

ПРОБЛЕМИ ЕКОНОМІКИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ І ВИРОБНИЧИХ КОМПЛЕКСІВ

УДК 620.9:330.366:330.46 (477)

doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.03.005>

Юрій Михайлович Харазішвілі,

д-р екон. наук, с.н.с.

Інститут економіки промисловості НАН України
030572, Україна, м. Київ, вул. Марії Капніст, 2

E-mail: yuri_mh@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-3787-1323>

ІДЕНТИФІКАЦІЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ З ПОЗИЦІЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ¹

У статті наведено результати дослідження підходів до визначення рівня енергетичної безпеки держави в контексті економічно-енергетичних характеристик і можливості забезпечення потреб в енергетичних ресурсах власними енергоносіями та захищеним імпортом. Цей рівень, у свою чергу, залежить від ефективності використання й екологічної придатності первинних енергетичних ресурсів, наявності власних енергоносіїв і безпечності їх імпорту. Енергетична безпека розглядається як складова екологічної безпеки в системі сталого розвитку України.

Запропоновано перелік економічно-енергетичних і ресурсних індикаторів енергетичної безпеки з урахуванням тіньового енергоспоживання, без якого оцінки безпеки будуть неадекватними. Для всіх індикаторів визначено межі безпечного існування – вектора порогових значень: верхнє та нижнє оптимальні ("гомеостатичне плато"), порогові та критичні (для глибших досліджень). Як критерій досягнення рівня сталого розвитку запропоновано середнє значення "гомеостатичного плато", у межах якого існує від'ємний зворотний зв'язок та найкращі умови функціонування системи з точки зору стійкості. Порогові значення визначено з урахуванням досвіду розвинутих країн із використанням методу t-критерію шляхом побудови функцій щільності ймовірності, обчислення статистичних характеристик (математичного очікування, середньоквадратичного відхилення та коефіцієнта асиметрії). Виокремлено характерні типи розподілу (нормальний, логнормальний, експоненціальний), для яких запропоновано формалізоване визначення вектора порогових значень.

Здійснено ідентифікацію рівня енергетичної безпеки за сучасною методологією інтегрального оцінювання, що передбачає порівняння інтегральних індексів з інтегральними пороговими значеннями та визначення найвпливовіших загроз. Для інтегральної згортки застосовано мультиплікативну форму інтегрального індексу, модифікований метод нормування з визначенням динамічних вагових коефіцієнтів за комбінацією методів "головних компонент" та "ковзної матриці". Визначено головні загрози за віддаленістю інтегральних індексів й індикаторів від точки сталого розвитку, а також вагомість їх впливу на рівень енергетичної безпеки через визначення коефіцієнтів еластичності.

Запропонований підхід є універсальним та може бути використаний для різних країн, регіонів, видів економічної діяльності або підприємств для ідентифікації рівня безпеки з метою подальшої розробки науково обґрунтованих сценаріїв сталого розвитку на середньо-

¹ Автор висловлює подяку завідувачу відділу проблем перспективного розвитку паливно-енергетичного комплексу ІЕП НАН України к.т.н. Д.Ю. Череватському за активну участь в обговоренні структури та системи індикаторів, а також в аналізі існуючих підходів до оцінювання рівня енергетичної безпеки.

© Ю. М. Харазішвілі, 2019

та довгострокову перспективу з використанням методів адаптивного регулювання з теорії управління.

Ключові слова: енергетична безпека, сталий розвиток, ідентифікація, інтегральний індекс, індикатори, порогові значення, загрози.

JEL: O130, O57, C440, C63, O17

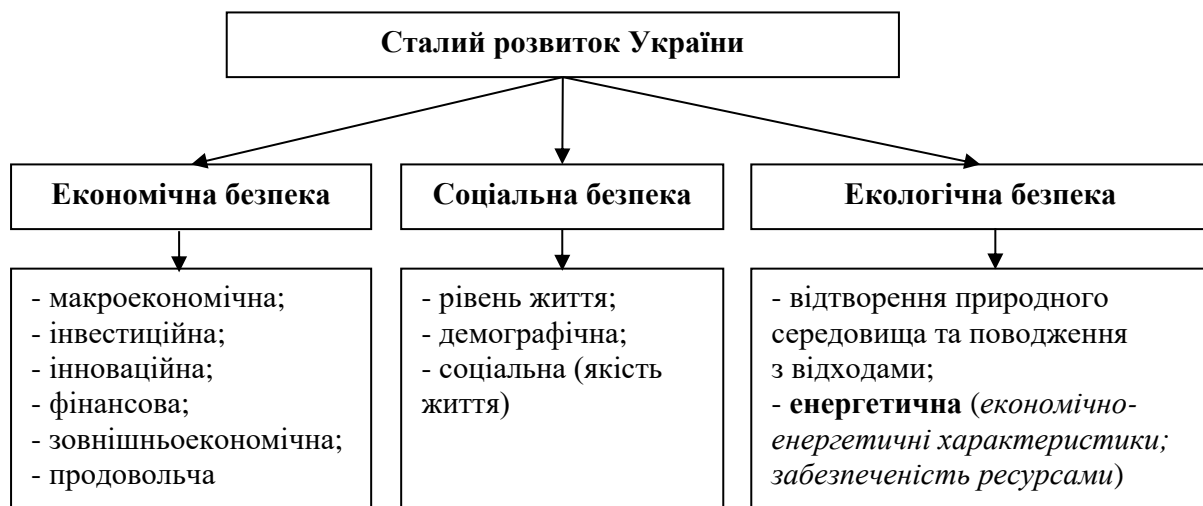
Відсутність збалансованості в Україні та світі трьох складових сталого розвитку (економічної, соціальної, екологічної) призводить до катастрофічної деградації навколишнього середовища в масштабах біосфери, зuboжіння мільйонів людей і виснаження ресурсів планети. Відповіддю на це стала нова парадигма соціально-економічного розвитку з урахуванням екологічних обмежень, що отримала назву "сталий розвиток" (*sustainable development*).

Як відзначають українські фахівці, "Системне узгодження і баланс цих трьох складових – завдання величезної складності. Зокрема, взаємозв'язок соціальної та екологічної складових приводить до необхідності збереження однакових прав сьогоденних і майбутніх поколінь на використання природних ресурсів. Взаємодія соціальної та економічної складових потребує досягнення справедливості при розподілі матеріальних благ між людьми і надання цілеспрямованої допомоги бідним

верствам суспільства. І, нарешті, взаємозв'язок природоохоронної та економічної складових потребує вартісної оцінки техногенних впливів на довкілля. Вирішення цих завдань – найголовніший виклик сьогодення для національних урядів, авторитетних міжнародних організацій та всіх прогресивних людей світу" [1].

Якщо країни не здійснюватимуть кроків за всіма трьома напрямками – підтримувати економічне зростання, сприяти соціальному розвитку та прагнути до екологічної стійкості і після досягнення компромісних рішень між ними, то мало ймовірно, що такі країни далеко просунуться на шляху до сталого розвитку. Така концепція безпосередньо узгоджується з трактуванням економічної безпеки.

Енергетична безпека посідає важливе місце у структурі сталого розвитку економіки України та включає дві складові: економіко-енергетичні характеристики та забезпеченість ресурсами (рис. 1).



Складено за джерелом [2].

Рисунок 1 – Структура сталого розвитку економіки України

У зв'язку з вищевикладеним виникають питання: яким є існуючий стан енергетичної безпеки України? Чи відповідає сучасним вимогам енергетична безпека України? Якими є науково обґрунтовані стратегічні орієнтири сталого розвитку енергетичної безпеки як екологічної складової сталого розвитку України?

Як зазвичай оцінюють енергетичну безпеку національних економік

Світова спільнота не має усталеної думки щодо єдиної методики оцінки енергетичної безпеки країни. Рівень енергетичної безпеки національних економік визначається за допомогою трьох груп методів: індикативного аналізу, експертного оцінювання, таксономічного аналізу. Окремі авторські підходи можуть складатися як із послідовного виконання всіх трьох методів, так і з окремих з них [3].

Вимоги забезпечення сталого розвитку людства вносять усе більші корективи навіть у поняття енергетичної безпеки. Так, Світова енергетична рада (World Energy Council – WEC) використовує категорію енергетичної трилеми (World Energy Trilemma), що оперує як складовими енергетичною безпекою (Energy security), рівністю енергетичного доступу (Energy equity) та екологічною стійкістю (Environmental sustainability). Енергетична безпека стосується ефективної організації поставок первинної енергії з національних і зарубіжних джерел, надійності енергетичної інфраструктури та здатності постачальників енергії задовольнити поточний і майбутній попит; рівність енергетичного доступу – доступності та справедливості щодо енергопостачання населенню; екологічна стійкість – ефективність пропозиції і попиту енергії, а також розвиток пропозиції енергії з відновлюваних та інших маловуглецевих джерел.

Щорічно WEC оцінює стан країн та континентів (регіонів) за допомогою спеціальних індексів (Energy Trilemma Index), які розраховує міжнародна фірма з управління Олівер Вайман (Oliver Wyman) [4]. Електронний ресурс надає можливість фахівцям і широким верствам науковців ско-

ристанися інтерактивним калькулятором (pathway calculator) Energy Trilemma Index, який дозволяє не тільки оцінювати поточну ситуацію, але і моделювати перспективи розвитку національних енергетик, здійснюючи варіювання певним чинником.

Слід відзначити, що трилемність зараз не є виключним і єдино прийнятним підходом в енергетиці. Так, авторитетне International Energy Agency (IEA) систематично визначає індикатори ризиків і стійкості енергетичної безпеки за MOSES (Measuring Short-term Energy Security) [5]. Модель MOSES націлена на визначення фізичної безпеки енергопостачання та не враховує економічну складову енергетичної безпеки або "доступність" енергії, відображенням якої є рівень та волатильність цін на енергоносії; інституційні та інвестиційні чинники, а саме структуру енергоринку та його інвестиційний клімат; кінцеве споживання енергії та енергоносіїв, а також якість надання енергетичних послуг; екологічну складову енергокористування. Разом з тим сама IEA критично оцінює досконалість підходу і відзначає його вузьку спрямованість.

Інший підхід демонструє Інститут глобальної енергетики (Global Energy Institute) при Торговій палаті США (U.S. Chamber of Commerce), який продовжує визначати ризики енергетичної безпеки і відповідно до цього за оригінальною методикою для 25 найбільших країн-споживачів енергетичних ресурсів розраховує International Energy Security Risk Index [6]. Указаний ризик-індекс урахує вплив глобальних загроз у сфері паливопостачання, ризики імпорту палива, витрати на енергоносії, ціни та волатильність ринків, зокрема у сфері електрогенерації, транспортному секторі, ризики використання енергії, загрози довкіллю та ін. Бали (значення індексів) для цієї групи країн являють собою відношення до еталонного індексу, яким є середній показник для членів Організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) у 1980 р., прийнятий за 1000.

Найбільш загрозованими енергетичній безпеці України, на думку американців, є

недостатність видобутку будь-якого з глобально значимих для задоволення внутрішніх потреб національного господарства видів ПЕР; високі імпорتنі ризики за всіма видами ПЕР, окрім вугілля, порівняно із їх середніми значеннями в країнах ОЕСР; великі витрати на закупівлю імпортного пального, що обумовлюють значне навантаження на ВВП; висока інтенсивність енергоспоживання й інтенсивність викидів двоокису вуглецю, що визначається як найслабше місце в енергетичній безпеці.

Інститут економічних досліджень країн Азії має власний методичний підхід до оцінки енергетичної безпеки за 16 локальними індикаторами [7], але без зведеної оцінки енергетичної безпеки країн, а лише через усереднення локальних індикаторів по країнах-членах і порівняння їх значень із тією самою групою розвинутих країн – ОЕСР.

У РФ індикатори енергетичної безпеки визначають за методикою Інституту систем енергетики ім. Л.О. Мелентьєва СВ РАН [8], для якої характерна оцінка ефективності функціонування паливно-енергетичного комплексу енергозалежних країн, пов'язана з надійністю забезпечення дефіцитного попиту за рахунок імпорту.

Проте, при всьому авторитеті ІЕА, Торгової палати США та її дочірнього Інституту глобальної енергетики, трилемний підхід більшою мірою відповідає основним концептуальним установам сьогодення, оскільки враховує екологічну складову. Індекс енергетичної трилеми базується на 60 наборах даних, які трансформуються у 23 індикатори. Деякі індикатори формуються з одного набору даних, деякі є комбінацією двох, трьох або декількох підмножин. Дані, якщо це можливо, щорічно оновлюються. Індекс відображає ситуацію протягом трьох останніх років.

Балансова оцінка, запропонована WEC, показує, наскільки добре країна здатна до компромісів за трьома конкуруючими вимірами. Полярними є оцінки AAA, які одержують країни, що добре зарекомендували себе в енергетичних вимірах й ефективно врівноважують енергетичну трилему, і DDD. Оцінки розраховуються шляхом

розподілу країн, які атестуються, на чотири групи за показниками енергетичної ефективності, що нормалізовані в діапазоні 0-10. Потім країнам надають трикласну оцінку. Найкращий бал А надається країнам із результатом вище 8. Країни з нормованими результатами вище 5 отримують бал В. Середні результати в межах від 2,51 до 5 – С. Оцінку D одержують країни з недостатньою продуктивністю. Збільшення або зменшення кількості балів відбувається тільки за наявності системного тренду (на відміну від короткочасних коливань), для чого використовується так звана 10-відсоткова "маржа подяки" [9].

Досьє (профіль) кожної країни становлять такі показники:

1. Частка промислового сектору у ВВП (Industrial sector), %.

2. ВВП на 1 людину за паритетом купівельної спроможності (GDP per capita), дол. США/чол.

3. Енергоємність ВВП (Energy intensity), кг н.е./дол. США.

4. Різноманітність міжнародних постачальників енергії за індексом Герфіндалля-Гіршмана (Diversity of international energy suppliers, Herfindahl Hirschman Index).

5. Частка населення з доступом до електроенергії (Population with access to electricity), %.

6. Частка населення в міській / сільській місцевості, що має можливість не використовувати тверде паливо в процесі приготування їжі (Access to clean cooking in urban/rural areas), %.

7. Ціна електроенергії, за якою вона відпускається домогосподарствам (Household electricity prices), дол./кВт·год.

8. Частка втрат електроенергії у процесі передачі (Rate of transmission and distribution losses), %.

9. Інтенсивність виробництва двоокису вуглецю (CO₂ intensity), кг/дол. США за ПКС.

10. Темпи зростання емісії парникових газів протягом певного періоду (GHG – Greenhouse gas – emission growth rate), %.

11. Резерви викопного палива загалом і за видами (Fossil fuel reserves Resource endowment), млн т н.е.

12. Диверсифікація у споживанні первинної енергії за видами ресурсів (Diversity of total primary Energy supply).

13. Диверсифікація електричної генерації за видами (Diversity of electricity generation).

Калькулятор індексів енергетичної трилеми використовує такі індикатори за складовими.

За категорією енергетичної безпеки:
концентрація (зменшена різноманітність) загального споживання первинної енергії (Concentration {reduced diversity} of total primary energy supply), 0 – 100;

зміна споживання енергії у зв'язку зі зростанням ВВП (Change in energy consumption in relation to GDP growth), -10 – 10;

залежність від імпорту (Import dependence), 1 – 100;

концентрація (зменшення різноманітності) виробництва електроенергії (Concentration {reduced diversity} of electricity generation), 0 – 100.

За категорією рівності енергетичного доступу:

доступ до електроенергії (Access to electricity {% population}), 0 – 100;

ціна електроенергії для промисловості (Industry electricity price {US cents per KWh}), 0 – 60.

За категорією екологічної стійкості:
інтенсивність ВВП щодо утворення двоокису вуглецю (CO₂ intensity {kCO₂ per US\$}), 0 – 2;

емісія парникових газів в енергетичному секторі (GHG emissions from energy sector {Mt CO₂}), 0 – 10000.

Розрахункові формули взагалі не обнародуються – калькулятор працює в режимі кібернетичної чорної скрині: моделювання розвитку національної енергетики, яке здійснюється переміщенням "повзунків" з управління певним індикатором, що збільшує або зменшує значення вхідних сигналів. Це дає змогу оцінювати поведінку функцій відгуку, що дозволяє реалізувати різні гіпотетичні стратегічні варіанти. У результаті зіставлення різних за часом

матеріалів WEC можна побачити методичні зміни, наприклад вагових показників, що належать до категорій і деяких показників. Так, у 2015 р. вплив категорій оцінювався з коефіцієнтом 0,25, а в 2017 р. змінився на 0,3 [10].

Деякі фахівці висловлюють незадоволення ранговим підходом до визначення індексів енергетичних трилем [11].

В Україні енергетична безпека є предметом досліджень кількох авторитетних фахівців, які більшою мірою розглядають її як складову безпеки більш загального рівня. Так, для М. Земляного об'єктом енергетичної безпеки є паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) або система енергозабезпечення країни, що включає ПЕК та управління ним [12]. На думку Є. Боброва, енергетична безпека – це складова економічної безпеки, стійкість якої обумовлюють структура енергоносіїв в енергоспоживанні, рівень освоєння та використання наявних власних ресурсів, глибини їх переробки та характеристик енергогенеруючих технологій, диверсифікованість джерел енергопостачання, шляхів транспортування та ін. [13]. А. Прокіп окреслює енергетичну безпеку концепцією сталого розвитку і пропонує оцінювати її рівень відносинами суб'єктів, що впливають на кінцевий стан, – від постачальників енергоресурсів, якими є країни, окремі транснаціональні корпорації та ін. [14]. Проблематика вирішального впливу на енергобезпеку ринків енергоносіїв висвітлена в роботі [15].

Ставлення до енергетичної безпеки в Україні як до складової економічної безпеки є не тільки позицією окремих авторів, але і проявом державної політики, що закріплено в розробленій Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України методиці, яка передбачає разом з іншими склад індикаторів та властиві їм порогові значення, визначені за допомогою експертних опитувань, для оцінки енергетичної безпеки [16].

На думку О. Суходолі [17], у даному документі з оцінки стану економічної безпеки, затвердженому у 2007 р., більшість

перелічених індикаторів не пов'язані з динамікою функціонування системи енергозабезпечення, потребами економіки та суспільства, не розкрито причини наближення чи віддалення характеристик об'єкта відносно його безпечного стану, що обумовлює швидке "старіння" вибраних характеристик оцінки стану енергетичної безпеки в результаті процесів, які відбуваються в суспільстві.

У той же час мають недоліки і затверджені у 2013 р. Методичні рекомендації щодо розрахунку рівня економічної безпеки України [18], згідно з якими стан енергетичної безпеки країни пропонується визначати за модифікованим набором індикаторів, які є більш адекватними для виокремлення аспекту процесуальності. Введені індикатори, які вказують на функціонування системи енергозабезпечення (забезпеченість запасами кам'яного вугілля та природного газу – спроможність функціонування системи протягом визначеного періоду, частка втрат при транспортуванні та розподіленні енергії – якість функціонування системи енергозабезпечення через відсоток втрат) не дають можливості комплексно й кількісно оцінити рівень енергетичної безпеки національної економіки, оскільки важливим є не стільки відображення зміни окремих параметричних характеристик системи в часі, що найчастіше розуміється фахівцями як "динаміка системи", а зміни всередині системи, які визначають її властивості.

Мета статті – формування об'єктивної системи орієнтирів щодо кількісної оцінки рівня енергетичної безпеки України порівняно з інтегральними пороговими значеннями та визначення переліку і вагомості впливу найважливіших загроз.

Запропонований новий методичний інструментарій кількісної оцінки рівня енергетичної безпеки

Підвищення рівня енергетичної безпеки потребує методичного інструментарію його ідентифікації та кількісного оцінювання впливу кожного індикатора на

інтегральний індекс енергетичної безпеки для застосування відповідних заходів регулювання в поточному та прогнозованому періодах сталого розвитку. Відповідна довгострокова програма підвищення енергетичної безпеки держави має ґрунтуватися на кількісних стратегічних орієнтирах, оцінках поточного стану й ефективності заходів щодо досягнення встановлених на перспективу індикаторів та показників.

Енергетична безпека національної економіки є складовою екологічної безпеки, важливість впливу якої зростає з посиленням вимог забезпечення сталого розвитку людства. Якщо в середині ХХ ст. якість життя безпосередньо ув'язувалася з економічним добробутом і споживанням первинних енергетичних ресурсів (ПЕР), тобто вугілля, нафти, природного газу, ядерного палива та ін., то проголошена у 1987 р. доктрина сталого розвитку (sustainable development) принципово змінила парадигму якості життя – від "Трьох Е" (економіка, енергетика, екологія [19]) до "економіка, соціальна сфера, екологія" [20]. Протиставлення економіки екології певним чином є нерозв'язним. Згідно з Корнуельською декларацією [21] до 2050 р. загальносвітове споживання ресурсів необхідно знизити вдвічі (в абсолютних величинах), але для того, щоб країни, які розвиваються, могли здійснювати економічне зростання, розвинуті економіки мають знизити своє споживання ресурсів в 10 разів, або на 90%. Тому перш за все перетворенню мають бути піддані макроекономіки з найбільш "брудними" й енергетично неефективними господарськими комплексами. Це прямо стосується українського господарства та його енергетичної безпеки, адже, наприклад, вітчизняна металургія на виплавку 1 т чавуну витрачає в середньому 530 кг коксу, тоді як європейські заводи – 350 кг [22], а рівень шкідливих викидів вітчизняних ТЕС перевищує нормативи ЄС у 5-30 разів, що можна виправити лише кардинальною дуже дорогою модернізацією понад 40% загальної потужності вітчизняного парку теплової енергетики [23].

Таким чином, енергетична безпека на національному рівні розглядається в контексті економічно-енергетичних характеристик та можливості забезпечення потреб в енергетичних ресурсах власними енергоносіями і захищеним імпортом, тобто залежить від ефективності використання та екологічної придатності первинних енергетичних ресурсів, наявності власних енергоносіїв і безпечності їх імпорту (табл. 1). Наведений перелік не є остаточним – він може змінюватися залежно від цілей і глибини дослідження.

Рівень технологічного розвитку – частка корисної електричної енергії від кінцевого споживання первинних енергоносіїв з урахуванням їх витрат на власні потреби енергетичного сектору і втрат у мережах електропостачання. Результати розрахунків цього показника наведено на сайті [24].

Рівень викидів CO₂ на спожите паливо – характеризує комплекс енергетичних й екологічних властивостей національних господарств відносно обсягу спожитих первинних енергетичних ресурсів.

Таблиця 1 – Складові та індикатори енергетичної безпеки України ¹

Складова	Індикатори	<i>S(D)</i> *
Економічно-енергетичні характеристики	1. Рівень технологічного розвитку, част. од.	<i>S</i>
	2. Рівень викидів CO ₂ на спожите паливо, т/т н.е.	<i>D</i>
	3. Рівень тіньового споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), % ВВП	<i>D</i>
	4. Рівень інвестування підприємств паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), % випуску ПЕК	<i>S</i>
	5. Рівень оновлення основних засобів підприємств ПЕК, %	<i>S</i>
	6. Енергоемність ВВП, кг н.е. /ВВП дол. США за ПКС	<i>D</i>
Забезпеченість ресурсами	1. Частка імпорту нафти у споживанні ПЕР, %	<i>D</i>
	2. Частка імпорту газу у споживанні ПЕР, %	<i>D</i>
	3. Частка імпорту вугілля у споживанні ПЕР, %	<i>D</i>
	4. Рівень споживання нафти у споживанні ПЕР, %	<i>D</i>
	5. Рівень споживання газу у споживанні ПЕР, %	<i>S</i>
	6. Рівень споживання вугілля у споживанні ПЕР, %	<i>D</i>
	7. Рівень споживання атомної енергії у споживанні ПЕР, %	<i>S</i>
	8. Індекс Герфіндаля-Гіршмана	<i>D</i>
	9. Рівень власних джерел у споживанні ПЕР, %	<i>S</i>

¹ Складено автором.

* *S* – стимулятор, *D* – дестимулятор.

Рівень тіньового споживання ПЕР – визначається відношенням обсягів тіньового споживання ПЕР до обсягу ВВП у відсотках. На відміну від інших постсоціалістичних країн та країн ЄС, Україна зберігає неприйнятно високий, з огляду на національну конкурентоспроможність, рівень енергозатрат. Головні причини цього полягають у технічно застарілих енергоемних виробництвах, які становлять значну частину у структурі промисловості України, та наявності тіньової економіки. Головні

джерела тіньової економіки – штучне завищення проміжного споживання та тіньова оплата праці.

Для розрахунку обсягів тіньового споживання ПЕР використовується модель макроекономічної рівноваги "Альфа" як основа методу розрахунку тіньової економіки [25]. Первинними даними є інформація Держкомстату України про вартість споживання ПЕР у гривневому еквіваленті для визначення частки цього споживання в офіційному проміжному споживанні. Із

використанням модельних розрахунків чистого проміжного споживання (без тіньової економіки), виконаних науковцями Інституту економіки промисловості НАН України, можна обчислити фактичне (чисте) споживання ПЕР, а різниця між обсягами загального та фактичного споживання ПЕР становитиме обсяг тіньового споживання ПЕР, яке на кінець 2018 р. дорівнює 37,8% офіційного споживання ПЕР та 11,8% від ВВП.

Порогові значення індикатора "рівень тіньового споживання ПЕР" слід пов'язувати з вектором порогових значень індикатора "частка оплати праці у випуску": 0,2; 0,26; 0,32; 0,382, що підпорядковуються закономірності ряду чисел Фібоначчі у модифікованій функції Кобба-Дугласа (0,382 при затратах праці та 0,618 при затратах капіталу). Такий зв'язок можна визначити з використанням взаємодії функцій сукупного попиту та сукупної пропозиції в моделі загальної економічної рівноваги "Альфа", а саме через розв'язок прямої задачі: як значення частки оплати праці впливають на рівень тінізації економіка та, відповідно, на рівень тіньового споживання ПЕР? Результати моделювання дають такі значення вектора порогових значень (нижнє порогове, нижнє оптимальне, верхнє оптимальне, верхнє порогове; для більш глибоких досліджень додається пара критичних значень – нижнє критичне, верхнє критичне): 8; 5,3; 3,9; 2,6.

Рівень інвестування підприємств ПЕК – розраховується відношенням капітальних інвестицій у добувну промисловість (видобуток паливно-енергетичних корисних копалин), виробництво та розподілення електроенергії, газу та води до відповідного випуску у відсотках.

Рівень оновлення основних засобів підприємств ПЕК – розраховується відношенням капітальних інвестицій у добувну промисловість (видобуток паливно-енергетичних корисних копалин), виробництво та розподілення електроенергії, газу та води до відповідного обсягу основних засобів підприємств ПЕК.

Енергоємність ВВП – відношення річних витрат первинних енергетичних ресурсів, обчислених по національних економіках у кг нафтового еквіваленту, до річного обсягу валового внутрішнього продукту, обчисленого у млн дол. США за паритетом купівельної спроможності.

Не менш важливими є індикатори такої складової, як забезпеченість ресурсами. Завданням, яке впливає з домовленостей, досягнутих державами-учасниками в рамках Конференції ООН з клімату (COP21), що відбулася у передмісті Парижа Ле-Бурже 30 листопада – 12 грудня 2015 р., є утримання підвищення глобальної температури на рівні 1,5-2°C щодо показників доіндустріальної епохи. Це обумовило стратегію прискореного переходу до суспільства й економіки, які споживають мало вуглецевих технологій, застосовують тактику прискореного переспрямування фінансових потоків від секторів із сильними викидами, особливо тих, де використовуються викопне паливо, до секторів, які використовують низьковуглецеву енергію. Тому споживання всіх видів викопного палива, за виключенням природного газу, що дає набагато менше викидів, ніж вугілля і нафта, позначено в табл. 1 символами D , тобто віднесено до дестимуляторів.

Модель мегарівня за споживанням J -го виду енергетичного ресурсу має такий вигляд [26, с. 42-47]:

$$Q_j = D_j + I_j - E_j, \quad (1)$$

де Q_j – споживання j -го виду енергоресурсу;

D_j – власне виробництво j -го виду енергоресурсу в країні;

I_j – імпорт j -го виду енергоресурсу;

E_j – експорт j -го виду енергоресурсу.

Види енергоресурсів позначено такими індексами: C – вугілля, O – нафта, NG – природний газ, G – гідравлічна енергія, N – ядерна енергія, R – енергія відновлюваних джерел, S – вторинні енергоресурси. Енергетичну модель мегарівня подано у вигляді енергобалансу країни (табл. 2).

Таблиця 2 – Енергобаланс країни (енергетична мегамодель)¹

Джерело	Природний газ	Нафта	Вугілля	Атомна енергія	Гідро-енергія	Відновлювані джерела	ВЕР
Власне виробництво	D_{NG}	D_O	D_C	D_N	D_G	D_R	D_S
Імпорт	I_{NG}	I_O	I_C				I_S
Експорт	E_{NG}	E_O	E_C				E_S
Споживання	Q_{NG}	Q_O	Q_C	Q_N	Q_G	Q_R	Q_S

¹ Складено за даними джерела [26, с. 42-47].

Енергетичні мегамоделі можна розділити на три види:

автаркічна – побудована згідно з принципами повного самозадоволення енергетичних потреб країни;

відкрита – повністю базується на імпортному паливі (сировині);

комбінована – паливна (сировинна) база національної економіки комплектується зарубіжними та виробленими в країні енергоносіями, кількість і кон'юнктура яких є мінливими.

Політику автаркізму в довоєнний період (30-ті роки ХХ ст.) проголошувала Німеччина, де завдяки великим вугільним родовищам справа доходила до масового виробництва моторних палив із продуктів перегонки вугілля; згодом німецький досвід знадобився ПАР – іншій великій вугледобувній країні, коли вона перебувала під тиском міжнародних санкцій (спрямованих проти режиму апартеїду). Зразок протилежного способу забезпечення енергоресурсами являє собою японська економічна модель, майже повністю побудована на привізних енергоносіях. Українська модель належить до розряду комбінованих.

Дані щодо виробництва та споживання енергетичних ресурсів по країнах світу щорічно публікує компанія ВР [27]. На сайті WITS (World Integrated Trade Solution) наведено дані про джерела й обсяги поставок енергетичних ресурсів по економіках світу [28].

Індекс Герфіндаля-Гіршмана (ННІ) – є об'єктивним критерієм загрозливих для національної енергетики ситуацій на між-

народних ринках енергетичних ресурсів та розраховується за формулою

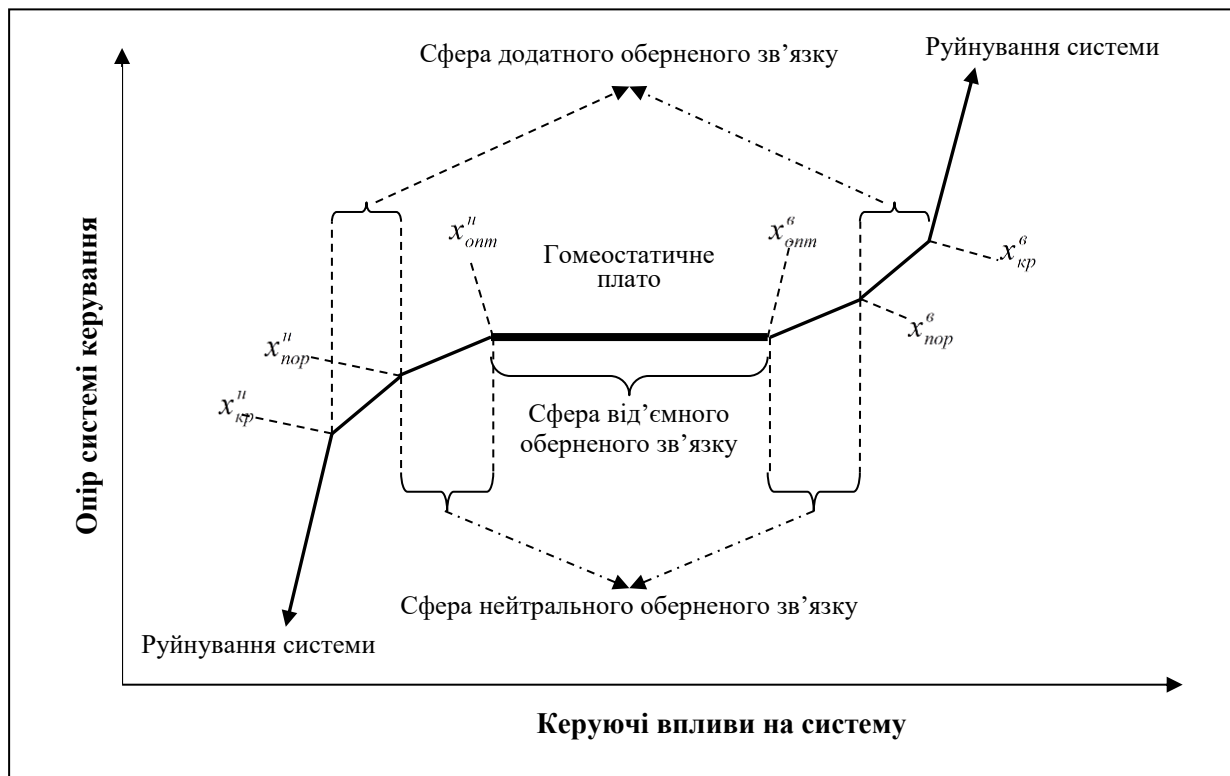
$$ННІ = \sum_1^k (s_k^j)^2, \quad (2)$$

де s_j^k – частка ринку, що належить k -му експортеру j -го енергетичного енергоносія.

Нормальній за міжнародними нормами концентрації постачальників енергетичних ресурсів відповідає значення індексу менше 1000; середній ступінь концентрації $1000 < ННІ < 2000$; високий – більше 2000.

Без знання меж безпечних умов функціонування економічної системи неможливий захист її життєво важливих інтересів [29]. Тому для кожного індикатора необхідно визначити вектор порогових значень, де пара оптимальних значень утворюють "гомеостатичне плато" (уперше запропоноване Ван Гігом), у межах якого існують найкращі умови функціонування системи, [30]. Поняття "гомеостатичного плато" дістало подальшого розвитку в роботі [3, с. 67], а саме додано діапазон порогових і критичних значень з областю нейтрального оберненого зв'язку та поясненням переходу від однієї зони до іншої як поступова зміна оберненого зв'язку за експонентою (рис. 2).

Для всіх індикаторів енергетичної безпеки (окрім індикатора "рівень тінювого споживання ПЕР") з метою визначення вектора порогових значень застосовано метод t -критерію [31], який полягає у побудові функції щільності ймовірності, розрахунку статистичних характеристик: математичного очікування (μ), середньо-



Складено за джерелом [2].

Рисунок 2 – Гомеостатичне плато динамічної системи

квадратичного відхилення (σ), коефіцієнта асиметрії (k_{as}) (доданого [2, с. 70-72]) та формалізованого розрахунку вектора порогових значень для характерних типів розподілу. З усіх індикаторів виокремлено три характерних типи розподілу (нормальний,

логнормальний та експоненціальний), для яких визначено формалізоване подання вектора порогових значень [2, с. 70-72] (табл. 3). Для критичних значень зазвичай замість t застосовується $\pm 3\sigma$ або більше (для коротких вибірок).

Таблиця 3 – Формалізовані значення вектора порогових значень¹

Тип функцій щільності ймовірності індикаторів	Нижнє порогове значення *	Нижнє оптимальне	Верхнє оптимальне	Верхнє порогове значення *
Нормальний	$\mu - t \times \sigma$	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	$\mu + t \times \sigma$
Логнормальний	$\mu - t \times \frac{\sigma}{k_{as}}$	$\mu - \frac{\sigma}{k_{as}}$	$\mu + \sigma$	$\mu + t \times \sigma$
Експоненціальний	$\mu - \frac{\sigma}{k_{as}}$	μ	$\mu + \sigma$	$\mu + t \times \sigma$

¹ Складено на основі джерела [2].

* t – з таблиці розподілу Стюдента.

Розрахунки індикаторів енергетичної безпеки

Виходячи з вищевикладеного одержано значення вектора порогових значень індикаторів енергетичної безпеки (табл. 4).

При визначенні вектора порогових значень використано аналогічні дані 18 країн за період 2010-2017 рр.: США, Канади, Мексики, Бразилії, Австрії, Бельгії, Данії, Фінляндії, Франції, Німеччини, Італії,

Нідерландів, Норвегії, Польщі, Іспанії, Греції, України, РФ. Отже, для конкретних індикаторів обрано країни, що мають найкращі значення відповідних індикаторів і можуть бути перспективним зразком. Таким чином, визначення вектора порогових значень аналогічне конструюванню гіпотетичної країни з найвищим рівнем сталого розвитку за всіма індикаторами [32, с. 69].

Таблиця 4 – Вектор порогових значень індикаторів енергетичної безпеки ¹

Індикатори	Нижній поріг	Нижнє оптимальне	Верхнє оптимальне	Верхній поріг	Нормуючий коефіцієнт	2018 р.
<i>Економічно-енергетичні характеристики</i>						
Рівень технологічного розвитку	0,24	0,29	0,37	0,5	0,5	0,202
Рівень викидів CO ₂ на спожите паливо	2,0	1,715	1,5	1,15	2,75	2,17
Рівень тіньового споживання ПЕР	8,0	5,3	3,9	2,6	17,0	11,18
Рівень інвестування підприємств ПЕК	12,7	13,5	15,0	19,5	20,0	10,07
Рівень оновлення основних засобів підприємств ПЕК	6,0	8,0	12,0	15,0	15,0	6,54
Енергоємність ВВП	0,165	0,11	0,09	0,06	0,75	0,2047
<i>Забезпеченість ресурсами</i>						
Частка імпорту нафти у споживанні ПЕР	100,0	72,0	42,0	23,0	125,0	73,07
Частка імпорту газу у споживанні ПЕР	68,0	40,0	23,0	11,5	75,0	45,45
Частка імпорту вугілля у споживанні ПЕР	43,0	30,0	16,0	11,0	45,0	32,43
Рівень споживання нафти у споживанні ПЕР	80,0	52,0	22,0	3,0	110,0	53,07
Рівень споживання газу у споживанні ПЕР	32,5	36,5	43,5	55,5	55,5	32,05
Рівень споживання вугілля у споживанні ПЕР	13,5	8,3	4,75	3,1	45,0	28,2
Рівень споживання атомної енергії у споживанні ПЕР	15,5	25,0	35,5	53,0	55,0	25,64
Індекс Герфіндаля-Гіршмана	3000,0	1800	1300,0	900,0	6500,0	2600,0
Рівень власних джерел у споживанні ПЕР	65,0	80,0	95,5	110,0	110,0	65,0

¹ Розраховано автором.

Деякі індикатори для окремих країн можуть набувати від'ємних значень, тому вектори порогових значень також можуть мати від'ємні значення, що порушує умови знаходження нормованих індикаторів і порогових значень у діапазоні [0;1]. Для усунення від'ємних значень індикаторів та порогових значень "... пропонується метод, який полягає у зрушенні по числовій осі праворуч динамічного ряду індикаторів на величину, більшу за максимальне від'ємне значення індикатора на 5-10%, з одночасним зрушенням порогових значень для збереження існуючих пропорцій" [33].

Саме тому значення індикаторів і порогових значень "частка імпорту нафти у споживанні ПЕР", "частка імпорту газу у споживанні ПЕР", "частка імпорту вугілля у споживанні ПЕР" та "рівень споживання нафти у споживанні ПЕР" зміщені на **65; 35; 20 і 40** природних одиниць виміру відповідно, що слід урахувати при перерахунку від відносних величин (індикаторів) до абсолютних (показників) шляхом процедури, зворотної нормуванню.

Порівняння індикаторів сталого розвитку, у тому числі індикаторів енергетичного забезпечення, з вектором порогових значень має надати відомості про рівень безпеки/небезпеки. Кожен з індикаторів у поточному періоді може збільшуватися або зменшуватися. Виникає питання про найкращий із двох розглянутих періодів сталого розвитку або двох рівнів безпеки. За наявності більш ніж трьох індикаторів завдання істотно ускладнюється. Тому, щоб оцінити рівень безпеки, недостатньо аналізувати окремі індикатори, які мають обмежену цінність, необхідно оцінити загальну тенденцію, яка враховує взаємовплив усіх індикаторів з урахуванням їх важливості. Тобто інтегральний індекс оцінки одержано шляхом поетапної згортки індикаторів та їх порогових значень.

Для ідентифікації рівня енергетичної безпеки застосовується сучасна методоло-

гія інтегрального оцінювання [2, с. 74-81], яка має такі ознаки.

Форма інтегрального індексу – *мультиплікативна*:

$$I_t = \prod_{i=1}^n z_{i,t}^{a_i}; \quad \sum a_i = 1; \quad a_i \geq 0, \quad (3)$$

де I – інтегральний індекс;

z – нормований індикатор;

a – ваговий коефіцієнт.

Метод нормування – *комбінований*:

$$S: z_i = \frac{x_i}{k_{\text{норм}}}, \quad D: z_i = \frac{k_{\text{норм}} - x_i}{k_{\text{норм}}}, \quad (4)$$

$$k_{\text{норм}} > x_{\text{max}},$$

де x – значення індикатора;

$k_{\text{норм}}$ – нормувальний коефіцієнт.

Для індикаторів-стимуляторів нормуючий коефіцієнт дорівнює максимальному значенню з діапазону значень індикаторів та вектора порогових значень. Для індикаторів-дестимуляторів – із того самого діапазону, але максимальне значення збільшується на 5-10%.

Вагові коефіцієнти – *динамічні*: із застосуванням методів *головних компонент* і *ковзної матриці*

$$C_i \times D_i = \begin{pmatrix} d_1c_{11} + d_2c_{12} + \dots + d_jc_{1j} \\ d_1c_{21} + d_2c_{22} + \dots + d_jc_{2j} \\ \dots \\ d_1c_{j1} + d_2c_{j2} + \dots + d_jc_{jj} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_j \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$a_i = \frac{w_i}{\sum w_i},$$

де C – матриця абсолютних величин факторних навантажень;

D – вектор-матриця дисперсій.

Метод *ковзної матриці* передбачає використання методу головних компонент та полягає у послідовному зрушенні матриці мінімально необхідного розміру вздовж періоду часу та визначенні вагових коефіцієнтів за даний часовий період. Мі-

ніально необхідний розмір матриці (кількість рядків (n) – періодів часу) визначається з умови рівності кількості індикаторів (кількості стовпчиків (m) – головних компонент) кількості додатних власних значень цієї матриці. Як правило, мініально необхідний розмір матриці дорівнює $(n+1) \times n$. При цьому кореляційна матриця є добре обумовленою, визначник кореляційної матриці відмінний від нуля, а максимальна кількість головних компонент, які можуть бути вилучені, дорівнює кількості додатних власних значень вихідної матриці. Вагові коефіцієнти, визначені для

індикаторів із застосуванням первинної мінімальної матриці, будуть постійними тільки для цього початкового (розгінного) періоду часу ($t_1 - t_{n+1}$). Постійне зміщення визначеної мінімальної матриці впродовж періоду часу (рядків матриці) дозволяє визначити поточні динамічні вагові коефіцієнти ($t_i - t_{i+n}$), які враховуватимуть реальні політичні й економічні зміни в країні.

Інтегральна згортка здійснюється одночасно як для порогових значень (табл. 5), так і для індикаторів за єдиним нормуючим коефіцієнтом.

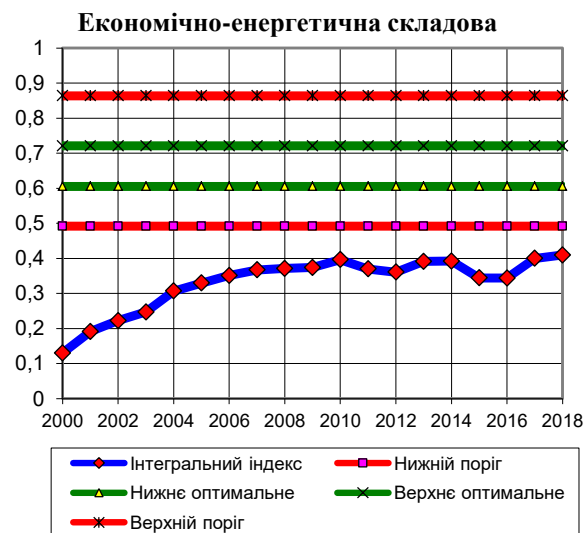
Таблиця 5 – Вектор порогових значень складових енергетичної безпеки ¹

Індикатори	Нижній поріг	Нижнє оптимальне	Верхнє оптимальне	Верхній поріг
Економічно-енергетичні характеристики	0,4917	0,6051	0,7207	0,8639
Забезпеченість ресурсами	0,2634	0,5482	0,7512	0,8941
Енергетична безпека	0,3714	0,5788	0,7343	0,8774

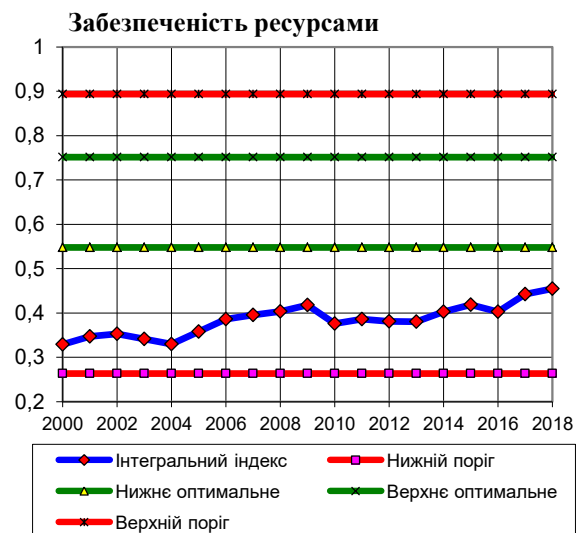
¹ Складено автором.

Із використанням обраного підходу до інтегрального оцінювання одержано динаміку інтегральних індексів порівняно з

інтегральними пороговими значеннями для складових та енергетичної безпеки загалом (рис. 3, 4).



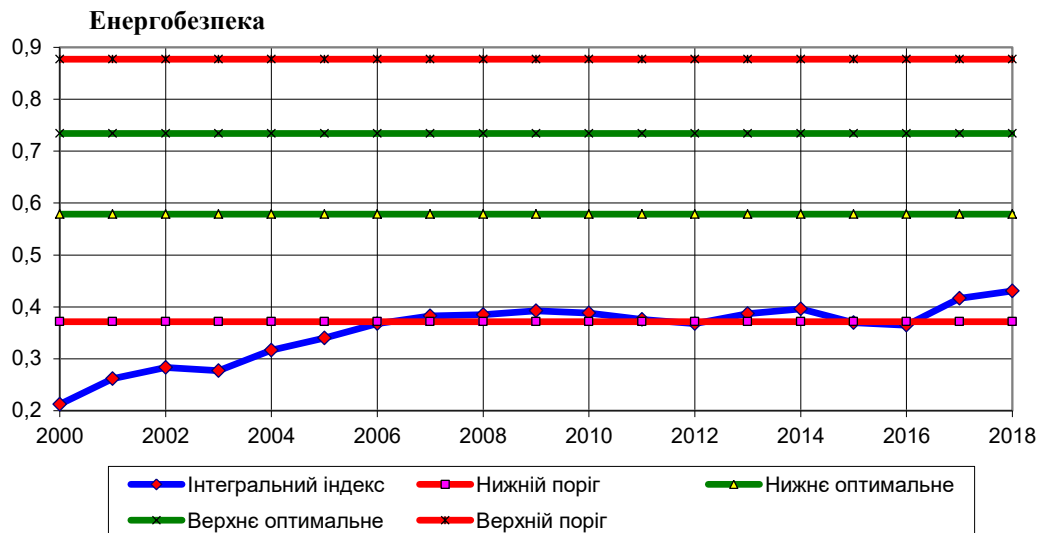
а



б

Складено автором.

Рисунок 3 – Динаміка інтегральних індексів складових енергетичної безпеки



Складено автором.

Рисунок 4 – Динаміка інтегрального індексу енергетичної безпеки України

Як свідчать результати розрахунків, економічно-енергетична складова енергетичної безпеки України перебуває у критичному стані – нижче нижнього порогового значення, що пояснюється критичним станом практично всіх шести індикаторів, які становлять загрозу енергетичній безпеці. Значно краща ситуація зі складовою "забезпеченість ресурсами", інтегральний індекс якої має тенденцію наближення до нижнього оптимального значення. Із дев'яти індикаторів п'ять перебувають у кризовій зоні (між нижнім пороговим та нижнім оптимальним); три – у критичній зоні, нижче або на рівні нижнього порогового значення та один – в оптимальній зоні.

Інтегральна згортка другого рівня інтегральних індексів складових енергетичної безпеки та їх порогових значень дозволила визначити динаміку інтегрального індексу енергетичної безпеки загалом.

Розрахунки свідчать, що вектори інтегральних порогових значень складових сталого розвитку суттєво відрізняються (табл. 5). Це вказує на різну наближеність (диспропорційність розвитку) інтегральних індексів складових й індикаторів енергетичної безпеки до середнього оптимального значення для кожної складової, які мож-

на вважати критеріями досягнення рівня сталого розвитку [2, с. 82].

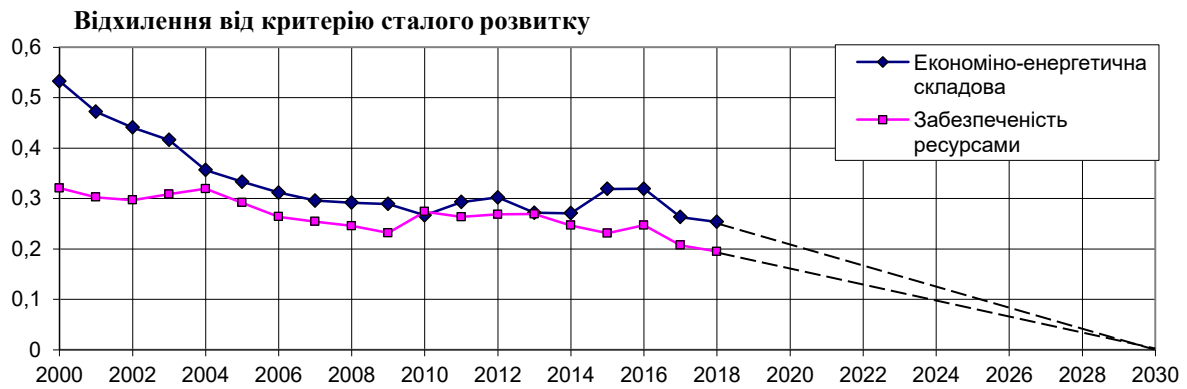
Динаміка відхилень поточних значень інтегральних індексів й індикаторів від їх середніх оптимальних значень, які треба зводити до нуля, визначає перелік та важливість загроз складових сталого розвитку. Розкриваючи диспропорції на рівні складових (рис. 5), можна констатувати найбільше віддалення від критерію сталого розвитку складової "економічно-енергетичні характеристики", а потім – "забезпеченість ресурсами".

Диспропорції на рівні індикаторів складової "економічно-енергетичні характеристики" наведено на рис. 6.

Отже, одержано перелік найважливіших загроз за віддаленістю від рівня сталого розвитку в такій послідовності:

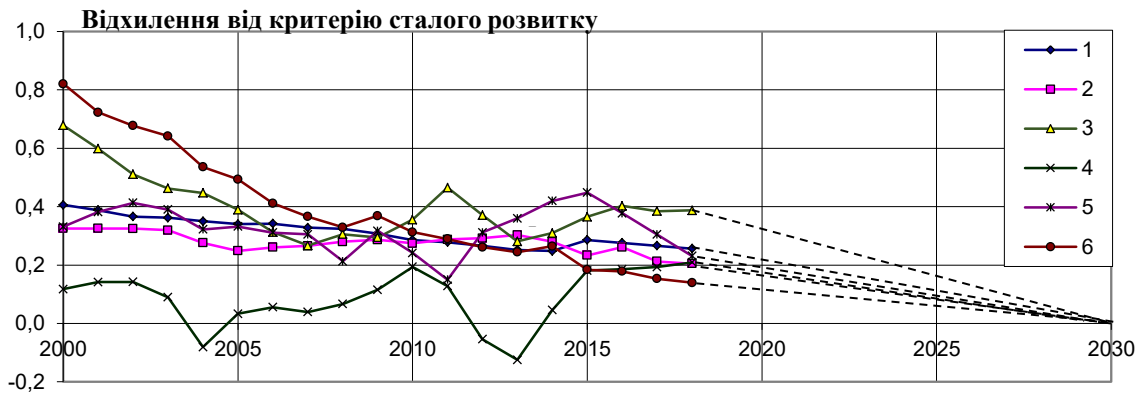
- 1) рівень тінювого споживання ПЕР;
- 2) рівень технологічного розвитку;
- 3) рівень оновлення основних засобів підприємств ПЕК;
- 4) рівень інвестування підприємств ПЕК;
- 5) рівень викидів CO₂ на спожите паливо;
- 6) енергоємність ВВП.

Диспропорції на рівні індикаторів складової "забезпеченість ресурсами" наведено на рис. 7.



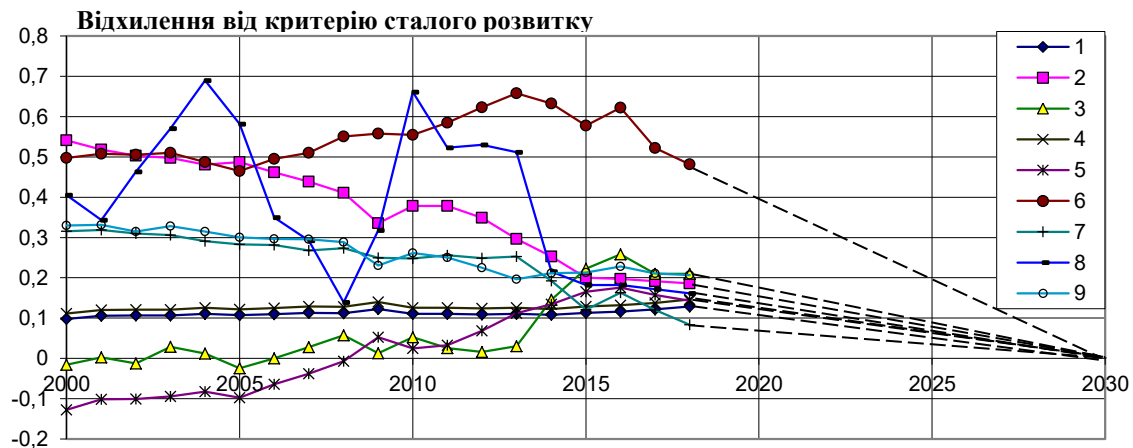
Складено автором.

Рисунок 5 – Диспропорційність складових сталого розвитку енергетичної безпеки України



Складено автором.

Рисунок 6 – Диспропорційність індикаторів складової "економічно-енергетичні характеристики" (нумерація індикаторів відповідає нумерації в табл. 1)



Складено автором.

Рисунок 7 – Диспропорційність індикаторів складової "забезпеченість ресурсами" (нумерація індикаторів відповідає нумерації в табл. 1)

У результаті одержано ще один перелік найважливіших загроз за віддаленістю від рівня сталого розвитку, розташованих у такій послідовності:

- 1) рівень споживання вугілля у споживанні ПЕР;
- 2) частка імпорту вугілля у споживанні ПЕР;
- 3) рівень власних джерел у споживанні ПЕР;
- 4) частка імпорту газу у споживанні ПЕР;
- 5) індекс Герфіндаля-Гіршмана;
- 6) рівень споживання нафти у споживанні ПЕР;
- 7) частка імпорту нафти у споживанні ПЕР.

Отже, з 15 індикаторів енергетичної безпеки 13 становлять загрозу досягнення цілей сталого розвитку та потребують най-

більшої уваги до їх нейтралізації або подолання.

Для визначення вагомості впливу загроз обчислимо коефіцієнти еластичності кожної складової та індикаторів, які пояснюють ступінь впливу окремих складових індикаторів на рівень сталого розвитку (на скільки відсотків зміниться вихідна величина y при зміні на 1% вхідної величини x), що є необхідною інформацією для розробки пріоритетних заходів впливу (табл. 6).

$$E = \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot \frac{x}{y}, \quad (6)$$

де x – будь-який індикатор сталого розвитку;

y – інтегральний показник;

Δx – приріст відповідного індикатора;

Δy – приріст інтегрального показника.

Таблиця 6 – Коефіцієнти еластичності складових енергетичної безпеки¹

Складові сталого розвитку	E	Індикатори*	E
Економічно-енергетичні характеристики	0,5194	Рівень викидів CO ₂ на спожите паливо	-0,38327
		Рівень тіньового споживання ПЕР	-0,17338
		Рівень інвестування підприємств ПЕК	0,10195
		Рівень оновлення основних засобів підприємств ПЕК	0,06332
		Рівень технологічного розвитку	0,06145
		Енергоємність ВВП	-0,03821
Забезпеченість ресурсами	0,4806	Частка імпорту вугілля у споживанні ПЕР	-0,10759
		Частка імпорту газу у споживанні ПЕР	-0,10167
		Частка імпорту нафти у споживанні ПЕР	-0,06045
		Рівень споживання атомної енергії у споживанні ПЕР	0,06414
		Рівень споживання газу у споживанні ПЕР	0,06339
		Рівень споживання вугілля у споживанні ПЕР	-0,05418
		Рівень власних джерел у споживанні ПЕР	0,04266
		Індекс Герфіндаля-Гіршмана	-0,04178
		Рівень споживання нафти у споживанні ПЕР	-0,03996

¹ Розраховано автором.

* Індикатори розташовано за вагомістю впливу.

Найбільш важливі загрози за критерієм віддаленості від точки сталого розвитку показують такі трійки індикаторів за відповідними складовими енергетичної безпеки України:

- 1) рівень тіньового споживання ПЕР; рівень технологічного розвитку; рівень оновлення основних засобів підприємств ПЕК;

2) рівень споживання вугілля у споживанні ПЕР; частка імпорту вугілля у споживанні ПЕР; рівень власних джерел у споживанні ПЕР.

Саме ці індикатори енергетичної безпеки України потребують найбільшої уваги та необхідних заходів щодо підвищення їх рівня, що стане об'єктивним показником енергетичної ефективності здійснюваних реформ. Дієвим інструментом оцінювання ефективності є моніторинг інтегральних індексів енергетичної безпеки та їх індикаторів на відповідність стратегічним значенням до 2030 р.

Висновки

1. Наведено результати дослідження науково-методичних підходів до визначення рівня енергетичної безпеки держави в контексті економічно-енергетичних характеристик та можливості забезпечення потреб в енергетичних ресурсах власними енергоносіями і захищеним імпортом. Цей рівень, у свою чергу, залежить від ефективності використання та екологічної придатності первинних енергетичних ресурсів, наявності власних енергоносіїв і безпечності їх імпорту. Енергетична безпека розглядається як складова екологічної безпеки в системі сталого розвитку України.

2. Розроблено структуру та перелік індикаторів енергетичної безпеки України, для яких обґрунтовано вектори порогових значень з урахуванням досягнень розвинутих країн. Визначення вектора порогових значень аналогічне конструюванню гіпотетичної країни з найвищим рівнем сталого розвитку за всіма індикаторами.

3. Здійснено ідентифікацію рівня енергетичної безпеки України за сучасною методологією інтегрального оцінювання та визначено динаміку інтегральних індексів її складових і загалом порівняно з інтегральними пороговими значеннями. Виконані розрахунки свідчать про кризовий стан рівня енергетичної безпеки України, а саме: критичний стан складової "економічно-енергетичні характеристики" та кризовий

стан складової "забезпеченість ресурсами".

4. Виявлено диспропорції сталого розвитку складових та індикаторів енергетичної безпеки як їх відхилення від точки сталого розвитку (середнього значення "гомеостатичного плато" – критерію сталого розвитку), що дозволило визначити перелік найважливіших загроз для енергетичної безпеки України. Серед них першочергової уваги потребують такі: рівень тіншового споживання ПЕР, рівень технологічного розвитку, рівень оновлення основних засобів підприємств ПЕК, рівень споживання вугілля у споживанні ПЕР, частка імпорту вугілля у споживанні ПЕР, рівень власних джерел у споживанні ПЕР.

5. Для зниження споживання енергетичних ресурсів необхідно модернізувати макроекономіку з найбільш "брудними" й енергетично неефективними господарськими комплексами. Це безпосередньо стосується українського господарства та його енергетичної безпеки, оскільки існує розрив між вітчизняною металургією та європейськими заводами щодо витрат коксу на виплавку 1 т чавуну. Причому рівень шкідливих викидів вітчизняних ТЕС також значною мірою перевищує нормативи ЄС, що можна виправити лише кардинальною дуже дорогою модернізацією понад 40% загальної потужності вітчизняного парку теплової енергетики.

6. Встановлено, що першопричиною критичного та кризового стану складових енергетичної безпеки є високий рівень тінізації економіки (50% за даними Інституту економіки промисловості НАН України), у тому числі тіншового енергоспоживання (37,8% від офіційного споживання ПЕР на кінець 2018 р.), а також низький рівень технологічного розвитку підприємств ПЕК й оновлення основних фондів.

8. Для визначення вагомості впливу загроз розраховано коефіцієнти еластичності інтегральних індексів для кожної складової та кожного індикатора і ранжовано їх за вагомістю впливу. Серед двох складових більш впливовою є "економічно-

енергетичні характеристики". Серед індикаторів найбільш впливовими є такі: рівень викидів CO₂ на спожите паливо; рівень тінювого споживання ПЕР; рівень інвестування підприємств ПЕК; частка імпорту вугілля у споживанні ПЕР; частка імпорту газу у споживанні ПЕР; частка імпорту нафти у споживанні ПЕР.

Обізнаність про вагомість впливу цих загроз має вирішальне значення при розробці відповідних заходів впливу, обґрунтування яких потребує подальших досліджень.

Література

1. Сталій розвиток регіонів України / наук. кер. М.З. Згуровський. Київ: НТУУ «КПІ», 2009. 197 с.
2. Харазішвілі Ю.М. Системна безпека сталого розвитку: інструментарій оцінки, резерви та стратегічні сценарії реалізації: монографія / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2019. 304 с.
3. Лелюк О.В. Теорія та практика оцінки енергетичної безпеки країни. *Моделювання регіональної економіки*. 2013. № 1. С. 239-260.
4. Energy Trilemma Index. URL: <https://trilemma.worldenergy.org> (дата звернення: 12.10.2019).
5. Measuring Short-Term Energy Security. *International Energy Agency*. URL: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Moses.pdf> (дата звернення: 12.09.2019).
6. International Energy Security Risk Index. *Global Energy Institute*. URL: <https://www.globalenergyinstitute.org/international-energy-security-risk-index> (дата звернення: 03.10.2019).
7. Developing an Energy Security Index Development of an Energy Security Index and an Assessment of Energy Security for East Asian Countries. *Quantitative Assessment of Energy Security Working Group. ERIA Research Project Report*. Jakarta: ERIA. 2011. Pp. 7-47. URL: <http://www.eria.org/Chapter%202.%20Developing%20and%20Energy%20Security%20Index.pdf> (дата звернення: 14.09.2019).
8. Воропай Н.И., Сендеров С.М. Энергетическая безопасность: сущность, основные проблемы, методы и результаты исследований. *Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса*. Москва: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2011. 91 с. URL: <http://www.ecfor.ru/pdf.php?id=seminar/energo/z119/> (дата звернення: 30.09.2019).
9. World Energy Trilemma Index. 2015 Benchmarking the sustainability of national energy systems. URL: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/11/2015-1030-Index-report-PDF.pdf> (дата звернення: 28.09.2019).
10. World Energy Trilemma Index. 2017. URL: https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/11/Energy_Trilemma_Index_2017_Full_report_WEB2.pdf (дата звернення: 13.08.2019).
11. Срібна Є.В. Проблеми оцінки енергетичної безпеки в Україні. *Вісник ОНУ ім. І.І. Мечникова*. 2016. Т. 21. Вип. 3. С. 213-217.
12. Земляний М.Г. До оцінки рівня енергетичної безпеки. Концептуальні підходи. URL: <http://old2.niss.gov.ua/panorama/SP2009-2.pdf> (дата звернення: 25.08.2019).
13. Бобров Є.А. Енергетична безпека держави: монографія. Київ: Університет економіки та права «КРОК», 2013. 308 с.
14. Прокіп А.В. Гарантування енергетичної безпеки: минуле, сьогодення, майбутнє. Львів: ЗУКЦ, 2011. 154 с.
15. Сменковський А.Ю., Воронцов С.Б., Бегун С.В., Сидоренко А.А. Загрози енергетичній безпеці України в умовах посилення конкуренції на глобальному та регіональному ринках енергетичних ресурсів: аналітична доповідь. НІСД. Київ, 2012. URL: <http://old2.niss.gov.ua/content/articles/files/Energo-807fc.pdf> (дата звернення: 14.08.2019).
16. Методика розрахунку рівня економічної безпеки України: Наказ Міністерства економіки України від 02.03.2007 р.

№ 60. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. URL: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=97980&cat_id=38738 (дата звернення: 12.09.2019).

17. Суходоля О.М. Теоретико-методологічні засади забезпечення енергетичної безпеки України. *Стратегические приоритеты*. 2014. № 2. С. 129-139.

18. Методичні рекомендації щодо розрахунку рівня економічної безпеки України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1277731-13> (дата звернення: 22.08.2019).

19. Коркоран Э. Очистка угля. *В мире науки*. 1991. №7. С. 66-79.

20. Кудрявцева О.В. Экологическая эффективность на макроуровне: потоки ресурсов, модель межотраслевого баланса и экспорт воды в российской экономике. *Экономика и математические методы*. 2008. Т. 44. № 4. С. 39-48.

21. Schmidt-Bleek F. Fututry Beyond Climatic Change. URL: http://www.factor10-institute.org/files/FUTURE_2008.pdf (дата звернення: 04.09.2019).

22. Экономические проблемы черной металлургии Украины: моногр. / под общ. ред. С.С. Аптекаря и А.И. Амоши. Донецк: ДонГУЭТ, 2005. 383 с.

23. Черноусенко О.Ю. Стан енергетики України та результати модернізації енергоблоків ТЕС. *Проблеми загальної енергетики*. 2014. Вип. 4 (39). С. 20-28.

24. EES EAEC: Технично-економические показатели. URL: <http://www.eeseaec.org/contact-us/pokazатели-energeticeskoj-effektivnosti> (дата звернення: 29.08.2019).

25. Харазішвілі Ю.М. Світло та тінь економіки України: резерви зростання та модернізації. *Економіка України*. 2017. № 4(665). С. 22-45.

26. Формування та реалізація державної політики стосовно вугільної промисловості з урахуванням інтеграції України у світову економіку: монографія / О.І. Амоша, Л.Л. Стариченко, Д.Ю. Череватський; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Донецьк, 2013. 196 с.

27. Statistical Review of World Energy. URL: <http://www.bp.com/statisticalreview> (дата звернення: 02.10.2019).

28. WITS (World Integrated Trade Solution). URL: <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/country/UKR/startyear/2012/endyear/2016/tradeflow/Import/partner/RUS/indicator/MPRT-TRD-VL> (дата звернення: 24.09.2019).

29. Качинський А.Б. Засади системного аналізу безпеки складних систем. Київ: ДП «НВЦ «Свроатлантик-інформ», 2006. 336 с.

30. Ван Гиг Дж. Прикладная общая теория систем: в 2-х томах. Москва: Мир, 1981. Т. 2. 730 с.

31. Паніотто В.І., Максименко В.С., Марченко Н.М. Статистичний аналіз соціологічних даних. Київ: КМ Академія, 2004. 269 с.

32. Грiшнова О.А., Харазішвілі Ю.М. Демографічна безпека України: індикатори, рівень, загрози. *Демографія та соціальна економіка*. 2019. № 2 (36). С. 65-80. URL: <https://doi.org/10.15407/dse2019.02.065> (дата звернення: 30.08.2019).

33. Харазішвілі Ю.М., Сухоруків А.І., Крупельницька Т.П. Щодо вдосконалення методології інтегрального оцінювання рівня економічної безпеки України: аналітична записка / НІСД. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1358/> (дата звернення: 03.09.2019).

References

1. Sustainable development of Ukrainian regions (2009). In M. S. Zgurovsky (Ed.). Kyiv: NTUU "KPI" [in Ukrainian].

2. Kharazishvili, Yu.M. (2019). *Systemic security of sustainable development: evaluation tools, reserves and strategic scenarios of implementation*. Kyiv: NAS of Ukraine, Institute of Industrial Economics [in Ukrainian].

3. Lelyuk, O.V. (2013). Theory and practice of energy security assessment of the country. *Modeling the regional economy*, 1, pp. 239-260 [in Ukrainian].

4. Energy Trilemma Index. Retrieved from <https://trilemma.worldenergy.org>

5. Measuring Short-Term Energy Security. *International Energy Agency*. Retrieved from http://www.iea.org/publications/free_publications/publication/Moses.pdf
6. International Energy Security Risk Index. *Global Energy Institute*. Retrieved from <https://www.globalenergyinstitute.org/international-energy-security-risk-index>
7. Developing an Energy Security Index Development of an Energy Security Index and an Assessment of Energy Security for East Asian Countries (2011). *Quantitative Assessment of Energy Security Working Group. ERIA Research Project Report*. Jakarta: ERIA. pp. 7-47. Retrieved from <http://www.eria.org/Chapter%202.%20Developing%20and%20Energy%20Security%20Index.pdf>
8. Voropay, N.I., & Sendrov, S.M. (2011). Energy security: the essence, main problems, methods and results of research. *Open seminar "Economic problems of the energy complex"*. Moscow: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. Retrieved from <http://www.ecfor.ru/pdf.php?id=seminar/energo/z119/> [in Russian].
9. World Energy Trilemma Index (2015). Benchmarking the sustainability of national energy systems. Retrieved from <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/11/20151030-Index-report-PDF.pdf>
10. World Energy Trilemma Index (2017). Retrieved from https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/11/Energy_Trilemma_Index_2017_Full_report_WEB2.pdf
11. Silver, E.V. (2016). Problems of Energy Security Assessment in Ukraine. *Odesa National University Herald*, Vol. 21(3), pp. 213-217 [in Ukrainian].
12. Zemlyanyi, M.G. (2009). To the assessment of the level of energy security. Conceptual approaches. Retrieved from <http://old2.niss.gov.ua/panorama/SP2009-2.pdf> [in Ukrainian].
13. Bobrov, E.A. (2013). State Energy Security. Kyiv: KROK University of Economics and Law [in Ukrainian].
14. Prokip, A.V. (2011). Guaranteeing energy security: past, present, future. Lviv: Western Ukrainian Consulting Center [in Ukrainian].
15. Smenkovsky, A.Y., Vorontsov, S.B., Begun, S.V., & Sidorenko, A.A. (2012). Threats to Ukraine's energy security under conditions of increased competition in global and regional markets for energy resources: An analytical report. Kyiv: National Institute for Strategic Studies. Retrieved from <http://old2.niss.gov.ua/content/articles/files/Energo-807fc.pdf> [in Ukrainian]
16. *Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine* (2007). Methods of calculating the level of economic and economic security of Ukraine: Order of the Ministry of Economy of Ukraine of March 02 No. 60. Retrieved from http://www.me.gov.ua/control/en/publish/article?art_id=97980&cat_id=38738 [in Ukrainian].
17. Suhodolya, O.M. (2014). Theoretical and methodological principles of ensuring energy security of Ukraine. *Strategic priorities*, 2, pp. 129-139 [in Ukrainian].
18. Guidelines for calculating the level of economic security of Ukraine (2013). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1277731-13> [in Ukrainian].
19. Corcoran, E. (1991). Coal cleaning. *In the world of science*, 7, pp. 66-79 [in Russian].
20. Kudryavtseva, O.V. (2008). Ecological efficiency at the macro level: resource flows, model of inter-branch balance and water export in the Russian economy. *Economics and Mathematical Methods*, 44 (4), pp. 39-48 [in Russian].
21. Schmidt-Bleek, F. (2008). Futury Beyond Climatic Change. Retrieved from <http://www.factor10-institute.org/files/FUTURE.pdf>
22. Economic problems of ferrous metallurgy of Ukraine (2005). In S.S. Aptekar & O.I. Amosha (Eds). Donetsk: Donetsk National University of Economics and Trade [in Ukrainian].
23. Chernosenko, O.Yu. (2014). The state of energy of Ukraine and the results of

modernization of TPP units. *Problems of general energy*, 4 (39). pp. 20-28 [in Ukrainian].

24. EES EAEC: Technical and Economic Indicators. Retrieved from <http://www.ees.aec.org/contact-us/energetics-effectivity> [in Russian].

25. Kharazishvili, Yu.M. (2017). The Light and Shadow of the Ukrainian Economy: Reserves of Growth and Modernization. *Ukraine economy*, 4 (665). pp. 22-45 [in Ukrainian].

26. Amosha, O.I, Starichenko, L.L., & Cherevsky, D.Yu. (2013). Formation and implementation of the state policy on the coal industry, taking into account the integration of Ukraine into the world economy. Donetsk: Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine [in Ukrainian].

27. Statistical Review of World Energy. Retrieved from <http://www.bp.com/statisticalreview>

28. WITS (World Integrated Trade Solution). Retrieved from <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/country/UKR/star/year/2012/endyear/2016/tradeflow/Import/partner/RUS/indicator/MPRT-TRD-VL>

29. Kachinsky, A.B. (2006). Basics of system security analysis of complex systems. Kyiv: Euro-Atlantic Inform Center [in Ukrainian].

30. Van Gig, J. (1981). Applied General Theory of Systems: in 2 volumes. Vol. 2. Moscow: Mir [in Russian].

31. Paniotto, V.I., Maksimenko, V.S., & Marchenko, N.M. (2004). Statistical analysis of sociological data. Kyiv: KM Academy [in Ukrainian].

32. Grishnova, O.A, & Kharazishvili Yu.M. (2019). Demographic Security of Ukraine: Indicators, Levels, Threats. *Demography and the Social Economy*, 2 (36). pp. 65-80. doi: <https://doi.org/10.15407/dse2019.02.065> [in Ukrainian].

33. Kharazishvili Y.M., Sukhorukov, A.I., & Krupelnitskaya, T.P. (2013). On improving the methodology of integrated assessment of the level of economic security of Ukraine: Analytical note. Kyiv: National Institute for Strategic Studies. Retrieved from <http://www.niss.gov.ua/articles/1358/> [in Ukrainian].

Юрий Михайлович Харазишвили,

д-р экон. наук, с.н.с.

Институт экономики промышленности НАН Украины,
03057, Украина, г. Киев, ул. Марии Капнист, 2

E-mail: yuri_mh@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-3787-1323>

ИДЕНТИФИКАЦИЯ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УКРАИНЫ С ПОЗИЦИЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В статье представлены результаты исследования методических подходов к определению уровня энергетической безопасности государства в контексте экономико-энергетических характеристик и возможности обеспечения потребностей в энергетических ресурсах собственными энергоносителями и защищённым импортом. Этот уровень, в свою очередь, зависит от эффективности использования и экологической пригодности первичных энергетических ресурсов, наличия собственных энергоносителей и безопасности их импорта. Энергетическая безопасность рассматривается как составляющая экологической безопасности в системе устойчивого развития Украины.

Предложен перечень экономико-энергетических и ресурсных индикаторов энергетической безопасности с учётом теневого энергопотребления, без которого оценки безопасности будут неадекватными. Для всех индикаторов приведено определение границ безопасного существования – вектора пороговых значений: верхнее и нижнее оптимальные ("гомеостатического плато"), пороговые и критические (для более глубоких исследований).

В качестве критерия достижения уровня устойчивого развития предложено среднее значение "гомеостатического плато", в рамках которого существует отрицательная обратная связь и наилучшие условия функционирования системы с точки зрения устойчивости. Пороговые значения определены с учётом опыта развитых стран по методу *t*-критерия путём построения функций плотности вероятности, вычисления статистических характеристик (математического ожидания, среднеквадратического отклонения и коэффициента асимметрии). Из всего многообразия индикаторов выделены характерные типы распределения (нормальный, логнормальный, экспоненциальный), для которых предложено формализованное определение вектора пороговых значений.

Выполнена идентификация уровня энергетической безопасности с использованием современной методологии интегральной оценки, которая предполагает сравнение интегральных индексов с интегральными пороговыми значениями и определение наиболее влиятельных угроз. Для интегральной свёртки применена мультипликативная форма интегрального индекса, модифицированный метод нормировки с определением динамических весовых коэффициентов комбинацией методов "главных компонент" и "скользящей матрицы". Определены главные угрозы по удалённости интегральных индексов и индикаторов от точки устойчивого развития, а также значимость их влияния на уровень энергетической безопасности путём определения коэффициентов эластичности.

Предложенный подход является универсальным и может быть использован для различных стран, регионов, видов экономической деятельности или предприятия для идентификации уровня безопасности с целью дальнейшей разработки научно обоснованных сценариев устойчивого развития на средне- и долгосрочную перспективу с использованием методов адаптивного регулирования из теории управления.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, устойчивое развитие, идентификация, интегральный индекс, индикаторы, пороговые значения, угрозы.

JEL: O130, O57, C440, C63, O17

Yuri M. Kharazishvili,

Doctor of economics, Senior Researcher
Institute of Industrial Economics of NAS of Ukraine,
03057, Ukraine, Kyiv, 2 M. Kapnist Str.
E-mail: yuri_mh@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-3787-1323>

IDENTIFICATION OF THE ENERGY SECURITY LEVEL OF UKRAINE FROM THE STANDPOINT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

A study was conducted of approaches for defining the level of energy security at the national level in the context of economic and energy characteristics and the possibility of fulfilling energy needs of Ukrainian own energy sources and protected imports. This, in turn, depends on the efficiency of use and environmental suitability of primary energy resources, the availability of own energy carriers and the safety of their import. Energy security is considered as a component of environmental security in the system of sustainable development of Ukraine.

A draft of economic, energy and resource indicators of energy security is proposed taking into account shadow energy consumption, without which safety assessments will be inadequate. For all indicators boundaries of safe existence were presented – the vector of threshold values: the upper and lower optimal ("homeostatic plateau"), threshold and critical (for deeper studies). As a criterion for achieving the level of sustainable development, the average value of the "homeostatic

plateau" is proposed, within which there is a negative feedback and the best conditions for the functioning of the system from the point of view of stability. Threshold values are determined taking into account the experience of economically developed countries by the "t-criterion" method by constructing probability density functions, calculating statistical characteristics (mathematical expectation, standard deviation and asymmetry coefficient). In doing so it become possible to single out characteristic types of distribution (normal, lognormal, exponential) from the entire variety of indicators, for which a formalized definition of the vector of threshold values is proposed.

The level of energy security has been identified according to the modern methodology of integrated assessment, which involves comparing integrated indices with integrated threshold values and identifying the most influential threats. For integral convolution, the multiplicative form of the integral index is used, a modified normalization method with the determination of dynamic weighting coefficients by a combination of methods of "principal components" and "moving matrix". The main threats are identified by the remoteness of integral indices and indicators from the point of sustainable development, as well as the significance of their influence on the level of energy security by defining elasticity coefficients.

The proposed approach is universal and can be used for different countries, regions, types of economic activity or enterprises to identify the level of security in order to further develop scientifically based scenarios of sustainable development for the medium and long run, using adaptive regulation methods from management theory.

Keywords: energy security, sustainable development, identification, integrated index, indicators, threshold values, threats.

JEL: O130, O57, C440, C63, O17

Формат цитування:

Харазішвілі Ю. М. Ідентифікація рівня енергетичної безпеки України з позицій сталого розвитку. *Економіка промисловості*. 2019. № 4 (88). С. 5-27. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.005>

Kharazishvili, Yu. M. (2019). Identification of the energy security level of Ukraine from the standpoint of sustainable development. *Econ. promisl.*, 4 (88), pp. 5-27. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.005>

Надійшла до редакції 15.10.2019 р.