

# ЕКОНОМІКА ECONOMICS

УДК 339.944:620.621.31

О.М. КОВАЛКО, О.В. НОВОСЕЛЬЦЕВ, Т.О. ЄВТУХОВА

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ПЕРЕВАГИ ТРАНСГРАНИЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЕНЕРГОСЕРВІСНИХ КОМПАНІЙ

Розглядається економіко-математична модель трансграничної взаємодії ЕСКО, що на системній основі поєднує моделі порівняльної переваги Рікардо, перфоманс-контрактингу та трансграничного обміну послугами. Модель дозволяє розраховувати чисельні параметри доступного виграшу від взаємодії ЕСКО, враховуючи для кожного з учасників абсолютну перевагу у технологіях і продуктивності труда, різницю в обмінних курсах валют, рівнях оплати праці і кількості доступних трудових ресурсів. Узагальнено процедуру формалізації умов прибутковості ЕСКО-підходу шляхом перетворення сукупності відомих нерівностей в узгоджену систему рівнянь із додаванням нових змінних (складових), визначено економічний зміст цих складових у формі альтернативної винагороди клієнта, винагороди ЕСКО за перфоманс-контрактом та альтернативної витрати клієнта. Встановлено раніше невідомі співвідношення між змінними, що визначають величину економічного виграшу ЕСКО від трансграничної взаємодії за умов порівняльної переваги. Представлено результати чисельних розрахунків, яких підтверджують ефективність та результативність запропонованої моделі.

**Ключові слова:** ЕСКО, перфоманс-контрактинг, трансгранична взаємодія, рікардіанська модель.

Проблемні питання нестачі власних енергетичних ресурсів на потреби розвитку національних економік країн світу на сьогодні вирішуються в складних умовах активного і, навіть, агресивного переділу енергетичних ринків в напрямі їх глобалізації, диверсифікації джерел постачання, використання альтернативних джерел енергії тощо. При цьому, питання підвищення ефективності енергопостачання, енерговикористання та енергозбереження стають на один рівень з питаннями енергетичної безпеки незалежних країн [1, 2].

Сфера енергосервісних послуг є саме тою невід'ємною енергетичною складовою економіки будь-якої країни, яка має забезпечувати комплексне вирішення проблем підвищення ефективності, якості та надійності систем енергопостачання та енерговикористання, оскільки за своїм головним призначенням призначена поєднувати інтереси виробників, постачальників і споживачів продукції і послуг як енергетичної, так і цілого ряду суміжних галузей і підгалузей економіки, причому не тільки у своїй країні, а й з цілого ряду інших країн, насамперед тих, де розташовані виробники енергоефективного обладнання та постачальники паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) [3, 4].

Міжнародне (трансграничне, транскордонне тощо) співробітництво відкриває принципово нові можливості у сфері надання енергосервісних послуг, спрямованих на проведення капітальної модернізації та інноваційний техніко-технологічний розвиток кожного окремого підприємства та національних економік країн, що співпрацюють, які в сучасних умовах ринкових відносин реалізуються шляхом взаємодії підприємств і фінансових установ, енергосервісних компаній (ЕСКО) та державної і місцевої влади. У той же час, ефективність і результативність трансграничної взаємодії у сфері енергосервісних послуг на сьогодні не можна вважати задовільними, насамперед за неврахованих у цьому процесі специфічних особливостей діяльності енергосервісних компаній на взаємопов'язаних ринках ПЕР, енергоефективного обладнання та енергосервісних послуг, системно узгоджених з концептуальними положеннями теорії абсолютної і порівняльної переваги трансграничної взаємодії, які значною мірою і визначають показники ефективності та результативності взаємодії ЕСКО.

Енергосервісні компанії є однією з найефективніших і найпоширеніших у світі організаційних форм підвищення енергетичної ефективності національних економік, дієздатність якої доказана на практиці як у розвинутих країнах, так і в країнах, що розвиваються. Ідеологом та автором більшості концептуальних положень сучасної ЕСКО-моделі вважається Ш. Хенсон (Sh. Hansen), а ідеологом її розповсюдження у Європі – П. Бертольдї (P. Bertoldi), перу яких належить більше десяти опублікованих монографій за даною тематикою, достатньо повний перелік яких можна знайти у роботах [3,4].

ЕСКО є комерційними організаціями (компаніями, підприємствами), що діють на підставі енергосервісного контракту і надають широкий спектр комплексних енергетичних послуг, які

охоплюють техніко-економічні, фінансові та юридичні аспекти проектування, реалізації, моніторингу і верифікації досягнутих результатів від впровадження інноваційних проектів з розвитку енергетичної інфраструктури та енергозбереження на об'єктах промислового і соціально-побутового призначення замовника (клієнта), базуючись на принципах енергетичного аутсорсингу, перфоманс-контракту, проектного фінансування, урахування трансакційних витрат та управління ризиками тощо шляхом використання власних внутрішніх і залучених зовнішніх джерел і ресурсів, у тому числі фінансових, юридичних, матеріально-технічних, енергетичних і трудових.

Енергетичний перфоманс-контракт є основною формою надання ЕСКО комплексних послуг «під ключ», за якими клієнтам пропонується повний набір заходів (проектів) з підвищення енергоефективності та енергозбереження, результати запровадження яких перевіряються і контролюються протягом усього терміну дії договору (контракту) та які забезпечуються гарантіями того, що економія, досягнута внаслідок запровадження цих заходів (проектів), буде достатньою для покриття повної вартості проектів (можливо також – для забезпечення узгодженого рівня підвищення енергоефективності) [3-5].

В якості ефективних енергосервісних компаній, окрім визначених ЕСКО у світовій практиці часто виступають виробники енергоефективного обладнання, енергопостачальні організації, спеціалізовані інжинірингові та енергоексплуатаційні компанії. Однак послуги енергосервісних компаній ЕСКО принципово відрізняються від послуг традиційних енергосервісних постачальних компаній [3-5].

Більшість проблемних питань, які стосуються специфічних особливостей діяльності енергосервісних компаній на внутрішніх ринках ПЕР, енергоефективного обладнання та енергосервісних послуг не є принципово новими в теорії та на практиці застосування ЕСКО-підходу. Насамперед, слід звернутися до публікацій таких дослідників, як Р. Bertoldi, J. Bleyl-Androschin, С. Bullock, G. Caraghiaur, J. Ellis, M. Evans, С. Goldman, S. Hansen, N. Hopper, В. Knox, W. Kolarik, P. Langlois, M. Lee, V. Lew, M. Magee, A. Marino, С. Murakoshi, H. Nakagami, N. Okay, J. Osborn, J. Painuly, H. Park, S. Rezessy, D. Schinnerl, S. Sorrell, A. Thumann, W. Turner, E. Vine, H. Zhao, та інших. Серед науковців і дослідників в Україні та на пострадянському просторі слід відзначити роботи І.А. Башмакова, С.В. Голікової, С.П. Денисюка, В.А. Жовтянського, М.П. Ковалко, Є.Є. Нікітіна, А.В. Праховника, С.Б. Сіваєва, В.А. Степаненко, О.М. Суходолі, Ю.І. Шульги та інших, в яких закладено концептуальні основи побудови та розглядаються основні принципи функціонування енергосервісних компаній.

Незважаючи на фундаментальні досягнення теорії і практики, невирішеною залишається проблема кількісного оцінювання ефективності і результативності трансграничного співробітництва ЕСКО на внутрішніх і міжнародних ринках, насамперед, оцінювання та реалізації потенціалу порівняльної переваги такої взаємодії.

Метою статті є обґрунтування побудови системної економіко-математичної моделі трансграничної взаємодії енергосервісних компаній на основі теоретичних положень моделей порівняльної переваги, перфоманс-контракту та трансграничного обміну послугами, які забезпечують ефективність та результативність трансграничної взаємодії, а також формалізація базових принципів побудови системних моделей.

Спираючись на методичний підхід Соррелла до побудови моделі перфоманс-контракту [6], сформуємо першу умову життєздатності (точніше кажучи, самоокупності) ЕСКО-підходу у наступному вигляді: сумарна економія витрат Замовника, розрахованих до та після укладання контракту, має перевищувати платежі Замовника за контрактом з ЕСКО на величину альтернативної винагороди Замовника за контрактом, а саме:

$$(\hat{C}_{\text{вир}}^0 - \check{C}_{\text{вир}}^0) + (\hat{C}_{\text{тр}}^0 - \check{C}_{\text{тр}}^0) = \check{P}^0 + \check{B}^0, \quad (1)$$

де:  $\hat{C}_{\text{вир}}^0$  – виробничі витрати Замовника до укладання перфоманс-контракту (це позначено символом  $\hat{\cdot}$ );  $\check{C}_{\text{тр}}^0$  – трансакційні витрати Замовника за тих же умов;  $\check{C}_{\text{вир}}^0$  – виробничі витрати Замовника на обумовлений у контракті об'єкт енергосервісних послуг після укладання контракту (позначено верхнім символом  $\check{\cdot}$ );  $\check{C}_{\text{тр}}^0$  – трансакційні витрати Замовника за тих самих умов;  $\check{P}^0$  – платежі Замовника за контрактом (дохід ЕСКО);  $\check{B}^0$  – альтернативна винагорода Замовника за контрактом.

Друга умова окупності ЕСКО-підходу констатуватиме, що дохід ЕСКО за контрактом має бути більшим загального обсягу понесених ЕСКО витрат на величину її винагороди:

$$\check{P}^1 = \check{P}^0 = (\check{C}_{\text{вир}}^1 + \check{C}_{\text{тр}}^1) + \check{B}^1, \quad (2)$$

де  $\check{B}^1$  – винагорода ЕСКО за контрактом; верхній індекс 1 визначатиме витрати ЕСКО на обумовлений у контракті об'єкт енергосервісних послуг після укладання контракту (верхній символ  $\check{\cdot}$ ).

За третьою умовою окупності ЕСКО-підходу загальна економія виробничих витрат Замовника та ЕСКО має перевищувати загальне збільшення транзакційних витрат на величину альтернативних витрат Замовника:

$$(\hat{C}_{\text{вир}}^0 - \check{C}_{\text{вир}}^0) - C_{\text{вир}}^1 = \check{C}_{\text{тр}}^1 - (\hat{C}_{\text{тр}}^0 + \check{C}_{\text{тр}}^0) + \check{C}_{\text{ал}}^0, \quad (3)$$

де:  $\check{C}_{\text{ал}}^0$  – альтернативні витрати Замовника після укладання контракту.

За необхідністю урахування інших, окрім означених у рівняннях (1) – (3) витрат, наприклад, витрат обертання (обігу), пов'язаних з просуванням ЕСКО енергосервісних товарів і послуг на трансграничні ринки (транспортно-експедиторські, митні, портові і т.д. витрати), сформуємо узагальнену систему рівнянь взаємодії ЕСКО з Замовником у вигляді:

$$\sum_{i=1}^n \hat{C}_i^0 - \sum_{i=1}^n \check{C}_i^0 \geq \check{P}^0; \quad \sum_{i=1}^n \hat{C}_i^0 - \sum_{i=1}^n \check{C}_i^1 \geq \check{C}_1^0 - \sum_{i=2}^n \check{C}_i^0; \quad \sum_{i=1}^n \check{C}_i^1 \leq \check{P}^0 - \check{B}^1, \quad (4)$$

де нижній індекс  $i = \overline{1, n}$  буде перелічувати відповідні витрати, представлені кортежем індексів  $i = (\text{вир, тр, об, ...})$ ; об – індекс витрат обертання.

Застосування рикардівської моделі [7] в задачі кількісного оцінювання ефективності та результативності трансграничної взаємодії ЕСКО, за якою розглядається єдиний фактор виробництва – робоча сила і де припускається, що кожна з технологій вичерпно характеризується одним показником (коефіцієнтом) продуктивності праці – трудомісткістю, у даному випадку є обґрунтованим, оскільки ЕСКО за своїм основним призначенням є консалтинговою, а не виробничою компанією.

Розглянемо особливості застосування моделі Рікардо на прикладі двох ЕСКО, розташованих в різних країнах, які мають наміри співпрацювати між собою – купувати та продавати енергосервісні товари і послуги. Будемо розрізняти кожен ЕСКО верхнім індексом  $j$  (в даному випадку  $j = \overline{1, 2}$ ). Припустимо, що кожна ЕСКО, використовуючи наявні технології, в змозі надавати два види послуг, які визначимо нижнім індексом  $i = \overline{1, 2}$ . Тоді, виробництво кожної з цих послуг за моделлю Рікардо буде характеризуватися власним коефіцієнтом трудомісткості  $\tau_i^j$ , а наявні обмеження (границі) виробничих можливостей і варіантів використання трудових ресурсів формалізуватися у вигляді:

$$\sum_i (\tau_i^1 \cdot Q_i^1) \leq L^1; \quad \sum_i (\tau_i^2 \cdot Q_i^2) \leq L^2, \quad (5)$$

де:  $Q_i^j$  – кількість (обсяг) виробництва  $i$ -ї послуги за інтервал робочого часу, що розглядається;  $L^j, j = \overline{1, 2}$  – гранична кількість трудового ресурсу, яким володіє  $j$ -та ЕСКО.

За умов постійності трудовитрат, а також доступної кількості трудового ресурсу, криві виробничих можливостей стають прямими лініями, рівняння яких в координатах  $Q_1 Q_2$  мають вигляд:

$$Q_2^1 = (L^1 / \tau_2^1 - \tau_1^1 \cdot Q_1^1 / \tau_2^1); \quad Q_2^2 = (L^2 / \tau_2^2 - \tau_1^2 \cdot Q_1^2 / \tau_2^2). \quad (6)$$

З виразів (6) видно, що альтернативні витрати виробництва першої послуги в одиницях другої, або ж витрати заміщення першої послуги іншою, визначаються відношенням трудовитрат на виробництво одиниці першої і другої послуг  $(\tau_1^j / \tau_2^j)$  для кожної з компаній. Нагадаємо, що величина витрат, які несе компанія у зв'язку з відмовою від виробництва однієї послуги заради збільшення виробництва іншої послуги на одну одиницю, визначає альтернативні витрати використання наявних ресурсів. Додавання цих витрат до суми фактичних (явних тощо) виробничих витрат, які фіксуються за бухгалтерським обліком, дозволяє визначати величину упущеної вигоди (упущеного прибутку) компанії, пов'язану з нераціональним використанням (нераціональним розподіленням тощо) наявних ресурсів, відмовою від інших можливостей їх застосування у виробництві альтернативних послуг тощо.

Для вибору з множини можливих комбінацій (сполучень) конкретного виду та обсягів кожної з двох послуг, які доцільно виробляти ЕСКО, в моделі Рікардо застосовують критерій відносної ціни однієї з послуг, виміряної на одиницю іншої (ціну заміщення однієї послуги іншою). Нехай  $p_1^j$  і  $p_2^j$  – ціни першої і другої послуг  $j$ -ої ЕСКО, тоді погодинна оплата труда  $\lambda_i^j$  буде дорівнюватиме вартостям вироблених за одиницю часу (за годину) першої і другої послуг:  $\lambda_i^j = (p_1^j / p_2^j)$ . Якщо  $(p_1^j / p_2^j) > (\tau_1^j / \tau_2^j)$ , тобто ціна заміщення першої послуги другою перевищує альтернативні витрати виробництва цих послуг, то погодинна оплата труда буде вище при виробництві першої послуги, а за умови  $(p_1^j / p_2^j) < (\tau_1^j / \tau_2^j)$  – теж, для другої послуги. Враховуючи природну потребу працівників отримувати вищу оплату за працю, ЕСКО за моделлю Рікардо будуть спеціалізуватися на виробництві виключно однієї з послуг і тільки за умови рівної оплати праці – обох.

Припустимо, що:

$$(\tau_1^2 / \tau_2^2) > (\tau_1^1 / \tau_2^1), \text{ або, що теж саме, що } (\tau_2^1 / \tau_2^2) > (\tau_1^1 / \tau_1^2). \quad (7)$$

Першу нерівність співвідношення (7) називають формулою відносної переваги, яка показує, що трудовитрати заміщення одиниці першої послуги другою у ЕСКО1 нижче, ніж у ЕСКО2. У даному випадку, ЕСКО1 виявляється більш продуктивною у виробництві першої послуги ніж другої (друга нерівність), тобто володіє порівняльною перевагою перед ЕСКО2 у виробництві цієї послуги.

Таким чином, для вибору компанії, якій доцільно виробляти цю першу послугу в умовах трансграничної взаємодії, ще недостатньо порівняти трудовитрати обох ЕСКО на виробництво одиниці цієї послуги і на основі виявленої абсолютної переваги приймати рішення про його виробництво. За теорією Рікардо потрібно спиратися саме на принцип порівняльної переваги, при цьому враховувати порівняльні витрати на виробництво будь-якої, у даному випадку, з чотирьох послуг, які потенційно спроможні поставляти на ринок обидві компанії.

Ціни на ці послуги, які раніше залежали виключно від факторів внутрішнього виробництва, в умовах трансграничної взаємодії вже мають враховувати ринкові фактори попиту і пропозиції на послуги, які експортуються та/або імпортуються, оскільки ЕСКО, що має нижчі ціни, в умовах ринкових відносин починає конкурувати з іншими компаніями за частку трансграничного ринку послуг, що стимулює до вирівнювання (рівноваги) відносних цін на ці послуги. У кінцевому результаті ціни встановлюються десь у проміжку між існуючими відносними цінами, а їх конкретний рівень – визначатися обсягами взаємного попиту і пропозиції. Тобто, ціна імпортової послуги буде залежати від ціни послуги, яку необхідно експортувати, щоб оплатити імпорт, а відношення цих цін – від внутрішнього попиту на ці послуги у сфері впливу кожній з ЕСКО.

Нехай продуктивність праці в ЕСКО1 з виробництва першої і другої послуг (тобто кількість кожної з цих послуг, вироблених в одиницю часу) складає  $\alpha_1^1 = 1 / \tau_1^1$  і  $\alpha_2^1 = 1 / \tau_2^1$ , а ціна заміщення першої послуги другою –  $(p_1^1 / p_2^1)$ , де  $p_1^1$  та  $p_2^1$  є цінами, за якими буде здійснюватися трансгранична взаємодія. За цих умов, ЕСКО1 має вибір, – виробляти (надавати тощо) за одиницю часу або  $\alpha_1^1$  одиниць першої послуги, або ж  $\alpha_2^1$  одиниць другої послуги, оскільки вона має можливість виробляти і продавати надлишок першої послуги та купувати (і не виробляти) необхідну їй другу послугу у співвідношенні одна одиниця першої послуги за  $(p_1^1 / p_2^1)$  одиниць другої. Це дозволить ЕСКО1 отримувати за одну використану одиницю трудового часу  $Q_2^{*1} = (p_1^1 / p_2^1) \cdot \alpha_1^1$  одиниць другої послуги, і така процедура заміщення власного (або ж внутрішнього) виробництва цієї послуги імпортом буде вигідною для ЕСКО1 поки  $Q_2^{*1} > \alpha_2^1$ , або ж:

$$(p_1^1 / p_2^1) > (\alpha_2^1 / \alpha_1^1) = (\tau_1^1 / \tau_2^1), \quad (8)$$

тобто поки із-за кордону вона за свій експорт першої послуги зможе отримувати більшу кількість другої послуги, ніж закуповувати її на внутрішньому ринку або ж виробляти і надавати власними силами.

Не важко помітити, що нерівність (8) тотожна основним формулам порівняльної переваги (7), тому для ЕСКО1 найбільш вигідною буде стратегія трансграничної взаємодії з ЕСКО2, орієнтована на збільшення експорту першої послуги та імпорт недостатньої кількості другої послуги, а для ЕСКО2 навпаки – орієнтація на збільшення експорту другої послуги за рахунок імпорту першої. Така стратегія “непрямого виробництва” послуг в умовах ринкової економіки дозволяє також збільшувати обсяги споживання обох послуг в кожній з країн.

Для розрахунку величин трансграничної взаємодії у роботі запропоновані наступні співвідношення:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_1^1 &= (1 + \delta_1^1) \cdot Q_1^1; \delta_1^1 = (\tau_2^1 / \tau_1^1 - \tau_2^2 / \tau_1^2); p_{2/1}^1 = ((p_1^2 / p_2^2) \cdot p_2^1 - p_1^1) \cdot d_{2/1}^1; \\ d_{2/1}^1 &= \exp(-\tau_1^1 \cdot (\tilde{Q}_1^1 - Q_1^1) / (\tau_1^1 \cdot Q_1^1 + \tau_2^1 \cdot Q_2^1)); \Delta_1^1 = \delta_1^1 \cdot Q_1^1; R_{2/1}^1 = p_{2/1}^1 \cdot \Delta_1^1; \\ \tilde{Q}_2^2 &= (1 + \delta_2^2) \cdot Q_2^2; \delta_2^2 = (\tau_1^2 / \tau_2^2 - \tau_1^1 / \tau_2^1); p_{1/2}^2 = ((p_2^1 / p_1^1) \cdot p_1^2 - p_2^2) \cdot d_{1/2}^2; \\ d_{1/2}^2 &= \exp(-\tau_2^2 \cdot (\tilde{Q}_2^2 - Q_2^2) / (\tau_2^2 \cdot Q_2^2 + \tau_1^2 \cdot Q_1^2)); \Delta_2^2 = \delta_2^2 \cdot Q_2^2; R_{1/2}^2 = p_{1/2}^2 \cdot \Delta_2^2, \end{aligned} \quad (9)$$

де:  $\tilde{Q}_i^j$  – обсяг розширеного виробництва  $j$ -ої ЕСКО  $i$ -ої послуги,  $j = \overline{1,2}$ ,  $i = \overline{1,2}$ ;  $\delta_i^j$  – коефіцієнт розширеного виробництва  $j$ -ої ЕСКО  $i$ -ої послуги;  $p_{2/1}^1$ ,  $p_{1/2}^2$  – ціна трансграничного заміщення послуги 2 (1) одиницею послуги 1 (2) для ЕСКО1 (2);  $d_{2/1}^1$ ,  $d_{1/2}^2$  – рівняння відповідної кривої трансграничного попиту;  $\Delta_1^1$ ,  $\Delta_2^2$  – обсяг виробництва ЕСКО1 (2) альтернативної послуги 1 (2);  $R_{2/1}^1$ ,  $R_{1/2}^2$  – обсяг альтернативної виручки від заміщення послуги 2 (1) послугою 1 (2) для ЕСКО1 (2).

За рівняннями та співвідношеннями (1) – (9) у середовищі табличного процесору Microsoft Excel із застосуванням оптимізаційної програми Solver реалізовано блочно-структуровану комп'ютерну економіко-математичну модель порівняльної переваги трансграничної взаємодії ЕСКО, що дозволяє

проводити варіаційні параметричні розрахунки не тільки за системою означених рівнянь у цілому, а й за її окремими підсистемами та представляти результати розрахунків у табличній та графічній формах.

Для прикладу, на Рис.1 наведені розраховані за моделлю залежності досягнутих ЕСКО1 внаслідок трансграничної взаємодії з ЕСКО2 обсягів альтернативної виручки  $R_{2/1}^1$  (а/виручка 2/1), значення якої вимірюються за правобічною віссю ординат у валюті 1 (валюта ЕСКО1), від ціни трансграничного заміщення  $p_{2/1}^1$  (ціна т/заміщення 2/1 у валюті 1), розрахованої за експоненціальною кривою трансграничного попиту  $d_{2/1}^1$  (т/попит 2/1) та від обсягу виробництва альтернативної послуги  $\Delta_1^1$  (а/послуга 1), і все це – від зміни обсягу  $\bar{Q}_1^1$  розширеного виробництва ЕСКО1 послуги 1.

Видно, що у розглянутому діапазоні розширеного виробництва (надання) послуги 1 обсяг альтернативної виручки ЕСКО1 від трансграничної взаємодії з ЕСКО2 стабільно зростає і за обсягів виробництва 39,1 натуральних одиниць послуги 1 складає 28,0 грошових одиниць у валюті 1 за ціною трансграничного заміщення 1,74 грошових одиниць у валюті 1. Аналогічні розрахунки для ЕСКО2 показують, що обсяг її альтернативної виручки від трансграничної взаємодії з ЕСКО1 у розмірі 15,45 грошових одиниць у валюті 2 досягається за обсягів виробництва (надання) 73,7 натуральних одиниць послуги 2 і за ціною трансграничного заміщення послуги 1 одиницею послуги 2 в розмірі 0,39 грошових одиниць у валюті 2.

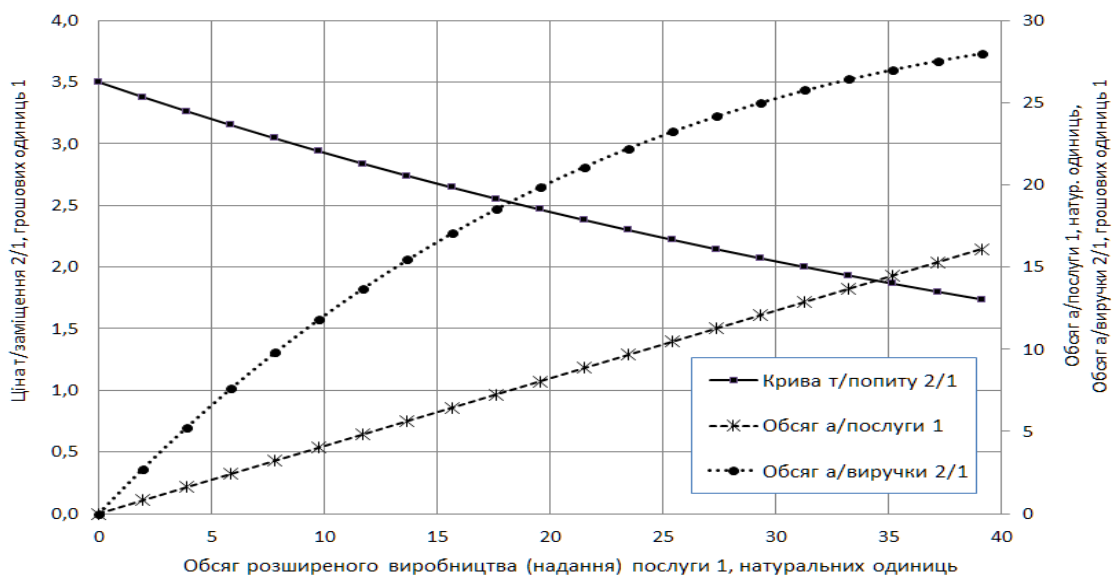


Рис.1. Залежність обсягу альтернативної виручки від ціни заміщення та обсягу виробництва (надання) альтернативної послуги 1 для ЕСКО1

Додатково проведені численні експерименти показують, що в залежності від виду і форми кривої попиту, а також від виду і форми залежності обсягів альтернативної послуги від обсягів розширеного виробництва, обсяг альтернативної виручки внаслідок трансграничної взаємодії може досягати свого максимального значення ще до границі виробничих можливостей ЕСКО і при подальшому збільшенні обсягів виробництва починає навіть знижуватися. При цьому, ціновий фактор трансграничного заміщення, як це можна бачити з наведених формул (1) – (9) та результатів розрахунків, представлених на Рис.1, є одним з найбільш потужних факторів підвищення ефективності та результативності трансграничного обміну енергосервісними послугами (товарами, обладнанням, трудовими і енергетичними ресурсами тощо) між ЕСКО.

Принципи побудови та структуру економіко-математичної моделі кількісного оцінювання впливу цінового фактору будемо розглядати на прикладі взаємодії двох ЕСКО, розташованих у різних трансграничних зонах (різних країнах тощо). Прийемо, що вироблені ЕСКО1 за цінами внутрішнього ринку країни 1 (трансграничної зони) енергосервісні послуги і товари експортуються за границю зони 1 для продажу ЕСКО2 за цінами внутрішнього ринку зони 2, і у зворотному напрямі, – вироблені ЕСКО2 за цінами внутрішнього ринку зони 2 енергосервісні послуги і товари імпортуються ЕСКО1 для продажу за цінами внутрішнього ринку її зони (країни).

Нехай:  $p_i^{1\uparrow 2}$  – ціна одиниці  $i$ -го товару, виробленого за цінами ринку 1, у валюті 1, для продажу на ринку 2;  $p_i^{1\downarrow 2}$  – ціна одиниці  $i$ -го товару, виробленого за цінами ринку 1 та проданого на ринку 2, у

валюти 2;  $p_j^{2\uparrow 1}$  – ціна одиниці j-го товару, виробленого за цінами ринку 2, у валюті 2, для продажу на ринку 1;  $p_j^{2\downarrow 1}$  – ціна одиниці j-го товару, виробленого за цінами ринку 2 та проданого на ринку 1, у валюті 1;  $Q_i^{1\uparrow 2}$  – обсяг i-го товару, виробленого за цінами ринку 1 для продажу на ринку 2, у валюті 1;  $Q_i^{1\downarrow 2}$  – обсяг i-го товару, виробленого за цінами ринку 1 та проданого на ринку 2, у валюті 1;  $Q_j^{2\uparrow 1}$  – обсяг j-го товару, виробленого за цінами ринку 2 для продажу на ринку 1, у валюті 2;  $Q_j^{2\downarrow 1}$  – обсяг j-го товару, виробленого за цінами ринку 2 та проданого на ринку 1, у валюті 2;  $k_{обм}^{1/2}$  – курс обміну валюти 1 у валюту 2;  $k_{обм}^{2/1}$  – курс обміну валюти 2 у валюту 1.

Припустимо, що ціни на енергосервісні послуги та товари є ринковими, а їх залежність від обсягів виробництва (пропозиція) та споживання (попит) задаються лінійними функціями:

$$\begin{aligned} p_i^{1\uparrow 2} &= p_{i0}^{1\uparrow 2} + e_i^{1\uparrow 2} \cdot Q_i^{1\uparrow 2}; & p_i^{1\downarrow 2} &= p_{i0}^{1\downarrow 2} - e_i^{1\downarrow 2} \cdot Q_i^{1\downarrow 2} / k_{обм}^{1/2}; \\ p_j^{2\uparrow 1} &= p_{j0}^{2\uparrow 1} + e_j^{2\uparrow 1} \cdot Q_j^{2\uparrow 1}; & p_j^{2\downarrow 1} &= p_{j0}^{2\downarrow 1} - e_j^{2\downarrow 1} \cdot Q_j^{2\downarrow 1} / k_{обм}^{2/1}. \end{aligned} \quad (10)$$

У формулах (10) індексом 0 позначені складові відповідних функцій, що не залежать від обсягів продажу товарів і послуг, а параметри  $e_{i,j} \geq 0$  відображають відповідні еластичності попиту і пропозиції відносно ціни, за якими збільшення обсягів продажу призводить до здешевлення товарів і послуг, а збільшення закупівель – до їх подорожчання.

За аналогією з механізмами забезпечення прибутковості валютних операцій [8], визначимо функцію цінового фактора взаємодії двох трансграничних ЕСКО як функцію максимізації сукупного прибутку  $D(Q_i^{1\uparrow 2}, Q_j^{2\uparrow 1})$  від продажу енергосервісних послуг і товарів, вироблених на кожному з означених вище внутрішніх ринках, на суміжних трансграничних ринках. За умов  $Q_i^{1\uparrow 2} = Q_i^{1\downarrow 2}$ ,  $Q_j^{2\uparrow 1} = Q_j^{2\downarrow 1}$  (тобто за умов урахування у правих частинах цих двох рівностей витрат обертання), отримуємо:

$$D(Q_i^{1\uparrow 2}, Q_j^{2\uparrow 1}) = ((k_{обм}^{1/2} \cdot p_i^{1\downarrow 2} / p_i^{1\uparrow 2} - 1) \cdot Q_i^{1\uparrow 2} + (k_{обм}^{2/1} \cdot p_j^{2\downarrow 1} / p_j^{2\uparrow 1} - 1) \cdot Q_j^{2\uparrow 1}) \rightarrow \max. \quad (11)$$

У постановці (11) задача оптимізації сукупного прибутку від продажу енергосервісних послуг і товарів, вироблених на суміжних трансграничних ринках, у всьому діапазоні зміни параметрів вирішується програмним інструментом Solver. Так, для прикладу, на Рис.2 наведені типові залежності цінових пропозицій і попиту з надання трансграничних енергосервісних послуг двома ЕСКО, означеними як ціни 1 та 2 (вісь ординат зліва), а також прибутку 1 і 2, отриманому кожною ЕСКО від здійснення трансграничних торговельних операцій (вісь ординат справа), – все в залежності від обсягів наданих послуг (вісь абсцис). Для можливості порівняння прибутків ЕСКО, обсяги наданих послуг на рис.2 приведені до валюти ЕСКО1, у той час як ціни і прибутки відображені на рисунку у обох валютах.

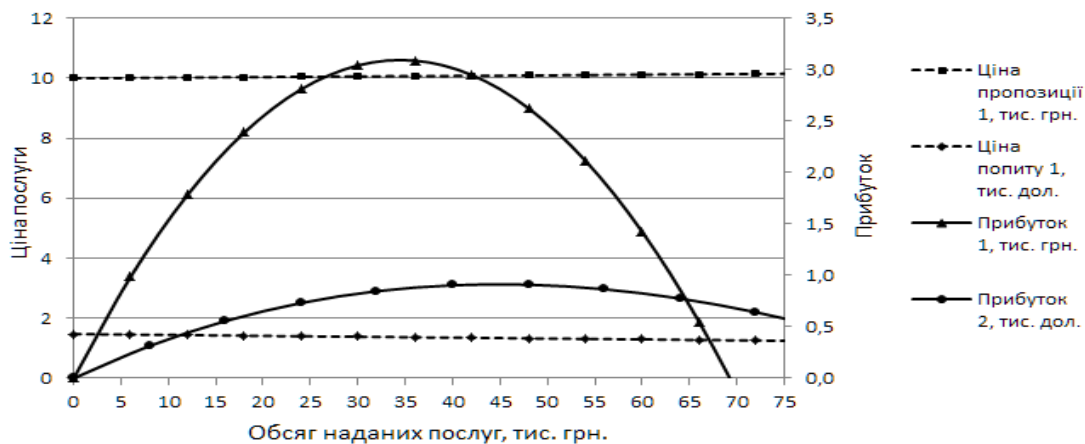


Рис.2. Прибуток ЕСКО від торговельних операцій з надання трансграничних енергосервісних послуг

Графіки залежностей побудовано за наступних чисельних значень окремих параметрів, які не варіювалися у даному експерименті:  $p_{i0}^{1\uparrow 2} = 10,0$  тис. грн.;  $p_{i0}^{1\downarrow 2} = 1,475$  тис. дол. США;  $e_i^{1\uparrow 2} = 0,002$ ;  $e_i^{1\downarrow 2} = 0,024$ ;  $k_{обм}^{1/2} = 8,0$  грн. / дол. США;  $p_{j0}^{2\uparrow 1} = 0,925$  тис. дол. США;  $p_{j0}^{2\downarrow 1} = 10,0$  тис. грн.;  $e_j^{2\uparrow 1} = 0,025$ ;  $e_j^{2\downarrow 1} = 0,002$ ;  $k_{обм}^{2/1} = 0,125$  дол. США / грн. За розрахованими залежностями не важко визначити вид і форму представлених функцій та враховувати той факт, що максимуми прибутків енергосервісних компаній можуть не співпадати при змінах обсягів торговельних операцій між ними та навіть можуть стати збитковими.

Слід також ще раз нагадати, що у загальному випадку урахування, окрім торговельних, ще й інших цінових факторів, які помітно впливають на прибутковість діяльності трансграничних ЕСКО, інтегральним параметром, який надає можливість узгодженого порівняння вартостей різних валют декількох країн, слугує паритет купівельної спроможності (ПКС). Ще одним таким визначальним параметром є рівень оплати праці в країнах, що співпрацюють (точніше, різниця між країнами у рівнях оплати праці), однак у подальших розрахунках слід враховувати, що ця різниця буде значно меншою між ЕСКО, які співпрацюють.

#### Висновки

1. Запропонована модель порівняльної переваги трансграничної взаємодії ЕСКО, яка дозволяє достатньо прозоро розраховувати чисельні параметри доступного виграшу від їх взаємодії, враховуючи для кожного з учасників абсолютну перевагу у технологіях і продуктивності труда, різницю в обмінних курсах валют, рівнях оплати праці і кількості доступних трудових ресурсів.

2. Вперше розглядається економіко-математична модель трансграничної взаємодії ЕСКО, що на системній основі поєднує моделі порівняльної переваги, перформанс-контрактингу та трансграничного обміну в задачі підвищення ефективності та результативності трансграничної взаємодії енергосервісних компаній.

3. Узагальнено процедуру формалізації умов життєздатності (самоокупності) ЕСКО-підходу шляхом перетворення сукупності відомих нерівностей в узгоджену систему рівнянь із додаванням нових змінних (складових), визначено економічний зміст цих складових у формі альтернативної винагороди клієнта, винагороди ЕСКО за перформанс-контрактом та альтернативної витрати клієнта тощо, які пов'язані з просуванням ЕСКО енергосервісних товарів і послуг на трансграничні ринки.

4. Встановлено раніше невідомі співвідношення між змінними, що визначають величину економічного виграшу ЕСКО від трансграничної взаємодії за умов порівняльної переваги, а саме, – між обсягами виробництва альтернативної послуги та розширеного виробництва ЕСКО послуги заміщення, запропоновано використання експоненціальної форми кривої трансграничного попиту. Проведено чисельні розрахунки, результати яких підтверджують ефективність та результативність запропонованої системної моделі.

5. Перспективність подальших розробок у сфері трансграничної взаємодії ЕСКО насамперед визначається необхідністю доповнення розробленої економіко-математичної моделі порівняльної переваги рівняннями енергетичних балансів, що дозволить застосовувати розширену модель при техніко-економічних розрахунках доцільності залучення інвестицій у модернізацію енергетичних систем з урахуванням переваг, які виникають внаслідок використання в якості обмінного товару обсягів зекономлених паливно-енергетичних ресурсів.

#### Література

1. Ковалко М.П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М.П. Ковалко, С.П. Денисюк. – Київ: Укренергозбереження, 1998. – 506 с.
2. Праховник А.В. Управління енерговикористанням: проблеми, завдання та методи вирішення / А.В. Праховник // Управління енерговикористанням: Збірник доповідей / Під ред. А.В. Праховника. – 2001. – С.169-190.
3. Hansen S.J. ESCOs Around the World: Lessons Learned in 49 Countries / S.J. Hansen, P. Bertoldi, P. Langlois. – Lilburn: The Fairmont Press, 2009. – 377 p.
4. Сиваев С.Б. Создание и деятельность энергосервисных компаний и перформанс-контрактов в России. Том 1: Энергосервис и перформанс контракты: возможности и проблемы их реализации в России / С.Б. Сиваев. – М.: WWF, 2011. – 111 с.
5. Bachmann J. Partnership and Incentives: Making Performance Contracting Work in Ukraine / J. Bachmann, A. Novoseltsev // Energy Engineering. – 2004. – Vol.101, No.6. – P. 49-70.
6. Sorrell S. The Economics of Energy Service Contracts / S. Sorrell // Energy Policy. – 2007. – Vol.35, No.10. – P. 507-521.
7. Krugman P.R. International Economics: Theory and Policy / P.R. Krugman, M. Obstfeld. – Boston: Pearson Education, 2003. – 782 p.

8. Алексеев I.B. Гроші та кредит. Навч. Посібник / I.B. Алексеев, М.К. Колісник. – К.: Знання, 2009. – 253 с.

O.M. KOVALKO, O.V. NOVOSELTSEV, T.O. EVTUKHOVA  
**ECONOMIC MODEL OF ENERGY SERVICE COMPANIES TRANSBOUNDARY  
INTERACTION COMPARATIVE ADVANTAGE**

Economic model of ESCO cross-border cooperation which combines on the systemic base the models of Ricardo comparative advantage, performance-contracting and cross-border services exchange are considered. The model allows numeric calculation of ESCO interaction affordable gains by taking into account for each participant the absolute advantage in technologies and productivity of labor, the difference in exchange rates, wage levels and the scope of available manpower. The procedure of ESCO revenue conditions formalization by converting the aggregate of known inequalities to coordinated system of equations with addition of new variables (components), which have the determined economic content of these components in the form of client alternative remuneration, payments for ESCO under performance contract and the client alternative costs are generalized. Previously unknown ratios between the variables that determine the value of ESCO cross-border cooperation economic gain under comparative advantage conditions are specified. The results of numerical calculations, which confirm the effectiveness and efficiency of the proposed model, are presented.

**Key words:** ESCO, performance contracting, cross-border interaction, the ricardian model.

1. Kovalko M.P. Energozbezhenia – prioritetnyi napriamok derzhavnoi politiki Ukraini / M.P. Kovalko, S.P. Denisuik. – Kiev: Ukrenergozbezhenia, 1988. – 506 p.
2. Prahovniuk A.V. Upravlinia energovikoristaniam: problemi, zavdania ta metodi virishenia / A.V. Prahovniuk // Upravlinia energovikoristaniam: Zbirnik dopovidey / Pid red. A.V. Prahovniuk. – 2001. – P. 169-190.
3. Hansen S.J. ESCOs Around the World: Lessons Learned in 49 Countries / S.J. Hansen, P. Bertoldi, P. Langlois. – Lilburn: The Fairmont Press, 2009. – 377 p.
4. Sivaev S.B. Sozdanie i deiatelnost energoservisnih kompaniy i perfomans-kontraktov v Rossiy. T.1: Energoservis i perfomans-kontrakti: vozmozhnosti i problemi ih realizatsiy v Rossiy / S.B. Sivaev. – M: WWF, 2011. – 111 p.
5. Bachmann J. Partnership and Incentives: Making Performance Contracting Work in Ukraine / J. Bachmann, A. Novoseltsev // Energy Engineering. – 2004. – Vol.101, No.6. – P. 49-70.
6. Sorrell S. The Economics of Energy Service Contracts / S. Sorrell // Energy Policy. – 2007. – Vol.35, No.10. – P. 507-521.
7. Krugman P.R. International Economics: Theory and Policy / P.R. Krugman, M. Obstfeld. – Boston: Pearson Education, 2003. – 782 p.
8. Alekseev I.V. Groshi ta kredit. Navch. posibnik / I.V. Alekseev, M.K. Kolesnik. – K.: Znannia, 2009. – 253 p.

УДК 339.944:620.621.31

O.M. KOVALKO, O.V. NOVOSELTSEV, T.O. SVTUKHOVA  
**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СРАВНИТЕЛЬНОГО ПРЕИМУЩЕСТВА  
ТРАНСГРАНИЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГОСЕРВИСНЫХ КОМПАНИЙ**

Рассматривается экономико-математическая модель трансграничного взаимодействия ЭСКО, которая на системной основе объединяет модели сравнительного преимущества Рикардо, перфоманс-контрактинг и трансграничного обмена услугами. Модель позволяет рассчитывать численные параметры доступного выигрыша от взаимодействия ЭСКО, учитывая для каждого из участников абсолютное преимущество в технологиях и производительности труда, различия в обменных курсах валют, уровнях оплаты труда и количества доступных трудовых ресурсов. Обобщенно процедуру формализации условий доходности ЭСКО-подхода путем преобразования совокупности известных неравенств в согласованную систему уравнений с добавлением новых переменных (составляющих), определено экономическое содержание этих составляющих в форме альтернативного вознаграждения клиента, вознаграждения ЭСКО за перфоманс-контрактом и альтернативных расходов клиента. Установлено ранее неизвестные соотношения между переменными, которые определяют величину экономического выигрыша ЭСКО от трансграничного взаимодействия в условиях сравнительного преимущества. Представлены результаты численных расчетов, которые подтверждают эффективность и результативность предложенной модели.

**Ключевые слова:** ЭСКО, перфоманс-контрактинг, трансграничное взаимодействие, рикарданская модель.