

С. П. ДЕНИСЮК, В. П. ОПРИШКО (НТУУ «КПІ»)

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», 03056, Київ, вул. Борщагівська 115, тел.: (093) 750-13-90, ел. пошта: [spdens@ukr.net](mailto:spdens@ukr.net), ORCID: [orcid.org/0000-0002-6299-3680](http://orcid.org/0000-0002-6299-3680)

## ІНТЕГРАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ПРОЦЕС ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В СЕКТОРІ ТРАНСПОРТУ

### Вступ

У світовому масштабі в 2011 році на транспортний сектор припадало 27 % загального кінцевого споживання енергії. Причому проблеми об'єктивної оцінки ускладнює той факт, що в енергетичних балансах України енергоспоживання наводиться тільки для сектора в цілому і склало 16 %, без поділу між пасажирським та вантажним транспортом. Без належної статистики по споживанню і виробництву енергії на місцевому і загальнонаціональному рівнях і по секторах економіки Україна ніколи не зможе повністю усвідомити масштаб проблеми і потенціал економії [1,2].

Енергетична ефективність є на сьогоднішній день одним із пріоритетів ЄС. Про це свідчать численні законодавчі документи Співтовариства. Для держав-членів встановлюють стратегічні орієнтації за якими зазвичай слідує програми спільних дій і які іноді супроводжуються зобов'язаннями для держав-членів щодо досягнення певних цілей і способів дій, які потрібно використовувати [3,4].

Міжнародна Енергетична Агенція (ІЕА) розробила методика для аналізу тенденцій енергоспоживання де представлений огляд основних рекомендаційних методів аналізу і пов'язаних з ними перевагами та обмеженнями для секторів кінцевого споживання – житлового, сектору послуг, промисловості а також для сектору пасажирського та вантажного транспорту [5].

### Методика ІЕА

Першим необхідним кроком ІЕА визначила розробку значимих показників, щоб дати розбивку загального енергоспоживання транспорту між пасажирським та вантажним. ІЕА робить спроби повторної перевірки узгодженості транспортних даних, порівнюючи дані отримані методом «зверху-вниз» (за допомогою анкет про енергоспоживання) з отриманими «знизу-вгору» (виходячи з даних про кількість транспортних засобів, пробігу та економічності).

Усі показники, що представлені на рис. 1, не будучи показниками енергетичної ефективності, за відсутності більш дезагрегованих показників, все ж таки можуть надати корисну загальну інформа-

цію про енергоспоживання у транспортному секторі. Найбільш агрегований рівень 1 відноситься до загального споживання енергії транспортним сектором, виражений або в абсолютних величинах, або у відсотках від загального кінцевого енергоспоживання «Т1а», а також до частки кожного джерела енергії в загальній структурі енергоспоживання транспортного сектору «Т1б». Оскільки транспорт є кінцевим споживачем, впливаючим на споживання енергетичних ресурсів, третій агрегований показник позначає споживання енергетичних ресурсів транспортом в абсолютних величинах або як частку в загальному кінцевому споживанні енергетичного ресурсу.

На проміжному рівні 2 піраміди знаходяться два енергетичних показника: частка кожного підсектору в загальному енергоспоживанні транспортом «Т2а» та частка кожного сегменту в загальному енергоспоживанні транспорту «Т2б» Данні для показника «Т2а», такі як енергоспоживання автомобільного, залізничного, повітряного чи водних транспортних засобів, зазвичай представлені на рівні національних енергетичних балансів, тоді як данні для показника «Т2б», такі як споживання пасажирського чи вантажного транспорту, зазвичай відсутні.

Третій рівень відноситься до двох типів енергетичних показників. Частки двох сегментів в загальному енергоспоживанні кожного підсектору виражає показник «Т3а». Наприклад він може виражати частку пасажирського транспорту в енергоспоживанні залізничного транспорту, тоді як «Т3б» виражає частки чотирьох підсекторів в загальному енергоспоживанні кожного сегменту. Зокрема, він може виражати частку залізничного транспорту в енергоспоживанні автомобільного транспорту.

У сегменті залізничного транспорту виділяють пасажирські та вантажні перевезення. Пасажирський залізничний транспорт – включає будь-які пасажирські перевезення по залізничним дорогам, зокрема регіональній, міській, приміській, в рамках державних кордонів. Аналогічним чином визначаються перевезення вантажним залізничним транспортом.

© Денисюк С. П., Опришко В. П., 2015

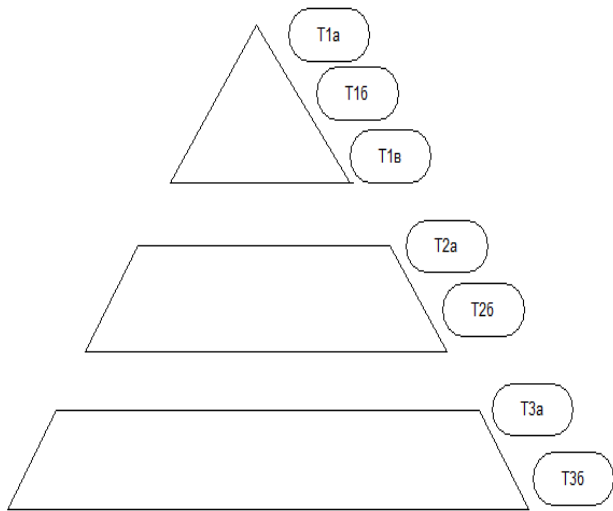


Рис. 1. Піраміда показників транспортно-го сектору

### Аналіз сегменту пасажирського залізничного транспорту

Тенденції в енергоспоживанні пасажирського залізничного транспорту обумовлені змінами в кількості та щільності населення, картині землекористування, транспортної інфраструктурі, характері поїздок, доходів, забезпеченості особистими автомобілями, заповнюваності потягів, перевагах споживачів і паливної економічності. У більш загальному плані, для розробки показників енергоефективності пасажирського залізничного транспорту основними змінними діяльності, розглянутими для пояснення тенденцій в енергоспоживанні, є пасажиро-кілометри (пкм) і машино-кілометри (мкм).

На рівні пасажирського залізничного транспорту (див рис.2) в цілому складова діяльності відображає зростання загальної кількості пкм, тоді як структурна складова відображає відносну зміну в частках видів транспорту в цих пкм. Результовуюча енергоемність включає вплив змін енергоемності всіх видів залізничного транспорту.

Показник верхнього рівня «ТП1а» являється загальним енергоспоживанням пасажирського залізничного транспорту, вираженим або в абсолютних величинах, або у відсотках від загального енергоспоживання залізничного сектору. Хоча це і не є показником енергоефективності, цей енергетичний показник дає ключ до розуміння абсолютної та відносної значущості пасажирського транспорту в загальному енергоспоживанні залізничного транспорту. Він може використовуватись, наприклад, для оцінки ступеня привабливості пасажирського залізничного транспорту з точки зору можливості економії енергії.

Другим показником рівня 1 (ТП1б) є частка кожного джерела енергії в загальній структурі

- Загальне енергоспоживання транспорту (абсолютні величини або частка в ЗКЕН)
- Частка кожного джерела енергії в загальній структурі енергоспоживання транспорту
- Споживання енергетичних ресурсів транспортом
- Частка кожного підсектору в загальному енергоспоживанні транспорту
- Частка кожного сегменту в загальному енергоспоживанні транспорту
- Частка кожного підсектору, частка кожного сегменту в енергоспоживанні підсектора
- Частка кожного сегменту, частка кожного підсектора в енергоспоживанні сегменту

енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту. Хоча він не є показником енергоемності, він представляє відносне значення різних енергоресурсів у структурі енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту. Третій показник показує споживання енергоресурсів пасажирським транспортом або у відносних величинах, або як частку в загальному кінцевому споживанні.

На другому рівні пропонуються три показники енергоемності: енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту на ВВП/душу населення «ТП2а», на величину мкм «ТП2б» та на величину пкм «ТП2в». Показник ТП2а корисний при оцінці тенденцій зміни у часі чи для порівняння окремих країн між собою. Тенденції енергоспоживання в розрахунку на ВВП/душу населення, при відсутності кращих даних, часто використовуються для аналізу тенденцій енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту. Показники «ТП2б» і «ТП2в» більш тісно пов'язані з енергоефективністю, оскільки вони представляють собою відношення енергоспоживання до даних про діяльність, хоча і на агрегованому рівні всього сегменту.

На третьому рівні піраміди пропонується для оцінки енергоспоживання використовувати мкм «ТП3а» і на пкм «ТП3б», які розраховуються для кожного підсектору чи виду транспорту/типу транспортного засобу.

Як і для пасажирського, енергоспоживання вантажного залізничного транспорту в явному вигляді в енергетичних балансах відсутнє [6]. Тому необхідним кроком є дезагрегація енергоспоживання за різними сегментами вантажного залізничного транспорту. У даний час дуже мало інформації збирається по сектору вантажного транспорту в цілому, а також є багато перешкод щодо кількісної оцінки діяльності в цьому секторі.

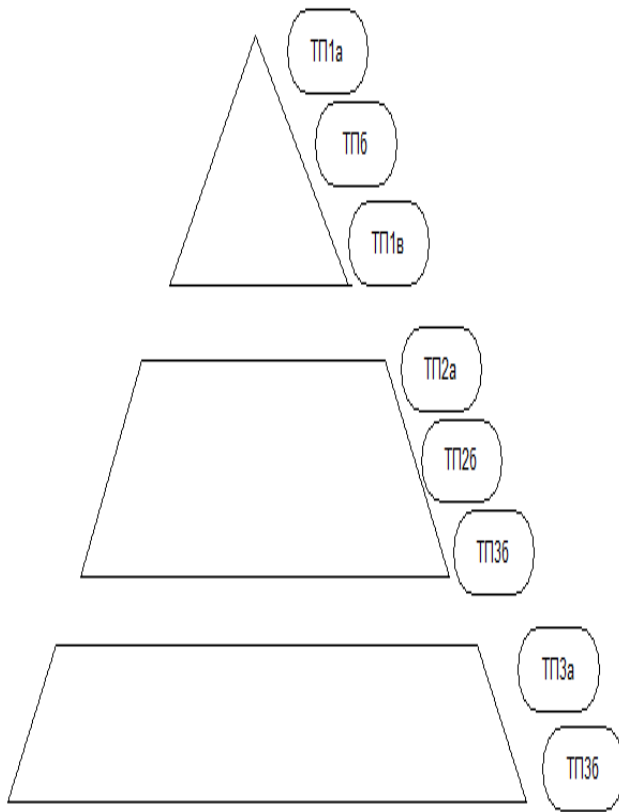


Рис. 2. Піраміда показників для пасажирського залізничного транспорту

### Аналіз сегменту вантажного залізничного транспорту

Тенденції в енергоспоживанні вантажного залізничного транспорту обумовлюються змінами в загальних обсягах вантажних перевезень, що залежать від економічної діяльності, пов'язаної з пересуванням матеріалів, проміжних продуктів і готових споживчих товарів. Існує сильна кореляція між зростанням обсягів вантажних перевезень і зростанням ВВП (хоча може спостерігатися й зменшення кореляції при структурних змінах в промисловості, наприклад, при переході від сировинних товарів до споживчих товарів з високою доданою вартістю).

Піраміда для вантажного залізничного транспорту, подібна піраміді для пасажирського (див рис.3). На першому рівні показник «ТВ1а» є загальним енергоспоживанням вантажного залізничного транспорту, вираженим або в абсолютних величинах, або у відсотках від загального споживання залізничного сектору. Хоча він не є показником енергоефективності, він дає базову оцінку абсолютної і відносної значущості вантажного залізничного транспорту в загальному енергоспоживанні залізничного транспорту. Він може використовуватись для

- Загальне енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту (абсолютні величини або частка в ЗКЕН)
- Частка кожного джерела енергії в загальній структурі енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту
- Споживання енергетичних ресурсів пасажирським залізничним транспортом
- Енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту по відношенню до ВВП на душу населення
- Енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту на мкм
- Енергоспоживання пасажирського залізничного транспорту на пкм
- Частка кожного виду пасажирського залізничного транспортного засобу: енергоспоживання на мкм
- Частка кожного виду пасажирського залізничного транспортного засобу: енергоспоживання на пкм

оцінки ступеню привабливості вантажного залізничного транспорту з точки зору можливої економії енергії.

Другим показником рівня 1 «ТВ1б» є частка кожного джерела енергії в загальній структурі енергоспоживання вантажного залізничного транспорту. Третій показник рівня 1 «ТВ1в» відноситься до споживання енергетичних ресурсів вантажним залізничним транспортом, вираженим або в абсолютних величинах, або як частка в загальному кінцевому споживанні енергетичних ресурсів.

На другому рівні пропонуються три показники енергоемності: енергоспоживання вантажного залізничного транспорту на одиницю ВВП «ТВ2а», на величину мкм «ТВ2б» та на величину ткм «ТВ2в». Якщо для пасажирського залізничного транспорту, показник «ТП2а» розраховувався на ВВП/душу населення, то показник «ТВ2а» розраховується на основі ВВП в плані сильної загальної кореляції обсягів перевезення сировинних матеріалів, проміжної продукції та готових товарів зі зміною в економічній активності та ВВП.

Щоб отримати більш якісний показник, доцільно розглядати лише додану вартість товарів, що перевозяться. Однак інформація такого рівня часто недоступна.

© Денисюк С. П., Опришко В. П., 2015

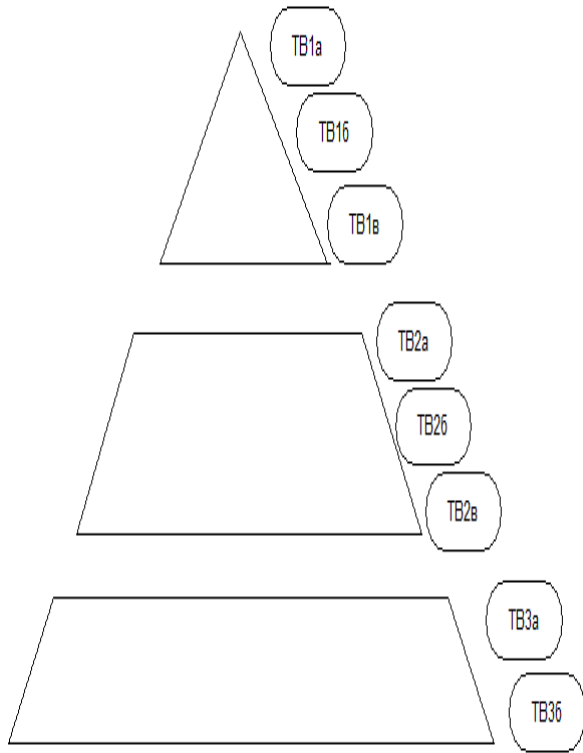


Рис. 3. Піраміда показників для вантажного залізничного транспорту

Показник ТВ3 використовується для порівняння величин з іншими країнами, проте цей показник не є мірою зміни енергоефективності, оскільки не враховує відносну значущість кожного підсектора та вплив багатьох факторів, наприклад вид товарів, що перевозяться, тощо.

#### Декомпозиційний аналіз

Показники енергоефективності не можуть прогнозувати зміни в загальному енергоспоживанні або дати кількісну оцінку впливу окремих складових або факторів на загальне енергоспоживання. Тому часто необхідно здійснити більш детальний аналіз, щоб зрозуміти сукупний вплив ряду різних факторів або рушійних сил на загальне енергоспоживання. Декомпозиційний аналіз використовується для розділення впливу різних чинників на загальне споживання енергії. Методика ІЕА для аналізу тенденцій кінцевого споживання зазвичай розрізняє три основні складові, які впливають на споживання енергії: обсяги діяльності, її структура і енергоємність. При декомпозиційному аналізі впливу кожного конкретного фактора отримується кількісна оцінка, так що фактори, пов'язані з енергетичною політикою, можуть бути відокремлені від змін у структурній і кількісній складових енергоспоживання. Енергоспоживання за секторами або ключовими видами кінцевого споживання, а також за видами палива. При можливості, щоб врахувати кліма-

© Денисюк С. П., Опришко В. П., 2015

- Загальне енергоспоживання вантажного залізничного транспорту (абсолютні величини або частка в ЗКЕН)
- Частка кожного джерела енергії в загальній структурі енергоспоживання вантажного залізничного транспорту
- Споживання енергетичних ресурсів вантажним залізничним транспортом
- Енергоспоживання вантажного залізничного транспорту на одиницю ВВП
- Енергоспоживання вантажного залізничного транспорту на мкм
- Енергоспоживання вантажного залізничного транспорту на ткм
- Частка кожного виду вантажного залізничного транспортного засобу: енергоспоживання на мкм
- Частка кожного виду вантажного залізничного транспортного засобу: енергоспоживання на ткм

тичні та соціальні чинники загального енергоспоживання виконується дезагрегація на географічному або регіональному рівні. Якщо є більш деталізовані дані, то аналізується вплив більшої кількості факторів на загальне енергоспоживання (таких як коефіцієнт використання потужності, погодні умови тощо). Основним питанням декомпозиції є вибір визначення діяльності. В ідеальному випадку обрана міра діяльності буде використовувати легкодоступні дані і максимально можливо відповідати заявленим цілям і завданням програмної діяльності країни, її окремої галузі або регіону, або ж організації, що виконує аналіз.

Існують різні форми одного й того ж методу в залежності від вибору базового року, типу математичної форми або конфігурації (адитивний чи мультиплікативний аналіз).

Представлений в табл. 2 метод логарифмічних середніх індексів Дівізіа, характеризується повнотою декомпозиції. Однак він не підходить в разі наявності нульових або від'ємних значень в аналізованих наборах даних.

Вибір базового року є надзвичайно важливим і допускає різновиди фіксованого або зчепленого базового року. У разі зчепленого базового року замість одного базового року використовується часовий ряд, так що для кожного року базовим вважається попередній рік. Вважається, що метод зчеплення дає більш точні результати і полегшує аналіз множинних періодів часу.

Вибір адитивної або мультиплікативної конфігурації переважно залежить від наявності даних і форми, в якій вимагається дати результат впливу окремих ефектів або факторів, досліджуваних у рамках декомпозиційного аналізу, як відносна зміна або в абсолютних величинах. У табл. 1 представлено відмінність між адитивною і мультиплікативною конфігураціями [7]. У разі повної декомпозиції залишковий член  $RSD$  в адитивному аналізі повинен дорівнювати ( $RSD = 0$ ), тоді як в мультиплікативному й декомпозиції -  $RSD = 1$ .

Метод прямого індексу Ласпейреса (табл.3) відомий легкістю використання. Однак у цьому

методі є залишковий член, який може бути значним (зокрема при розгляді тривалих періодів часу або дуже швидких змін, як при рецесії або експансії) і викликає питання точності і застосовності результатів декомпозиції з використанням цього методу [7].

Загалом ІЕА виділяє 5 секторів: житловий сектор, послуг, промисловість, транспорт та інші, для яких і формуються напрям підвищення якості розробки стратегії шляхом більш ефективного використання показників для моніторингу результатів у сфері енергоефективності.

Таблиця 1

Аддитивний (у вигляді суми)	Мультиплікативний (у вигляді добутку)
$\Delta E = E_{ACT} + E_{STR} + E_{INT} + E_{RSD}$	$R = R_{ACT} \cdot R_{STR} \cdot R_{INT} \cdot R_{RSD}$
$\Delta E = E^{Year T} - E^{Year 0}$	$R = \frac{E^{Year T}}{E^{Year 0}}$

Примітки:  $ACT$  – діяльність;  $STR$  – структура;  $INT$  – енергоємність;  $RSD$  - залишковий

Таблиця 2

	Аддитивний	Мультиплікативний
Вплив діяльності ( $A$ )	$E_t^A = \sum_i L(E_i^T, E_i^0) \cdot \ln\left(\frac{A^T}{A^0}\right)$	$R_t^A = \exp \sum_i \left( \frac{L(E_i^T, E_i^0)}{L(E^T, E^0)} \cdot \ln\left(\frac{A^T}{A^0}\right) \right)$
Структурний вплив ( $S$ )	$E_t^S = \sum_i L(E_i^T, E_i^0) \cdot \ln\left(\frac{S_i^T}{S_i^0}\right)$	$R_t^S = \exp \sum_i \left( \frac{L(E_i^T, E_i^0)}{L(E^T, E^0)} \cdot \ln\left(\frac{S_i^T}{S_i^0}\right) \right)$
Вплив енергоємності ( $I$ )	$E_t^I = \sum_i L(E_i^T, E_i^0) \cdot \ln\left(\frac{I_i^T}{I_i^0}\right)$	$R_t^I = \exp \sum_i \left( \frac{L(E_i^T, E_i^0)}{L(E^T, E^0)} \cdot \ln\left(\frac{I_i^T}{I_i^0}\right) \right)$
$E^T$ – енергоспоживання в $T$ -й рік $E^0$ – енергоспоживання в $0$ -й рік $i$ – підсектор або вид кінцевого використання		$L(a, b) = \frac{a - b}{\ln a - \ln b}, a, b > 0, a \neq b$

Таблиця 3

	Аддитивний	Мультиплікативний
Вплив діяльності ( $A$ )	$E_t^A = A_t \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_0^i - E_0$	$R_t^A = \frac{A_t \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_0^i}{E_0}$
Структурний вплив ( $S$ )	$E_t^S = A_0 \cdot \sum_i S_t^i \cdot I_0^i - E_0$	$R_t^S = \frac{A_t \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_0^i}{E_0}$
Вплив енергоємності ( $I$ )	$E_t^I = A_0 \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_t^i - E_0$	$R_t^I = \frac{A_t \cdot \sum_i S_0^i \cdot I_0^i}{E_0}$
$t$ – кінцевий рік; $0$ – базовий рік; $i$ – підсектор або вид кінцевого використання		

© Денисюк С. П., Опришко В. П., 2015

Економію енергії в результаті скорочення енергоємності можна визначити як різницю між гіпотетичним і фактичним енергоспоживанням.

$$SAVINGS_t^i = HEU_t^i - E_t.$$

Аналіз можна розширити, включивши в розгляд зміни викидів CO<sub>2</sub> шляхом введення параметрів структури споживання палива і вміст вуглецю (або CO<sub>2</sub> ємності) в якості додаткових факторів. структура споживання палива може використовуватися для опису змін у долях різних видів палива (включаючи електроенергію) в кінцевому споживанні, а вміст вуглецю позначає викиди CO<sub>2</sub> на одиницю спожитої енергії.

$$F_t^{i,f} = \frac{E_t^{i,f}}{E_t^i}; \quad C_t^{i,f} = \frac{G_t^{i,f}}{E_t^i}.$$

Викиди CO<sub>2</sub> в секторі можна розкласти на результати впливу діяльності, структури, енергоємності, структури споживання палива, а також вміст вуглецю, у відповідності з наступною формулою, де  $f$  позначає тип палива:

$$G_t = A \cdot \sum_i \left[ S_t^i \cdot I_t^i \cdot \sum_f F_t^{i,f} \cdot C_t^{i,f} \right].$$

Це робить можливим розрахунок гіпотетичних викидів CO<sub>2</sub>, а також величини скорочення викидів. Наприклад, дві наступні формули

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Національні пріоритети енергоефективності 2010 [Текст] / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник [та ін.]. – К.: Текст, 2010. – 580 с.
2. Денисюк С. П. Особливості реалізації політики енергоефективності – пріоритети України [Текст] / С.П. Денисюк // Енергетика: економіка, технології, екологія. – К., 2013. – № 3 (34). – С. 7-20.
3. Денисюк С.П. Формування політики підвищення енергетичної ефективності – сучасні виклики та європейські орієнтири [Текст] / С.П. Денисюк // Енергетика: економіка, технології, екологія. – К., 2013. – № 2 (33). – С. 7-23.
4. Стогній Б.С. Інтелектуалізація енергетики. Пріоритетний напрям розвитку енергетичного сектора України [Текст] / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Энергосбережение. – К., 2012. – № 10 (156). – С. 27-29.
5. International Energy Agency. Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making. [Text]. – Paris: OECD/IEA, 2014. – 405 p.
6. Отчет о рынке энергоэффективности [Текст] / пер. с англ. – Paris: OECD/IEA, 2013. – 205 p.
7. Показатели энергоэффективности: основы статистики [Текст] / пер. с англ. – Paris: OECD/IEA, 2014. – 383 p.

© Денисюк С. П., Опришко В. П., 2015

представляють вплив вмісту вуглецю і відповідне скорочення викидів.

$$G_t^C = \frac{A_0 \cdot \sum_i \left[ S_0^i \cdot I_0^i \cdot \sum_f \left( F_0^{i,f} \cdot C_t^{i,f} \right) \right]}{G_0};$$

$$CO2SAVINGS_t^C = \frac{G_t}{G_t^C} - G_t.$$

#### Висновки

Використовуваний ІЕА метод декомпозиції дозволяє спостерігати вплив елементів, що відносяться до енергоємності та ємності вуглецю, окремо від змін у складових енергоспоживання, пов'язаних зі структурою і діяльністю. Це допомагає і визначити найбільш ефективні напрямки заходів, і відслідковувати прогрес після їх реалізації.

Метою такого роду декомпозиції є: кількісна оцінка внеску певних факторів у зміну енергоспоживання; виявлення джерела змін енергоспоживання; вимірювання ефективності енергетичної політики і технологій.

Саме за допомогою інтеграції показників енергетичної ефективності передбачається досягнення цілей, спрямованих на ефективне вирішення наведених технологічних завдань в секторі залізничного транспорту.

#### REFERENCES

1. Nacionalni priorytety enerhoefektyvnosti 2010 [National priorities for energy efficiency] / B.S. Stohnij, O.V. Kyrylenko, A.V. Praxovnyk [and others]. – K.: Tekst, 2010. 580 p.
2. Denysyuk S. P. Osoblyvosti realizaciyi polityky enerhoefektyvnosti – priorytety Ukrainy [Features of energy efficiency implementation - priorities of Ukraine] / S.P. Denysyuk // Enerhetyka: ekonomika, tehnolohiyi, ekolohiya. Kyiv., 2013. № 3 (34). p. 7-20.
3. Denysyuk S.P. Formuvannya polityky pidvyshhennya enerhetychnoyi efektyvnosti – suchasni vyklyky ta yevropejs'ki oryentyry [Formation of energy efficiency policies - challenges and european guidelines] / S.P. Denysyuk // Enerhetyka: ekonomika, tehnolohiyi, ekolohiya. K., 2013. № 2 (33). p. 7-23.
4. Stohnij B.S. Intelktualizaciya enerhetyky. Priorytetnyj napryam rozvytku enerhetychnoho sektora Ukrainy [Intellectual energy. Priority of the ukrainian energy sector development] / B.S. Stohnij, O.V. Kyrylenko, S.P. Denysyuk // Enerhosberezhennye. K., 2012. № 10 (156). p. 27-29.
5. International Energy Agency. Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making. [Text]. – Paris: OECD/IEA, 2014. 405 p.
6. Otchet o rynke enerhoefektyvnosti [Report on

Надійшла до друку 06.05.2015.

energy efficiency market] / – Paris: OECD/IEA, 2013. 205 p.

7. Pokazately enerhoeffektyvnosti: osnovy statystyky [Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics] / – Paris: OECD/IEA, 2014. 383 p.

Внутрішній рецензент *Сиченко В. Г.*

Зовнішній рецензент *Андрієнко П. Д.*

В статті проаналізовано та досліджено особливості показників енергетичної ефективності для транспортного сектору. Ретельно розглянуті тенденції енергоспоживання пасажирського та вантажного залізничного транспорту. Проаналізовано показники енергоефективності для сектору залізничного транспорту за трьома рівнями. Досліджено методику IEA для аналізу тенденцій енергоспоживання. Проілюстровано піраміди показників енергоефективності для вантажного та пасажирського залізничного транспорту. Представлено різні форми декомпозиційного аналізу для відокремлення факторів у структурній і кількісній складових енергоспоживання

**Ключові слова:** енергоефективність; енергоспоживання; енергетична система; показники енергоефективності; декомпозиція.

**УДК 621.31**

**С. П. ДЕНИСЮК, В. П. ОПРЫШКО (НТУУ «КПІ»)**

Институт энергосбережения и энергоменеджмента, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Киев, ул. Боршаговская 115, тел.: (093) 750-13-90, эл. почта: [spdens@ukr.net](mailto:spdens@ukr.net), ORCID: [orcid.org/0000-0002-6299-3680](http://orcid.org/0000-0002-6299-3680)

## **ИНТЕГРАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ПРОЦЕСС ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СЕКТОРЕ ТРАНСПОРТА**

В статье проанализированы и исследованы особенности показателей энергетической эффективности для транспортного сектора. Тщательно рассмотрены тенденции энергопотребления пассажирского и грузового железнодорожного транспорта. Проанализированы показатели энергетической эффективности для сектора железнодорожного транспорта по трем уровням. Исследовано методику IEA для анализа тенденций энергопотребления. Проиллюстрировано пирамиды показателей энергоэффективности для грузового и пассажирского железнодорожного транспорта. Представлены различные формы декомпозиционного анализа для обособления факторов в структурной и количественной составляющих энергопотребления

**Ключевые слова:** энергоэффективность; энергопотребление; энергетическая система; показатели энергоэффективности; декомпозиция.

Внутренний рецензент *Сыченко В. Г.*

Внешний рецензент *Андрієнко П. Д.*

**UDC 621.31**

**S. P. DENYSIUK, V. P. OPRYSHKO (NTUU «KPI»)**

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», 03056, Kyiv, Borschagivska st., 115, tel.: (093) 750-13-90, e-mail: [spdens@ukr.net](mailto:spdens@ukr.net), ORCID: [orcid.org/0000-0002-6299-3680](http://orcid.org/0000-0002-6299-3680)

## **INDICATORS ENERGY INTEGRATION IN ENERGY EVALUATION PROCESS OF TRANSPORT**

The present article deals with characteristics of energy efficiency for transport sector. Carefully considered the trend of energy consumption in passenger and freight rail transport. Energy efficiency indicators for the rail transport sector analyzed on three levels. Studied IEA technique for analyzing of energy consumption trends. Given pyramid illustration of freight and passenger rail transport energy efficiency factors. Presented the various forms of decomposition analysis for factors isolation in the structural and quantitative components of energy consumption.

**Keywords:** energy efficiency; energy consumption; energy system; energy efficiency; decomposition.

Internal reviewer *Sichenko V. G.*

External reviewer *Andrienko P. D.*

© Денисюк С. П., Опрышко В. П., 2015