

УДК 330.3

*Б. Ю. Кишакевич,**д. е. н., професор, професор кафедри математики та економіки,**Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка**ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5721-8543>**С. Є. Настьошин,**аспірант, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка**ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6259-7357>**М. Є. Андрійчик,**аспірант, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка**ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2073-6141>*

DOI: 10.32702/2306-6814.2023.15.23

ОЦІНКА ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ЕКОНОМІЧНИМ ЗРОСТАННЯМ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ

B. Kyshakevych,

Doctor of Economic Sciences, Professor,

Professor of the Department of Mathematics and Economics, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University

S. Nastoshyn,

Postgraduate student, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University

M. Andriychuk,

Postgraduate student, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University

ASSESSMENT OF CAUSAL RELATIONSHIPS BETWEEN ELECTRICITY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH IN EUROPEAN COUNTRIES

У статті проведено аналіз коінтеграційних та причинно-наслідкових зв'язків між показниками виробництва електроенергії та економічним розвитком в країнах Європи на основі побудованих VECM та ARDL моделей для панельних даних 38 країн Європи за період з 1995 по 2021 р. Тести ADF — Fisher Chi-square та Im, Pesaran and Shin W-stat було використано для визначення наявності одиничних коренів. Для ідентифікації панельної коінтеграції застосовувався тест Педроні. Було показано, що між ВВП на душу населення та валовим виробництвом електроенергії із розрахунку на душу населення існує двосторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок та коінтеграція. У випадку відхилення від рівноважного стану, ВВП на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення повертатимуться до стану довгострокової рівноваги.

The article analyzes the cointegration and causal relationships between indicators of electricity production and economic development in Europe based on the VECM and ARDL models built for panel data of 38 European countries for the period from 1995 to 2021. ADF — Fisher Chi-square and Im, Pesaran and Shin W-stat tests were used to determine the presence of unit roots. Among economic development indicators, four time series did not have unit roots: annual percentage growth rate of GDP per capita based on constant local currency, GDP growth, foreign direct investment, net inflow

(% of GDP), unemployment rate. Gross electricity production per capita EL_CAP also turned out to be a stationary time series $I(0)$. Electricity is available for final consumption, GDP per capita and exports turned out to be non-stationary time series $I(0)$. The Pedroni test was used to identify panel cointegration. The type of relationship between time series with first order integration in the short and long run was determined using the Error Correction Model (VECM). Panel Auto Regressive and Distributed Lag Model (ARDL) were used to determine the nature of the cause-and-effect relationship between time series with different integration orders, namely, between zero $I(0)$ and the first $I(1)$ orders. It has been shown that there is a two-way long-term causality and cointegration between GDP per capita and gross electricity generation per capita. In the event of a deviation from the equilibrium state, GDP per capita and gross electricity production per capita will return to a state of long-run equilibrium. A cointegration relationship was also found between electricity available for final consumption and the ratio of foreign direct investment to GDP, that is, these time series may rise or fall, but they will do so in sync in the long run. The analysis showed that the ratio of foreign direct investment to GDP will have both a long-run and a short-run statistically significant causal effect on electricity available for final consumption. Implementation of the Dumitrescu Hurlin Panel Causality test for panel data for stationary time series didn't confirm any causal relationships.

Ключові слова: енергоефективність, економічний розвиток, економічне зростання, ВВП на душу населення, панельна регресія, виробництво електроенергії, коінтеграція.

Key words: energy efficiency, economic development, economic growth, GDP per capita, panel regression, electricity production, cointegration.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

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

АНАЛІЗ ОСТАННІХ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблемам вивчення впливу споживання електроенергії на економічний розвиток країн Європи присвячено чимало публікацій. У роботі [4] з допомогою моделі векторної корекції помилок проаналізовано короткостроковий та довгостроковий вплив споживання електроенергії та економічного зростання на викиди CO_2 у Західній та Центральній Африці з 1970 по 2020 рік. Було реалізовано тест на стаціонарність, тест на коінтеграцію та стабільність, тест на причинність по Грейнджеру. Аналіз показав, що споживання електроенергії та економічне зростання позитивно впливають на викиди CO_2 . Дослідження також показало, що процес коригування не залежить від споживання електроенергії, і щоразу, коли відбувається відхилення від довгострокової рівноваги, економічне зростання та викиди CO_2 коригуються для відновлення довгострокової рівноваги.

Стаття [5] спрямована на дослідження причинно-наслідкових зв'язків між виробництвом відновлюваної енергії, загальним споживанням енергії та економічним зростанням Туреччини як у довгостроковій, так і короткостроковій перспективі. Аналіз проводиться з використанням тесту коінтеграції, векторної моделі корекції помилок, причинно-наслідкового зв'язку Грейнджера, функцій імпульсного відгуку за період 1980—2016 років. Було підтверджено двосторонній зв'язок як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі між споживанням енергії та економічним зростанням. Однак не вдалося отримати послідовних результатів для короткострокової залежності економічного зростання

Таблиця 1. Використання різних видів палива для генерації електроенергії в ЄС

Джерело	Частка в генерації електроенергії ЄС (2011)	Частка в генерації електроенергії ЄС (2021)
Атомні електростанції	29%	25%
Вугілля	25%	14%
Природний газ	19%	20%
Гідроенергетика	10%	13%
Вітер	6%	13%
Нафта	5%	2%
Сонячна	2%	6%
Біопаливо	4%	5%
Інший	п/а	2%

Джерело: [2].

та споживання енергії. Ці результати показують, що збільшення виробництва відновлюваної енергії та зниження споживання енергії є життєво важливими для сталого розвитку Туреччини.

Зважаючи на актуальні для сьогодення дебати між атомною та відновлюваною енергетикою в ЄС, у статті [6] досліджується динамічна взаємодія між двома джерелами зневууглененої енергії (відновлюваної та атомної) та економічним зростанням для трьох країн: Франції, Іспанії та Німеччини. Емпіричні результати за період 1983—2019 років не підтверджують існування статистичного причинно-наслідкового зв'язку між використанням відновлюваних джерел енергії та економічним зростанням у Франції та Іспанії, що узгоджується з "нейтральною гіпотезою". Крім того, виявлено слабкий односторонній зв'язок між використанням відновлюваних джерел енергії та ВВП тільки в Німеччині, економічне зростання суттєво стимулює споживання атомної енергії в Іспанії, але не навпаки, що підтверджує "гіпотезу зростання".

У статті [7] проведено емпіричне та економічне дослідження причинно-наслідкового зв'язків між економічним зростанням та споживанням енергії у п'яти країнах з високим рівнем споживання енергії у період

1968—2016 років, а саме, Китаї, Індії, Японії, США та Саудівській Аравії. У цей період відбулися різні зміни в економіці, споживанні та виробничій сфері цих країн. Результати аналізу причинно-наслідкових зв'язків для країн показують, що між змінними існує односпрямована та двоспрямована причинність по Грейнджеру, через це політику енергозбереження слід розробляти обережно, оскільки енергія є двигуном для економічного розвитку та зростання валового внутрішнього продукту.

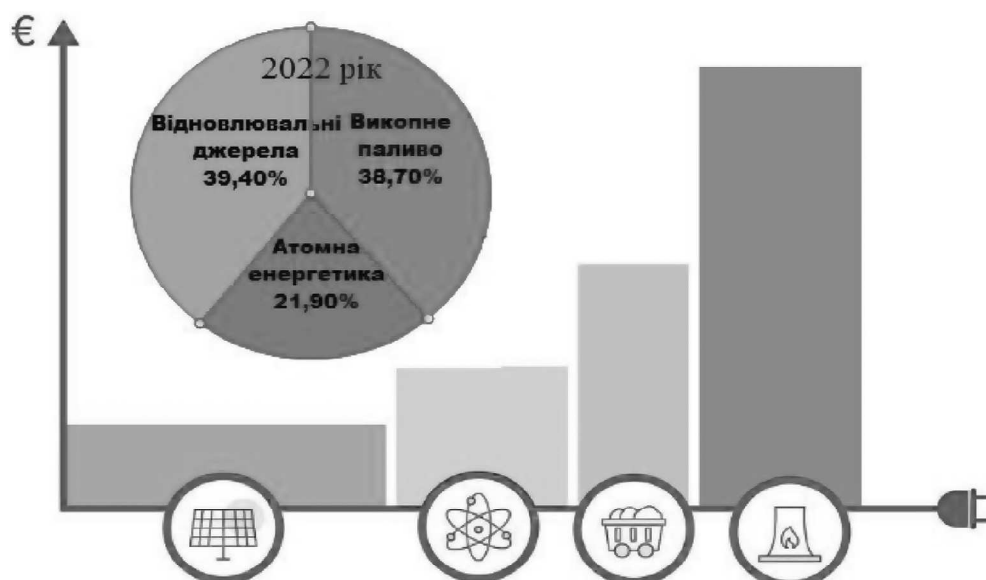
У дослідженні [8] представлено аналіз причинно-наслідкових зв'язків між споживанням енергії та економічним зростанням з використанням динамічного аналізу панельних даних для 28 європейських країн за період 1990—2014 років. Метод динамічного аналізу панельних даних, запропонований у цьому дослідженні, розглядає реальний валовий внутрішній продукт (ВВП) як залежну змінну, тоді як параметри капіталу, праці та споживання енергії розглядаються як незалежні змінні. Щоб показати причинно-наслідковий зв'язок між ВВП та капіталом, працею та споживанням енергії, застосовується тест автокореляції Арельяно-Бонда шляхом взяття першої різниці певних параметрів. Результати дослідження показують, що ВВП має прямий зв'язок з усіма незалежними змінними, а саме, капіталом, працею та споживанням енергії. При заданому значенні збільшення цих незалежних змінних кожна із залежних змінних демонструє значне зростання.

МЕТА СТАТТІ

Мета статті — з допомогою моделей панельної регресії проаналізувати причинно-наслідкові зв'язки між показниками споживання електроенергії та економічного зростання у країнах Європи.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Останнім часом у світі відбуваються різкі зміни у структурі використання джерел для виробництва електроенергії. Темпи росту використання відновлюваних джерел енергії у Європі є особливо вражаючими. Так, у

**Рис. 1. Механізм формування ціни на електроенергію**

Джерело: на основі даних офіційного сайту Ради ЄС [1].

2011 році викопне паливо (нафта, природний газ та вугілля) становило 49% виробництва електроенергії в ЄС, тоді як відновлювані джерела енергії лише 18% (таблиця 1). Через десять років відновлювані джерела енергії наближаються до рівня викопного палива і становлять 32% виробництва електроенергії в ЄС порівняно з 36% викопного палива в 2021 році [2]. У 2022 році частка відновлюваних джерел енергії становила уже 39,4%.

Протягом 2022 р. багато країн ЄС запровадили заходи щодо пом'якшення впливу стрибків цін на енергоносії, наприклад, за рахунок зниження ПДВ або надання субсидій домашнім господарствам та компаніям. Електроенергія в ЄС продається не за індивідуальними цінами, які пропонують електростанції, а за ціною запропонованою останнім найбільш дорогою електростанцією (рис. 1).

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

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

Двадцять країн ЄС досягли найвищої частки сонячної електроенергії за всю історію. Нідерланди були лідером, виробляючи 14% своєї електроенергії за рахунок сонячної енергії, тоді як до цього вугілля було основним джерелом. У жовтні 2022 року Греція працювала виключно на відновлюваних джерелах енергії протягом п'яти годин, і очікується, що до кінця 2023 року, на сім років раніше, вона досягне своєї мети встановлення сонячних батарей в 8 ГВт до 2030 року. Вперше у 2022 році вітрова та сонячна енергетика сягнули більше п'ятої частини (22%) згенерованої електроенергії в ЄС [3].

З метою встановлення виду взаємозв'язків, які існують між виробництвом електроенергії та економічним розвитком у подальшому скористаємось моделями панельної регресії, для побудови яких

Таблиця 2. Змінні, використанні для побудови моделей

Показники енергоефективності	
EL_CAP	Валове виробництво електроенергії із розрахунку на душу населення
ELSUP_CAP	Електроенергія доступна для кінцевого споживання (гігават-годин на душу населення)
Показники економічного розвитку	
GDP_CAP	ВВП на душу населення (дол. США)
UNEMP	Загальний рівень безробіття (% від загальної кількості робочої сили)
EXP_GDP	Експорт товарів і послуг (% ВВП)
FDGDP	Прямі іноземні інвестиції, чистий приплив (% ВВП)
GDP_GROW	Зростання ВВП (річний %)
GDP_GROW_PC	Річний процентний темп зростання ВВП на душу населення на основі незмінної місцевої валюти.

Джерело: побудовано автором.

нами було використано статистичні дані, які описують виробництво електроенергії та макроекономічні показники 38 країн Європи за період з 1995 по 2021 роки (див. таблицю 2).

Оскільки стаціонарність часових рядів є передумовою до проведення тесту на причинність за Грейнджером, нами було проведено перевірку на наявності одиничних коренів та коінтеграції. У зв'язку із цим, дослідження причинно-наслідкових зв'язків між виробництвом електроенергії та економічним зростанням слід почати із визначення порядку інтеграції відповідних змінних. У таблиці 3 представлено результати тестів ADF — Fisher Chi-square та Im, Pesaran and Shin W-stat на наявність одиничних коренів.

Таблиця 3. Результати тесту на наявність одиничного кореня

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

Джерело: побудовано автором.

Таблиця 4. Тест Грейджера на причинність між часовими рядами

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

Джерело: побудовано автором.

Таблиця 5. Тест Педроні на наявність панельної коінтеграції

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

Джерело: побудовано автором.

Таблиця 6. ARDL моделі оцінки GDP_GROW_PC та ELSUP_CAP

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

Джерело: побудовано автором.

Таким чином, серед показників економічного розвитку чотири часові ряди не мають одиничних коренів: GDP_GROW_PC, GDP_GROW, FDGDP, UNEMP. Валове виробництво електроенергії із розрахунку на душу населення ELSUP_CAP теж виявилось стаціонарним часовим рядом I(0). Саме до цих змінних можна застосувати тест Грейджера на причинність, результати якого подано у таблиці 4. Беручи до уваги те, що Dumitrescu Hurlin

Таблиця 7. ARDL моделі оцінки GDP_GROW та ELSUP_CAP

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

Джерело: побудовано автором.

Panel Causality тест більш повно враховує особливості панельних даних, у подальшому було використано саме цей тест на причинність.

Таким чином, ELSUP_CAP не має причинно-наслідкових зв'язків із показниками економічного розвитку, представлених стаціонарними часовими рядами. Для визначення характеру взає-

мозв'язку між часовими рядами із першим порядком інтеграції можна скористатись моделлю корекції помилок VECM, яка використовується лише за наявності коінтеграції між змінними. Проте пари змінних першого порядку інтеграції ELSUP_CAP та EXP_GDP і ELSUP_CAP та GDPCAP виявились не коінтегрованими (табл. 5).

Для визначення характеру на напрямку причинно-наслідкових зв'язків між часовими рядами, які мають різні порядки інтеграції, а саме, нульовий I(0) та перший I(1), було використано панельні моделі автоперспекції розподіленого лагу (Panel AutoRegressive and Distributed Lag Model, ARDL). Згідно із побудованими ARDL моделями для ELSUP_CAP та GDP_GROW_PC, електроенергія, доступна для кінцевого споживання ELSUP_CAP спричиняє лише короткостроковий статистично значущий причинний ефект на GDP_GROW_PC (таблиця 6).

Коінтеграція існує між GDP_GROW та ELSUP_CAP (таблиця 7). Це означає, що відстань між ними залишатиметься сталою у довгостроковій перспективі. GDP_GROW спричиняє довгостроковий статистично значущий причинний ефект на ELSUP_CAP, тоді як ELSUP_CAP на GDP_GROW короткостроковий каузальний вплив.

Коінтеграційний зв'язок виявлено також між ELSUP_CAP та FDGDP, тобто вони можуть зростати або падати, проте вони роблять це синхронізовано у довгостроковій перспективі. FDGDP спричиняє як довгостроковий, так і короткостроковий статистично значущий причинний ефект на ELSUP_CAP. Коефіцієнт коригування відхилень від довгострокового рівноважного стану становитиме 0.19% за один термін.

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

Згідно із ARDL моделлю, між GDPCAP та валовим виробництвом електроенергії із розрахунку на душу населення ELSUP_CAP існує двостороння довгострокова каузальність та коінтеграція між цими показниками. У випадку, коли має місце відхилення від довгострокової рівноваги, ВВП на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населен-

ня коригуються для відновлення довгострокової рівноваги, причому швидкість погашення коливань EL_CAP становитиме 0.19%, а $GDPCAP$ — 0,15% за один рік.

Отримані у результаті застосування ARDL та VECM моделей причинно-наслідкові зв'язки схематично подано на рисунку 2.

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

ВИСНОВКИ

На основі побудованих VECM та ARDL моделей для панельних даних 38 країн Європи у статті проаналізовано коінтеграційні та причинно-наслідкові зв'язки між показниками виробництва електроенергії та економічним розвитком в 38 країнах Європи. Між ВВП на душу населення $GDPCAP$ та валовим виробництвом електроенергії із розрахунку на душу населення EL_CAP існує двосторонній довгостроковий причинно-наслідковий зв'язок та коінтеграція. У випадку, коли має місце відхилення від рівноважного стану, ВВП на душу населення та валове виробництво електроенергії на душу населення повертатимуться до довгострокової рівноваги, причому швидкість погашення коливань EL_CAP становитиме 0.19%, а $GDPCAP$ — 0,15% за один період. Коінтеграція існує також між електроенергією, доступною для кінцевого споживання на душу населення $ELSUP_CAP$, темпами зростання ВВП GDP_GROW та відношенням прямих іноземних інвестицій до ВВП $FDGDP$, тобто, між ними існує тісний зв'язок і вони ведуть себе синхронізовано у довгостроковій перспективі. $FDGDP$ спричиняє як довгостроковий, так і короткостроковий статистично значущий причинний ефект на $ELSUP_CAP$. Між рівнем безробіття $UNEMP$ та $ELSUP_CAP$ існує коінтеграційний зв'язок, а, отже, у довгостроковій перспективі досягається рівноважний стан між ними, відхилення від якого погашаються із швидкістю 0.19% за період. Крім цього, електроенергія доступна для кінцевого споживання на душу населення $ELSUP_CAP$ є причиною для рівня безробіття $UNEMP$ у довгостроковій та короткостроковій перспективі.

Література:

1. Official website of the Council of the EU and the European Council Infographic — How is EU electricity produced and sold? May 10, 2023. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>
2. Conte N. Mapped: Europe's Biggest Sources of Electricity by Country. Visual Capitalist. February 10, 2023. URL: <https://www.visualcapitalist.com/mapped-europes-biggest-sources-of-electricity-by-country/>
3. European Electricity Review 2023. Ember. 31 January, 2023. URL: <https://ember-climate.org/app/uploads/2023/01/Report-European-Electricity-Review-2023.pdf>
4. Gyamerah S., Gil-Alana L. A multivariate causality analysis of CO_2 emission, electricity consumption, and

Таблиця 8. ARDL моделі оцінки $ELSUP_CAP$ та $FDGDP$

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

Джерело: побудовано автором.

Таблиця 9. ARDL моделі оцінки $ELSUP_CAP$ та $UNEMP$

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

Джерело: побудовано автором.

Таблиця 10. ARDL моделі оцінки $GDPCAP$ та EL_CAP

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

Джерело: побудовано автором.

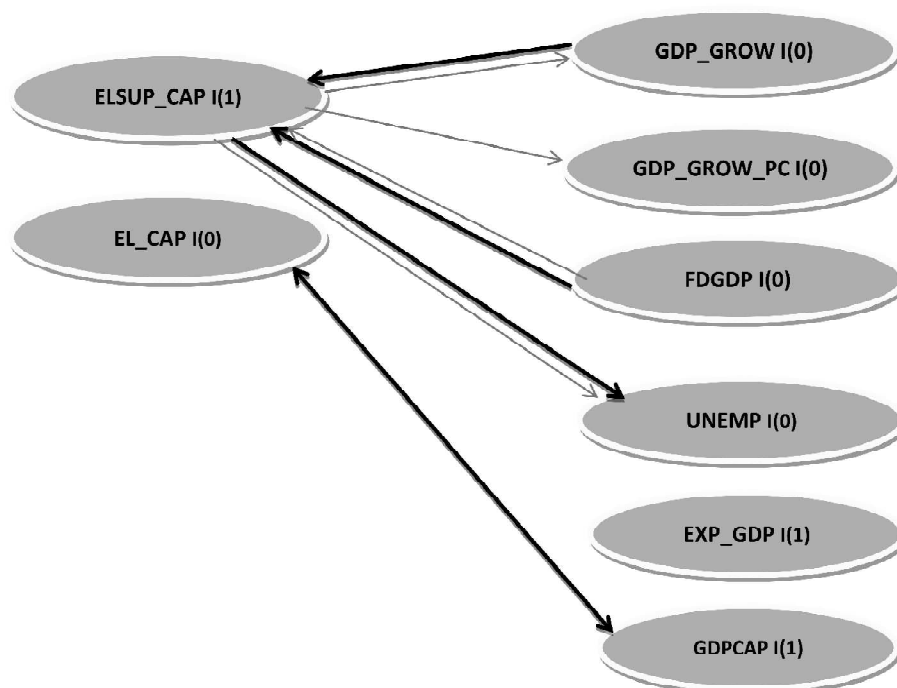


Рис. 2. Схема причинно-наслідкових довгострокових (жирна лінія) та короткострокових (тонка лінія) зв'язків

Джерело: побудовано автором.

economic growth: Evidence from Western and Central Africa. *Heliyon*. 2023. 9 (1). pp. 28—58. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12858>.

5. Temiz D., Akdogan E. Renewable Energy Production, Energy Consumption and Sustainable Economic Growth in Turkey: A VECM Approach. *Sustainability*. 2019. 11 (5). 1273. <https://doi.org/10.3390/su11051273>

6. Simionescu M, Schneider N., Gavurova B. Decarbonized Energies and the Wealth of Three European Nations: A Comparative Nexus Study Using Granger and Toda-Yamamoto Approaches. *Front. Environ. Sci., Sec. Environmental Economics and Management*. 2021. 9. 22 p. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.817982>

7. Almozaini M. The Causality Relationship between Economic Growth and Energy Consumption in The World's top Energy Consumers. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019. 9 (4). pp. 40—53. URL: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeeep/article/view/7657>

8. Gholizadeh Y. Causality relationship between energy consumption and economic growth in the European Union countries. *EERI Research Paper Series*. 2020. 12. 25 p, URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/251104/1/EERI-RP-2020-12.pdf>

References:

1. Official website of the Council of the EU and the European Council (2023), "Infographic — How is EU electricity produced and sold?", available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/> (Accessed 15 July 2023).

2. Conte, N. (2023), "Mapped: Europe's Biggest Sources of Electricity by Country", Visual Capitalist, available at: <https://www.visualcapitalist.com/mapped-europes-biggest-sources-of-electricity-by-country/>

europes-biggest-sources-of-electricity-by-country/ (Accessed 15 July 2023).

3. Ember (2023), "European Electricity Review 2023", available at: <https://ember-climate.org/app/uploads/2023/01/Report-European-Electricity-Review-2023.pdf> (Accessed 15 July 2023).

4. Gyamerah, S. and Gil-Alana, L. (2023), "A multivariate causality analysis of CO₂ emission, electricity consumption, and economic growth: Evidence from Western and Central Africa", *Heliyon*, vol. 9 (1), pp. 28—58. doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12858.

5. Temiz, D. and Akdogan, E. (2019), "Renewable Energy Production, Energy Consumption and Sustainable Economic Growth in Turkey", A VECM Approach. *Sustainability*, vol. 11 (5), 1273. doi.org/10.3390/su11051273

6. Simionescu, M., Schneider, N. and Gavurova, B. (2021), "Decarbonized Energies and the Wealth of Three European Nations: A Comparative Nexus Study Using Granger and Toda-Yamamoto Approaches", *Front. Environ. Sci., Sec. Environmental Economics and Management*, vol. 9, 22 p. doi.org/10.3389/fenvs.2021.817982

7. Almozaini, M. (2019), "The Causality Relationship between Economic Growth and Energy Consumption in The World's top Energy Consumers", *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 9 (4), pp. 40—53, available at: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeeep/article/view/7657> (Accessed 15 July 2023).

8. Gholizadeh, Y. (2020), "Causality relationship between energy consumption and economic growth in the European Union countries", *EERI Research Paper Series*, vol. 12, 25 p, available at: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/251104/1/EERI-RP-2020-12.pdf> (Accessed 15 July 2023).

Стаття надійшла до редакції 24.07.2023 р.