

П.Г. Плєшков, доц., канд.техн.наук, В.П. Солдатенко, ас.  
 Кіровоградський національний технічний університет

## Визначення економічної ефективності комплексної електроенергетичної системи для сільського господарства

У статті приведений аналіз можливих варіантів економічної оцінки роботи комплексної електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії в ринкових умовах.  
**енергетична система, відновлювані джерела енергії, критерії економічності**

За умов ринкової економіки керівники підприємств сільського господарства самостійно розглядають різні варіанти енергозабезпечення: спорудження повітряної або кабельної лінії електропередачі, використання первинних енергоносіїв чи застосування відновлюваних джерел. На наш погляд найбільш доцільним є комбінований підхід - створення комплексної енергетичної системи (КЕЕС) на основі енергії сонця, вітру та біоенергетичної установки для сумісного вироблення теплової та електричної енергії. Можливий варіант такої КЕЕС приведений на рис. 1.

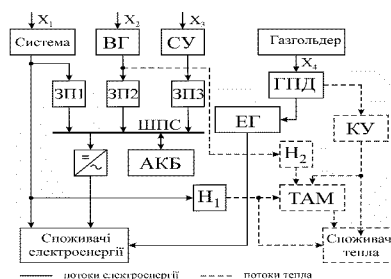


Рисунок 1 - Структурна схема комплексної електроенергетичної системи

Надходження основної частки електричної енергії передбачається від традиційної енергосистеми. Вітрова і сонячна установки ВГ та СУ забезпечують вироблення електричної енергії постійного струму на шини постійного струму ШПС через зарядні пристрої ЗП, заряджання акумуляторної батареї АКБ, та віддачу енергії споживачу через інвертор. Дозаряджання АКБ можливе у нічний час дешевою електроенергією від енергосистеми.

Установка для утилізації відходів сільського господарства (гній, рослинні та тваринні рештки) виробляє біогаз, що накопичується в газгольдері з наступним спалюванням у газопоршневу двигуні ГПД.

Використання ГПД виправдовується кращими характеристиками у порівнянні із газотурбінними установками. Двигун приводить в рух електричний генератор ЕГ, що також живить електроспоживачів.

Основне постачання теплової енергії відбувається за рахунок утилізованої з допомогою котла утилізатора КУ теплоти викидних газів та системи охолодження ГПД, а також від енергосистеми при дешевій нічній електроенергії (нагрівач  $H_1$ ), та

© П.Г. Плешков, В.П. Солдатенко, 2010

накопиченої в тепловому акумуляторі ТАМ теплоти. Передбачено також накопичення енергії вітру у вигляді теплоти через нагрівач  $H_2$ .

З метою визначення оптимального використання енергоресурсів, що забезпечують одержання максимального прибутку при найменших витратах розробляється інвестиційний проект, що включає бізнес-план. В ньому повинні бути враховані всі фінансові потоки з урахуванням інвестицій, додаткових витрат, інфляції та відсотків за кредит. Розробка бізнес-плану включає в себе аналіз та оцінку техніко-економічних показників інвестиційного проекту [1, 4].

Визначення економічних показників пов'язане з: визначенням загальної ефективності капітальних вкладень у впровадження КСЕП; техніко-економічним обґрунтування вибору самого ефективного варіанту КСЕП та її елементів; оцінкою ефективності капіталовкладень з позицій енергозбереження, екології і ін.

За основу для розробки методики техніко-економічних показників комплексних систем енергопостачання використаємо існуючі методики [1, 2, 4], які засновані на принципах та підходах, що склалися у світовій практиці для оцінки ефективності інвестицій (капітальних витрат) та адаптовані для перехідних ринкових економік.

За останнє десятиліття набула поширення методика, якою передбачається розрахунок інтегральних (чиста приведена вартість, або інтегральний ефект - NPV; період повернення капіталу - PP; внутрішня норма рентабельності - IRR; рентабельність з доходів - RCR;) та елементарних (індекс прибутковості, або коефіцієнт рентабельності інвестицій - PI; термін окупності інвестицій - PPI) показників.

Традиційний і новий підходи мають свої переваги та недоліки, порівняння яких проведено в [1]. Виходячи з багаторічного досвіду використання традиційної методики [3], можна говорити про практичну придатність і доцільність її використання для оцінки ефективності інвестицій, особливо проектів короткострокового характеру. Основною перевагою нової методики є урахування усіх витрат за весь термін дії проекту, включаючи зміну вартості грошей у часі, що досягається дисконтуванням щорічних грошових надходжень. Але, як зазначено в [2, 4], основним недоліком цієї методики є розрахунок NPV або чистого дисконтованого доходу (ЧДД), який за своєю сутністю є аналогом NPV і є різницею між сумою дисконтованих грошових потоків за весь період передбачуваного функціонування інвестиційного проекту та сумою

дисконтованих інвестицій. Найістотнішим недоліком показника NPV (а також і ЧДД) є необхідність прогнозування періоду дії проекту. Науково обґрунтованих методів чи рекомендацій щодо визначення його тривалості не існує. У більшості згаданих джерел наголошується на необхідності обирати строк дії проекту виходячи з нормативних строків служби обладнання, однак офіційно затверджених строків служби машин не існує.

Тож, для NPV притаманне внутрішнє протиріччя: з одного боку враховуються усі зміни витрат та надходжень, а з іншого – неможливість передбачити всі ці зміни.

Тому можна дійти висновку, що при проектуванні КСЕП можливі два підходи щодо визначення показників ефективності інвестицій.

Перший підхід передбачає розрахунок приведеної вартості КСЕП, який включає всі витрати за  $n$  років реалізації проекту та отримання питомого показника – приведеної на початок дії інвестиційного проекту собівартості електроенергії КСЕП, виходячи з прогнозованого сумарного об'єму генерації електроенергії за час дії проекту. При використанні такого підходу можливий порівняльний аналіз варіантів реалізації КСЕП з точки зору його економічної ефективності – порівнянні NPV з можливими збитками (втратою прибутків) при перервах у електроживленні за строк дії проекту.

Другий підхід передбачає розрахунок показників ефективності інвестицій без врахування терміну дії проекту. Цей підхід актуально застосовувати, коли значна частина вихідної інформації на початку проекту не може бути задана однозначно. Тому питання запровадження КСЕП базується на суб'єктивних оцінках власника, а вибір варіанту реалізації КСЕП при цьому доцільно здійснювати шляхом порівняння собівартості енергії кожного з варіантів у момент початку дії проекту з визначеним об'ємом вироблення енергії за перший рік експлуатації.

Розглянемо особливості методики визначення техніко-економічних показників для довгострокових проектів. В умовах переходу економіки країни до ринкових відносин, важливим є врахування впливу інфляції на вартість витрат [123]. Тривалість інвестиційного проекту приймається  $n$  років. Для впевненості інвестора у поверненні вкладених коштів до закінчення терміну служби АСЕ, термін її служби повинен перевищувати строк реалізації проекту.

Усі витрати за проектом протягом  $n$  років повинні бути приведені до року початку проекту ( $n = 0$ ) з урахуванням інфляції та річного відсотка по інвестиціях. Діюча на рік початку проекту ( $n = 0$ ) процентна ставка  $p_0$  буде більше реальної процентної ставки  $p$  у наступні роки внаслідок інфляції, а саме:

$$p = \frac{1 + p_0}{1 + i} - 1, \quad (1)$$

де  $i$  - річна інфляція ( $i$ ,  $p_0$  та  $p$  у відносних одиницях).

Процентна ставка  $p_0$  повинна бути більшою за банківський відсоток за кредит.

Важливим питанням є визначення реального відсотка по інвестиціях  $p$  залежно від рівня інфляції  $i$  та початкового відсотка по інвестиціях  $p_0$ . Для приведення майбутніх витрат  $B_j$   $j$ -го року до року  $j = 0$  використаємо залежність [123,124]:

$$B_{j,прив} = B_j \cdot (1 + p)^{-j} . \quad (2)$$

Сумарні витрати протягом  $n$  років, приведені до року  $n = 0$  (перед початком проекту) визначаються:

$$B_{прив} = \sum_{j=1}^n B_{j,прив} = B_j / q , \quad (3)$$

де  $q$  - коефіцієнт окупності капітальних вкладень визначається як:

$$q = \frac{p(1 + p)^n}{(1 + p)^n - 1} , \quad (4)$$

Якщо загальна сума  $B$  фінансових коштів за проектом була взята в кредит під відсоток  $p_0$ , то при  $B_j = const$  щорічні платежі за кредитом з урахуванням відсотків  $p_0$ :

$$B_j = B \cdot q . \quad (5)$$

Інвестор закладає розрахунковий інвестиційний прибуток у розмірі  $p_0$  % річних строком експлуатації КСЕП  $n$  років з рівнем інфляції  $i$  %. Джерелом прибутку є зростання валового виробництва продукції внаслідок більш високого рівня енергозабезпечення технологічного процесу, зменшення збитків від недовідпуску та втрати якості продукції, усунення аварій та їх наслідків через перерви у електроживленні.

Виробник, що взяв кредит у банку для здійснення проекту, планує повернути кредит з урахуванням відсотків та інфляції і одержати додатковий дохід. Інвестор очікує, що дохід і прибуток, одержані в результаті здійснення проекту, будуть вище, ніж дохід і прибуток, отримані при зберіганні грошей у банку за рахунок банківських відсотків або отримані шляхом інвестування у інші проекти.

Вартість реалізації АСЕ включає всі витрати за  $n$  років реалізації проекту:

$$Z_{\Sigma} = B_k + E + B_n + E_p + B_{\Sigma} , \quad (5)$$

де  $Z_{\Sigma}$  - вартість всіх приведених витрат;

$B_k$  - капітальні затрати;

$E$  - експлуатаційні витрати;

$B_n$  - вартість додаткової енергії від системи та палива;

$E_p$  - вартість заміни компонентів, термін служби яких менше ніж  $n$  років;

$B_3$  - залишкова вартість автономної електростанції, якщо строк експлуатації електростанції більше ніж  $n$  років.

Капітальні затрати включають розробку, конструювання, виготовлення й монтаж КСЕП. Експлуатаційні витрати - це сума всіх щорічних витрат на обслуговування, включаючи зарплату операторів, страхування, податки, невеликий поточний ремонт із заміною дрібних деталей. Вартість енергії та палива включає сумарні щорічні витрати на придбання енергії у системи. На відміну від електростанцій з двигунами внутрішнього згорання, для сонячних, вітрових і гідравлічних електростанцій ця складова витрат дорівнює нулю.  $E_p$  - вартість замінних компонентів за термін експлуатації системи, наприклад, акумуляторів. Залишкова вартість  $B_3$  - це балансова вартість енергосистеми в рік закінчення проекту.

Одним з найважливіших критеріїв оцінки ефективності КСЕП є собівартість електроенергії, що виробляється нею. На базі цього критерію будемо в подальшому проводити порівняльну оцінку різних реалізацій КСЕП: з точки зору забезпечення параметрів, функціональних властивостей КСЕП та оптимального розподілу виробництва електроенергії між джерелами, що входять до її складу.

Для розрахунку собівартості електроенергії необхідно визначити встановлену розрахункову потужність КСЕП. Так для електроенергії маємо:

$$P_{КСЕП} = \varepsilon_1 P_{ycm} + \varepsilon_2 P_{ycm} + \dots + \varepsilon_m P_{ycm}, \quad (6)$$

де  $P_{ycm}$  - розрахункова потужність споживачів різних категорій надійності  $K_1, K_2, \dots, K_m$  які живляться від КСЕП;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_m$  - коефіцієнт попиту на сумарну розрахункову потужність категорій споживачів  $K_1, K_2, \dots, K_m$  відповідно.

Розрахунковий об'єм електроенергії КСЕП будемо визначати:

$$W_{КСЕП} = w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_m, \quad (6)$$

де  $w_i = \varepsilon_i P_{ycm} t_i$  - об'єм виробництва енергії кожним  $i$ -тим джерелом для  $m$ -го споживача  $K_m$ .

Якщо прийняти об'єм електроенергії  $W_{КСЕП}$  та річні експлуатаційні витрати  $E$  постійними протягом  $n$  років, вираз для розрахунку приведеної собівартості виробництва електричної енергії з урахуванням інфляції та відсотків за кредит матиме вигляд:

$$C_{КСЕП} = \frac{3_\Sigma}{W_{КСЕП}} = \frac{(w_1 B_{11} + w_2 B_{22} + \dots + w_i B_{im}) + E/q + B'_n}{W_{КСЕП} / q} = \frac{qB + E}{W_{КСЕП}}, \quad (7)$$

де  $B = w_1 B_{11} + w_2 B_{22} + w_3 B_{33} + \dots + w_i B_{im}$  - інвестиції в рік початку проекту  $n = 0$  (сумарна вартість об'єму виробництва енергії кожним  $i$ -тим джерелом  $w_i$  для споживачів АСЕ);

$E/q$  - приведені до першого року експлуатаційні витрати на  $n$  років;

$W_{\text{КСЕП}}/q$  - сума приведених до першого року об'ємів виробництва електричної енергії.

Особливістю визначення і оцінки техніко-економічних показників КСЕП без урахування терміну дії проекту є оперування відомими на початок дії інвестиційного проекту вихідними даними, а саме вартістю капітальних вкладень для реалізації проекту, вартості палива та експлуатаційних витрат за перший рік експлуатації КСЕП. Для коректного порівняння розрахункових показників за обома варіантами використаємо показник – питому собівартість генерації електроенергії в КСЕП за перший рік з декількома джерелами, які живлять обраних споживачів відповідних категорій. Якщо прийняти об'єм генерації електроенергії за рік після введення в дію КСЕП  $W'_{\text{КСЕП}}$ , капітальні витрати для реалізації проекту  $B'_k$ , річні експлуатаційні витрати  $E$ , вартість додаткової енергії та палива  $B'_n$ , вираз для розрахунку питомої собівартості виробництва електричної енергії в КСЕП  $C'_{\text{КСЕП}}$  на початок дії проекту матиме вигляд:

$$C'_{\text{КСЕП}} = \frac{(w'_1 B'_{11} + w'_2 B'_{22} + \dots + w'_i B'_{im}) + E' + B'_n}{W'_{\text{КСЕП}}}, \quad (8)$$

де  $w'_1 B'_{11}$ ,  $w'_2 B'_{22}$ , ...,  $w'_i B'_{im}$  - вартість об'єму виробництва енергії кожним  $i$ -тим джерелом для обраних споживачів КСЕП за перший рік проекту.

Отже, в ринковій економіці доцільно і необхідно визначати рівень ефективності інвестицій, але з точки зору впровадження КСЕП, він не може бути директивним. Власникам необхідно орієнтуватись на приведені та питомі показники собівартості генерованої в КСЕП енергії.

## Список літератури

1. Бень Т. До визначення економічної ефективності інвестицій// Економіка України.- 2007.-№4(545)- С.12-20.
2. Методика визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Енергосистеми і електричні мережі. ГКД 340.000.002-97.- К.: Міненерго України, 1997.- 53с
3. Методика определения народнохозяйственного ущерба от перерывов электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. – М.: ВНИИЭСХ, 1987. -126с.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. – М.: Экономика, 2000. - 421с.

*П. Плешков, В. Солдатенко*

**Определение экономической эффективности комплексной электроэнергетической системы для сельского хозяйства**

В статье приведен анализ возможных вариантов экономической оценки работы комплексной электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками энергии в рыночных условиях.

*P. Pleshkov, V. Soldatenko*

**Determination of economic efficiency of the complex electroenergy system is for agriculture**

In the article the resulted analysis of possible variants of economic evaluation of work of the complex electroenergy system is with refurbishable energy sources in market conditions.

Одержано 23.11.09