

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗНИК ДЛЯ ОЦЕНЮВАННЯ РОЗВИТКУ ВИДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

© 2018 ХАЗАН П. В.

УДК 311:33]:620.92](477)

JEL Classification: C1; C13; C18; C40; Q01; Q20; Q42

Хазан П. В.

Интегральный показатель для оценивания развития возобновляемых источников энергии

Для оценивания развития возобновляемых источников энергии осуществлено структуризацию показателей за тремя группами, а саме: экономические, экологические и социальные. Обосновано методика расчета оценки развития возобновляемых источников энергии в странах мира на основе интегрального показателя. Визначено, что интегральный показатель оценивания развития возобновляемых источников энергии отображает влияние групповых показателей. Также он устанавливает функциональные связи между отдельными показателями. Предложен метод расчета соответствующих коэффициентов влияния на обобщающий показатель развития возобновляемых источников энергии и предоставлена его графическая интерпретация. Согласно методологии Харрингтона, Деррингера и Сюич построена взаимосвязь между количественными значениями шкалы желательности и восприятием состояния развития возобновляемых источников энергии. На основе данных Государственной службы статистики Украины, IRENA, IEA и REN21 за период 2006–2016 по предложенной методике проведена комплексная оценка развития возобновляемых источников энергии в Украине. Результаты расчетов свидетельствуют о положительной динамике обобщающего показателя и стабильном развитии возобновляемых источников энергии в стране.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, развитие, система показателей, статистическое оценивание, интегральный показатель, информационное обеспечение.

Рис.: 2. Табл.: 4. Формул: 6. Библи.: 24.

Хазан Павло Вікторович – здобувач, Національна академія статистики, обліку та аудиту (вул. Підгірна, 1, Київ, 04107, Україна)

E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

УДК 311:33]:620.92](477)
JEL Classification: C1; C13; C18; C40; Q01; Q20; Q42

Хазан П. В. Интегральный показатель для оценивания развития возобновляемых источников энергии

Для оценки развития возобновляемых источников энергии сделано структурирование показателей по трем группам, а именно: экономические, экологические и социальные. Обоснована методика расчета оценки развития возобновляемых источников энергии в странах мира на основе интегрального показателя. Определено, что интегральный показатель оценки развития возобновляемых источников энергии отражает влияние групповых показателей. Также он устанавливает функциональные связи между отдельными показателями. Предложен метод расчета соответствующих коэффициентов влияния на обобщающий показатель развития возобновляемых источников энергии, и предоставлена его графическая интерпретация. В соответствии с методикой Харрингтона, Деррингера и Сюич построена взаимосвязь между количественными значениями шкалы желательности и восприятием состояния развития возобновляемых источников энергии. На основе данных Государственной службы статистики Украины, IRENA, IEA и REN21 за период 2006–2016 по предложенной методике проведена комплексная оценка развития возобновляемых источников энергии в Украине. Результаты расчетов свидетельствуют о положительной динамике обобщающего показателя и стабильном развитии возобновляемых источников энергии в стране.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, развитие, система показателей, статистическое оценивание, интегральный показатель, информационное обеспечение.

Рис.: 2. Табл.: 4. Формул: 6. Библи.: 24.

Хазан Павел Вікторович – соискатель, Национальная академия статистики, учета и аудита (ул. Подгорная, 1, Киев, 04107, Украина)

E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

UDC 311:33]:620.92](477)
JEL Classification: C1; C13; C18; C40; Q01; Q20; Q42

Khazan P. V. The Integral Indicator for Assessing the Development of Renewable Energy Sources

To assess the development of renewable energy sources, the structuring of indicators in three groups is performed, namely: economic, environmental, and social ones. The method to calculate the assessment of the development of renewable energy sources in the world based on an integral indicator is substantiated. It is determined that the integral indicator for assessing the development of renewable energy sources reflects the impact of the group indicators. It also determines functional relationships between individual indicators. A method for calculating the corresponding coefficients of influence on the generalizing indicator of the development of renewable energy sources is proposed, and its graphic interpretation is provided. In accordance with the methodology of Harrington, Derringer and Suich, a relationship was established between the quantitative values of the scale of desirability and the perception of the state of development of renewable energy sources. Based on data from the State Statistics Service of Ukraine, IRENA, IEA and REN21 for the period 2006–2016, a comprehensive assessment of the development of renewable energy sources in Ukraine is carried out using the proposed methodology. The results of the calculations indicate a positive trend in the changes of the synthesis indicator and the stable development of renewable energy sources in the country.

Keywords: renewable energy sources, development, system of indicators, statistical estimation, integral indicator, information support.

Fig.: 2. Tbl.: 4. Formulae: 6. Bibl.: 24.

Khazan Pavlo V. – Applicant, The National Academy of Statistics, Accounting and Auditing (1 Pidhirna Str., Kyiv, 04107, Ukraine)

E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

Вступ. Оцінювання розвитку відновлюваної енергетики в контексті сталого розвитку в країні потребує розробки системи показників з урахуванням політичних, економічних і соціальних процесів для всебічного аналізу та статистичного прогнозування. Актуальність і важливість дослідження в галузі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) доведено великою кількістю наукових публікацій, а також стрімким розвитком та удосконаленням нормативно-правового регулювання на національному та міжнародному рівнях. За різними прогнозами та сценаріями можна перевести енергозабезпечення виключно на ВДЕ [11; 16].

Аналіз робіт науковців з досліджуваної проблеми. Питання моделювання та прогнозування були розглянуті в роботах Дячука О. А. [13], Точиліна В. О. [9], Подольця Р. З. [7], в яких ними класифіковані сучасні моделі розвитку ВДЕ у світі на макро-, мезо- та мікрорівнях.

Наявні методики частково прогнозують можливі конфігурації енергетичної системи в державі та її відновлювані компоненти. Це забезпечує необхідне просторово-часове розуміння, що може допомогти зробити більш точні прогнози [15; 17; 19; 21].

Розвиток ВДЕ впливає на різні галузі економіки, забезпечує її енергонезалежність. Оцінювання такого розвитку має базуватися на достовірності та відкритості статистичної інформації. Розроблені прогнозні оцінки мають бути враховані при розробці стратегічних напрямків і програм розвитку ВДЕ в Україні. Запровадження відповідних

державних заходів призводить до збільшення енергоефективних «зелених» товарів і послуг [3; 4; 8].

Отже, метою статті є оцінювання розвитку ВДЕ на національному рівні на основі формування інтегрального показника.

Основні результати дослідження. Методологічною основою дослідження є загальнонаукові методи (систематизація та групування), спеціальні методи (кореляційно-регресійний аналіз та нормалізація даних). В роботі було використано програму Microsoft Excel (версія 16.18, додаток «Data Analysis»).

Система статистичних показників оцінювання ВДЕ в Україні базується в формах державної статистичної звітності, зокрема «Звіт про економічні показники короткострокової статистики промисловості» – 1-ПЕ (місячна), «Звіт про виробництво та реалізацію промислової продукції» – 1П-НПП (річна), «Звіт про роботу електростанцій» – 6-тп (ес) (річна), «Звіт про використання та запаси палива» 4-мпт (річна) [1; 2; 5; 6].

У ході досліджень були використані показники за 2006–2016 рр. Пропонуємо структурувати показники за трьома групами: економічні, екологічні, соціальні (табл. 1).

Отже, для оцінювання розвитку ВДЕ нами пропонується використовувати 15 показників, які поділено на 3 групи по 5 показників у кожній.

Для усунення надмірності і неузгодженості проведено їх нормалізацію (табл. 2).

Таблиця 1

Показники розвитку ВДЕ

Інтегральні показники групи	Показники	Умовне позначення показників	Одиниця виміру
Економічні (I_{ec})	Знос основних виробничих фондів підприємств паливно-енергетичного комплексу	k1	%
	Відношення інвестицій у підприємства паливно-енергетичного комплексу до ВВП	k2	%
	Енергоемність ВВП	k3	кг ум. палива/грн
	Інвестиції у ВДЕ – загальні	k4	млрд дол. США
	Втрати при транспортуванні та розподіленні енергії	k5	%
Екологічні (I_{env})	CO ₂ /чис. населення	k6	т CO ₂ /людина
	CO ₂ /ВВП	k7	кг CO ₂ /долар США
	Валове внутрішнє споживання відновлюваної енергії	k8	1000 TNE
	Загальна потужність ВДЕ	k9	МВт
	CO ₂ /ВВП за паритетом купівельної спроможності	k10	кг CO ₂ /дол. США
Соціальні (I_{soc})	Кількість робочих місць на підприємствах відновлюваної енергетики	k11	одиниць
	Тривалість життя	k12	років
	Кількість працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими умовами праці на підприємствах енергетичної галузі	k13	осіб
	Облікова кількість штатних працівників, які мають право на пільги та компенсації за роботу зі шкідливими умовами праці	k14	осіб
	Нарахована штатному працівнику заробітна плата підприємства енергетичної галузі	k15	грн

Джерело: сформовано авторами на основі [4; 10]

Нормовані показники розвитку ВДЕ в Україні

Умовні позначення	Роки										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
k1	0,67	0,69	0,74	0,75	0,73	0,69	0,71	0,75	0,74	1	0,75
k2	1	0,48	0,53	0,43	0,45	0,49	0,85	0,93	0,70	0,52	0,48
k3	1	0,96	0,91	0,87	0,91	0,88	0,85	0,81	0,77	0,70	0,70
k4	0,37	0,52	0,59	0,59	0,79	0,91	0,83	0,77	0,90	1	0,82
k5	0,86	0,84	0,76	0,82	0,74	0,77	0,75	0,77	0,86	0,99	1
k6	0,98	1	0,97	0,82	0,88	0,93	0,91	0,89	0,79	0,64	0,65
k7	1	0,94	0,88	0,88	0,90	0,90	0,88	0,85	0,81	0,72	0,69
k8	0,61	0,75	0,85	0,81	0,86	0,86	0,84	1	0,88	0,85	0,85
k9	0,77	0,77	0,77	0,76	0,77	0,81	0,85	0,94	0,97	0,98	1
k10	1	0,94	0,88	0,88	0,90	0,89	0,87	0,85	0,80	0,71	0,69
k11	0,98	1	0,97	0,82	0,88	0,93	0,91	0,89	0,79	0,64	0,65
k12	1	0,94	0,88	0,88	0,90	0,90	0,88	0,85	0,81	0,72	0,69
k13	0,61	0,75	0,85	0,81	0,86	0,86	0,84	1	0,88	0,85	0,85
k14	0,77	0,77	0,77	0,76	0,77	0,81	0,85	0,94	0,97	0,98	1
k15	1	0,94	0,88	0,88	0,90	0,89	0,87	0,85	0,80	0,71	0,69

Джерело: сформовано авторами на основі [4; 10]

Узагальнюючий показник оцінювання розвитку ВДЕ D_{res} визначається за формулою:

$$D_{res} = \sum_{i=1}^3 \beta_i \times D_{res_i} \quad (1)$$

де β_i – коефіцієнт впливу на величину групових інтегральних показників розвитку ВДЕ;

D_{res_i} – групові інтегральні показники розвитку ВДЕ.

Виходячи зі сформованої системи показників (табл. 1) розрахунок інтегрального показника розвитку ВДЕ проводиться за формулою:

$$D_{res} = \sum_{i=1}^3 (\beta_{ec} \times I_{ec} + \beta_{env} \times I_{env} + \beta_{soc} \times I_{soc}) = \sum_{i=1}^3 \left(\beta_{ec} \times \left(\sum_{j=1}^5 k_{1-5} \right) + \beta_{env} \times \left(\sum_{j=1}^5 k_{6-10} \right) + \beta_{soc} \times \left(\sum_{j=1}^5 k_{11-15} \right) \right) \quad (2)$$

$$I_{ec} = \begin{pmatrix} corr(k1,k1) & corr(k1,k2) & corr(k1,k3) & corr(k1,k4) & corr(k1,k5) \\ corr(k2,k1) & corr(k2,k2) & corr(k2,k3) & corr(k2,k4) & corr(k2,k5) \\ corr(k3,k1) & corr(k3,k2) & corr(k3,k3) & corr(k3,k4) & corr(k3,k5) \\ corr(k4,k1) & corr(k4,k2) & corr(k4,k3) & corr(k4,k4) & corr(k4,k5) \\ corr(k5,k1) & corr(k5,k2) & corr(k5,k3) & corr(k5,k4) & corr(k5,k5) \end{pmatrix} \quad (3)$$

Використовуючи статистичні дані, отримуємо такі значення елементів матриці:

$$I_{ec} = \begin{pmatrix} 1 & -0,25 & -0,68 & 0,554 & 0,56 \\ -0,25 & 1 & 0,164 & -0,226 & -0,153 \\ -0,68 & 0,164 & 1 & -0,78 & -0,611 \\ 0,554 & -0,226 & -0,78 & 1 & 0,19 \\ 0,56 & -0,153 & -0,611 & 0,19 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

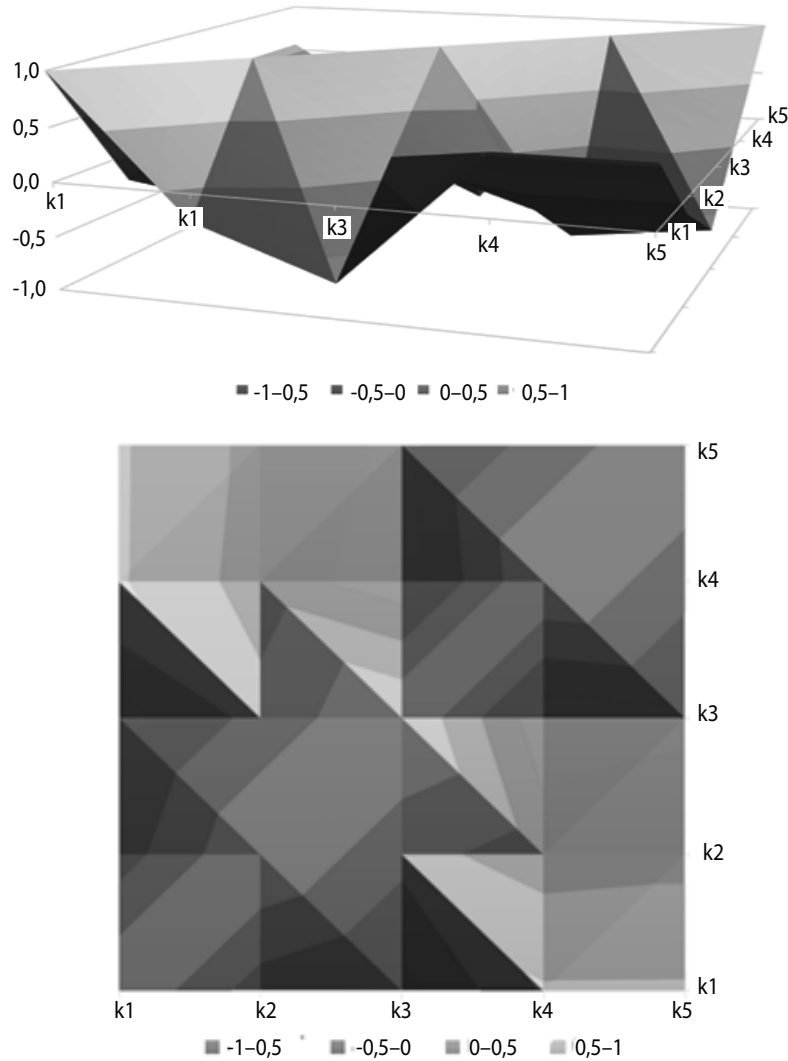


Рис. 1. Графічна інтерпретація групового інтегрального показника оцінювання розвитку ВДЕ впливу показників економічної групи (I_{ec})

Джерело: сформовано авторам на основі [4; 10]

Межі вимірювання інтегрального показника оцінювання розвитку ВДЕ знаходяться в діапазоні [0; 1]. Графічна інтерпретація групового інтегрального показника оцінювання розвитку ВДЕ впливу показників економічної групи надається на рис. 1.

За результатами розрахунку можна зробити висновок: найбільший прямий функціональний зв'язок існує між показниками «Інвестиції у ВДЕ – загальні» та «Втрати при транспортуванні та розподіленні енергії», найбільший обернений – між показниками «Енергоємність ВВП» та «Інвестиції у ВДЕ – загальні».

За аналогічною методикою розраховані групові показники екологічної та соціальної груп (I_{env} та I_{soc}).

Відповідні коефіцієнти впливу на узагальнюючий інтегральний показник розвитку ВДЕ розраховується за формулою:

$$K_1 = [(X_1^T \times X_1)^{-1} \times X_1^T]^T D_{res}, \quad (5)$$

де X_1 – матриця показників;

K_1 – коефіцієнти впливу на узагальнюючий інтегральний показник розвитку ВДЕ, який складається з відповідних груп впливу;

T – транспортування матриці показників впливу.

Графічну інтерпретацію інтегрального показника розвитку ВДЕ України наведено на рис. 2.

Інтегральний показник розвитку ВДЕ віддзеркалює вплив окремих групових показників. Рівень функціонального зв'язку між показниками можна розмежувати на діапазоні значень: високий обернений зв'язок $C_{ih} \in [-1; -0,5]$, середній обернений зв'язок $C_{im} \in (-0,5; 0)$, зв'язок відсутній $C_0 = 0$, середній прямий $C_{dm} \in (0; 0,5]$, високий прямий зв'язок $C_{dh} \in (0,5; 1]$. Графічно рівень функціонального зв'язку між показниками оцінювання розвитку ВДЕ у тривимірному просторі можна простежити від максимуму (C_{dm}) до мінімуму (C_{ih}).

Для інтерпретації кількісних значень розрахованого показника розвитку ВДЕ D_{res} використаємо методик Харрінгтона, Деррінгера та С'юїч [12; 18], представимо відрізки

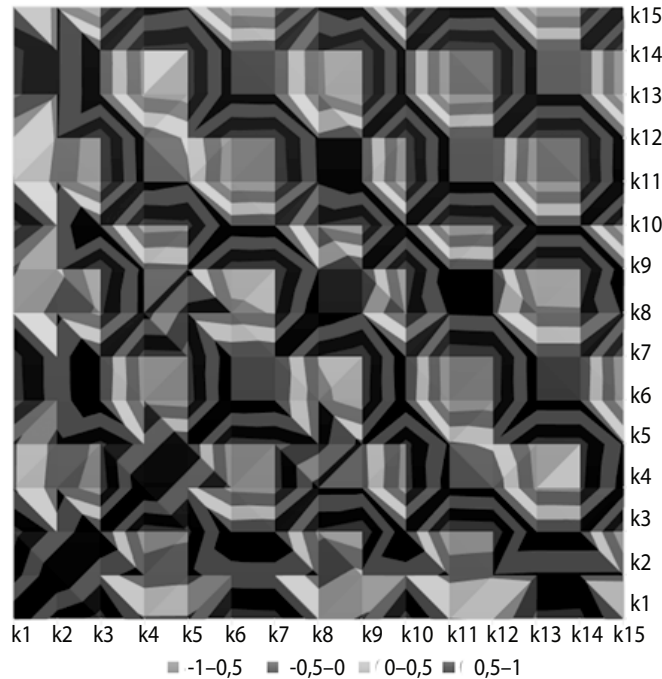


Рис. 2. Графічна інтерпретація інтегрального показника оцінювання розвитку ВДЕ України

Джерело: сформовано авторами на основі [4; 10]

значень показника відповідно до узагальненої функції бажаності. Для побудови шкали бажаності використовуємо таблицю відповідності функції бажаності (d_i) між співвідношенням бажаності в емпіричній та кількісній системі – табл. 3, в якій наведені значення, що відповідають певним точкам перетину кривої, що задається рівнянням:

$$d = \exp[-\exp(-y)]. \quad (6)$$

Таблиця 3

Взаємозв'язок між кількісними значеннями шкали бажаності та сприйняттям стану розвитку ВДЕ

Маркування – рівень бажаності	Значення за шкалою бажаності
A – високий	1,00-0,80
B – достатній	0,79-0,63
C – середній	0,62-0,37
D – недостатній	0,36-0,20
E – низький	0,19-0,00

Джерело: сформовано авторами на основі [12; 14; 18; 20; 22; 23; 24]

Значення часткового відгуку, приведені до значень за шкалою бажаності, визначається як d_i ($i = 1, 2, \dots, n$) та має назву часткової бажаності. Якщо значення $d_i = 0$ відповідає цілком незадовільному стану розвитку ВДЕ, натомість значення $d_i = 1$ – кращому. Значення $d_i = 0,37$ відповідає межі допустимих значень. Результати розрахунків оцінювання розвитку ВДЕ для України по роках за період 2006–2016 рр. подано у табл. 4.

Як бачимо з табл. 4, у перші три роки досліджуваного періоду спостерігався середній рівень розвитку ВДЕ, а стан системи був стабільно негативним. В наступні п'ять років впровадження ВДЕ в Україні було на достатньому та середньому рівні, а починаючи з 2014 року рівень розвитку ВДЕ за нашими оцінками є достатнім.

Висновки. На основі розробленої методики оцінювання розвитку ВДЕ було сформовано систему показників з урахуванням державних форм звітності, що дало можливість проаналізувати стан впровадження ВДЕ в економіку України. Проведені дослідження свідчать, що в Україні достатній рівень розвитку ВДЕ, а стан системи стабільно позитивний.

ЛІТЕРАТУРА

1. Використання та запаси палива // Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2017/2_03_08_01_2017.htm
2. Економічні показники короткострокової статистики промисловості // Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2017/2_03_09_01_2017.htm
3. Єлісеєва О. К., Хазан П. В. Методологічні аспекти статистичного аналізу відновлюваної енергетики України // Управління енергозберігаючими технологіями в Україні та світі: методологія та практики : кол. моногр. / за заг. ред. С. О. Смірнова. Дніпро: ТОВ «Акцент ПП», 2017. С. 110–129.
4. Єлісеєва О. К., Хазан П. В. Оцінювання впливу відновлюваної енергетики на соціально-економічні показники. *Бізнес Інформ*. 2017. № 8. С. 134–140.
5. Про затвердження форми державного статистичного спостереження № 1П-НПП (річна) «Звіт про виробництво та реалізацію промислової продукції» : Наказ Державної

Комплексна оцінка розвитку ВДЕ в Україні

Роки	Значення інтегрального показника оцінювання розвитку ВДЕ, частка	Висновок щодо розвитку ВДЕ – рівні	Спрямованість розвитку ВДЕ – категорії*
2006	0,52	C	-
2007	0,58	C	N
2008	0,60	C	N
2009	0,75	B	I
2010	0,61	C	W
2011	0,59	C	N
2012	0,64	B	I
2013	0,61	C	W
2014	0,66	B	P
2015	0,68	B	P
2016	0,70	B	P

* стан системи стабільно негативний – N;
стан системи стабільно позитивний – P;
стан системи поліпшується – I;
стан системи погіршується – W.

Джерело: сформовано авторами на основі [12; 14; 18; 20; 22; 23; 24]

служби статистики від 15.07.2016 № 115 // Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/norm_doc/2016/115/115_2016.htm

6. Підсумки роботи електростанцій // Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2016/1-2_03_09_04_2016.htm

7. Подолець Р. З., Дячук О. А. Стратегічне планування у паливно-енергетичному комплексі на базі моделі «TIMES-УКРАЇНА»: наук. доп. Київ: ІЕПРНАН України, 2011. 150 с. URL: [http://ief.org.ua/docs/sr/NaukDop\(PodoletsDiachuk\)2011.pdf](http://ief.org.ua/docs/sr/NaukDop(PodoletsDiachuk)2011.pdf)

7. Самойленко Ю., Григорчук М. Економічна безпека України: правовий аспект. Віче. 2013. № 17. URL: <http://www.viche.info/journal/3838/>

8. Точилін В. О., Подолець Р. З., Дячук О. А., Олександренко Ю. А. Прикладна економіко-математична модель «TIMES-УКРАЇНА» для оптимізації енергетичних потоків та прогнозування енергетичного балансу України. *Наука та інновації*. 2010. Т. 6, № 2. С. 48–66. URL: ftp://ftp.nas.gov.ua/akademperiodyka/Downloads/Archive%20SI%20Journal/SI_ukr/2010/N2/Tochulin.pdf

9. Хазан П. В. Аналіз витрат в галузі генерації електроенергії вітроелектростанціями // Сучасний стан та проблеми розвитку статистики, обліку та аудиту в умовах глобалізації та енергозбереження: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро: Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, ПП «Акцент», 2017. Т. 2. С. 84–87.

10. Budischak C., Sewell D., Thomson H., Mach L., Veron D., Kempton W. Cost-minimized combinations of wind power, solar power and electrochemical storage, powering the grid up to 99,9% of the time. *Journal of Power Sources*. 2013. Issue 225. P. 60–74.

11. Derringer G. & Suich R. Simultaneous Optimization of Several Response Variables. *Journal of Quality Technology*. 1980. – Issue 12. P. 214–219.

12. Diachuk O., Podolets R. Methodological Approaches of Assessment and Statistical Analysis of the Energy Security of Ukraine. 4th International Conference of Application of Information

and Communication Technology and Statistics in Economy and Education (ICAICTSEE). URL: https://www.researchgate.net/profile/Thilini_Gamage2/publication/282356288_Tourists'_Behavior_in_Online_Booking_Empirical_Evidence_from_Hotel_Industry_in_Sri_Lanka/links/560e1c9408ae6cf681543696.pdf#page=351

13. Energy Efficient Products // European Commission. URL: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficient-products>

14. Frupp M. Switch: A Planning Tool for Power Systems with Large Shares of Intermittent Renewable Energy. *Environmental Science & Technology*. 2012. Vol. 46. P. 6371–6378.

15. Gross R., Heptonstall P., Anderson D., Green T., Leach M., Skea J. The costs and impacts of intermittency. London: UK Energy Research Centre, 2006. 69 p.

16. Haller M., Ludig S., Bauer N. Decarbonization scenarios for the EU and MENA power system: Considering spatial distribution and short term dynamics of renewable generation. *Energy Policy*. 2012. Vol. 47. P. 282–290.

17. Harrington E. C. Jr. The desirability function. *Industrial Quality Control*. 1965. Vol. 21. P. 494–498.

18. Pfluger B., Wietschel M. Impact of renewable energies on conventional power generation technologies and infrastructures from a long-term least-cost perspective // In 9th International Conference on the European Energy Market (EEM). Florence, 2012.

19. Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of 4 July 2017 setting a framework for energy labelling and repealing Directive 2010/30/EU. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32017R1369>

20. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) // United Nations. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/co/chnvkv/conveng.pdf>

21. World Energy Trilemma Index 2014. Benchmarking the sustainability of national energy systems. London: World Energy Council, 2014. 153 p. URL: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/11/20141105-Index-report.pdf>

22. World Energy Trilemma Index 2015. Benchmarking the sustainability of national energy systems. London : World Energy Council, 2015. 153 p. URL: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/11/20151030-Index-report-PDF.pdf>

23. World Energy Trilemma Index 2016. Benchmarking the sustainability of national energy systems. London : World Energy Council, 2016. 146 p. URL: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/03/2016-World-Energy-Issues-Monitor-Full-report.pdf>

REFERENCES

Budischak, C. et al. "Cost-minimized combinations of wind power, solar power and electrochemical storage, powering the grid up to 99, 9% of the time". *Journal of Power Sources*, no. 225 (2013): 60-74.

Derringer, G., and Suich, R. "Simultaneous Optimization of Several Response Variables". *Journal of Quality Technology*, no. 12 (1980): 214-219.

Diachuk, O., and Podolets, R. "Methodological Approaches of Assessment and Statistical Analysis of the Energy Security of Ukraine". 4th International Conference of Application of Information and Communication Technology and Statistics in Economy and Education (ICAICTSEE). https://www.researchgate.net/profile/Thilini_Gamage2/publication/282356288_Tourists'_Behavior_in_Online_Booking_Empirical_Evidence_from_Hotel_Industry_in_Sri_Lanka/links/560e1c9408ae6cf681543696.pdf#page=351

"Ekonomichni pokaznyky korotkostrokovoi statystyky promyslovosti" [Economic Indicators of Short-term Industry Statistics]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2017/2_03_09_01_2017.htm

"Energy Efficient Products" European Commission. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficient-products>

Fripp, M. "Switch: A Planning Tool for Power Systems with Large Shares of Intermittent Renewable Energy". *Environmental Science & Technology*, vol. 46 (2012): 6371-6378.

Gross, R. et al. *The costs and impacts of intermittency*. London: UK Energy Research Centre, 2006.

Haller, M., Ludig, S., and Bauer, N. "Decarbonization scenarios for the EU and MENA power system: Considering spatial distribution and short term dynamics of renewable generation". *Energy Policy*, vol. 47 (2012): 282-290.

Harrington, E. C. Jr. "The desirability function". *Industrial Quality Control*, vol. 21 (1965): 494-498.

Khazan, P. V. "Analiz vytrat v haluzi heneratsii elektroenerhii vitroelektrostantsiiamy" [Analysis of costs in the field of electricity generation by wind power plants]. *Suchasnyi stan ta problemy rozvytku statystyky, obliku ta audytu v umovakh hlobalizatsii ta enerhozberezhennia*, vol. 2. Dnipro: Dnipropetrovskiy natsionalnyi universytet im. O. Honchara; PP «Aktsent», 2017. 84-87.

[Legal Act of Ukraine] (2016). http://www.ukrstat.gov.ua/norm_doc/2016/115/115_2016.htm

"Pidsumky roboty elektrostantsii" [Results of work of power plants]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2016/1-2_03_09_04_2016.htm

Pfluger, B., and Wietschel, M. "Impact of renewable energies on conventional power generation technologies and infrastructures from a long-term least-cost perspective". *9th International Conference on the European Energy Market (EEM)*. Florence, 2012.

Podolets, R. Z., and Diachuk, O. A. "Stratehichne planuvannya u palyvno-enerhetychnomu kompleksi na bazi modeli «TIMES-UKRAINA»" [Strategic planning in fuel and energy complex based on the model «TIMES-UKRAINE»]. [http://ief.org.ua/docs/sr/NaukDop\(PodoletsDiachuk\)2011.pdf](http://ief.org.ua/docs/sr/NaukDop(PodoletsDiachuk)2011.pdf)

"Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of 4 July 2017 setting a framework for energy labelling and repealing Directive 2010/30/EU". <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32017R1369>

Samoilenko, Yu., and Hpyhopchuk, M. "Ekonomichna bezpeka Ukpainy: ppavovyi aspekt" [Economic security of Ukraine: the legal aspect]. Viche. 2013. <http://www.viche.info/journal/3838/>

Tochylin, V. O. et al. "Prykladna ekonomiko-matematychna model «TIMES-UKRAINA» dlia optymizatsii enerhetychnykh potokiv ta prohozuvannya enerhetychnoho balansu Ukrainy" [Applied economic-mathematical model «TIMES-UKRAINE» for optimization of energy flows and forecasting of the energy balance of Ukraine]. Nauka ta innovatsii. 2010. ftp://ftp.nas.gov.ua/akademperiodyka/Downloads/Archive%20SI%20Journal/SI_ukr/2010/N2/Tochulin.pdf

"United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)". United Nations. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>

"Vykorystannia ta zapasy palyva" [Use and fuel stocks]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2017/2_03_08_01_2017.htm

"World Energy Trilemma Index 2014. Benchmarking the sustainability of national energy systems". <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/11/20141105-Index-report.pdf>

"World Energy Trilemma Index 2015. Benchmarking the sustainability of national energy systems". <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/11/20151030-Index-report-PDF.pdf>

"World Energy Trilemma Index 2016. Benchmarking the sustainability of national energy systems". <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/03/2016-World-Energy-Issues-Monitor-Full-report.pdf>

Yelisieieva, O. K., and Khazan, P. V. "Metodolohichni aspekty statystychnoho analizu vidnovliuvanoi enerhetyky Ukrainy" [Methodological aspects of statistical analysis of renewable energy in Ukraine]. In *Upravlinnia enerhozberihaiuchymy tekhnolohiiamy v Ukraini ta sviti: metodolohiia ta praktyky*, 110-129. Dnipro: TOV «Aktsent PP», 2017.

Yelisieieva, O. K., and Khazan, P. V. "Otsiniuvannya vplyvu vidnovliuvanoi enerhetyky na sotsialno-ekonomichni pokaznyky" [Assessment of the impact of renewable energy on socio-economic indicators]. *Biznes Inform*, no. 8 (2017): 134-140.