

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗА МЕТОДОЛОГІЄЮ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ

Запропоновано оцінювати ефективність енергетичних технологій (установок) за значеннями абсолютної енергетичної віддачі, як різниці між наявним потенціалом та затратами енергії, які визначаються сумою витрат енергії на створення, експлуатацію та утилізацію енергоустановки.

Ключові слова: енергетична ефективність, повні енергетичні затрати, сонячні термодинамічні електростанції, коефіцієнт енергетичної ефективності.

Енергетична ефективність технології чи установки, як відомо, визначається корисним ефектом від її реалізації. При цьому визначення цього корисного ефекту зводиться до обчислення ККД (термічного або ексергетичного). Разом з тим у ряді випадків ККД установки не зовсім правильно характеризуватиме ефективність, оскільки він визначає лише відношення кількості корисної перетвореної енергії до всієї підведеної енергії в певному термодинамічному циклі. Таким чином, різні типи установок з різними характеристиками (особливо коли це стосується початкових та кінцевих параметрів робочих тіл) матимуть різні ККД і їх порівняння не завжди буде коректним. Слід зазначити, що при цьому зовсім не враховуються витрати енергії на отримання палива та матеріалів (обладнання) до початку процесів перетворення енергії, а також витрат енергії на ліквідацію наслідків такого перетворення.

При підрахунках ККД ніколи не враховуються такі складові, як витрати енергії на створення енергоустановки, побічні витрати енергії, пов'язані з її експлуатацією (наприклад, витрати палива для транспортних засобів, що обслуговують електростанцію, витрати енергії на ремонтні роботи тощо), а також витрати енергії на ліквідацію енергетичного об'єкта після закінчення його експлуатації. Практично не враховуються енерговитрати на підтримання та відтворення робочої сили працюючих (заробітна плата), енерговитрати на податки та збори, прибутки підприємства, які, як відомо, є значними за обсягами статтями кошторисів і, отже, на них опосередковано

витрачається значна частина енергії (частково в інших сферах економіки, але відносити їх потрібно саме на продукцію підприємства, яке формує ці статті витрат). Такі оцінки зазвичай виконуються економічними методами при визначенні собівартості енергії та інших економічних показників. Роздільність у визначенні показників ефективності ускладнює порівняння різних енергетичних установок і ускладнює визначення глобального значення ефективності, оскільки можуть бути випадки коли ціни на окремі складові процесу занижені (не відповідають затратам енергії на їх отримання) і висновки щодо економічної ефективності установки будуть невірними. Витрати енергії на створення та функціонування енергоустановки можуть бути більшими, ніж отримана корисна енергія, хоча собівартість декларується рівною (або навіть нижчою) собівартості альтернативного варіанта. Прикладом того є використання етанолу з органічної сировини сільськогосподарського походження (зерно пшениці, жита, кукурудзи чи цукрового буряка), як це було показано у роботах [1–3]. У цих роботах доведено, що енерговитрати на виробництво 1 л біоетанолу коливаються від 18,0 МДж до 38,2МДж (при врахуванні лише основної частини витрат) при теплотворній здатності 96 %-ного етанолу близько 22,5 МДж/кг. Аналогічна ситуація складається і в інших сферах енергетики. Зокрема, це стосується вітроенергетики, сонячних електростанцій деяких типів та інших начебто «дармових» джерел енергії. Разом з тим слід засвоїти просту істину – дармових джерел не буває зовсім ніде і ніколи. Є джерела більш доступні або меншдоступні; такі, що освоюються з меншими затратами

енергії, або такі, які потребують невиправдано великих затрат.

І тому **метою цієї статті** є висвітлення положень методики оцінки ефективності технологій за показниками повних енергетичних витрат та методик визначення енергетичних витрат за статтями, які не визначаються існуючими стандартами. Ця методика усуває низку недоліків, що притаманні існуючим методикам (частково були висвітлені у попередньому абзаці), а також, в принципі, об'єднує методики визначення ККД енергоустановок та методики техніко-економічних оцінок.

Корисним ефектом всякої енергетичної технології (установки), який буде абсолютним при будь-яких методиках розрахунків, є різниця між виходом енергії, що отримуватиметься із застосуванням технології (установки) впродовж усього її життєвого циклу та всіма затратами енергії на створення об'єкта, його експлуатацію та утилізацію залишків, що залишаться після його ліквідації. Якщо ця різниця дорівнює нулю або від'ємна, то така технологія (установка) не може вважатися ефективною, оскільки вона не забезпечує необхідних потреб. Якщо вказана різниця менша нуля – технологія (установка) потребує додаткових затрат енергії для підтримки її функціонування і тоді така енергетична технологія не потрібна. На сьогодні, ряд технологій (особливо в царині використання відновлюваних джерел енергії) цій вимозі не відповідають. У ряді випадків корисний ефект від роботи енергетичних установок є від'ємним, хоча ККД цілком прийнятний і економічні показники теж відносно прийнятні, що свідчить лише про те, що ціни на компоненти для використання технології чи ціни на її продукцію не адекватні витратам.

До затрат енергії, що витрачається на створення, експлуатацію та ліквідацію установки слід також додати витрати енергії на розширене відтворення енергетичних об'єктів, тобто має відтворюватись не один об'єкт старої потужності (продуктивності), а у перспективі повинен створюватись новий об'єкт більшої потужності (продуктивності), що буде замінювати старий для забезпечення розширеного виробництва. Тим самим, враховуючи останнє, буде забезпечуватись прогрес у розвитку суспільства, оскільки саме розширене відтворення буде забезпечувати зростаючі потреби в енергії.

Сьогодні ця теза не завжди підтримується, оскільки набуває популярності концепція сталого розвитку суспільства. Однак положення цієї концепції, очевидно, слушні для передових розвинених країн з високим рівнем забезпеченості громадян. Для країн же, що розвиваються, яким потрібно нарощувати рівень виробництва для підвищення рівня життя населення, як правило, сталий розвиток не є прийнятним. Спочатку необхідно забезпечити високий рівень життя з рівнем споживання енергії, що має місце у багатих економічно розвинених країнах, а потім підтримувати цей рівень, забезпечуючи зростання ВВП при сталому споживанні енергії.

Отже, якщо різниця між енергією, отриманою та затраченою, буде від'ємна, або близька до нуля, або навіть якщо різниця є додатною, але за дещо іншими критеріями вона недостатня для того щоб її вважати ефективною, то така технологія енергетично є неспроможною. Рекомендувати до розвитку таку технологію недоцільно.

Коефіцієнт енерговіддачі технології (установки)

Таким чином, корисний енергетичний ефект визначатиметься як

$$E_{kor} = E - \varphi \sum_{i=1}^n E_{b_i} - \sum_{j=1}^m E_{e_j} - E_{ut} \quad , (1)$$

де E – сумарна кількість енергії, що виробляється установкою за весь термін її існування впродовж τ_e років та передається на споживання за виключенням енергії, що витрачена на власні потреби, Дж;

φ – коефіцієнт розширеного відтворення енергетичного виробництва (може набувати значень від 1,05 до 2 і більше у залежності від заданих умов);

E_{b_i} – сумарні витрати енергії на створення i -го елемента енергоустановки, Дж;

n – кількість елементів установки, шт.;

E_{e_j} – затрати енергії на експлуатацію j -ї статті витрат установки впродовж її існування τ_e років (повернення кредитів, ремонти, комплектуючі, заробітна плата персоналу, оплата податків та інших витрат, пов'язаних з функціонуванням та обслуговуванням установки тощо), Дж;

E_{ut} – затрати енергії на ліквідацію енергоустановки та утилізацію залишків після закінчення терміну її експлуатації, Дж.

Виходячи з вищенаведеного, неприйнятною буде така технологія (установка), коли значення E_{kor} набуває від'ємних значень, або близьких до нуля.

З виразу (1) випливає, що E_{kor} може набувати від'ємних значень лише у випадку, коли сумарні витрати по трьох правих компонентах формули більші, ніж величина виробленої та відпущеної споживачам енергії E .

Користування формулою (1) є можливим, але не дуже зручним, оскільки абсолютні значення енергетичних витрат для конкретних установок чи технологій залежать від масштабів (потужність установки, обсяги випуску продукції тощо). Більш зручною формою є оцінка за питомими показниками, тобто на одиницю потужності установки чи на одиницю продукції, що випускається за даною технологією.

Отже, з урахуванням сказаного, формулу (1) можна представити у вигляді відношення E_{kor} до загального обсягу виробленої енергії E . Назвемо цей показник “коефіцієнтом енерговіддачі” технології (установки). Формули для його розрахунку будуть такими:

$$\omega_e = \frac{E_{kor}}{E} \quad (2)$$

або

$$\omega_e = 1 - \frac{\varphi \sum_{i=1}^n E_{b_i} + \sum_{j=1}^m E_{e_j} + E_{ut}}{E} \quad (3)$$

З виразів (2) та (3) для ω_e видно, що його значення можуть бути в діапазоні від 0 до 1, якщо $E_{kor} > 0$; та $\omega_e < 0$, якщо $E_{kor} < 0$.

Яким же може бути від'ємне значення E_{kor} ? Очевидно, що будь-яким. І чим меншою буде ця величина, тим більші збитки будуть заподіяні в результаті застосування технології чи установки. При цьому цілком очевидно, що установка, яка матиме від'ємне значення коефіцієнта енерговіддачі, є не просто енергетично неіспроможною — її застосування неприпустиме з точки зору здорового глузду.

Імовірно є те, що прогрес у науці та техніці через певний проміжок часу створить умови, коли коефіцієнт енерговіддачі від неіспроможної технології чи установки стане $\omega_e \geq 0$, і тоді така технологія (установка) стане енергетично дієспроможною і її застосування стане

можливим, якщо при цьому буде економічна доцільність у її застосуванні.

Коефіцієнт ефективності технології (установки)

Введемо поняття «коефіцієнт ефективності технології (установки)». Його фізична суть полягає у тому, наскільки енергія, що виробляється установкою перевищує затрати енергії на створення, функціонування та ліквідацію технології (установки). Отже, його значення будемо визначати з таких простих виразів:

$$\kappa = \frac{E}{E - E_{kor}} \quad (4)$$

або

$$\kappa = \frac{E}{\varphi \sum_{i=1}^n E_{b_i} + \sum_{j=1}^m E_{e_j} + E_{ut}} \quad (5)$$

З формул (4) та (5) видно, що значення κ можуть бути в діапазоні від 0 до $+\infty$. Якщо витрати енергії на отримання енергії $E - E_{kor} = 0$, тобто вся енергія корисна, то $\kappa = +\infty$. При значенні $E = 0$ (немає енергії, яка подана споживачам), то $\kappa = 0$. При значеннях, коли $E_{kor} < 0$ тобто коли сумарні витрати енергії на створення установки, її функціонування впродовж терміну експлуатації та ліквідацію після завершення її роботи будуть більшими від отриманого обсягу енергії від установки для споживання (енергії нетто), значення κ знаходитиметься в діапазоні від 0 до 1. У цьому випадку, незважаючи на те, що енергія для споживання генерується, реальна енерговіддача від такої установки відсутня, вона є по суті споживачем енергії, а не виробником, доцільності у створенні такої установки немає, технологія чи установка неіспроможна.

При цьому слід зазначити, що неіспроможність установки, у якій реальне значення $\kappa < 1$, може бути неявним. Енергетичні витрати на функціонування установки можуть бути прийнятними, але вона неіспроможна через надвисокі енергетичні витрати у елементи, що її утворюють. Така ситуація спостерігається, наприклад, з ВЕС. Якщо відкинути витрати енергії у створення ВЕС, то значення $\kappa > 1$ для неї гарантоване. Разом з тим, суспільні затрати енергії у всі елементи, пов'язані зі створенням ВЕС та їх експлуатацією у сполученні з відповідними природними умовами, коли середня швидкість

вітру не дозволяє досягти показників виробітку енергії на рівні місцевостей (країн), де швидкість вітру є великою, виявляються вищими за допустимі і κ набуває значень менших від 1.

Отже, необхідно визначитись, при яких значеннях коефіцієнта κ можна вважати, що технологія (установка) є прийнятною і її можна розглядати як альтернативу існуючим. З вищевикладеного цілком очевидно, що при умові, коли $\kappa > 1$. Слід зазначити, що значення κ не просто має бути більшим одиниці – воно повинно бути значно більшим за 1.

Слід зауважити, що енергетичні витрати на отримання традиційного пального (бензин, дизпаливо, природний газ) з урахуванням видобування, транспортування, переробки, зберігання не перевищують 10–20% від їх енергетичного потенціалу, що робить їх енергетично дуже ефективними. Як мінімум 85% енергетичного потенціалу цих видів пального (в середньому) використовується корисно споживачами, тобто для цих видів палива $\kappa \geq 6, 7-10$ і більше. Однак це не значить, що κ для ТЕС, чи АЕС, які використовують високоефективні палива, теж буде таким високим. Великі значення κ для органічного чи ядерного палива не гарантують, що самі об'єкти (ТЕС чи АЕС) матимуть високі значення κ . У ряді випадків, коли створюються малоефективні установки з низьким ККД або дуже дорогі енергоустановки з великими капіталовкладеннями (наприклад, АЕС), κ може набувати значень, менших від 1.

Отже, енергетична технологія буде найкращою у випадку, коли значення коефіцієнта ефективності буде найбільшим. Якщо ж він близький до 1, або більший за 1 на незначну величину, то така установка (технологія) енергетично неідеальна.

Зв'язок між коефіцієнтами ефективності та енерговіддачі технології (установки)

Між коефіцієнтами енерговіддачі та енергоефективності існує однозначна залежність. Із формули (2) маємо

$$E_{kor} = \omega_e E . \quad (6)$$

І тоді з формули (4) отримуємо

$$\kappa = \frac{1}{1 - \omega_e} \quad (7)$$

або

$$\omega_e = 1 - \frac{1}{\kappa} , \quad (8)$$

Отже, при яких значеннях коефіцієнтів κ та ω_e можна вважати, що технологія (установка) є прийнятною і її можна розглядати як альтернативу існуючим? Очевидно, що при умові, коли: $\kappa > 1$ та $\omega_e > 0$.

При цьому чим більшими є величини κ та ω_e , тим кращою та ефективнішою є технологія (установка).

Визначення окремих складових енергетичних витрат за питомими показниками з урахуванням макроекономічних характеристик

Прямі та побічні енергетичні витрати за різними складовими традиційного кошторису можна визначити шляхом підрахунку енергоемності матеріально-технічних ресурсів, що були використані при створенні технології (установки), її експлуатації чи ліквідації відповідно до ДСТУ 3682–98 [4]. Більш деталізована методика визначення основних складових енерговитрат міститься у звіті [5], а за окремими екологічними показниками у роботах [6, 7]. Однак деякі статті витрат за стандартом [4] прямим підрахунком визначити практично неможливо – відсутня методика. Серед таких статей, зокрема, можна виділити такі:

- заробітна плата та відрахування з неї;
- податки загальнодержавні та місцеві (зовсім не фігурують у ДСТУ);
- прибуток (зовсім не фігурує у ДСТУ).

Енергетичні витрати на такі статті будемо визначати через такі питомі показники, які вводимо спеціально:

- питома енергоемність заробітної плати та нарахувань на неї;
- питома енергоемність податків у поточному періоді;
- питома енергоемність прибутків у поточному році.

Порядок визначення питомої енергоемності заробітної плати та нарахувань на неї

Цей питомий показник досить легко визначається за такою формулою:

$$e_z = \gamma_t \frac{B_{p,r}}{12 \cdot z_s \cdot k_v \cdot n} , \text{ кг у.п./грн, (9)}$$

де γ_t – коефіцієнт для врахування впливу тіньової економіки (тіньове споживання паливно-енергетичних ресурсів та отримання

заробітної плати в «конвертах»;

$B_{p,r}$ – загальна кількість енергоресурсів, спожитих у державі за рік (середнє значення за кілька років), кг у.п.;

z_s – середньомісячна заробітна плата середньостатистичного працівника у поточному році (середнє значення за кілька років), грн;

k_v – коефіцієнт збільшення фонду заробітної плати, пов'язаний з нарахуваннями на зарплату (1,368 у 2007–2009 рр.);

n – середня кількість зайнятих економічною діяльністю осіб у поточному році в державі (середнє значення за кілька років), осіб.

Формулу (9) доцільно трансформувати у показник з розмірністю ГДж/грн. Для цього значення, отримане за формулою (9), необхідно помножити на коефіцієнт 0,0293:

$$e'_z = 0,0293 \gamma_t \frac{B_{p,r}}{12 \cdot z_s \cdot k_v \cdot n}, \text{ ГДж/грн. (10)}$$

Питому енергоємність зарплати можна визначати і простіше, через значення такого показника, як енергоємність ВВП:

$$e'_z = 0,0293 \alpha_z E_{ВВП}, \text{ ГДж/грн, (11)}$$

де α_z – частка у структурі ВВП, що пішла на оплату праці найманих працівників (наприклад, за 2010 р. ця частка становила 49,7 % – рисунок, побудований на даних табл. 2.6 з джерела [8]);

$E_{ВВП}$ – енергоємність ВВП, кг у.п./грн.

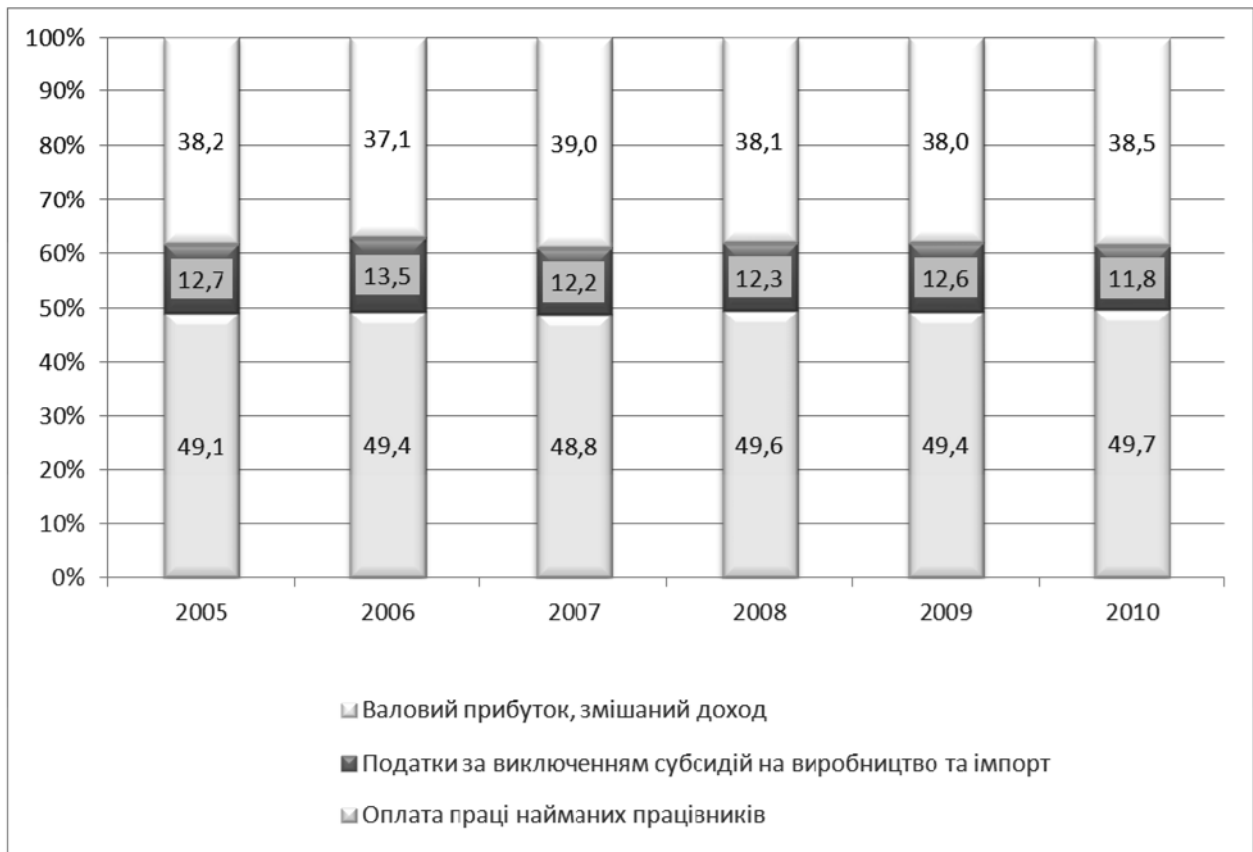


Рис. Структура ВВП України за 2005–2010 роки (за даними [8])

І тоді повна енергоємність зарплати на підприємстві буде:

$$E_z = e'_z F, \text{ ГДж, (12)}$$

де F – річний витрачений фонд зарплати на підприємстві, грн.

Енергоємність податків у поточному періоді

Використовуючи такий же підхід, як і при визначенні енергоємності зарплати, енергоємність податків можна підрахувати за такою формулою:

$$E_p = e'_p P, \text{ ГДж}, \quad (13)$$

де e'_p – питома енергоемність податків, ГДж/грн;

P – обсяг сплачених податків підприємством (виробництвом) у поточному році за виключенням субсидій на виробництво та імпорт, грн.

Питома енергоемність податків:

$$e'_p = 0,0293 \gamma_t \frac{B_{p,r}}{\sum \Pi}, \text{ ГДж/грн}, \quad (14)$$

де e'_p – загальна сума податків, сплачених державі за даними статистики у поточному році (або середнє значення за кілька років), грн.

Питому енергоемність податків також можна визначити через значення енергоемності ВВП, тобто:

$$e'_p = 0,0293 \beta_p E_{\text{ВВП}}, \text{ ГДж/грн}, \quad (15)$$

де β_p – частка податків у структурі ВВП, за виключенням субсидій на виробництво та імпорт (у 2010 р. ця частка становила 11,8 % – див. рисунок, побудований на даних табл. 2.6 з джерела [8]).

Енергоемність прибутків у поточному періоді

Використовуючи такий же підхід, як і при визначенні енергоемності зарплати чи податків, енергоемність прибутків можна підрахувати за такою формулою:

$$E_{pr} = e'_{pr} Pr, \text{ ГДж}, \quad (16)$$

де e'_{pr} – питома енергоемність прибутків, ГДж/грн.;

Pr – обсяг отриманого прибутку підприємством (виробництвом) у поточному році, грн.

Питома енергоемність прибутків:

$$e'_{pr} = 0,0293 \gamma_t \frac{B_{p,r}}{\sum Pr}, \text{ ГДж/грн}, \quad (17)$$

де $\sum Pr$ валовий національний прибуток у поточному році, тобто річна сума прибутків держави за даними статистики (або середнє значення за кілька років), грн.

Питому енергоемність податків також можна визначити через значення енергоемності ВВП, тобто:

$$e'_{pr} = 0,0293 \beta_{pr} E_{\text{ВВП}}, \text{ ГДж/грн}, \quad (18)$$

де β_{pr} – частка валового національного прибутку у структурі ВВП (у 2010 р. ця частка становила 38,5 % – див. рисунок, побудований на даних табл. 2.6 з джерела [8]).

Оцінка енергетичної ефективності деяких технологій

Скористаємося методикою оцінки енергетичної ефективності технологій (установок), приведеною вище для декількох енергетичних технологій. У таблиці наведено розрахункові значення коефіцієнтів енергетичної ефективності деяких технологій та установок, що використовують енергію з відновлюваних джерел, які отримані із застосуванням викладених методичних положень. При оцінці енергетичних витрат на створення устаткування використовувалися укрупнені показники за технічними та економічними характеристиками.

Висновки

1. У ролі показника, який може бути застосований для порівняння принципово різних технологій та установок, запропоновано використовувати коефіцієнт енергетичної ефективності, який являє собою відношення повної енергетичної продуктивності установки за термін існування до величини повних енергетичних витрат, пов'язаних із створенням

Таблиця – Коефіцієнти енергетичної ефективності

| Технологія | ω_e | κ |
|--|------------|----------|
| СЕС (Теплова) | 0-0,17 | 1-1,2 |
| СЕС+ТЕС (Докритичні параметри) | 0,5-0,71 | 2-3,5 |
| СЕС+ТЕС (Надкритичні параметри) | 0,44-0,67 | 1,8-3 |
| ГеоТЕС | -0,11-0,33 | 0,9-1,5 |
| Геотермальне теплопостачання | 0,67-0,88 | 3-8 |
| Комбіновані ГТП+К | 0,8-0,9 | 5-10 |
| ГеоТЕС+ТЕС | 0,29-0,6 | 1,4-2,5 |
| СЕС+ГеоТЕС+ТЕС | 0,5-0,71 | 2-3,5 |
| Біоетанол | -0,25-0 | 0,8-1 |
| Біодизельне паливо | 0,17-0,67 | 1,2-3 |
| Альтернативні види палив (усереднене значення) | 0,8-0,85 | 5-6,8 |
| ТН (малі - повітря) | 0,8-0,9 | 5-10 |
| ТН (середні - вода) | 0,67-0,8 | 3-5 |
| ТН (великі - геотермальні) | 0,5-0,75 | 2-4 |

систем та установок, їх експлуатацією та обслуговуванням, а також з ліквідацією у кінцевому підсумку.

2. На прикладах окремих технологій використання енергії з відновлюваних джерел показано, що не всі вони у сьогоденних умовах є доцільними для використання. З розглянутих технологій СЕС (теплові), ГеоТЕС, біоетанол і частково біодизельне паливо є ще проблемними і потребують вдосконалення з метою зниження витрат енергії на їх створення, експлуатацію та ліквідацію залишків обладнання після закінчення терміну експлуатації.

1. *Дослідження загальних техніко-економічних характеристик використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії : звіт про НДР (заключн.): «НВДЕ» // Інститут загальної енергетики НАН України; кер. Білодід В.Д. – К., 2009. – 336 с. – Викон.: Куц Г.О., Сизоненко В.П., Маляренко О.Є., Симборський А.І., Тарасенко П.В., Станиціна В.В. – Бібліогр. С. 238–252. – ДР 0107U001054. – ДО 0210U000162.*

2. *Білодід В.Д. Узагальнені характеристики установок генерування енергії з використанням відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палив // В кн. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ-2010: Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції (19–21 жовтня 2010 г., Київ, Україна./ Ред. В.А. Жовтянський, А.В. Сміхула, А.В. Россоха – К. : Інститут газу НАН України, 2010. – 340 с. (Доп. С2-10, С. 32–134).*

3. *Білодід В.Д., Тарасенко П.В. Енергетична ефективність біоетанолу та біодизельного пального для умов України //*

Відновлювана енергетика. – 2011. – № 2. – С. 85–91.

4. *ДСТУ 3682–98. Методика визначення повної енергоемності продукції, робіт та послуг. – К.: Держстандарт України, 1999. – 11 с.*

5. *Розробка методів визначення та обрахування показників енергетичної ефективності енергоемних технологій промисловості на базі використання методів повної енергоемності, енергетичного та ексергетичного аналізу: звіт про НДР (заключн.): «ПОКАЗНИКИ» // Інститут загальної енергетики НАН України; кер. Білодід В.Д. – К., 2009. – 220 с. – Викон.: Маляренко О.Є., Симборський А.І., Куц Г.О., Сизоненко В.П., Тарасенко П.В., Федоренко Г.М., Євтухова Т.О., Станиціна В.В. – Бібліогр. С. 175–183. – ДР 0107U001055. – ДО 0210U000163.*

6. *Білодід В.Д., Маляренко О.Є., Станиціна В.В. Показники енергетичної ефективності для оцінки інновацій у промислових технологіях // Проблеми загальної енергетики. – 2009. – № 20. – С. 45–50.*

7. *Станиціна В.В. Врахування екологічних витрат при визначенні показників енергетичної ефективності та потенціалів енергозбереження в галузях та регіонах // Проблеми загальної енергетики. – 2012. – № 1 (28). – С. 62–68.*

8. *Державна служба статистики України. Статистичний щорічник України за 2010 рік / За редакцією О.Г. Осауленка. – К.: ТОВ «Август Трейд», 2011. – 560 с.*

Надійшла до редколегії 15.10.2012 р.