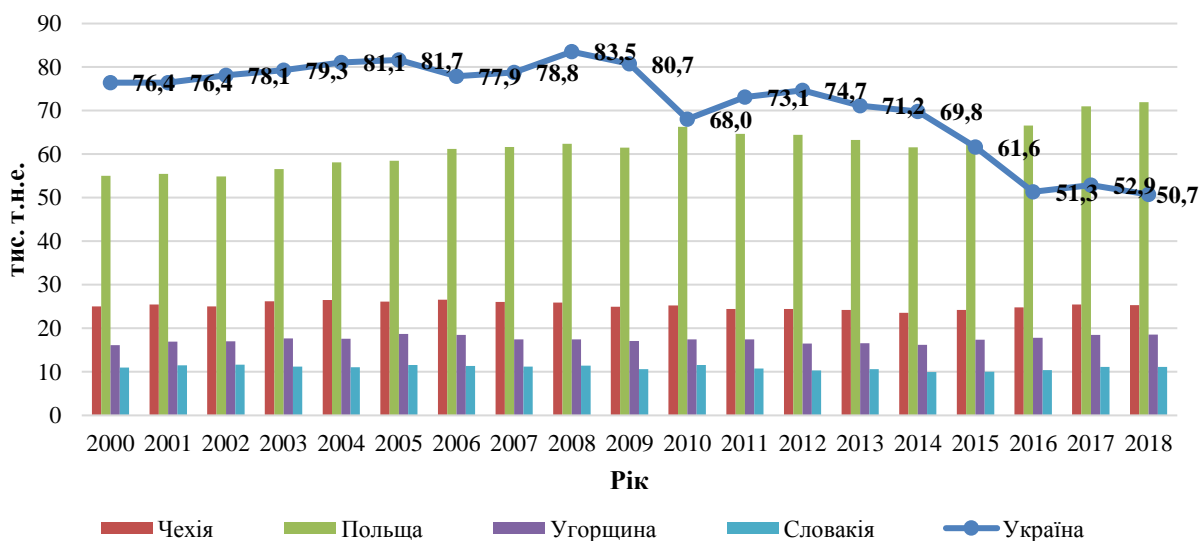


Рисунок 1.2 – Кінцеве споживання енергії в Україні та країнах V4, 2000-2018

Джерело: сформовано авторами на основі даних [30].

Згідно рис. 1.2, обсяг кінцевого споживання енергії у 2018 році зменшився на 33% порівняно з 2000 роком, тоді як порівняно з 2015 роком – на 0,19%. У свою чергу, у 2014 році кінцеве споживання енергії зменшилось на 11,7% порівняно з попереднім роком. Варто зазначити, що дані за 2014-2018 роки не включали інформацію з тимчасово окупованих територій України.

Таким чином, рисунок 1.2 свідчить про те, що Україна не досягне індикативної мети щодо зменшення рівня кінцевого споживання енергії до 9% у 2020 році. Таким чином, необхідно залучати значні фінансові ресурси в енергетичний сектор від міжнародних фінансових установ, бізнес-сектору, з місцевих бюджетів, а також Державного фонду енергоефективності; розвивати партнерські відносини між урядом та бізнесом у галузі енергоефективності; сприяти реалізації енергоефективних проектів тощо.

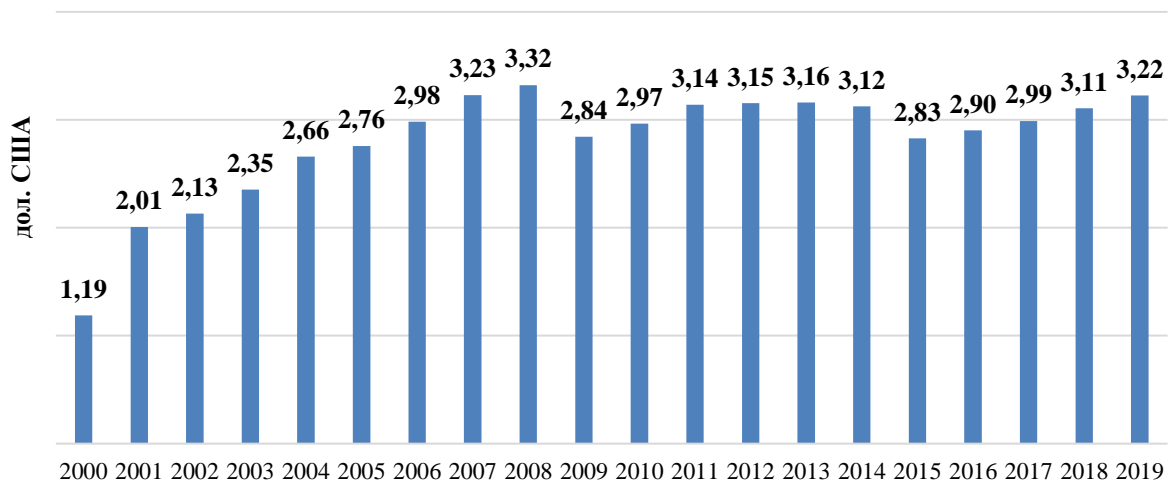


Рисунок 1.3 – ВВП на душу населення

Джерело: сформовано авторами на основі даних [69].

Варто відмітити, що незначне збільшення обсягу кінцевого споживання енергії з 2000 по 2007 роки може бути пов'язане зі стрімким зростанням ВВП (Рис. 1.3). Однак, незважаючи на те, що швидке зростання в секторі торгівлі, послуг та фінансів спричинило зростання ВВП, модернізація виробництва сприяла зниженню рівня споживання енергії. При цьому у 2007-2009 роках, зниження кінцевої енергії було спричинено світовою фінансовою кризою, яка вплинула на обсяги виробництва основних експортно-орієнтованих галузей (таких як хімічна, машинобудівна та металургійна), що вплинуло на рівень споживання електричної енергії. Крім того, з 2010 року кінцеве споживання

енергії мало характерну тенденцію до зниження внаслідок реформування енергетичного сектору.

Незважаючи на те, що між Україною та країнами V4 існує значний розрив енергоефективності, наміри досягти вуглецево-нейтральної економіки до 2070 року змушують Україну працювати у напрямку досліджень ефективних механізмів та впровадження провідних практик країн ЄС з метою стимулювання енергоефективного розвитку. Таким чином, метою даної статті є розробка профілю енергоефективності України, на основі досвіду країн V4, що сприятиме забезпеченню розвитку вуглецево-нейтральної економіки.

Систематизація наукового доробку присвяченого вивченню енергоефективних прогалін, вказує на стрімко зростаючу тенденцію публікаційної активності, представленій в базі даних бази Scopus з 2011 року (Рис. 1.4). Окрім того, у 2015 році кількість наукових публікацій зростає більш ніж на 36% порівняно з попереднім роком, що може бути спричинено підписанням Паризької кліматичної угоди майже 200 країнами.

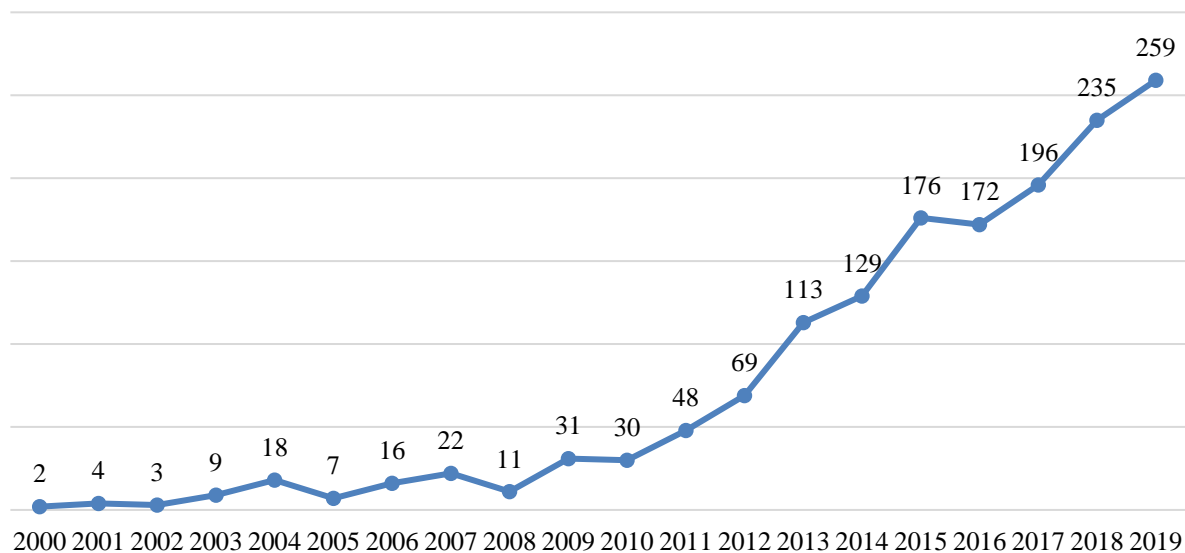


Рисунок 1.4 – Динаміка публікаційної активності щодо дослідження питань розривів енергоефективності, 2000-2019

Джерело: сформовано авторами на основі даних [65].

Узагальнення наукового доробку щодо дослідження питань вуглецево-нейтрального економічного розвитку свідчить про значну кількість досліджень, присвячених питанням енергоефективності. При цьому автори робіт [76] відмітили, що високий рівень викидів вуглецю у промисловому секторі негативно впливає на економічний розвиток. У рамках цієї статті було проведено ретроспективне дослідження вуглецевої інтенсивності економіки, НДДКР та інвестицій з метою визначення найбільш впливового фактору при досягненні екологічних цілей при існуючій політиці. У свою чергу, в рамках статті [14] автори систематизували аргументи та контраргументи щодо ролі енергетичного фактору в стимулюванні економічного зростання. У роботах [15, 18, 42, 68] автори проаналізували яким чином розвиток відновлюваної енергетики та обсяг викидів вуглецю впливає на валовий внутрішній продукт. У роботі наголошено на важливості інтенсивного впровадження відновлюваних джерел енергії, що сприяє усуненню негативних наслідків антропогенного впливу на навколишнє середовище.

Крім того, причинно-наслідковий зв'язок між зменшенням викидів парникових газів та покращенням економічних показників досліджували італійські дослідники у статті [29]. У роботах [26, 67] досліджено досвід ЄС при досягненні цілей зменшення викидів вуглецю. Встановлено, що існуючі стереотипи щодо неефективності зелених інвестицій є основною перешкодою на шляху впровадження відновлюваних джерел енергії. У свою чергу, автори відмітили, що впровадження відновлюваних джерел енергії позитивно впливає не лише на економіку, а й на екологічну та соціальну сфери. У той же час вчені [18, 19] підтвердили, що корупція та тіньова економіка негативно впливають на процес прийняття рішень зелених інвесторів. Таким чином, це обмежує розвиток зеленої енергії та перешкоджає підвищенню рівня енергоефективності.

У статті [46], автори довели необхідність зеленої трансформації енергетичного ринку, враховуючи енергоефективність та потенціал розвитку альтернативних джерел енергії в умовах забезпечення енергетичної безпеки

країни. Автори дослідження [72] запропонували методи зменшення енергетичної залежності країни та підвищення енергетичної безпеки.

У рамках даної статті проведено ґрунтовний аналіз тематичних напрямків досліджуваних статей за допомогою методу візуалізації подібностей [71] в програмному забезпеченні VOSviewer. Слід зазначити, що метод візуалізації подібностей дозволяє візуалізувати тематичні напрямки публікацій на основі спільної появи досліджуваних термінів у ключових словах, заголовках та анотаціях. Крім того, візуалізація мережевої карти дозволила визначити частоту використання досліджуваних термінів, про що свідчить розмір кола на побудованій карті. Таким чином, чим більшим є діаметр кола, тим частіше відповідний термін з'являється в публікаціях. У свою чергу, відстань між двома термінами вказує на частоту їх появи у публікаціях. При цьому менша відстань свідчить про сильніший взаємозв'язок між двома термінами. Кількість сполучень між термінами вказує на число взаємодій одного терміну з іншими. Колір кола свідчить про приналежність певного терміну до відповідного кластера.

Варто зазначити, що у процесі пошуку наукових публікацій застосовано логічні оператори «AND», щоб включити всі ключові слова в результати, «OR» – принаймні одне ключове слово, («») для збереження повної фрази. При цьому оператори близькості «*» дозволяють врахувати всі можливі закінчення слова.

У дослідженні проаналізовано найбільш релевантні публікації, що індексуються за трьома предметними областями, а саме: “Economics, Econometrics and Finance”, “Social Sciences” and “Business, Management and Accounting» з 2000 по 2019 рік. При цьому у базі даних Scopus, пошук публікацій проведено за наступними комбінаціями ключових слів: 1) “energy efficien*” AND gap* – 2000 публікацій; 2) “green growth” OR “green in*” OR “green development” OR renewable source* – 1958 публікацій; 3) “energy efficien*” AND GDP – 716 публікацій. Проаналізувавши ключові слова на відповідність досліджуваній тематиці, вибірка дослідження становить 4674 найбільш цитованих публікацій.

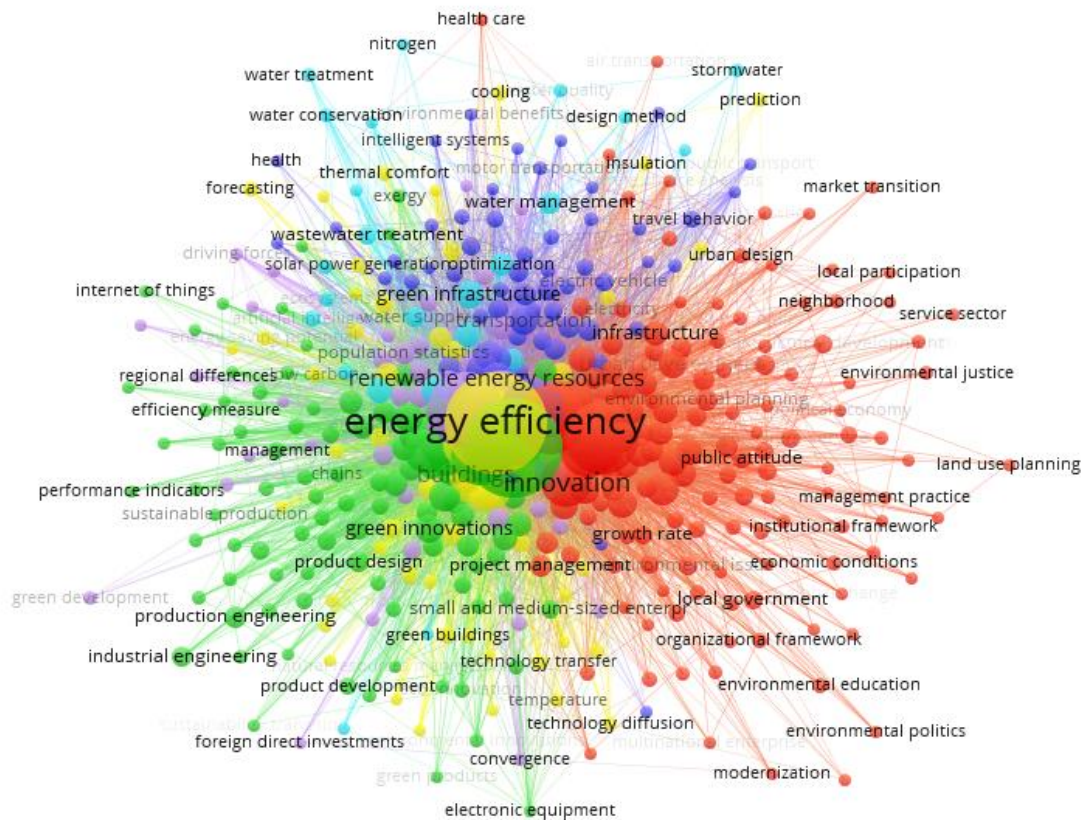


Рисунок 1.5 – Візуалізація тематичних напрямків публікацій щодо дослідження питань зеленого розвитку (за ключовими словами), 2000-2019

Джерело: сформовано авторами на основі даних (Scopus 2020) за допомогою програмного забезпечення VOSviewer

Таким чином, відповідно до критеріїв обмеження (мінімум 5 спільних випадків появи ключового слова) 1369 з 18193 термінів задовольняють дане обмеження. Рисунок 5 демонструє шість основних кластерів, згрупованих за ключовими словами. Таким чином, найбільший червоний кластер (150 термінів) вказує на дослідження взаємозв'язку між зміною клімату, викидами вуглецю, управлінням викидами, відновлюваними джерелами енергії та економічним зростанням. До того, цей кластер свідчить про взаємозв'язок між органами місцевої влади та якістю управління. При цьому в роботі [18] автори підтвердили гіпотезу про зв'язок між якістю управління, соціальним та енергетичним розвитком.

Другий зелений кластер (101 термін) сформований на основі поєднання публікацій, присвячених дослідженню питань екологічного та сталого розвитку, впливу на навколишнє природне середовище, процесу прийняття рішень, соціальних аспектів тощо. Третій блакитний кластер (65 термінів) візуалізує тематику досліджень щодо дослідження впливу економічної діяльності, особливо, енергетичного сектору, автомобільної промисловості. Таким чином, даний кластер сформовано за такими ключовими словами, як: відновлювані джерела енергії та технології, енергія вітру, природний газ, економія палива, викиди тощо. Четвертий жовтий кластер (59 термінів) свідчить на напрямок досліджень щодо питань енергоефективності, особливо в приватному секторі. П'ятий кластер (52 терміни) зосереджений на економічному аналізі зеленого зростання, де вивчення питань впливу вуглецевих викидів було найбільш популярним. Найменший блакитний кластер (24 терміни) поєднує наукові публікації присвячені дослідженню питань оптимізації екоефективності, використання зеленої енергії, переробки відходів тощо.

Таблиця 1.1 – Узагальнення найбільш часто використовуваних ключових слів в досліджуваних публікаціях, 2000-2019

Ранг	Ключові слова	К-ть випадків появи	Ранг	Ключові слова	К-ть випадків появи
1	Energy efficiency	601	11	Economics	170
2	Sustainable development	534	12	Green infrastructure	167
3	Sustainability	444	13	Carbon dioxide	163
4	Climate change	293	14	Innovation	161
5	Energy utilization	248	15	Environmental impact	158
6	Decision making	179	16	Environmental economics	155
7	Energy conservation	179	17	Economic growth	153
8	Energy policy	178	18	Carbon emission	134
9	Emission control	173	19	Energy use	133
10	Environmental managemet	172	20	Investments	129

Джерело: сформовано авторами на основі даних [65].

У свою чергу, в таблиці 1.1 узагальнено 20 найбільш часто використовуваних ключових слів, які з'являються в заголовках та ключових словах публікацій, а також анотаціях. Таким чином, за результатами аналізу доведено, що дослідження енергоефективного розвитку, зміни клімату, викидів вуглецю та економічного зростання можуть бути найбільш ефективними напрямками для подальших наукових досліджень стратегічного розвитку вуглецево-нейтральної економіки.

Для визначення найбільш авторитетних наукових джерел у галузі досліджень взаємозв'язку між енергоефективними аспектами та економічним зростанням, джерела проаналізовано за такими критеріями: щонайменше 30 опублікованих документів та 100 цитат на джерело. Таким чином, з 1316 наукових джерел, 43 задовольнили умову. Рисунок 6 візуалізує результати розрахунку загальної сили зв'язку цитувань між різними науковими джерелами.

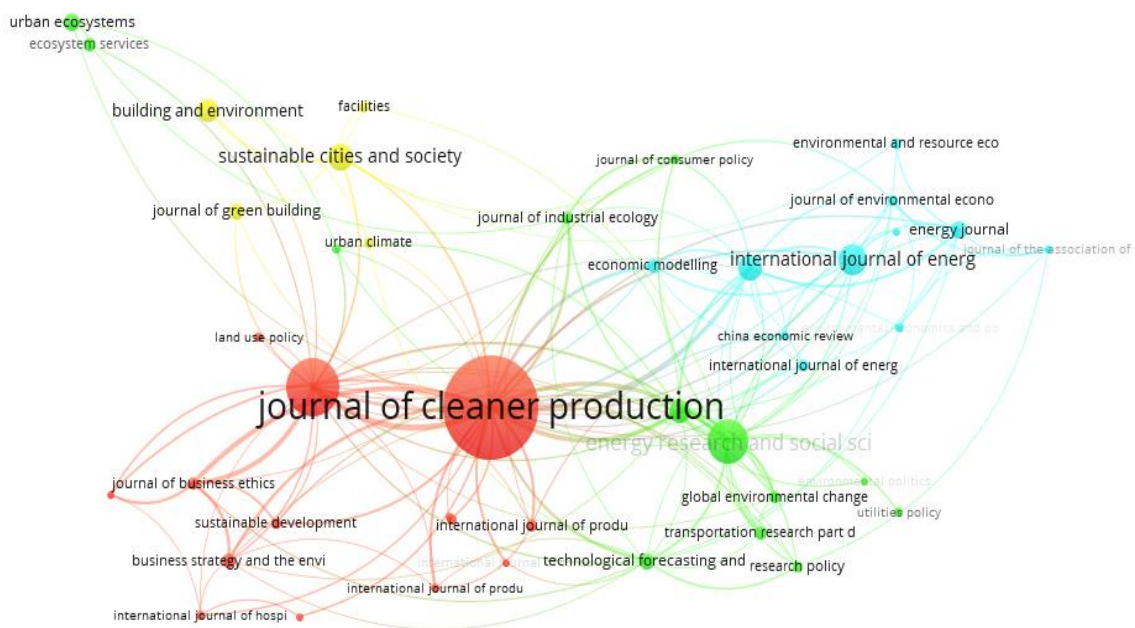


Рисунок 1.6 – Візуалізація мережі наукових джерел, 2000-2019

Джерело: сформовано авторами на основі даних (Scopus 2020) за допомогою програмного забезпечення VOSviewer

Таблиця 1.2 – Рейтинг 10 найпродуктивніших журналів в досліджуваній тематиці (за кількістю публікацій), 2000-2019

№	Назва журналу	Країна	К-ть публікацій	SJR, 2019	h-індекс	Квартиль
1	Journal of Cleaner Production	Нідерланди	611	1.89	173	Q1
2	Sustainability	Швейцарія	229	0.58	68	Q2
3	Energy Research and Social Science	Об'єднане Королівство	150	2.21	49	Q1
4	International Journal of Energy Economics and Policy	Турція	83	0.37	25	Q2
5	Sustainable Cities and Society	Нідерланди	64	1.36	43	Q1
6	Energy Economics	Нідерланди	60	2.41	136	Q1
7	Ecological Economics	Нідерланди	53	1.72	189	Q1
8	Building and Environment	Об'єднане Королівство	53	1.87	138	Q1
9	Energy Journal	США	35	1.48	73	Q1
10	Urban Ecosystems	США	32	0.87	50	Q1

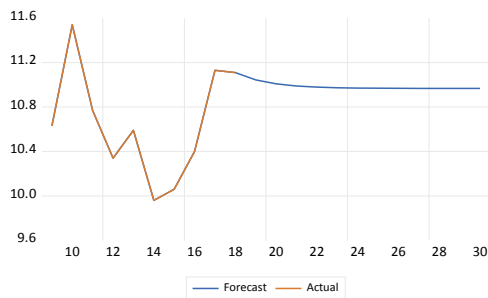
Джерело: сформовано авторами на основі даних [65, 64]

За результатами аналізу видимості та цитованості журналу, у таблиці 2 наведено найбільш впливові наукові журнали у досліджуваній галузі. Варто зазначити, що аналіз показників SCImago Journal Rank (SJR) дозволив проаналізувати видимість журналів в базі даних Scopus, тоді як h-index – його цитованість [64]. Таким чином, враховуючи кількість публікацій та рейтинг журналу, найвпливовішим науковим журналом у галузі енергоефективності та екологічного розвитку є нідерландський науковий журнал «Journal of Cleaner Production» (SJR = 1,89 та h-індекс = 173). Варто підкреслити, що найбільш цитовані статті, розглянуті в рамках цього дослідження, були опубліковані в наукових журналах найвищого квартилю Q1 (8 з 10 розглянутих наукових журналів), що вказує на актуальність досліджуваної тематики.

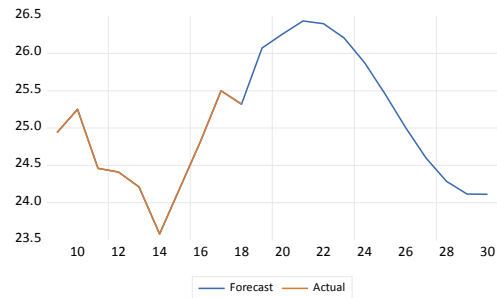
Після підписання Угоди про асоціацію з ЄС у 2014 році, Україна зобов'язалась відповідати високим стандартам ЄС щодо рівня енергоефективності та участі в енергетичному ринку. При цьому підвищення рівня енергоефективності та економії енергії є пріоритетним напрямком

енергетичної політики України. У свою чергу, зниження рівня споживання енергії є однією з умов досягнення енергетичної незалежності та вступу України в ЄС.

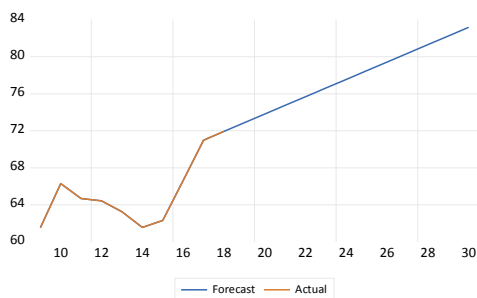
Варто зазначити, що вище наведений аналіз статистичних даних вказує на те, що рівень кінцевого споживання енергії має тенденцію до зниження. Однак, між Україною та країнами V4 існує значний розрив енергоефективності.



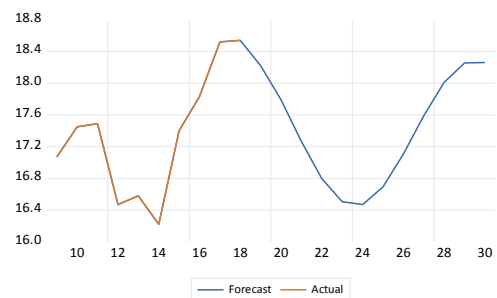
a)



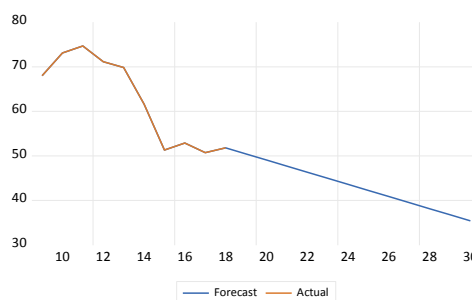
b)



c)



d)



e)

Рисунок 1.7 – Прогноз об'єму кінцевого споживання енергії (млн. т.н.е.)
(a) Словачії, b) Чехії, c) Польщі, d) Угорщини та e) України (2000-2030)

Джерело: розраховано авторами за допомогою програмного забезпечення Eviews.

Так, розривом енергоефективності є ситуація, коли технічний та технологічний потенціали розвитку енергоефективності використовуються не повністю, незважаючи на потенційну економічну ефективність. До того, розрив енергоефективності вказує на недостатнє використання альтернативних джерел енергії, низький рівень зелених інвестицій, асинхронність державної енергетичної політики тощо.

Рисунок 1.7 демонструє результати прогнозу розвитку енергоефективності, здійсненого за допомогою моделі ARIMA. У свою чергу, детермінованою вибіркою дослідження є загальне кінцеве споживання енергії (млн. т.н.е.) з 2000 по 2018 рік країн V4 та України.

Емпіричний розрахунок, проведений за допомогою програмного забезпечення EViews 11. При цьому Отримані результати прогнозу демонструють, що в 2020 році кінцеве споживання енергії в Україні зменшилось на 32% порівняно з 2018 роком, тоді як в Угорщині - на 1,5%, Чехії - 4,77%, Словаччині - на 1,26% (Таблиця 1.3). Варто відмітити, що в Польщі очікується збільшення рівня кінцевого споживання енергії на 1,16%.

Таблиця 1.3 – Прогнозовані значення кінцевого споживання енергії (млн т.н.е.)

Країна/ Рік	Угорщина	Чехія	Словакія	Польща	Україна
2020	17.79	26.26	11.01	73.80	49
2021	17.27	26.43	10.99	74.7	48
2022	16.79	26.40	10.98	75.7	46
2023	16.50	26.21	10.97	76.6	45
2024	16.47	25.88	10.97	77.6	44
2025	16.69	25.46	10.97	78.5	42
2026	17.10	25.01	10.97	79.4	41
2027	17.59	24.60	10.97	80.4	40
2028	18.01	24.29	10.97	81.3	38
2029	18.25	24.11	10.97	82.2	37
2030	18.26	24.11	10.97	83.2	35

Джерело: сформовано авторами за допомогою програмного забезпечення Eviews.

У наш час збереження енергії сприяє не лише досягненню цілей сталого розвитку та підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних продуктів. Сучасна тенденція до енергоефективного розвитку вказує на необхідність забезпечення стабільного економічного функціонування та задоволення потреб населення. Таким чином, комплексна реалізація заходів з енергоефективності та енергозбереження дозволяє прискорити економічне зростання. У свою чергу, підвищення рівня енергоефективності національної економіки має відбуватися за рахунок посилення державної підтримки, що сприятиме: реалізації енергоефективних проектів на малих та середніх підприємствах; стимулюванню енергетичного ринку та впровадженню систем енергоменеджменту, енергоефективних державних закупівель, зелених кредитів тощо.

На фоні соціально-політичних криз останніх років, питання всебічної енергетичної безпеки відіграють надзвичайно важливу роль в Україні. Результати бібліометричного аналізу свідчать про зростаючий науковий інтерес до дослідження проблем енергоефективного розвитку. Варто відмітити, що стрімке зростання кількості наукових публікацій спостерігається з 2015 року. Більше того, поглиблений аналіз найбільш цитованих статей, які індексуються базою даних Scopus, дозволив визначити основні напрямки наукових досліджень, присвячених досліджуваній тематиці. За отриманими результатами встановлено, що, загалом, вчені досліджують екологічні, економічні, соціальні та правові аспекти забезпечення енергоефективності.

Таким чином, систематизація літературних джерел дозволила виділити постійний загальний дефіцит природних ресурсів та недостатню енергетичну політику як головну проблему стимулювання енергоефективного розвитку в Україні. Крім того, аналіз статистичних даних свідчить про наявність розриву енергоефективності між Україною та країнами V4. Враховуючи отримані результати, у статті здійснено прогнозування кінцевого споживання енергії до 2030 року за допомогою авторегресійної інтегрованої моделі ковзної середньої (ARIMA) з мінімальними параметрами.

Таким чином, отримані результати вказують на необхідність забезпечення синхронізації української енергетичної політики зі стандартами ЄС, заохоченні інтеграції енергетичного ринку між Україною та ЄС, щоб досягти вуглецево-нейтрального рівня в Україні. Отримані результати можуть бути основою для подальших досліджень щодо вивчення впливу ендогенних та екзогенних факторів на розвиток енергоефективності.

2 МЕТОДИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗРИВІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У НАЦІОНАЛЬНІЙ ЕКОНОМІЦІ

Для оцінювання рівня розривів енергоефективності запропоновано системно поєднати метод стохастичного фронтального аналізу (СФА) та функцію енерговідстані Шепарда. Традиційно теорія підвищення ефективності передбачає оптимізацію кінцевого результату шляхом максимізації обсягів виробництва, прибутку та мінімізації собівартості. У загальному вигляді стохастичну виробничу фронтальну функцію можна записати у вигляді формули 2.1.

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum_n \beta_n \ln x_{nit} + v_{it} - u_i \quad (2.1)$$

де $i = 1, \dots, N$; $t = 1, \dots, T$; $u_i \geq 0$; y_{it} – значення результуючого показника i -тої продукції за рік; x_{nit} – параметри результуючого показника i -тої продукції за період t ; u_i – невід’ємні інваріантні випадкові змінні, викликані технічною неефективністю; v_{it} – випадкові величини i -ї одиниці в році t , що відображають вплив статистичного шуму; \ln – натуральний логарифм; $\beta_0 \dots \beta_n$ – розрахункові параметри моделі.

Стохастичну витратну фронтальну функцію можна записати у вигляді формули 2.2.

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_y \ln y_{it} + \sum_n \beta_n \ln w_{nit} + v_{it} + u_i \quad (2.2)$$

де $i = 1, \dots, N$; $t = 1, \dots, T$; $u_i \geq 0$; C_{it} – значення загальних витрат i -тої продукції за рік; y_{it} – вектор результуючого показника i -тої продукції за період t ; w_{nit} – вектор ціни i -тої продукції за період t ; u_i – невід’ємні інваріантні випадкові

змінні, викликані технічною неефективністю; v_{it} – випадкові величини i -ї одиниці в році t , що відображають вплив статистичного шуму; \ln – натуральний логарифм; $\beta_0, \beta_y, \beta_n$ – розрахункові параметри моделі.

У працях вітчизняних та закордонних науковців [5, 31, 33, 39] виокремлено три специфікації стохастичної моделі:

1. Детерміновані моделі:

- Кобба-Дугласа (у формі логарифмічної функції).
- Транслагова (гнучка функціональна форма).
- Функція постійної еластичності заміщення (CES-функція).
- Загальна функція Леонтьєва (Diewert-функція).

2. Оціночні моделі:

- Моделі максимального оцінювання ймовірності (ML).
- Метод узагальнених найменших квадратів (GLS).
- Метод моментів (ММ).

3. Оцінювання питомої ефективності.

Найбільшого практичного використання в науковій літературі дістали детерміновані моделі. Зокрема, на прикладі банківського сектору [5, 10, 12] автори визначають умови використання детермінованих моделей. Загальний вигляд зазначених моделей представлено у вигляді:

1. Функції Кобба-Дугласа

$$f(x, \beta) = \beta_0 \prod_{i=1}^N x^{\beta_i} \quad (2.3)$$

де x – вихідні параметри моделі; $\beta_0 \dots \beta_i$ – розрахункові параметри моделі; $i=1 \dots N$ – кількість вихідних параметрів моделі.

2. Транслагова функція:

$$f(x, \beta) = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i \ln(x_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} \ln(x_i) \ln(x_j) \quad (2.4)$$

де x – вихідні параметри моделі; $i = 1 \dots N$, $j = 1 \dots N$ – фактори виробництва; \ln – натуральний логарифм; $\beta_0 \dots \beta_{ij}$ – розрахункові параметри моделі.

3. Функція постійної еластичності заміщення:

$$f(x, \beta) = \beta_0 (\sum_{i=1}^N \beta_i x_i^\rho)^{\mu/\rho} \quad (2.5)$$

де x – вихідні параметри моделі; $\beta_0 \dots \beta_i$ – розрахункові параметри моделі. μ – показник ступеня однородності функції; ρ – параметр заміщення; $i=1 \dots N$ – кількість вихідних параметрів моделі.

4. Загальна функція Леонтьєва:

$$f(x, \beta) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} (x_i x_j)^{1/2} \quad (2.6)$$

де x – вихідні параметри моделі; $i = 1 \dots N$, $j = 1 \dots N$ – фактори виробництва; $\beta_0 \dots \beta_{ij}$ – розрахункові параметри моделі.

Основним критерієм вибору моделей (2.7-2.10) є результати тесту відношення логарифмів правдоподібностей (LR):

$$LR = -2 \ln \left(\frac{L(H_0)}{L(H_1)} \right) \quad (2.7)$$

де $L(H_0)$ – значення функції максимальної правдоподібності для нульової гіпотези; $L(H_1)$ – значення функції максимальної правдоподібності для альтернативної гіпотези.

Використовуючи результати тесту відношення логарифмів правдоподібностей, автори робіт [5, 10, 12, 31, 33, 39] наголошують на практичній перевазі використання транслагової функції. Це пов'язано з можливістю урахування немонотонних залежностей вихідних параметрів від вхідних, а також лінійністю перетворення змінних і відносно невелику кількістю оцінюваних параметрів.

У межах даного дослідження розриви енергоефективності оцінюються на основі функції Шепарда (формула 2.8). Головною відмінністю функції Шепарда від Кобба-Дугласа є те, що поряд із капіталом, працею вона враховує обсяг спожитої енергії.

$$PE = \frac{1}{D_E(K, L, E, Y)} \quad (2.8)$$

де $D_E(K, L, E, Y)$ – функція енерговідстані Шепарда; K – обсяги валового основного капіталу в країні; L – кількість працездатного населення країни; E – обсяги спожитої енергії в країні; Y – валовий внутрішній продукт країни; PE – рівень розривів енергоефективності у національній економіці.

Слід зазначити, що запропонований методичний інструментарій оцінювання розривів енергоефективності у національній економіці дозволяє врахувати випадковий характер ендогенних детермінант розривів енергоефективності, ретроспективну динаміку зміни рівня розривів енергоефективності в Україні, визначити критичні біфуркаційні точки, оцінити результативність вжитих державою заходів щодо мінімізації розривів енергоефективності.

У межах даної роботи у якості незалежних екзогенних змінних обрано такі показники:

- індекс глобалізації (KOF).
- рівень відкритості економіки (Trade);

– рівень урбанізації (U).

Визначимо механізм врахування впливу глобалізації, рівня відкритості та урбанізації на соціо-еколого-енерго-економічні параметри розвитку національної економіки

Індекс глобалізації (KOF). У роботі [20] автори, досліджуючи вплив соціального прогресу на рівень макроекономічної стабільності країн, обґрунтовують необхідність врахування в представленій моделі індексу глобалізації. На думку науковців, саме глобалізаційні процеси визначають тренди економічного розвитку країн та їх соціального прогресу. В основі даного дослідження використовується панельна економетрична модель, що ґрунтується на методі моментів Ареллано-Бонда:

$$\begin{cases} MS_{it} = \alpha_1 \Delta MS_{it-1} + \alpha_2 \Delta Isp_{it} + \alpha_3 \Delta KOF_{it} + \alpha_4 \Delta GOV_{it} + \alpha_5 \Delta Pop_{it} + \alpha_6 Reg_{it} + \varepsilon_{it} \\ \Delta Isp_{it} = \beta_1 \Delta Isp_{it-1} + \beta_2 \Delta MS_{it} + \beta_3 \Delta KOF_{it} + \beta_4 \Delta GOV_{it} + \beta_5 \Delta Pop_{it} + \beta_6 Reg_{it} + \varepsilon_{it} \end{cases} \quad (2.9)$$

де MS_{it} та MS_{it-1} – рівень макроекономічної стабільності країни і в період t та t-1; Isp_{it} та Isp_{it-1} – рівень соціального прогресу країни і в період t та t-1; KOF_{it} – індекс глобалізації країни і в період t; GOV_{it} – якість державного управління країни і в період t; Pop_{it} – кількість населення країни і в період t; Reg_{it} – форма державного правління; $\alpha_1 \dots \alpha_6$, $\beta_1 \dots \beta_6$ – константи моделі; Δ – оператор різниці параметрів моделі; ε_{it} – величина похибки.

Отримані результати дозволили авторам побудувати сценарії стратегії реформ управління національною економікою, відповідно до яких значного зростання можливо досягти лише за умови збільшення індексу глобалізації до рівня 3,6 пункта [20]. Автори роботи [74] на основі панельних даних країн з Азії досліджують існування довгострокового взаємозв'язку між їх економічними, соціальними та політичними індексами глобалізації та економічним зростанням. Методичний інструментарій дослідження ґрунтується на використанні коінтеграційного тесту Педроні. Визначено, що збільшення рівня економічного зростання країн досягається, в першу чергу, за рахунок підвищення економічної

глобалізації, що дозволяє урядам активніше брати участь в міжнародній торгівлі, залучати іноземні інвестиції, долучатися до включення в економічні союзи з метою взаємодії з іншими економіками країн.

Ті самі відносини розглянуті в роботі [63] за допомогою узагальненого методу оцінювання моментів (2.10) для країн Ісламського Права (Саудівська Аравія, Об'єднані Арабські Емірати, Іран, Кувейт, Бахрейн, Катар, Афганістан, Пакистан тощо). Результати науковців засвідчили, що позитивний вплив глобалізації на економічне зростання країни відбувається лише для держав з середнім або високим рівнем доходу, високою часткою освічених працівниками та добре розвинутою фінансовою системою. Відтак країнам з низьким рівнем доходом з метою отримання додаткового «ефекту» від масштабу глобалізації необхідно подолати відповідний рівень доходу за рахунок впровадження відповідних реформ.

$$GDP_{it} = \alpha_1 GDP_{it-1} + \beta_1 KOF_{it} + \beta_1 CV_{it} + \mu_i + \vartheta_{it} \quad (2.10)$$

де GDP_{it} – валовий внутрішній продукт і-тої країни в t-ому періоді; GDP_{it-1} – валовий внутрішній продукт і-тої країни в t-1-ому періоді; CV_{it} – пояснювальні змінні, що впливають на зміну економічного розвитку і-тої країни в t-ому періоді; KOF_{it} – індекс глобалізації і-тої країни в t-ому періоді; α_1, β_1 – розрахункові параметри моделі; ϑ_{it} – похибка моделі.

Рівень відкритості економіки (Trade). Він дозволяє оцінити можливість дифузії інновацій для підвищення енергоефективності країни. А. Коул у своїй праці [28] вивчає вплив рівень відкритості торгівлі на споживання енергії в 32 розвинутих країнах протягом 1975-1995 рр. Результати регресії (2.11), представлені для залежної змінної, вимірною величиною спожитої енергії на душу населення, показують, що лібералізація торгівлі збільшить використання енергії на душу населення для усієї сукупності країн з вибірки.

$$E_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 F_{it} + \alpha_2 KL_{it} + \alpha_3 (KL_{it})^2 + \alpha_4 I_{it} + \alpha_5 (I_{it})^2 + \alpha_6 KLI_{it} + \alpha_7 T_{it} + \\ + \alpha_8 T_{it} RKL_{it} + \alpha_9 T_{it} (RKL_{it})^2 + \alpha_{10} T_{it} RI_{it} + \alpha_{11} T_{it} (RI_{it})^2 + \varepsilon_{it} \quad (2.11)$$

де E_{it} – рівень споживання енергії і-тої країни в t-ому періоді; F – відображає часову специфіку споживання енергії і-тої країни в t-ому періоді; K – капітал і-тої країни в t-ому періоді; L – працездатне населення і-тої країни в t-ому періоді; KL_{it} – показник відношення витрат капіталу до витрат праці і-тої країни в t-ому періоді; I – валовий внутрішній дохід і-тої країни в t-ому періоді; T – відкритість економіки і-тої країни в t-ому періоді; KLI_{it} – відношення витрат капіталу, витрат праці до внутрішнього доходу і-тої країни в t-ому періоді; TRI_{it} – показник взаємодії інтенсивності торгівлі з внутрішнім доходом і-тої країни в t-ому періоді; $T_{it} RKL_{it}$ – показник взаємодії інтенсивності торгівлі з відносним індикатором співвідношенням капіталу та праці і-тої країни в t-ому періоді; $\alpha_0 \dots \alpha_{11}$ – розрахункові параметри моделі; ε_{it} – похибка моделі.

С. Рафік та інші в своєму дослідженні [61] відзначають позитивний вплив відкритості економіки на зменшення як викидів забруднюючих речовин, так і енергоємності країни. Автори наголошують, що позитивний характер впливу відкритості економіки обумовлений в першу чергу можливістю ефективного трансферу технологій у цих країнах.

Рівень урбанізації (U). Урбанізаційні процеси, подібно до глобалізаційних, мають значний вплив на економічне зростання, соціальний добробут країн, що здатне змінювати її енергоефективність. Зокрема, в роботах [75, 49, 60] підтверджено статистично значимий вплив урбанізації на енергоефективність.

Проте, незважаючи на зазначену залежність, теоретичні та емпіричні висновки наукових досліджень щодо напрямку впливу урбанізації на енергоефективність залежно від об'єктів дослідження, мають суперечливий характер. Так, в роботі [62] автори на основі панельних даних країн, що розвиваються, з використанням різних технік економетричного моделювання отримали змішані результати впливу урбанізації на енергоємність країн.

Зокрема, за умови використання трьох різних динамічних моделей, лише одна з них демонструє статистично значимий (на рівні 1%) вплив урбанізації на зміну енергоємності (довгострокова та короткострокова еластичність енергоємності коливається в межах від -0,57 до -0,35). У той же час науковці зазначають, що «урбанізація збільшує економічну активність завдяки більшій концентрації споживання та виробництва, але урбанізація також призводить до економії масштабу та забезпечує можливість підвищення енергоефективності» [с. 58, 62]. Досліджуючи конвергентні та дивергентні процеси енергоспоживання між країнами членами Європейського Союзу та країнами з перехідною економікою, автори роботи [44], використовуючи двосторонню модель з фіксованими ефектами (2.12-2.13), демонструють позитивний та статистично значимий вплив урбанізації на енергоспоживання. В основі даної роботи покладена концепція β -конвергенції.

$$\ln\left(\frac{y_{i,t}}{y_{i,t-1}}\right) = \alpha + \beta \ln(y_{i,t-1}) + \delta_j CS_j + \gamma_k TS_k + \text{erroterm} \quad (2.12)$$

$$\ln\left(\frac{\varepsilon_{i,t}}{\varepsilon_{i,t-1}}\right) = B + C \ln\left(\frac{\varepsilon_{u,t}}{\varepsilon_{i,t}}\right) + D \ln\left(\frac{y_{u,t}}{y_{i,t}}\right) + \theta_i CS_i + \rho_i CS_i \left(\frac{\varepsilon_{u,t}}{\varepsilon_{i,t}}\right) + \sigma_i CS_i \ln \Delta y_{i,t} + \varphi_m TS_m + \theta_{it} \quad (2.13)$$

де $\varepsilon_{i,t}$ та $\varepsilon_{i,t-1}$ – інтенсивність енергоспоживання i -тої країни в t -ому та $t-1$ -ому періоді; $y_{i,t}$ та $y_{i,t-1}$ – валовий внутрішній доход i -тої країни в t -ому та $t-1$ -ому періоді; $\frac{\varepsilon_{u,t}}{\varepsilon_{i,t}}$ – співвідношення між середньою інтенсивністю енергоспоживання в країнах ЄС та початковим рівнем енергоспоживання в країнах з перехідною економікою; $\frac{y_{u,t}}{y_{i,t}}$ – співвідношення між середнім валовим внутрішнім доходом в країнах ЄС та початковим рівнем валового внутрішнього доходу в країнах з перехідною економікою; D – параметр взаємозв'язку між залежною змінною та відношенням $\frac{y_{i,t}}{y_{i,t-1}}$, що підтверджує наявність конвергенції; C – напрям кореляції;

$\alpha, \beta, \delta_j, \gamma_k, B, \theta_j, \rho_i, \sigma_i, \varphi_m$ – параметри що обраховуються; CS_i, TS_m – бінарні змінні, що визначають належність/неналежність до певної групи країн та окресленого горизонту дослідження; $\theta, erroterm$ – параметр похибки моделі.

Дослідження взаємозв'язку між урбанізацією та енергоефективністю на прикладі Китаю в роботі [38] демонструють його статистично значимий, проте негативний характер впливу. Подібний висновок також отримали автори роботи [45]. Враховуючі специфіку фронтального аналізу та функцію енерговідстані Шепарда, транслогарифмічну стохастичну фронтірну модель в межах даного дисертаційного дослідження запропоновано представити у вигляді:

$$\begin{aligned}
 -LnE^t = & \alpha_0 + \alpha_1 LnK^t + \alpha_2 LnL^t + \alpha_3 LnY^t + \frac{1}{2}\alpha_4 Ln(K^t)^2 + \frac{1}{2}\alpha_5 Ln(L^t)^2 + \\
 & + \frac{1}{2}\alpha_6 Ln(Y^t)^2 + \alpha_7 (LnK^t)(LnL^t) + \alpha_8 (LnK^t)(LnY^t) + \alpha_9 (LnL^t)(LnY^t) + \beta_0 T + \\
 & \beta_1 T^2 + \beta_3(T)(LnK^t) + \beta_4(T)(LnL^t) + \beta_5(T)(LnY^t) + \vartheta^t - \mu^t
 \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\mu^t = \gamma_0 + \theta_0 KOF^t + \theta_1 Trade^t + \theta_2 U^t + \varepsilon^t \quad (2.15)$$

де $\alpha_0 \dots \alpha_9, \beta_0 \dots \beta_5, \gamma_0, \theta_0 \dots \theta_2$ – константи моделі; K – обсяги валового основного капіталу в країні; L – кількість працездатного населення країни; E – обсяги спожитої енергії в країні; Y – валовий внутрішній продукт країни; $Trade$ – рівень відкритості економіки країни; KOF – індекс глобалізації; U – частка міського населення в його загальній кількості; $t=1\dots T$ – період дослідження; ϑ^t – нормально розподілена складова статистичних помилок, що враховує статистичні шуми та вплив випадкових зовнішніх факторів; μ^t – компонента, що пояснює причини неефективного використання енергії; ε – статистична похибка моделі.

Слід відмітити, що перед побудовою транслогарифмічної стохастичної виробничої функції необхідним є проведення процедури нормалізації. У даній

роботі для нормалізації використано метод логарифмування всіх змінних моделі. За умови від'ємного значення досліджуваної змінної часовий ряд спочатку збільшується на 1, а потім – логарифмується. Для оцінювання розривів енергоефективності сформовано вибірку часових рядів. Інформаційну базу дослідження склали аналітичні дані Світового банку, Швейцарського економічного інституту, Міжнародної енергетичної агенції. Розрахунки розривів енергоефективності здійснено за допомогою програмного комплексу Stata 14 за 2002–2019 рр. Вихідні дані для розрахунку подано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для оцінювання розривів енергоефективності у національній економіці

Рік	L	K	Y	KOF	Trade	U
2000	49176500	6.14e+09	3.13e+10	59.81	119.8583	67.145
2001	48662400	7.1e+09	3.8e+10	60.3	104.0012	67.183
2002	48202470	7.7e+09	4.24e+10	60.01	100.6565	67.283
2003	47812949	9.79e+09	5.01e+10	61.16	107.4587	67.427
2004	47451626	1.39e+10	6.48e+10	62.57	113.7718	67.597
2005	47105171	1.79e+10	8.61e+10	63.32	97.17678	67.79
2006	46787786	2.51e+10	1.08e+11	65.05	91.46171	67.969
2007	46509355	3.72e+10	1.43e+11	67.61	90.81354	68.147
2008	46258189	4.5e+10	1.8e+11	70.04	96.94731	68.325
2009	46053331	2.04e+10	1.17e+11	71.42	89.86634	68.502
2010	45870741	2.32e+10	1.36e+11	71.9	98.14008	68.596
2011	45706086	2.88e+10	1.63e+11	74.29	106.2418	68.689
2012	45593342	3.34e+10	1.76e+11	74.59	104.0931	68.782
2013	45489648	3.09e+10	1.83e+11	74.66	95.14967	68.875
2014	45272156	1.89e+10	1.34e+11	75.06	100.6918	68.968
2015	45154036	1.23e+10	9.1e+10	76.95	107.8066	69.061
2016	45004674	1.44e+10	9.34e+10	76.88	105.5212	69.154
2017	44831135	1.77e+10	1.12e+11	76.47	103.7178	69.246
2018	44622518	2.31e+10	1.31e+11	75.28	99.119	69.352
2019	44385155	2.77e+10	1.54e+11	74.83	90.17379	69.473

Джерело: сформовано авторами на основі даних Світового банку, Швейцарського економічного інституту, Міжнародної енергетичної агенції.

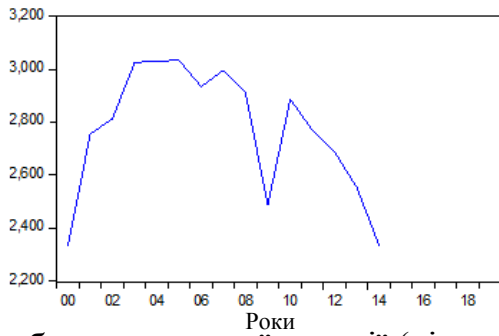
Описова статистика вихідних даних для оцінювання розривів енергоефективності у національній економіці та їх графічна інтерпретація представлена в таблиці 2.2. та рисунку 2.1.

Таблиця 2.2 – Описова статистика та кореляційна матриця вихідних даних для оцінювання розривів енергоефективності у національній економіці

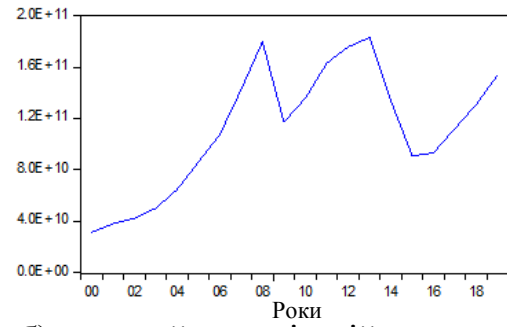
Описова статистика вихідних даних							
	E	Y	K	KOF	L	Trade	U
1	2	3	4	5	6	7	8
Mean	2770.101	1.12e+11	2.10e+10	69.61000	46297463	101.1334	68.37820
Median	2813.160	1.15e+11	1.96e+10	71.66000	45962036	100.6741	68.54900
Maximum	3033.180	1.83e+11	4.50e+10	76.95000	49176500	119.8583	69.47300
Minimum	2334.410	3.13e+10	6.14e+09	59.81000	44385155	89.86634	67.14500
Std. Dev.	243.5265	4.86e+10	1.06e+10	6.423625	1385282.	7.925406	0.764978
Skewness	-0.643519	-0.186621	0.478613	-0.402376	0.587504	0.464682	-0.290468
Kurtosis	2.140724	1.897022	2.561147	1.534224	2.301703	2.890462	1.753170
Jarque-Bera	1.496763	1.129891	0.924060	2.330102	1.556887	0.729763	1.576727
Probability	0.473132	0.568391	0.630003	0.311907	0.459120	0.694279	0.454588
Sum	41551.51	2.23e+12	4.21e+11	1392.200	9.26e+08	2022.667	1367.564
Sum Sq. De	830272.2	4.49e+22	2.14e+21	783.9962	3.65e+13	1193.429	11.11863
Кореляційна матриця вихідних даних							
	E	Y	KOF	K	L	Trade	U
E	1.000000	-0.078912	-0.339626	0.161174	0.122967	-0.166302	-0.284759
Y	-0.078912	1.000000	0.914870	0.917233	-0.913621	-0.502356	0.915221
KOF	-0.339626	0.914870	1.000000	0.697137	-0.956477	-0.399922	0.990819
K	0.161174	0.917233	0.697137	1.000000	-0.735692	-0.537410	0.705003
L	0.122967	-0.913621	-0.956477	-0.735692	1.000000	0.540647	-0.982185
Trade	-0.166302	-0.502356	-0.399922	-0.537410	0.540647	1.000000	-0.466365
U	-0.284759	0.915221	0.990819	0.705003	-0.982185	-0.466365	1.000000

Джерело: сформовано авторами.

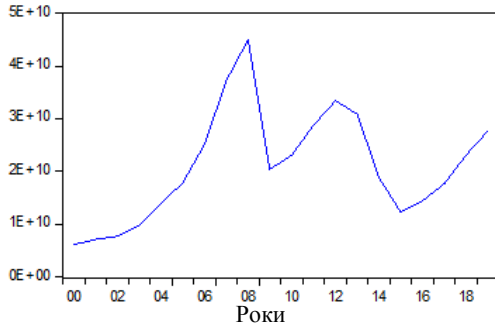
Графічна інтерпретація представлена на рисунку 2.1.



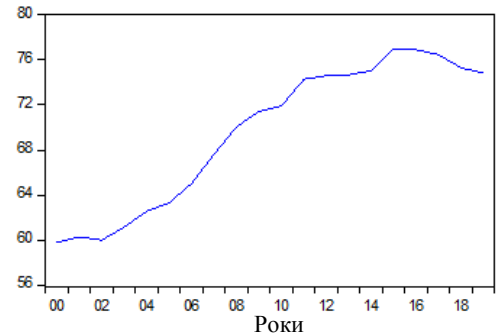
а) обсяги спожитої енергії (кілограм нафтового еквівалента)



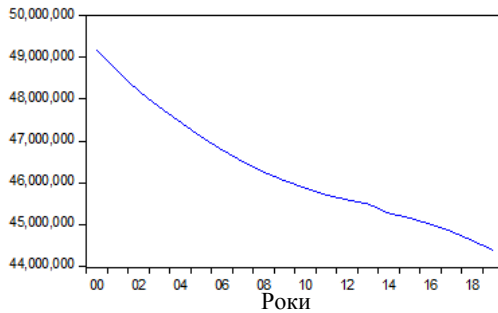
б) валовий внутрішній продукт країни (дол. США)



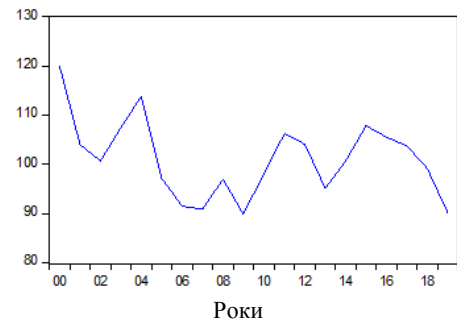
в) обсяги валового основного капіталу (дол. США)



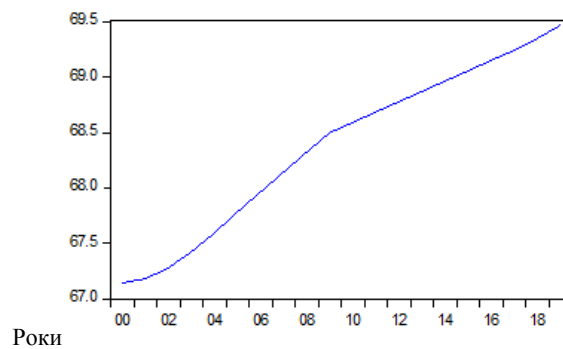
г) індекс глобалізації



д) кількість працездатного населення



е) рівень відкритості економіки (% від ВВП)



ж) частка міського населення в його загальній кількості (%)

Рисунок 2.1 – Графічна інтерпретація вихідних даних для оцінювання розривів енергоефективності в Україні, 2000-2019 рр.

Результати оцінювання параметрів $\alpha_0 \dots \alpha_9, \beta_0 \dots \beta_5, \theta_0 \dots \theta_2$ подано у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати оцінювання розривів енергоефективності у національній економіці

Константи моделі	Значення констант	Статистична значущість констант
α_1	1.366	0.048
α_2	-2.123	0.056
α_3	-1.358	0.044
α_5	0.081	0.023
α_4	-0.101	0.032
α_6	-0.001	0.131
α_7	-0.022	0.236
α_9	0.049	0.024
α_8	0.0657	0.368
β_0	-0.051	0.048
β_1	0.0001	0.039
β_4	-0.003	0.024
β_3	0.003	0.044
β_5	0.0004	0.126
θ_0	-0.344	0.607
θ_1	1.512	0.064
θ_2	0.332	0.156

Джерело: розраховано авторами.

Узагальнений вигляд методичного інструментарію, вихідних даних та результатів оцінювання рівня РЕ в Україні за 2002–2019 рр представлено в додатках А, Б. Результати дослідження дозволили сформулювати граничні значення розривів енергоефективності національної економіки. Так, діапазон коливання величини розривів енергоефективності становить від 1 до 0. При цьому, якщо:

$РЕ = 0$ – відсутні розриви енергоефективності;

$РЕ \geq 1$ – критичний рівень розривів енергоефективності.

Графічну інтерпретацію результатів оцінювання розривів енергоефективності подано на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Графічна інтерпретація результатів оцінювання розривів енергоефективності в Україні у 2002-2019 рр.

Джерело: сформовано авторами.

Відповідно до результатів дослідження, в Україні середній рівень розривів енергоефективності впродовж досліджуваного періоду становив 0,12. Дані розриви набували найбільших масштабів у 2009 р. та 2015 р., що пояснюється впливом світової фінансової кризи та загостренням військово-політичних конфліктів в країні. Зростаюча динаміка рівня розривів енергоефективності в Україні обумовлена перевищенням негативного ефекту від зростання обсягів експорту первинних енергоресурсів та використання неефективних технологій їх оброблення над позитивним ефектом від імпорту енергоефективних інновацій.

З точки зору оцінювання результативності вжитих державою заходів щодо мінімізації розривів енергоефективності важливо, що їх обсяг був мінімальним у ті роки (2010 р. та 2016 р.), коли були ратифіковані стратегії та програми щодо розвитку енергетичного сектору, а саме:

- з 2010 р. почала реалізовуватися «Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв із

відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2020 рр.»;

- з 2015 р. – «Стратегія сталого розвитку «Україна – 2020», «Стратегія національної безпеки України», «Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 р.».

Слід відмітити, що на початкових етапах ефективність виконання завдань, визначених цими документами, була достатньо високою, що й обумовило істотне зменшення обсягів розривів енергоефективності.

Проведені розрахунки за 2000-2019 рр. для України вказують на існування статистично значимого кореляційного зв'язку між флуктуаціями, обрахованими із застосуванням фільтру Годріка-Прескотта, валового внутрішнього продукту на душу населення (Y) (2.16) та рівнем використання енергії (E) (2.17):

$$Y_t = Y\tau_t + Yc_t \quad (2.16)$$

$$E_t = E\tau_t + Ec_t \quad (2.17)$$

де Y_t – фактичні дані валового внутрішнього продукту на душу населення в період t ; E_t – фактичні дані рівня використання енергії в національній економіці в період t ; Yc_t – циклічна компонента валового внутрішнього продукту на душу населення в період t ; Ec_t – циклічна компонента рівня використання енергії в національній економіці в період t ; $Y\tau_t$ – трендова компонента валового внутрішнього продукту на душу населення; $E\tau_t$ – трендова компонента рівня використання енергії.

Розраховані значення фактичних даних, циклічної та трендової компоненти валового внутрішнього продукту на душу населення представлені на рисунку 2.3, а рівня використання енергії в національній економіці в період t – на рисунку 2.4.

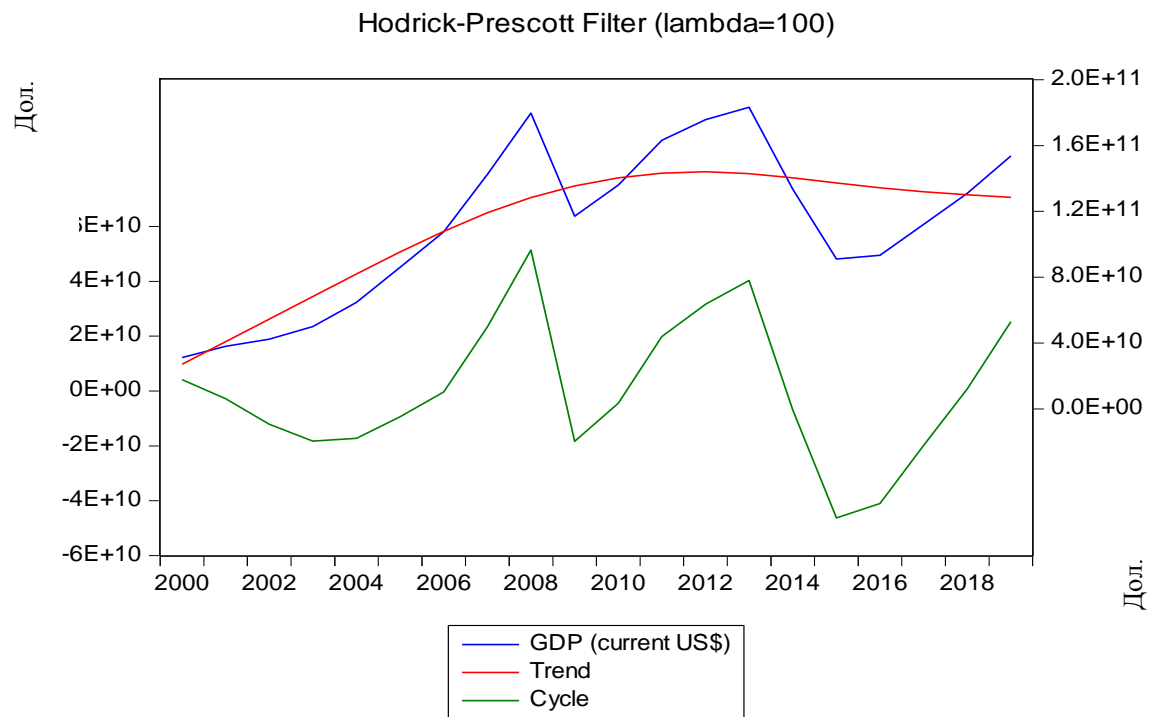


Рисунок 2.3 – Фактичні дані (GDP), циклічна (Cycle) та трендові (Trend) компоненти валового внутрішнього продукту на душу населення України у 2000-2019 рр.

Джерело: сформовано авторами.

Відтак, у загальному вигляді регресійне рівняння зв'язку валового внутрішнього продукту на душу населення та рівня використання енергії можна представити у вигляді:

$$Y_{c_t} = 3.21 + 0.405 \times E_{c_t}, \quad (2.18)$$

де Y_{c_t} – циклічна компонента валового внутрішнього продукту на душу населення в період t ; E_{c_t} – циклічна компонента рівня використання енергії в національній економіці в період t ; $R^2 = 0.667$ – коефіцієнт детермінації.

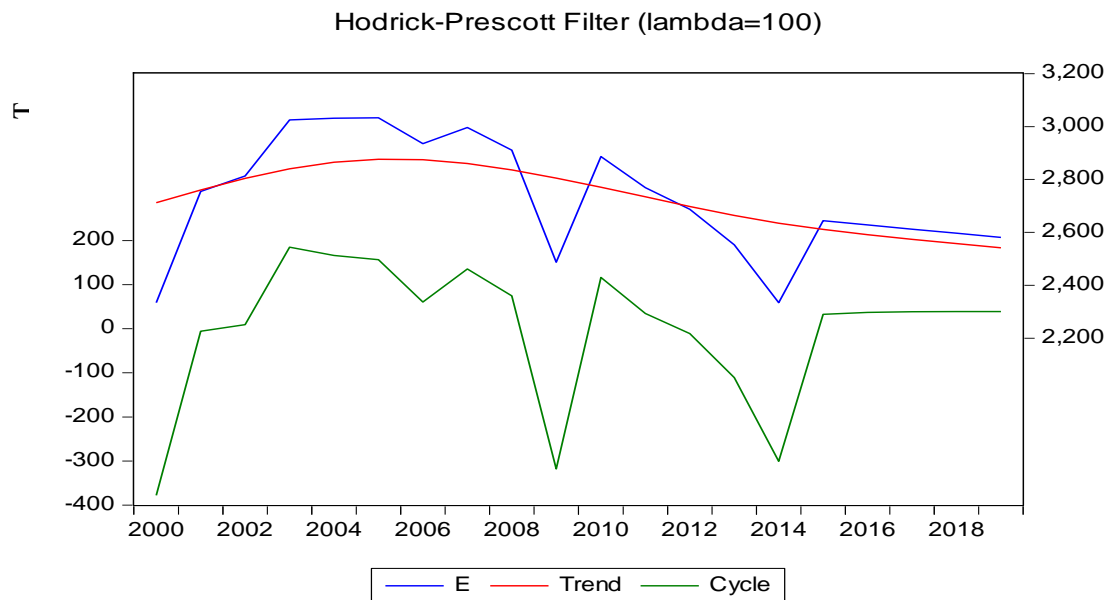


Рисунок 2.4 – Фактичні дані (E), циклічна (Cycle) та трендові (Trend) компоненти рівня використання енергії в національній економіці України у 2000-2019 рр.

Джерело: сформовано авторами.

З метою підвищення ефективності процесів державного планування в енергетичному секторі національної економіки виникає потреба в удосконаленні науково-методичного базису довгострокового прогнозування розривів енергоефективності. Науковою спільнотою напрацьовано значний доробок щодо прогнозування попиту на енергоресурси та соціо-еколого-економічних наслідків його зміни. Так, у роботі [47] для прогнозування споживання енергії у всьому світі та США представлено логістичну модель, яка враховує частку кожного джерела енергії у загальній структурі виробництва.

Застосовуючи нелінійну модель Бернуллі з частковим накопиченням (2.19), у роботі [73] здійснено прогнозування споживання відновлюваної енергії. Об'єктом дослідження в роботі обрано енергетичний сектор Китаю, період дослідження складав 2011-2015 рр, прогноз здійснено до 2020 р. Результати прогнозування демонструють зростаючу тенденцію виробництва енергії з

відновлюваних джерел та формують основні індикатори розроблення дорожньої карти підвищення енергоефективності країни.

$$\frac{dx^{(i)}(t)}{dt} + ax^{(i)}(t) = b(x^{(i)}(t))^\gamma \quad (2.19)$$

де x – параметри енергоефективності країни; t – період дослідження $i=1 \dots v$; γ – потужність множини всіх послідовностей дійсних чисел; a, b – розрахункові коефіцієнти моделі:

$$(a, b)^T = (\Lambda^T \Lambda)^{-1} \Lambda^T \eta \quad (2.20)$$

$$\Lambda = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & (z^{(1)}(2))^\gamma \\ -z^{(1)}(3) & (z^{(1)}(3))^\gamma \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(v) & (z^{(1)}(v))^\gamma \end{pmatrix} \quad (2.21)$$

$$\eta = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(v) \end{pmatrix}. \quad (2.22)$$

де $x^{(0)}(2) \dots x^{(0)}(v)$ – значення параметра енергоефективності країни в період t ; t – період дослідження $i=1 \dots v$; $z^{(1)}(2) \dots z^{(1)}(v)$ – значення параметра енергоефективності країни в період $t-k$, де $k=1 \dots n$; T – позначає операцію транспонування матриці.

К. Ліндербенг та інші в своїй роботі [41] при виборі типу моделі довгострокового розвитку енергетичних систем обґрунтовують необхідність врахування макроекономічних факторів, рівнів технологізації різних сегментів ринку країни. Використовуючи Байєсівську модель стохастичної мінливості параметрів з екзогенними змінними, автори роботи [36] здійснюють прогнозування ціни на електроенергію енергію. Основними екзогенними параметрами було обрано температуру повітря, святкові та вихідні дні:

$$y_{t+1} = y_t + \mu + \varphi_1 X_{t+1} + d_{Sat} D_{Sat,t+1} + d_{Sun} D_{Sun,t+1} + d_{Mon} D_{Mon,t+1} + \sqrt{\exp(h_t)} \varepsilon_{t+1}^{(1)} + J_{t+1}, \quad (2.23)$$

де y_t та y_{t-} – ціна на електроренергію в період $t+1$ та t ; X_{t+1} – температура повітря в період $t+1$; $D_{Sat}, D_{Sun}, D_{Mon}$ – думі змінна щотижневої сезонності; h_t – демонструє зміну ціни на електроренергію в період t ; $\mu, \varphi_1, d_{Sat}, d_{Sun}, d_{Mon}, J_{t+1}$ – розрахункові параметри моделі; \exp – експоненційна функція.

В. Семяновський, Н. Товмаченко та К. Клименко у роботі [9], використовуючи лінійну модель Брауна, будують короткостроковий прогноз енергоспоживання в Україні на основі відновлюваних джерел енергії біопалива та відходів:

$$y_{th}(t + \tau) = a_{1,t} + \tau a_{2,t} \quad (2.24)$$

де y – обсяг використання енергії біопалива та відходів; $t=1 \dots n$ – дискретні значення моментів часу; τ – час попередження прогнозу; a_1, a_2 – параметри моделі, що обчислюються за формулами:

$$a_{1,t} = 2S_t - S_t^{|2|}; \quad a_{2,t} = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} (S_t - S_t^{|2|}); \quad (2.25)$$

$$S_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}, \quad S_t^{|2|} = \alpha S_t + (1 - \alpha) S_{t-1}^{|2|} \quad (2.26)$$

де α – коефіцієнт згладжування; $S_t, S_t^{|2|}$ – початкові умови, при яких $S_0 = a_1, S_0^{|2|} = a_2$.

Фахівцями Інституту загальної енергетики Національної Академії Наук України О. Маляренко, Н. Майстренко, В. Станиціною, О. Богославською [6]

розвинуто нормативний метод прогнозування попиту на енергоресурси за видами економічної діяльності ($E_{TOP_{sj}}^t$):

$$E_{TOP_{sj}}^t = (e_{ВДВ_j}^{\delta} \pm \Delta e_{ВДВ_j}^{\delta-t}) V_{ВДВ_s}^t \quad (2.27)$$

де $e_{ВДВ_j}^{\delta}$ – енергоємність валової доданої вартості країни j -виду енергоресурсу у базовому році; $\Delta e_{ВДВ_j}^{\delta-t}$ – енергоємність валової доданої вартості країни j -виду енергоресурсу при зміні структури економіки; $V_{ВДВ_s}^t$ – прогнозне значення обсягу валової доданої вартості країни у t -році; s -структура економіки одна з розрахованих прогнозних структур економіки за прогнозними сценаріями.

Результати розрахунків засвідчили «...необхідність збільшення обсягів енергоресурсів, які необхідні для покриття попиту на них при реалізації програм розвитку економіки України, а при умовах прискореного розвитку вітчизняної промисловості, що закладені в Стратегії розвитку промислового комплексу України на період до 2025 р., обсяги будуть значно більшими» [с. 60, 6]. У роботі Комеліної О. В. та Болдирєвої Л. М. [4] на основі порівняння прогнозних та потенційно можливих обсягів енергії з відновлюваних джерел окреслено проблеми і перспективи розвитку відновлюваної енергетики України, окреслено основні детермінанти розвитку вітчизняної відновлювальної енергетики. У той же час, ці роботи ґрунтуються здебільшого на емпіричному досвіді інших країн та не повною мірою враховують національну специфіку, зміни соціо-еколого-економічних індикаторів розвитку країн, напрямки синхронізації національної енергетичної політики із цілями європейських кліматичних стратегій. Сформовані енергетичні портрети країн відрізняються залежно від їх власного рівня інфраструктурного, культурного, технологічного розвитку, змін чисельності населення, динаміки урбанізації тощо. Для вирішення цих проблем використано фундаментальні засади методології Бокса – Дженкінса та інструментарій авторегресійного інтегрованого моделювання ARIMA. Перевага

авторегресійного інтегрованого моделювання ARIMA полягає в тому, що воно може використовувати комбінацію автоматичних регресій, перших різниць та ковзної середньої під час встановлення прогнозів значень часових рядів. Важливим припущенням даної моделі є те, що випадкові помилки в загальній функції регресії мають однакову дисперсію. Якщо це припущення не виконується, тобто величина випадкової помилки має різні варіації, то в моделі спостерігається гетероскедастичність. Наявність гетероскедастичності не дозволяє оцінити отримані параметри моделі та здійснити прогнозування. З метою усунення зазначеного недоліку початковий ряд значень розривів енергоефективності перевіряється на стаціонарність. Рисунок 2.5 автокореляційної та частинно автокореляційної функції ряду розривів енергоефективності демонструє практично незмінні значення функції зі зростанням лагів, що дає підстави припустити про нестационарність вихідного ряду.

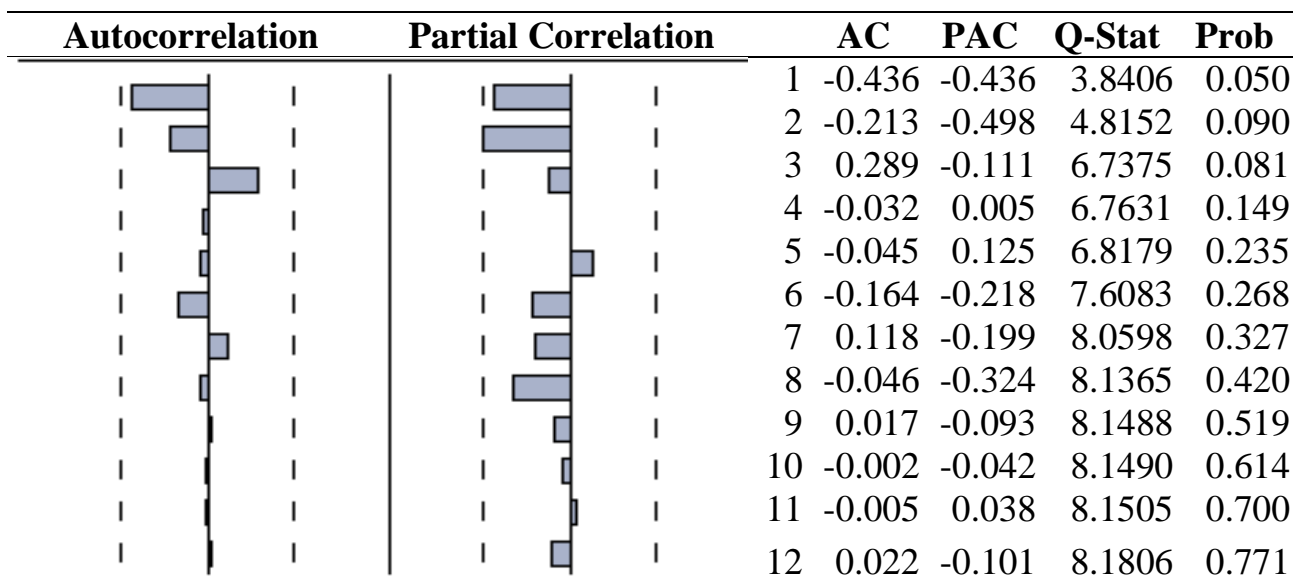


Рисунок 2.5 – Автокореляційна та частинна автокореляційна функції ряду розривів енергоефективності (розрахунки для України за 2000-2019 рр.)

Джерело: розраховано авторами.

Результати перевірки висунутої гіпотези про нестационарність вихідного ряду за допомогою розширеного тесту Дікі-Фулера (ADF) тесту представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати випробувань ADF тесту для вихідного ряду розривів енергоефективності (розрахунки для України за 2000-2019 рр.)

Рівень	ADF статистика	Критичне значення			Величина статистичної значимості p
		1%	5%	10%	
Поточний	-3.063524	-3.886751	-3.052169	-2.666593	0.0490
Параметр	Значення параметру	Стандартна похибка	t-статистика	Статистична значущість	
SERIES02(-1)	-0.754151	0.246171	-3.063524	0.0079	
C	0.685400	0.224379	3.054657	0.0080	
R-squared	0.384872	Mean dependent var		-0.001765	
Adjusted R-squared	0.343864	S.D. dependent var		0.029214	
S.E. of regression	0.023664	Akaike info criterion		-4.539613	
Sum squared resid	0.008400	Schwarz criterion		-4.441588	
Log likelihood	40.58671	Hannan-Quinn criter.		-4.529869	
F-statistic	9.385179	Durbin-Watson stat		2.063149	
Prob(F-statistic)	0.007883				
Перша різниця	-5.119887	-3.959148	-3.081002	-2.681330	0.0012
Параметр	Значення параметру	Стандартна похибка	t-статистика	Статистична значущість	
D(SERIES02(-1))	-2.163912	0.422648	-5.119887	0.0003	
D(SERIES02(-1),2)	0.503673	0.248940	2.023268	0.0659	
C	-0.004621	0.006769	-0.682626	0.5078	
R-squared	0.790798	Mean dependent var		0.000267	
Adjusted R-squared	0.755931	S.D. dependent var		0.052683	
S.E. of regression	0.026027	Akaike info criterion		-4.282499	
Sum squared resid	0.008129	Schwarz criterion		-4.140889	
Log likelihood	35.11874	Hannan-Quinn criter.		-4.284007	
F-statistic	22.68046	Durbin-Watson stat		2.104878	
Prob(F-statistic)	0.000084				

Джерело: розраховано авторами.

Відповідно до таблиці 2.4 результати випробувань ADF тесту показують, що вихідна послідовність ряду розривів енергоефективності стаціонарна на

поточному рівні (нульової різниці порядку, тобто $d = 0$), а ряд у рівнях має порядок інтеграції 1.

Визначення стаціонарності ряду значень розривів енергоефективності дозволяє на першому етапі прогнозування представити загальний вигляд моделі ARIMA:

$$PE_t = \alpha + \beta_1 PE_{t-1} + \dots + \beta_p PE_{t-p} + u_t + m_1 u_{t-1} + \dots + m_q u_{t-q} \quad (2.28)$$

де α – константа моделі; $\beta_1 \dots \beta_p, m_1 \dots m_q$ – параметри моделі; $u_t \dots u_{t-q}$ – білий шум моделі; p – порядок авторегресійної частини моделі; q – порядок моделі ковзної середньої; PE – обсяг розривів енергоефективності в період t .

На наступному етапі визначаються параметри p і q у моделі ARIMA за допомогою інформаційного критерію Акаїке (AIC):

$$AIC = \ln(\hat{\sigma}^2) + \frac{2(p+q+1)}{n} \quad (2.29)$$

та інформаційного критерію Шварца (BIC):

$$BIC = \ln(\hat{\sigma}^2) + \frac{(p+q+1)\ln(n)}{n} \quad (2.30)$$

де $\hat{\sigma}^2$ – очікувана дисперсія; p – порядок авторегресійної частини моделі; q – порядок моделі ковзної середньої; n – кількість спостережень.

Результати обрахованих критеріїв Акаїке та Шварца представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку параметрів p і q у моделі ARIMA за допомогою інформаційного критерію Акаїке та Шварца (розрахунки для України за 2000-2030 рр.)

Розрахункові параметри p і q моделі	LogL	AIC	BIC	HQ
(0,0)(0,0)	40.573032	-4.285892	-4.186962	-4.272251
(1,0)(0,0)	41.054573	-4.228286	-4.079891	-4.207824
(0,1)(0,0)	41.043698	-4.227078	-4.078682	-4.206616
(0,3)(0,0)	42.652155	-4.183573	-3.936247	-4.149470
(1,1)(0,0)	41.197262	-4.133029	-3.935169	-4.105747
(0,4)(0,0)	43.162345	-4.129149	-3.832359	-4.088226
(1,3)(0,0)	43.102280	-4.122476	-3.825685	-4.081552
(2,0)(0,0)	41.076485	-4.119609	-3.921749	-4.092327
(0,2)(0,0)	41.048926	-4.116547	-3.918687	-4.089265
(3,0)(0,0)	41.790808	-4.087868	-3.840542	-4.053765
(2,3)(0,0)	43.215373	-4.023930	-3.677675	-3.976186
(1,2)(0,0)	41.212073	-4.023564	-3.776238	-3.989461
(2,1)(0,0)	41.200505	-4.022278	-3.774953	-3.988176
(3,2)(0,0)	43.018708	-4.002079	-3.655823	-3.954335
(1,4)(0,0)	42.875816	-3.986202	-3.639946	-3.938458
(4,0)(0,0)	41.799128	-3.977681	-3.680890	-3.936757
(4,1)(0,0)	42.775222	-3.975025	-3.628769	-3.927281
(2,4)(0,0)	43.622536	-3.958060	-3.562339	-3.903495
(3,1)(0,0)	41.406387	-3.934043	-3.637252	-3.893120
(2,2)(0,0)	41.351126	-3.927903	-3.631112	-3.886979
(4,2)(0,0)	43.243879	-3.915987	-3.520266	-3.861422
(3,3)(0,0)	42.995674	-3.888408	-3.492687	-3.833844
(4,3)(0,0)	43.355690	-3.817299	-3.372113	-3.755914
(3,4)(0,0)	43.254160	-3.806018	-3.360832	-3.744633
(4,4)(0,0)	43.297237	-3.699693	-3.205042	-3.631487

Джерело: розраховано авторами.

Отримані значеннями параметрів p та q (у залежності від варіативності двох частин моделі: авторегресійної та ковзної середньої) дозволяють побудувати 24 сценарії прогнозованих значень рівня розривів енергоефективності. Емпіричні розрахунки за розробленим підходом здійснено для України з використанням програмного комплексу EViews10 на основі аналізу ретроспективного періоду 2002–2019 рр., інтервалом для форсайтингу обрано 2019–2030 рр. (рисунок 2.6).

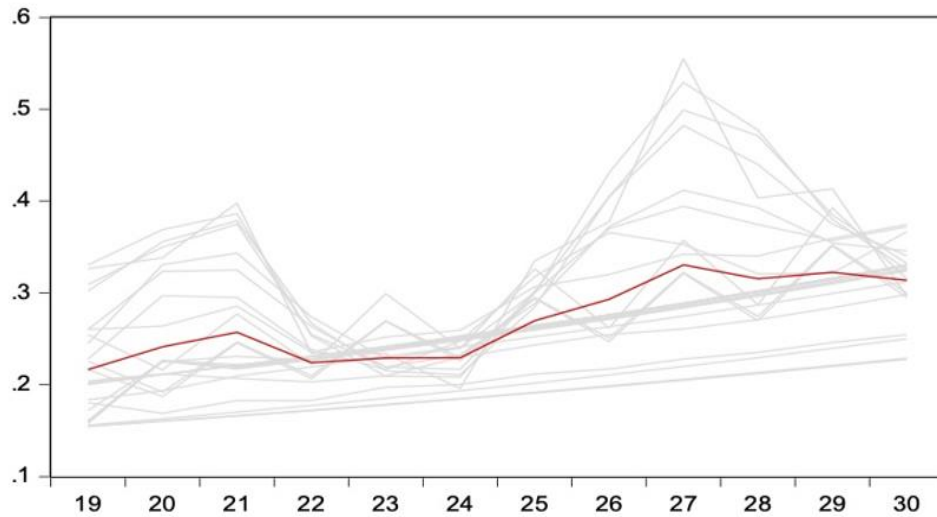


Рисунок 2.6 – Графічне зображення сценаріїв прогнозованої динаміки зміни розривів енергоефективності в Україні на 2019–2030 рр.

Джерело: сформовано авторами.

Відповідність розрахункових даних за побудованою моделлю ретроспективним трендам фактичних даних за 2002-2019 рр. (рисунок 2.7) здійснюється за критерієм абсолютної процентної похибки (AR):

$$AR = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{PE_i - \widehat{PE}_i}{PE_i} \right|, \quad (2.31)$$

де N – період дослідження; PE_i – фактичне значення розривів енергоефективності; \widehat{PE}_i – прогнозоване значення розривів енергоефективності.

Розрахунковий та прогнозований тренди динаміки розривів енергоефективності у ретроспективному періоді майже збігаються, що підтверджує високу точність побудованого прогнозу у перспективному періоді.

Так, розрахункове значення точності прогнозу за обраним сценарієм становить 5.6% що свідчить про високу точність прогнозування. При цьому відповідно до нормованих значень: $AR < 10\%$ – висока точність прогнозу; $10\% \leq AR < 50\%$ – середня точність прогнозу; $AR \geq 50\%$ – низька точність прогнозу.

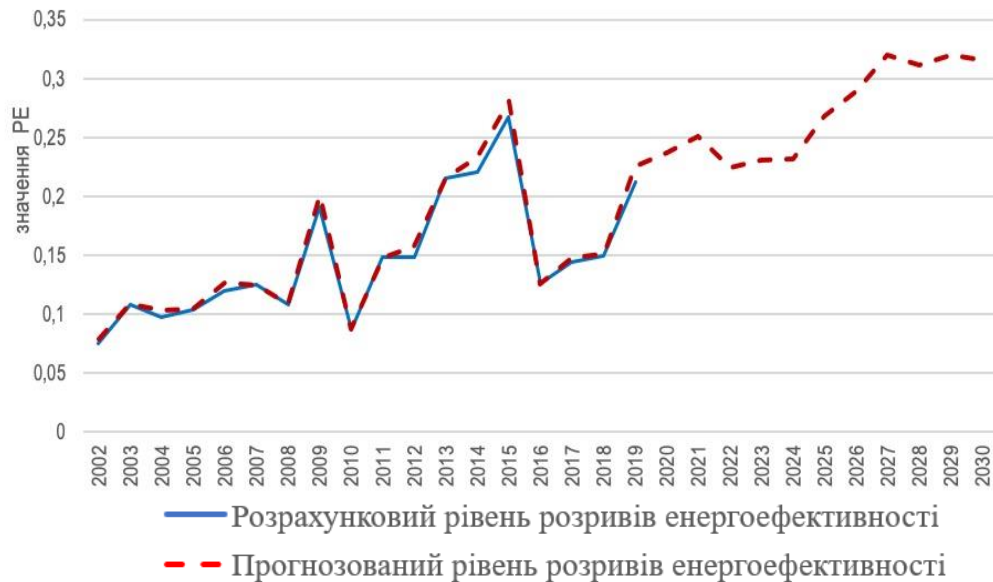


Рисунок 2.7 – Розрахунковий та прогнозований тренди динаміки розривів енергоефективності в Україні у 2002-2030 рр.

Джерело: сформовано авторами.

Опис статистик, які характеризують якість моделі (2.30), представлена в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Статистики, які характеризують якість розробленої моделі ARIMA (розрахунки для України за 2000-2030 рр.)

Параметр	Значення параметру	Стандартна похибка	t-статистика	Статистична значущість
C	-0.094020	0.006160	-15.26181	0.0000
R-squared	0.825612	Mean dependent var		-0.094020
Adjusted R-squared	0.635697	S.D. dependent var		0.026137
S.E. of regression	0.026137	Akaike info criterion		-4.397004
Sum squared resid	0.011613	Schwarz criterion		-4.347539
Log likelihood	40.57303	Hannan-Quinn criter.		-4.390183
Durbin-Watson stat		1.492162		

Джерело: сформовано авторами.

Дослідження засвідчило, що форсайт-тренд обсягів розривів енергоефективності в Україні є зростаючим – за існуючого формату державної регуляторної політики до 2030 р. вони збільшаться майже вдвічі.

Критичними біфуркаційними точками за результатами прогнозування необхідно вважати 2024 р. та 2027 р., тому таргетами державної стратегії переходу до вуглецево-нейтральної економіки запропоновано вважати:

- у 2021–2024 рр. – синхронізацію вітчизняної енергосистеми з континентальною частиною європейської системи ENTSO-E, забезпечення інтеграції ринків електро-енергії України та ЄС;

- у 2024–2027 рр. – зниження рівня енергоємності ВВП до рівня 0,14 у т н. е./тис. дол., зниження рівня імпортозалежності національної економіки на енергоресурси до 26 %;

- у 2027–2030 рр. – забезпечення зміни структури енергобалансу національної економіки у напрямку зростання питомої ваги відновлювальних джерел енергії до 32 %.

Результати прогнозів на десятирічну перспективу щодо рівня розривів енергоефективності в національній економіці країни можуть бути враховані при внесенні змін :

- до «Енергетичної стратегії України до 2035 року «Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність» № 605-р., від 18 серпня 2017 р.;

- Закону України «Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації» №327-VIII від 01.01.2019 р.;

- Закону України «Про ринок електричної енергії» № 2019-VIII від 01.08.2020 р.

З ОРГАНІЗАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНА СХЕМА ВЗАЄМОДІЇ ТА УЗГОДЖЕННЯ ІНТЕРЕСІВ СТЕЙКХОЛДЕРІВ ПРИ МІНІМІЗАЦІЇ РОЗРИВІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Системний підхід до мінімізації розривів енергоефективності передбачає застосування широкого набору інструментів для регулювання діяльності зацікавлених осіб та безпосередніх учасників проєктів. Науковою спільнотою визначено, що одним із дієвих сучасних інструментів досягнення мінімізації розривів енергоефективності повинно є розумні енергомережи. У даному контексті потребує поглиблення економіко-організаційних засад запровадження розумних енергомереж для формування в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки згідно з вимогами єдиної енергополітики Європейського Союзу. При цьому для інтенсифікації розробки проєктів, їх реалізації та масштабування на рівень національної економіки необхідно систематизувати взаємодію стейкхолдерів. З цією метою розроблено організаційно-комунікаційну схему взаємодії стейкхолдерів.

Відмінністю запропонованої схеми від наявних підходів до організації взаємодії стейкхолдерів є комплексне охоплення сукупності взаємозв'язків між зацікавленими сторонами у процесі реалізації, супроводу і підтримки, та розвитку розумних енергомереж з урахуванням етапу реалізації проєкту або стадії розвитку розумних енергомереж, а також її складових елементів, таких як:

- стратегія та регулювання,
- технології,
- організація,
- соціальні фактори
- вплив на довкілля,
- операції в мережі,
- інтеграція ланцюгів вартості,
- управління активами,

– взаємодія з клієнтами та управління знаннями (досвідом).

Такий підхід дозволяє виділити проблемні аспекти взаємодії стейкхолдерів, що стримує розвиток розумних енергомереж, а також визначити механізми регулювання відносин зацікавлених сторін у процесі розгортання розумних енергомереж. Унаслідок цього побудова схеми взаємодії стейкхолдерів, а також формування та підтримання механізмів її реалізації може розглядатися як інструмент використання прихованого потенціалу розвитку розумних енергомереж. Запропонована схема взаємодії стейкхолдерів, спрямована на узгодження їх інтересів, виявлення та усунення антагонізму у їх поведінкових патернах, руйнування бар'єрів під час взаємодії стейкхолдерів, нівелювання причин виникнення внутрішньосистемних та екстернальних конфліктів. Формування системи взаємодії стейкхолдерів на основі організаційно-комунікаційної схеми їх взаємодії дозволяє визначити та формалізувати найбільш ефективні механізми регуляторних інтервенцій для впорядкування відносин зацікавлених сторін у процесі запровадження розумних енергомереж та врахувати латентні ефекти та драйвери впровадження розумних енергомереж [35, 40]. Актуальність даного завдання підтверджується наявністю ґрунтовних наукових досліджень, спрямованих на вирішення даної проблеми [32].

Основу розробленої схеми взаємодії стейкхолдерів складає модель зрілості розумних енергомереж IBM. Вибір даної моделі обґрунтовується результатами компаративного аналізу систем оцінювання розумних енергомереж. Результати аналізу засвідчили, що модель зрілості розумних енергомереж IBM найбільш повно з наявних аналогів враховує алгоритм реалізації проєктів розумних енергомереж та деталізує не лише індикатори, які мають бути визначені на кожному етапі створення та реалізації проєкту розумних енергомереж, а також описує процеси, які відбуваються впродовж кожного етапу. Для більш повного врахування взаємодії стейкхолдерів у рамках створення та реалізації проєктів розумних енергомереж у даній роботі було модифіковано модель зрілості розумних енергомереж IBM шляхом включення до неї додаткових процесів, які не передбачені оригінальною моделлю, яка була розроблена спеціалістами IBM

в кооперації з іншими компаніями, зацікавленими у розбудові розумних енергомереж.

Аналогічно до оригінальної моделі зрілості розумних енергомереж IBM пропонується модель, покладена в основу розроблення схеми взаємодії стейкхолдерів передбачає наступні рівні реалізації проєктів розумних енергомереж:

- підготовчий рівень (рівень 0);
- дослідження (рівень 1);
- інвестування (рівень 2);
- інтеграція (рівень 3);
- оптимізація (рівень 4);
- інноваційність (рівень 5).

Перелік операцій (процесів, цілей та результатів) відповідно до модифікації моделі зрілості розумних енергомереж IBM показано в таблицях 3.1-3.5.

Сукупність операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж на нульовому та першому етапах реалізації проєкту розумних енергомереж показано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж нульового та першого рівня

Процеси/цілі/результати	Код	Процеси/цілі/результати	Код
1	2	3	4
Формування бачення розумних енергомереж	A	Підтримка експериментів	B
Випробування нових технічних та комунікаційних пристроїв і технологій	2Y	Дослідження відключення та розподілу витрат, пов'язаних з автоматизацією підстанцій; безпека та фізична безпека	2Z
Проведення неформальної дискусії з регуляторними органами	C	Побудова бізнес-кейсу на функціональному рівні	3A
Оцінювання ефективності проєкту	4H	Сформульована потреба у змінах: прагнення керівника до змін	O

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Проведення аналізу вартості для нових систем та вивчення оперативної пам'яті (віддалений моніторинг активів)	3G	Вивчення упереджувального / прогнозного обслуговування активів та дослідження за допомогою просторового уявлення про активи	3H
Сформульована потреба у змінах: культура окремих ініціатив та досліджень	P	Дослідження можливості зміни досвіду споживачів за допомогою розумних енергомереж та широкої сегментації споживачів	3M
Сформульована потреба у змінах: зростання рівня знань	Q	Розроблення процесів оцінювання технологій розумних енергомереж	2A
Вивчення стратегічної ІТ-архітектури розумних енергомереж	Y	Розроблення стратегії диверсифікації портфеля ресурсів	3W
Вивчення стратегічної ІТ-архітектури розумних енергомереж	Y	Розроблення стратегії диверсифікації портфеля ресурсів	3W
Визначення ступеня використання технологій для поліпшення функціональних показників	Z	Програма відновлюваних джерел енергії	2N
Відповідність екологічним нормам	2M	Визначення активів та програм у ланцюжку вартості	3V
Фінансування з наявного бюджету	D		

Сукупність операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж на другому етапі (рівні) реалізації проєкту показано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Перелік операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж другого рівня

Процеси/цілі/результати	Код	Процеси/цілі/результати	Код
1	2	3	4
Затвердження стратегії або схвалення бізнес-плану	E	Узгодження фінансування проєкту розумних енергомереж у межах бюджету	G
Узгодження інвестування з візією проєкту	F	Підключення пілотних проєктів інформаційної безпеки	2D

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
Оцінювання продуктивності та компенсації для розумних енергомереж	S	Моделювання надійності для стимулювання інвестицій, спрямованих на вдосконалення	3O
Стратегічне планування робочої сили	3I	Пілотне розгортання систем розумного вимірювання	3N
Поточне інвестування в ІТ, узгоджене зі стратегічною ІТ-архітектурою	2B	Ознайомлення споживачів із програмами віддаленого контролю енергоспоживання	3X
Спільне архітектурне бачення та відповідність стандартам	2C	Повторне визначення ланцюжка створення вартості всієї системи	3Y
Початковий розподіл серед проектів автоматизації підстанцій	3B	Розроблення підходів до впровадження GIS та RAM	4I
Створені програми енергоефективності для споживачів	2O	Початкове інвестування для підтримки використання диверсифікованого портфеля ресурсів	3Z
Організація більшої кількості наскрізних процесів та команд для планування та проектування ініціатив розумних енергомереж	R		

Сукупність операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж на третьому етапі (рівні) реалізації проекту розумних енергомереж показано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Перелік операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж третього рівня

Процеси/цілі/результати	Код	Процеси/цілі/результати	Код
1	2	3	4
Інтеграція стратегії розумних енергомереж до корпоративної	H	Організація вибору матричної або багатоваріантної структури	T
Розгорнута модель управління розумних енергомереж	I	Новий процес визначається завдяки підвищенню автоматизації та спостережливості	3D

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
Узгодження з регулятором інвестування в розумних енергомереж та їх впровадження	J	Ефективність компонентів та аналіз тенденцій	3J
Розширення корпоративної стратегії задля використання нових послуг або пропозицій, що підтримують розумних енергомереж	K	Обмін даними між функціями / системами та впровадження аналітики управління для підтримки рішень та системних розрахунків	3C
Культура співпраці та інтеграції	U	Високий ступінь сегментації клієнтів та загальний досвід клієнтів	3P
Узгодження бізнес-процесів розумних енергомереж з ІТ-архітектурою	2E	Виявлення перебоїв на підстанції	3Q
Спільна архітектура	2F	Нові інтерактивні товари / послуги	3R
Впровадження технології розумних енергомереж для підвищення продуктивності	2G	Інтегроване планування ресурсів, що містить нові цільові ресурси та технології	4A
Сегментована та спеціальна інформація для клієнтів – включаючи екологічні та соціальні вигоди	2PE	Забезпечення відкритості інформації про ринок та споживання для використання системами енергоспоживання у споживання	4B
Програми для заохочення непікового енергоспоживання	2Q	Доступність нових ресурсів	4C
Формування збалансованої системи показників	4J	Залучення клієнтів до розподілу навантаження	4L
Розроблення СВМ, інтеграція RAM	4K		

Сукупність операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж на четвертому етапі (рівні) реалізації проєкту розумних енергомереж показано в таблиці 3.4.

Операції п'ятого етапу реалізації проєктів розумних енергомереж відповідно до модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж показано в таблиці 3.5.

Кожній операції у рамках розбудови розумних енергомереж було присвоєно код, використовуючи літери англійського алфавіту. Також зазначено рівень, до якого дані операції належать.

Таблиця 3.4 – Перелік операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж четвертого рівня

Процеси/цілі/результати	Код	Процеси/цілі/результати	Код
Інтеграція в процеси підприємства	3E	Співпраця із зовнішніми зацікавленими сторонами/стейкхолдерами	2R
Управління стратегією та вплив на корпоративні цілі	L	Екологічні інвестиції (узгоджені зі стратегією розумних енергомереж)	2S
Участь зовнішніх зацікавлених сторін /стейкхолдерів у формуванні стратегії	M	Environmental scorecard/reporting Екологічна система показників / звітність	2T
Процеси значної реструктуризації	W	Програми послаблення пікового навантаження	2U
Ефективне управління запасами з використанням стану реальних активів та моделювання	3K	Масштабування розподіленої енергогенерації	2V
Організаційна підтримка стейкхолдерів через повноцінне спостереження за мережею	V	Реалізація та розподіл доходу від додаткових послуг	4D
Аналіз використання в рамках цінних програм	3S	Системи поточного аналізу подій – складна обробка подій, моніторинг та контроль	2I
Підприємницькі бізнес-процеси, оптимізовані за допомогою стратегічної ІТ-архітектури	2H	Прогнозне моделювання та моделювання майже в реальному часі	2J
Тарифоутворення на основі розумних енергомереж - аналітики	4M	Впровадження безпеки на рівні підприємства	2K
Оптимізаційне моделювання розширення та моделювання розумних енергомереж	4E	Формування умов інтеграції до мереж вищого рівня	4N

Таблиця 3.5 – Перелік операцій модифікованої моделі зрілості розумних енергомереж п'ятого рівня

Процеси/цілі/результати	Код	Процеси/цілі/результати	Код
Автономні обчислення, машинне навчання	2L	Спеціальна аналітика та поради клієнтам	2W
Програми мобільності та CO2	3U	Управління розподіленою генерацією	2X
Оптимізація регуляторної політики	N	Випробування нових технічних та комунікаційних пристроїв і технологій	2Y
Залчення стейкхолдерів до всіх аспектів трансформованого бізнесу	X	Використання мережею можливостей самовідновлення (оптмізована структура тарифів / політика регулювання)	3F
Управління споживачами від їхнього кінцевого рівня постачання та використання енергії	3T	Оптимізація використання активів між учасниками ланцюга поставок та між ними	3L
Формування загальної стратегії розширення	4O	Підтримка нових підприємств за рахунок організаційних змін	4P
Узгоджене управління енергією та виробництвом по всьому ланцюжку поставок та координований контроль над усіма енергетичними активами	4F	Доступні засоби правого захисту ринкових можливостей (наприклад, встановлення граничних цін)	4G
Оптимізація використання активів учасниками ланцюга постачання	4Q		

На основі визначених задач, які мають бути реалізовані для створення розумних енергомереж, визначено перелік стейкхолдерів (таблиця 3.6).

Кожному стейкхолдеру присвоєно цифровий код. Поєднання кодів операцій та стейкхолдерів дає змогу прослідкувати, у якій операції на якому етапі проекту задіяний кожен стейкхолдер. Так, A1 означає, що стейкхолдер з кодом один задіяний у процесі A; 2A3 означає, що стейкхолдер 3 задіяний у процесі 2A.

Таблиця 3.6 – Перелік стейкхолдерів розумних енергомереж

Стейкхолдери	Код
Ініціатор проєкту	1
Органи державної влади (уряд)	2
Місцева влада (місцеве самоврядування)	3
Міжнародні інституції	4
Виконавець проєкту	5
Громадські, неурядові організації, в тому числі міжнародні	6
Науково-дослідні установи	7
Проектні організації	8
Фінансово-кредитні організації	9
Регулятор ринку	10
Замовник проєкту	11
Енерговиробники	12
Оператори оптового ринку	13
Енегопостачальники	14
Роздрібні енергетичні сервісні компанії (РЕСК)	15
Розподільчі компанії	16
Кінцеві користувачі: промислові, комерційні, домогосподарства	17
Підтримуючі організації: постачальники продуктів та послуг	18
Акціонери	19
Територіальна громада, населення	20

Результати структурування взаємодії стейкхолдерів відповідно до процесів, у яких вони задіяні, показано у таблицях 3.7-3.8. Перелік стейкхолдерів може варіюватися залежно від особливостей проєкту. Це справедливо також стосовно операцій з розбудови розумних енергомереж, однак схемою взаємодії стейкхолдерів передбачено найбільш універсальні процеси, які типові для переважної більшості проєктів розумних енергомереж.

Таблиця 3.7 – Процеси взаємодії стейкхолдерів на передінтеграційних етапах створення розумних енергомереж

	Рівень моделі зрілості	Стратегічне управління та регулювання	Організація та структура	Технологія	Соціально-екологічна складова	Операції в мережі	Управління активами та персоналом	Взаємодія зі споживачами	Інтеграція ланцюгів вартості
2	Функціональне інвестування	E1*, E5, E9, E11, F2, F3, F4*, F5, F8, F9, F11, G9, G5, G11	R5, R8, R11, S2, S5, S11,	2B9, 2B11, 2C10-17, 2D5, 2D11, 3Z5, 3Z7-8, 3Z11-18	2O11, 2O17, 2O18	3B5, 3B9, 3B10, 3B11, 3B18	3I5, 3I8, 3I11, 3I18	3N5, 3N8, 3N11, 3N17, 3N18, 3O5, 3O7-9, 3O11	3X5, 3X7, 3X8, 3X11, 3X17, 3X18, 3Y5, 3Y7, 3Y11
1	Дослідження та ініціація	A2, A3, A4*, A6, A7, B1*, B5, B7, B8, B11, C1, C2, C3, C5, C8, C10, C11, D1, D5, D8, D9, D11	O2, O3, O4*, O10, P6-8, P11, P17, Q7, Q8, Q11	Y7, Y18, Z7, 2A5, 2A7, 2A11, 2A18	2M2, 2M3, 2M6, 2M7, 2M17, 2M19, 2M20, 2N11, 2N17, 2N18, 3Y1, 3Y2*, 3Y3*, 3Y7, 3Y11, 3Y17	2Y5, 2Y7, 2Y11, 2Y18, 2Z5, 2Z7, 2Z11, 2Z18, 3A5, 3A11	3G5, 3G7-9, 3G11, 3H5, 3H7-9, 3H11	3M6-8, 3M11, 3M17	3V5, 3V6*, 3V7-9, 3V11-17, 3V20*, 3W7, 3W9, 3W11, 3Z9, 3Z11
0	Базовий (нульовий рівень)	A2, A3, A4*, A6, A7							

У зв'язку з тим, що до матриці взаємодії стейкхолдерів було включено значну кількість процесів, що відбуваються на різних етапах реалізації проектів підвищення енергоефективності та модернізації енергетичного господарства шляхом впровадження розумних та екологічно безпечних енергетичних технологій, було ідентифіковано процеси, що мають найбільший вплив на здійснення проектів, тобто є найбільш релевантними.

Таблиця 3.8 – Процеси взаємодії стейкхолдерів на інтеграційних та оптимізаційних етапах створення розумних енергомереж

	Рівень моделі зрілості	Рівень моделі зрілості	Стратегічне управління та регулювання	Організація та структура	Технологія	Соціально-екологічна складова	Операції в мережі	Управління активами та персоналом	Взаємодія зі споживачами
5	Інновації нової хвилі	N2, N10, N11, N12-16, 4O11, 4O19, 4P2-3, 4P4*, 4P10	X1-4, X6-19	2L7, 2L11-18	2W11, 2W17, 2W18, 2X10, 2X11, 2X12-18	3F2, 3F10, 3F11, 3F18	3L11, 3L10-18	3T11-17, 3U2, 3U4*, 3U6, 3U10, 3U11, 3U17, 3U18	4F9-18, 4G3, 4G10-17, 4Q11-16
4	Широка оптимізація	L11, M2*, M3, M4*, M6*, M7-10, M12-19,	V2, V3, V4*, V6*, V9, V11-19, W11	2H11, 2I11-18, 2J7, 2J11, 2K7, 2K18	2R2, 2R3, 2R4*, 2R6-18, 2S2, 2S3, 2S4, 2S9, 2S11, 2T2, 2T3, 2T4*, T6, 2T10, 2T19, 2U11-17, 2V11-12, 2V14-17	3E11	3K11, 3K17, 3K18	3S11-18, 4D2, 4D3, 4D10-17	4D10-17, 4E9, 4E11, 4E18-19, 4N10, 4N11
3	Крос-функціональна інтеграція	H5, H11, I11, J10, K12-18	T11, U2, U3, U4*, U6*, U7-19	2E5, 2E11, 2E18, 2F5, 2F11-18, 2G5, 2G11	2P4*, 2P6, 2P11, 2P17, 2Q11, 2Q17, 2Q18	3C5, 3C11-18, 3D11, 3D18	3J5, 3J7, 3J8, 3J11, 4B5, 4B11	3P11, 3P17, 3Q5, 3Q11-16, 3R11, 3R18, 4C10-11, 4C17	4A11, 4A18, 4B11-17, 4C11, 4C17, 4C18

До найбільш релевантних процесів було віднесено такі:

I етап:

- розроблення бачення розумних енергомереж;
- розроблення стратегічної IT-інфраструктури для розумних енергомереж;
- оцінювання корисності проєкту;
- тестування пристроїв та технологій;
- формування ланцюгів цінності.

II етап:

- розроблення бізнес-плану;
- узгодження інвестицій з баченням формування бюджету;
- затвердження концепції та формування команди проєкту;
- розроблення підходів до впровадження GIS та RAM;
- пілотні бізнес-процеси, тактичні інвестиції і IT-інфраструктуру;
- тестування технологій взаємодії з клієнтами.

III етап:

– інтеграція розумних енергомереж -стратегії та бізнесу до корпоративної стратегії;

- досягнення консенсусу з регуляторами;
- формування збалансованої системи показників розумних енергомереж;
- узгодження розумних енергомереж бізнес-процесів з IT-інфраструктурою;

– розроблення CBM, інтеграція RAM;

– залучення клієнтів до підтримки DR.

IV етап:

- залучення до реалізації RE зовнішніх стейкхолдерів;
- оптимізація бізнес-процесів через IT-інфраструктуру;
- початок масштабування розподіленої енергогенерації;
- тарифоутворення на основі розумних енергомереж-аналітики;
- моделювання та оптимізація розширення портфелю;
- формування передумов інтеграції до мережі вищого рівня.

V етап:

- формування загальної стратегії розширення на основі SG;
- підтримка нових підприємств (бізнес-проектів) за рахунок організаційних змін;
- оптимізована регуляторна політика;
- оптимізація використання активів учасниками ланцюга постачання.

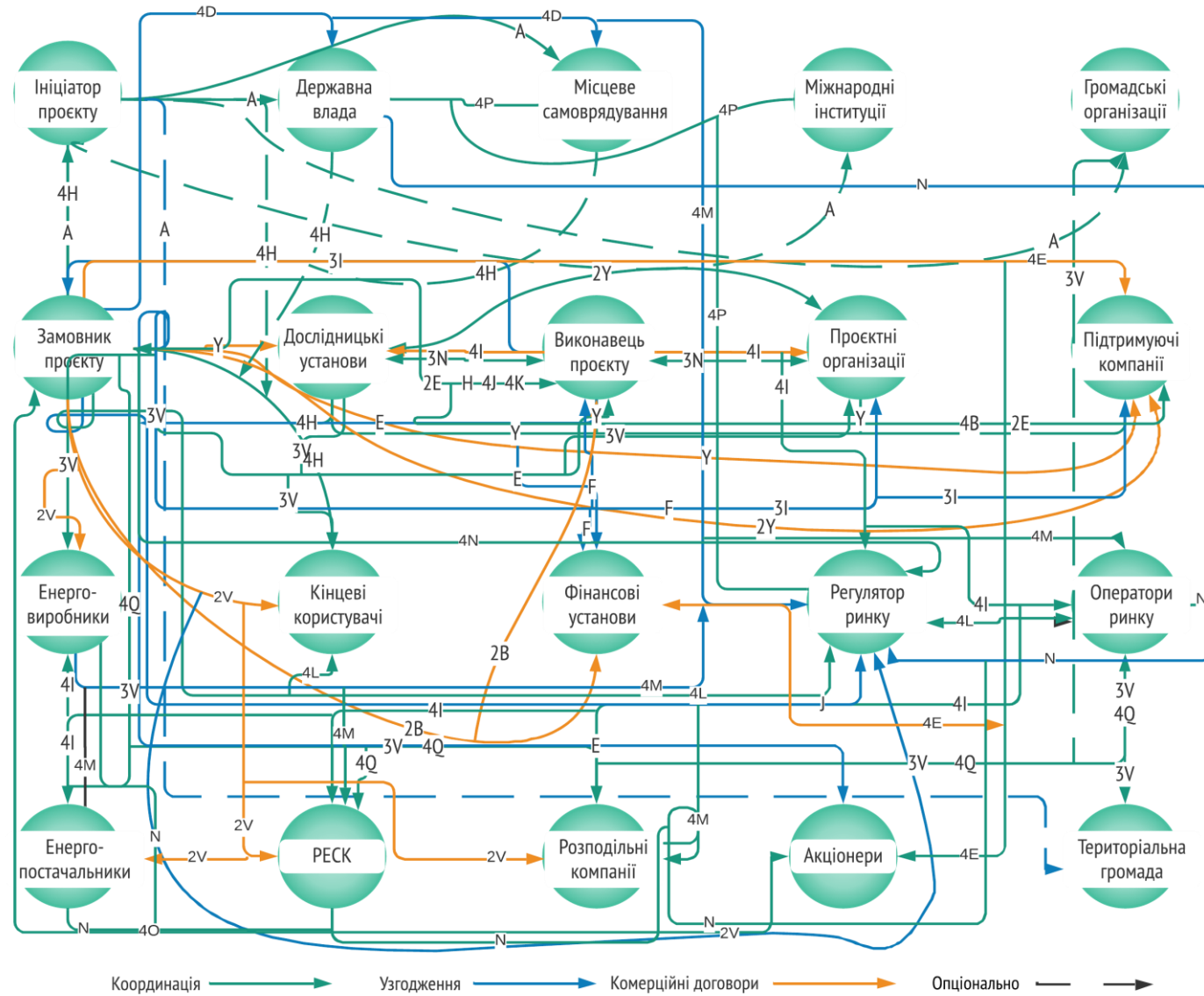
Для визначених процесів побудовано організаційно-комунікаційну схему взаємодії стейкхолдерів у здійсненні проектів розумних енергомереж, яку показано на рис. 3.6.

Відповідно до рис. 3.6 процес розбудови розумних енергомереж передбачає залучення значної кількості зацікавлених сторін на кожному з етапів реалізації проекту. При цьому деякі стейкхолдери задіяні у значній кількості процесів на декількох етапах. У той же час, інші виконують обмежену роль з позиції активності та неперервності взаємодії з іншими учасниками процесу.

Організаційно-комунікаційна схема взаємодії стейкхолдерів у процесах розбудови розумних енергомереж дозволяє ідентифікувати стейкхолдерів, задіяних на кожному етапі та в кожному процесі розбудови розумних енергомереж.

Організаційно-комунікаційна схема участі стейкхолдерів у процесах розбудови розумних енергомереж дозволяє сформувати механізми регулювання їх взаємодії. Серед механізмів, які потребують подальшої деталізації, у організаційній схемі взаємодії стейкхолдерів виділено такі:

Координація – узгоджена діяльність щодо реалізації окремих процесів розбудови розумних енергомереж або виконання проекту в цілому. У даному випадку координація передбачає добровільну не регламентовану нормативними та правовими актами, а також іншими видами документації, які є обов'язковими до виконання, діяльність. Отже, передбачає широкий спектр способів взаємодії стейкхолдерів. Вибір оптимальної форми взаємодії важливий у даному випадку, адже дозволяє розробити механізми управління перебігом процесів розбудови розумних енергомереж.



Процеси запровадження РЕ: А – формування бачення РЕ; 4Н – оцінювання ефективності проєкту; 3V – визначення активів та програм у ланцюжку вартості; 2V – масштабування розподіленої енергогенерації; 3I – стратегічне планування робочої сили; 4M – тарифоутворення; N – оптимізація регуляторної політики; 4Q – оптимізація використання активів учасниками ланцюга постачання; 4O – формування загальної стратегії розширення; 4D – реалізація та розподіл доходу від додаткових послуг; Y – вивчення стратегічної ІТ-інфраструктури РЕ; 4I – розроблення підходів до впровадження GIS та RAM; 4L – залучення клієнтів розподілу навантаження; 3N – пільотне розгортання систем розумного вимірювання; 4N – формування умов інтеграції до мереж вищого рівня; 2E – узгодження бізнес-процесів РЕ з ІТ-інфраструктурою; E – затвердження стратегії або схвалення бізнес-плану; 2B – тактичні інвестиції в ІТ узгоджені зі стратегічною ІТ-архітектурою; 4P – підтримання нових підприємств за рахунок організаційних змін; H – інтеграція стратегії РЕ до корпоративної; 4J – формування збалансованої системи показників; 4K – CBM, інтеграція RAM; F – узгодження інвестування з візією проєкту; 2Y – випробування нових технічних та комунікаційних пристроїв і технологій; J – узгодження з регулятором інвестування в РЕ та їх впровадження; 4B – забезпечення відкритості інформації про ринок та споживання для використання системами енергоспоживачів; 4E – оптимізаційне моделювання розширення та диверсифікації РЕ.

Рисунок 3.6 – Організаційно-комунікаційна схема взаємодії стейкхолдерів (фрагмент)

Значна частка потенціалу для сприяння модернізації ЕСЕ на основі розгортання розумних енергомереж, яка не потребує значних фінансових ресурсів з огляду на її організаційну природу, зосереджена саме у аспекті координації дій стейкхолдерів. Узгодження – різновид координації, який регламентується нормативно-правовими актами та передбачає обов'язковість певних дій. Комерційні договори – у даному випадку усі форми взаємодії стейкхолдерів на комерційній основі.

Процеси, марковані на рис. 3.6 пунктиром, є обов'язковими лише для окремих категорій проєктів. Значна частка потенціалу для сприяння модернізації ЕСЕ на основі розгортання розумних енергомереж, яка не потребує значних фінансових ресурсів з огляду на її організаційну природу, зосереджена саме у аспекті координації дій стейкхолдерів. З візуалізації на рис. 3.6 можна простежити, що такі стейкхолдери, як: органи влади, виконавець проєкту, фінансові та кредитні організації, регулятор ринку, замовник або замовники проєкту, енергогенеруючі, транспортуючі та розподільні компанії, підтримуючі організації та підприємства (постачальники товарів та послуг), а також кінцеві споживачі енергетичних ресурсів, – є активними учасниками процесу розбудови розумних енергомереж та виконують значну кількість функцій у процесі розроблення реалізації та супроводу проєктів розумних енергомереж. Укрупнення схеми участі стейкхолдерів у розбудові розумних енергомереж дозволяє визначити ключових стейкхолдерів та найбільш релевантні процеси, що важливо для досягнення якісних наукових результатів для виявлення взаємозв'язків та взаємозалежностей у складній системі організації, супроводу та підтримки процесів трансформації енергетичної системи на основі впровадження інтелектуальних технологій. Розроблена організаційно-комунікаційна схема взаємодії стейкхолдерів дозволяє удосконалити механізми їх взаємодії під час реалізації проєктів розумних енергомереж на кожному етапі: від ініціації ідеї, розроблення проєктної документації до реалізації та супроводу функціонуючої розумних енергомереж. Організаційно-комунікаційна схема може бути використана як інструмент реалізації заходів, передбачених дорожньою картою розвитку розумних енергомереж.

ВИСНОВКИ

Узагальнено основні типи соціо-еколого-економічних конфліктів при реформуванні екологічної політики, що обумовлюють появу розривів енергоефективності у національній економіці.

Розроблено методичний інструментарій оцінювання розривів енергоефективності у національній економіці, що базується на використанні стохастичного фронтального аналізу та функції енерговідстані Шепарда, враховує випадковий характер ендегенних детермінант розривів енергоефективності, а також їх причинно-наслідковий зв'язок із рівнями глобалізації, відкритості національної економіки та урбанізації як екзогенними детермінантами. Це дозволило дослідити ретроспективну динаміку зміни рівня розривів енергоефективності в Україні, визначити критичні біфуркаційні точки, оцінити результативність вжитих державою заходів щодо мінімізації розривів енергоефективності.

Сформовано інструментарій для прогнозування обсягу розривів енергоефективності у національній економіці, здійснено на засадах методології Бокса – Дженкінса з використанням авторегресійного інтегрованого моделювання ARIMA та дозволило визначити таргети державної стратегії переходу до вуглецево-нейтральної економіки.

Розроблено організаційно-комунікаційну схему взаємодії та узгодження інтересів стейкхолдерів, яка базується на модифікації моделі зрілості розумних енергомереж, враховує ключові параметри й стратегії їх розвитку, стадію реалізації проєкту, систему техніко-технологічних обмежень, соціальні та екологічні фактори.

Результати дослідження опубліковано у працях [1–3; 7; 8; 13; 16; 17; 19; 22–25; 27; 48; 50–59; 66; 70; 77].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вакуленко І. А. Окремі питання розбудови розумних енергомереж: система оцінювання DOE. Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія «Економіка і управління». 2020. № 2. С. 51-56.
2. Вакуленко І. А. Порівняльний огляд систем оцінювання розумних енергомереж: економічний аспект. Галицький економічний вісник. 2020. Том 64, № 3. С. 128-136.
3. Вакуленко І. А., Сагер Л. Ю. Комунікація між стейкхолдерами як складова розбудови розумних енергомереж. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я MicroCAD-2020 : XXVII Міжнар. наук.-практ. Конф, м. Харків, 13–15 травня 2020 р. С. 52
4. Комеліна О. В., Болдирєва Л. М. Проблеми і перспективні напрями розвитку відновлюваної енергетики. Енергоефективність та відновлювальна енергетика в Україні: проблеми управління : кол. моногр. Суми : Універ. книга, 2019. С. 59-72.
5. Леонов С. В., Васильєва Т. А., Буряк А. В. Ефективність банківського бізнесу в Україні: стохастичний фронтірний аналіз. Вісник Національного банку України. 2013. № 6. С. 19-25.
6. Маляренко О. Є., Майстренко Н. Ю., Станиціна В. В., Богославська О. Ю. Удосконалений комплексний метод прогнозування енергоспоживання на довгострокову перспективу. Енергетика. 2019. 53.
7. Павлик В. В. Детермінанти мінімізації розривів енергоефективності у національній економіці : дисертація ... канд. екон. наук, спец.: 08.00.03 – економіка та управління національним господарством. Суми: СумДУ, 2020. 221 с.
8. Росохата А. С., Сагер Л. Ю. Окремі питання економічної безпеки: дослідження впливу змін у міграційних процесах на економічний та інноваційний розвиток країн. Вісник СумДУ. 2020. №1. С. 62-74.
9. Семяновський В. М., Товмаченко Н. М., Клименко К. В. Використання метода Брауна для прогнозування розвитку біоенергетичної галузі України. Нові джерела та методи поширення даних у статистиці: матеріали XVII Міжнародної

науково-практичної конференції з нагоди Дня працівників статистики. Київ: «Інформаційно-аналітичне агентство», 2019. С. 194-199.

10. Семяновський В. М., Товмаченко Н. М., Клименко К. В. Використання метода Брауна для України. Нові джерела та методи поширення даних у статистиці: матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди Дня працівників статистики. Київ: «Інформаційно-аналітичне агентство», 2019. С.194-199.

11. Устенко С. В., Шараєвський Д. В. Ефективність посередництва комерційних банків в Україні: порівняльний аналіз банків з іноземним та українським капіталом. Економічний часопис-XXI. 2011. № 9-10. С. 69-72.

12. Шараєвський Д. В. Інформаційно-аналітична система оцінювання ефективності діяльності комерційних банків. Ефективна економіка, 2011. №12. С. 1-5. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/efek_2011_12_37.pdf

13. Akhundova N., Pimonenko T., Us Y. Sustainable growth and country green brand: visualization and analysis of mapping knowledge. Economic and Social Development: Book of Proceedings. 2020. P. 234-243.

14. Ayres R. U., van den Bergh J. C. J. M., Lindenberger D. Warr B. The underestimated contribution of energy to economic growth. Structural Change and Economic Dynamics. 2013. №27. P. 79-88. doi:10.1016/j.strueco.2013.07.004

15. Bataille C., Melton N. Energy efficiency and economic growth: A retrospective CGE analysis for Canada from 2002 to 2012. Energy Economics. 2017. №64. P. 118-130. doi:10.1016/j.eneco.2017.03.008

16. Bilan Y., Mishchuk H., Roshchuk I., Joshi O. Hiring and retaining skilled employees in SMEs: problems in human resource practices and links with organizational success. Business: Theory and Practice. 2020. №21(2). P. 780-791. <https://doi.org/10.3846/btp.2020.12750>

17. Bilan Y., Pimonenko T., Starchenko L. Sustainable business models for innovation and success: bibliometric analysis. In: E3S Web of Conferences. EDP Sciences,. 2020. p. 04037.

18. Bilan Y., Streimikiene D., Vasylieva T., Lyulyov O., Pimonenko T., Pavlyk, A. Linking between renewable energy, CO2 emissions, and economic growth: Challenges for candidates and potential candidates for the EU membership. *Sustainability (Switzerland)*. 2019. №11(6). doi:10.3390/su11061528
19. Bilan Y., Tiutiunyk I., Lyeonov S., Vasylieva T. Shadow economy and economic development: A panel cointegration and causality analysis. *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies*. 2020. №13(2). P. 173-193. doi:10.1504/IJEPEE.2020.107929
20. Bilan Y., Vasilyeva T., Lyeonov S., Bagmet K. Institutional complementarity for social and economic development. *Business: Theory and Practice*. 2019. №20. P. 103-115. doi:10.3846/BTP.2019.10
21. Bilan Y., Vasilyeva T., Lyulyov O., Pimonenko T. EU vector of Ukraine development: linking between macroeconomic stability and social progress. *International Journal of Business & Society*. 2019. №20(2).
22. Chygryn O., Bilan Y., Kwilinski A. Stakeholders of Green Competitiveness: Innovative Approaches for Creating Communicative System. *Marketing and Management of Innovations*. 2020. №3. P.358-370. <https://doi.org/10.21272/mmi.2020.3-26>
23. Chygryn O., Lyulyov O. Pimonenko T., Kostornova S. Green competitiveness: Ukraine's business sector in the worldwide trends framework. *Galician economic journal (Tern.)*. 2020. №63(2). P. 223-230. https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.02.223
24. Chygryn O., Lyulyov O., Khanlarov, E. Marketing and management strategies for enhancing green competitiveness. 55th International Scientific Conference on Economic and Social Development. Baku, Azerbaijan. 2020. 884-893
25. Chygryn O., Lyulyov O., Kostornova S. Green production and green competitiveness: linking between categories. III International Science Conference SER. September, 17-19, 2020 Igalo (Montenegro). 2020. P. 71.
26. Chygryn O., Pimonenko T., Lyulyov O., Goncharova A. Green bonds like the incentive instrument for cleaner production at the government and corporate levels:

Experience from EU to Ukraine. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. №9(7). P. 1443-1456. doi:10.14505/jemt.v9.7(31).09

27. Chygryn O.Y., Zdoima A. Green competitiveness: assessment of modern trends. *Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції студентів та молодих вчених імені професора Балацького О. Ф. «Економічні проблеми сталого розвитку» / за заг. ред.: Т. А. Васильєвої, О. В. Шкарупи. – Суми : Сумський державний університет, 2020*

28. Cole M. A. Does trade liberalization increase national energy use?. *Economics Letters*. 2006. №92(1). P. 108-112.

29. Costantini V., Martini C. The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. *Energy Economics*. 2010. №32(3). P. 591–603. doi:10.1016/j.eneco.2009.09.013

30. Eurostat. [Online] <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> [Accessed: 2020-05-20]

31. Gerarden T. D., Newell R. G., Stavins R. N., Stowe R. C. An assessment of the energy-efficiency gap and its implications for climate-change policy (No. w20905). National Bureau of Economic Research. 2015.

32. Hilorme T., Nazarenko I., Okulicz-Kozaryn W., Getman O., Drobyazko S. Innovative model of economic behavior of agents in the sphere of energy conservation. *Academy of Entrepreneurship Journal*. 2018. 9. 1. P. 1–7.

33. Honma S., Hu J. L. A meta-stochastic frontier analysis for energy efficiency of regions in Japan. *Journal of Economic Structures* 2018. №1. P. 21.

34. IEA Atlas of Energy. [Online] <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/1378539487> [Accessed: 2020-05-15]

35. Kester J. Conducting a smarter grid: Reflecting on the power and security behind smart grids with Foucault. *Smart Grids from a Global Perspective*, 2016. P.197–213. URL: https://www.researchgate.net/publication/314931978_Conducting_a_Smarter_Grid_Reflecting_on_the_Power_and_Security_Behind_Smart_Grids_with_Foucault

36. Kostrzewski M., Kostrzewska J. Probabilistic electricity price forecasting with Bayesian stochastic volatility models. *Energy Economics*. 2019. №80. P. 610-620.
37. Krukov Yu., Chernyagin D.. An Arima model for forecasting a values of network traffic. *Journal of Information Technologies and Computing Systems*. 2011. №2. P. 41-49
38. Li K., Fang L., He L. How urbanization affects China's energy efficiency : a spatial econometric analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2018. №200. P. 1130–1141. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.234>.
39. Li K., Lin B. Metafroniter energy efficiency with CO 2 emissions and its convergence analysis for China. *Energy Economics*. 2015. №48. P. 230–241.
40. Lieonov S., Pavlyk A. Collaboration drivers on renewable energy. *European energy collaboration: modern smart specialization strategies : monograph / edited by Vasilyeva T. A., Kolosok S. I. Szczecin: Centre of Sociological Research, 2019. 172 p.*
41. Lindberg K. B., Seljom P., Madsen H., Fischer D., Korpås M. Long-term electricity load forecasting: Current and future trends. *Utilities Policy*. 2019. №58. P. 102-119
42. Lyeonov S., Pimonenko T., Bilan Y., Štreimikiene D., Mentel G. Assessment of green investments' impact on sustainable development: Linking gross domestic product per capita, greenhouse gas emissions and renewable energy. *Energies*. 2019. №12(20). doi:10.3390/en12203891
43. Ma L., Hu Ch., Lin R., Han. Y.. ARIMA model forecast based on EViews software. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Scienc*. 2018. doi:10.1088/1755-1315/208/1/012017
44. Markandya A., Pedroso-galinato S., Streimikiene D. Energy intensity in transition economies: is there convergence towards the EU average? *Energy Economy*. 2006. №28. P. 121–145.
45. Mishra, V., Smyth, R., Sharma, S. (2009). The energy-GDP nexus: evidence from a panel of pacific island countries. *Resourses Energy Economy*. 2009. №31. P. 210–220.

46. Miśkiewicz R.. The importance of knowledge transfer on the energy market. *Polityka Energetyczna*. 2018. №21(2). P. 49-62. <http://dx.doi.org/10.24425%2F122774>
47. Modis T. Forecasting energy needs with logistics. *Technological Forecasting and Social Change*. 2019. №139. P. 135-143.
48. Omran E.A.M., Bilan Y. The Impact of Fiscal Policy on the Unemployment Rate in Egypt. *Montenegrin Journal of Economics*. 2020. №16(4). P. 199-209
49. Parikh J., Shukla V. Urbanization, energy use and greenhouse effects in economic development — results from a crossnational study of developing countries. *Glob. Environ. Chang.* 1995. №5. P. 87–103.
50. Pavlyk V. Assessment of green investment impact on the energy efficiency gap of the national economy. *Financial Markets, Institutions and Risks*. 2020. № 4 (1). P. 117–123
51. Pavlyk V. Institutional determinants of assessing energy efficiency gaps in the national economy. *SocioEconomic Challenges*. 2020. № 4 (1). P. 22–28
52. Pavlyk V., Panchenko V., Harust Yu., Us Ya., Korobets O. Energy-Efficient Innovations: Marketing, Management and Law Supporting. *Marketing and Management of Innovations*. 2020. № 1. P. 256–264
53. Pavlyk V., Reshetnyak Ya. Energy efficiency gap: EU experience to minimize. *Science without borders – 2020 : proceeding of the Int. scient. and pract. conf. United Kingdom : Sheffield. Science and Education, 2020*. P. 23–26
54. Pavlyk V., Reshetnyak Ya. Linking between green energy and energy gap. *Naukowa przestrzeń Europy – 2020 : proceeding of the Int. scient. and pract. conf. Poland : Nauka i studia, 2020*. P. 20–22
55. Petroye O., Lyulyov O., Lytvynchuk I., Paidia Y., Pakhomov V. Effects of information security and innovations on country's image: Governance aspect. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2020. №10(4). P. 459-466. <https://doi.org/10.18280/ijssse.100404>

56. Pimonenko T., Bilan, Y., Horák J., Starchenko L., Gajda W. Green Brand of Companies and Greenwashing under Sustainable Development Goals. *Sustainability* 2020. №12(4). P. 1679. <https://doi.org/10.3390/su12041679>

57. Pimonenko T., Lyulyov O., Us Ya, Lyulyova L. Foresight of national economy stability: social, ecological and economics dimensions. *International Scientific Conference „Emerging Trends in Economics, Culture and Humanities (etECH2020)”* – Conference abstracts proceedings. – EKA University of Applied Science / Alberta College, 2020. P. 19-20.

58. Pimonenko T.V., Lyulyov O.V., Us Ya. O. Retrospective Energy Efficiency Profiles in Developing the Free-Carbon Economy. Prospects for effective managerial decisions in business and projects *Proceedings of the 6th International Scientific Conference September 17–18, 2020. Abstracts Proceedings* P. 118-121.

59. Pimonenko, T., Lyeonov, S., Shaforost. Yu. Energy efficiency gap on national economy. *III International Science Conference SER. September, 17-19, 2020 Igalo (Montenegro)*. 2020. P. 74.

60. Poumanyong P., Kaneko S. Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis. *Ecol. Econ.* 2010. №70. P. 434–444.

61. Rafiq S., Salim R., Nielsen I. Urbanization, openness, emissions and energy intensity: A study of increasingly urbanized emerging economies. *Energy Economics*. 2016. №56. P. 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.02.007>.

62. Sadorsky P. Do urbanization and industrialization affect energy intensity in developing countries? *Energy Econ.* 2013. №37. P. 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.01.009>.

63. Samimi P., Jenatabadi H. S. Globalization and economic growth: Empirical evidence on the role of complementarities. *PloS one*. 2014. №9(4). P. e87824.

64. Scimago Journal & Country Rank. [Online] <https://www.scimagojr.com/> [Accessed: 2020-12-11]

65. Scopus. [Online] <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic> [Accessed: 2020-04-11]

66. Sokolovska A., Zatonatska T., Stavvytskyy A., Lyulyov O., Giedraitis V. The impact of globalization and international tax competition on tax policies. *Research in World Economy*. 2020. №11(4). P. 1-15. doi:10.5430/rwe.v11n4p1
67. Sotnyk I. M., Volk O. M., Chortok Y. V.. Increasing ecological & economic efficiency of ict introduction as an innovative direction in resource saving. *Actual Problems of Economics*. 2013. №147(9). P. 229-235.
68. Sotnyk I., Kurbatova T., Dashkin V., Kovalenko Y. Green energy projects in households and its financial support in Ukraine. *International Journal of Sustainable Energy*. 2020. №39(3). P. 218-239. doi:10.1080/14786451.2019.1671389
69. The World Bank. [Online] <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD?locations=UA> [Accessed: 2020-05-20]
70. Us Ya., Tambovceva T., Pimonenko T.V., Lyulyov O.V. The link between green consciousness and green brand development. 61th International Scientific Conference of Riga Technical University “Scientific Conference on Economics and Entrepreneurship SCEE’2020”. Book of Abstracts. Riga: RTU Press, 2020.
71. Van Eck N. J., Waltman L. VOS: A New Method for Visualizing Similarities Between Objects. *Advances in Data Analysis*. 2019. P. 299–306. doi:10.1007/978-3-540-70981-7_34
72. Vasylyeva T. A., Pryymenko S. A. Environmental economic assessment of energy resources in the context of ukraine’s energy security. *Actual Problems of Economics*. 2014. №160(1). P. 252-260
73. Wu W., Ma X., Zeng B., Wang Y., Cai, W. Forecasting short-term renewable energy consumption of China using a novel fractional nonlinear grey Bernoulli model. *Renewable energy*. 2019. №140. P. 70-87.
74. Ying Y. H., Chang K., Lee C. H. The impact of globalization on economic growth. *Romanian Journal of Economic Forecasting*. 2014. №17(2). P. 25-34.
75. York R. Demographic trends and energy consumption in European Union Nations. 1960–2025. *Soc. Sci. Res*. 2007. № 36. 2007. P. 855–872.

76. Zhang X., Zhao X., Jiang Z., Shao S. How to achieve the 2030 CO₂ emission-reduction targets for china's industrial sector: Retrospective decomposition and prospective trajectories. *Global Environmental Change*. 2017. №44 P. 83-97. doi:10.1016/j.gloenvcha.2017.03.003

77. Ziabina Y., Pimonenko T. The Green Deal Policy for Renewable Energy: A Bibliometric Analysis. *Virtual Economics*. 2020. № 3(4). P. 137-145. [https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.04\(8\)](https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.04(8))