

*Афонченкова Т.М.,**к.е.н., доцент,**доцент кафедри економіки та міжнародних економічних відносин,  
Міжнародний гуманітарний університет*

## ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**Анотація.** У статті обґрунтовано ефективність упровадження комбінованої автономної енергосистеми як додаткового джерела виробництва електроенергії сільськогосподарськими виробниками. Запропоновано модель порівняльного економічного аналізу витрат на виробництво енергії варіантів електропостачання як традиційним способом, так і на основі відновлюваних джерел енергії та комбінованої системи електропостачання.

**Ключові слова:** відновлювані джерела енергії (ВДЕ), комбінована автономна енергосистема (КАЕС), вітроенергетична установка (ВЕУ), фотоенергетична установка (ФЕУ), централізована енергетична мережа.

**Постановка проблеми.** Розширення сільськогосподарського виробництва, підвищення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції неможливі без збільшення споживання електричної енергії. Застосування електроенергії у сільськогосподарському виробництві дає змогу інтенсифікувати технологічні процеси, забезпечує їх автоматизацію та високу точність регулювання, що сприяє значному підвищенню продуктивності праці, скороченню витрат матеріальних ресурсів та поліпшенню якості продукції. Однак використання енергетичних ресурсів у сільському господарстві повинно бути економічним і раціональним, тобто повинні виконуватися основні положення політики енергозбереження в АПК.

Енергозбереження – це процес, під час якого зменшується потреба в паливно-енергетичних ресурсах на одиницю кінцевого корисного продукту. Він має важливе значення для всіх напрямів сільськогосподарського виробництва. Водночас енергозбереження правомірно віднести до інтенсифікації процесів виробництва та споживання енергії.

Стратегія енергозбереження у сільському господарстві припускає зменшення споживання енергії та енергоносіїв на тону виробленого продукту та використання альтернативних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Для енергозабезпечення дрібних та середніх сільськогосподарських об'єктів можна використовувати такі відновлювальні джерела та технології (установки):

- вітрові установки для виробництва електричної енергії (високої або низької якості) або механічної енергії (подрібнення кормів, викачування води);
- сонячні колектори для гарячого водопостачання й опалення;
- фотоелектричні панелі для виробництва електричної енергії;
- гідроелектростанції малої потужності (для гірських річок);
- геотермальні джерела для опалення і гарячого водопостачання;

- теплові насоси (трансформатори) для опалення, гарячого водопостачання, кондиціонування повітря;
- котлоагрегати малої і середньої потужності на біопаливі для опалення і гарячого водопостачання;
- виробництво біогазу (та мінеральних добрив як супутнього товару) із відходів тваринницьких ферм і переробних підприємств та ін.

Із викладеного вище випливає, що один і той самий об'єкт енергопостачання можна забезпечити енергією від різних джерел. І зовсім не очевидно, яким установкам віддати перевагу. Тобто постає проблема оптимального вибору якісного (види технологій), кількісного (потужність установок) складу та економічної ефективності системи енергозабезпечення. Подолати дану складність можна, зробивши порівняльний аналіз технічних та економічних показників традиційної системи енергопостачання та систем на основі різних ВДЕ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значний внесок у розробку подібних систем зробили українські вчені Денисенко Г.І., Драганов Б.Х., Кудря С.О., Денисюк С.П., Жесан Р.В., Плешков С.П., Каплун В.В. Однак здебільшого у роботах науковців розглядаються технічні та технологічні характеристики систем енергопостачання, тому побудова алгоритму вибору енергосистеми на основі ВДЕ з урахуванням економічного складника є актуальною.

**Мета статті** полягає в аналізі методики вибору оптимального варіанту енергопостачання на основі відновлюваних джерел енергії з точки зору економічної доцільності.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Природа кожного ВДЕ неоднакова, тому й різні засоби їхнього застосування. Однак їм притаманні деякі загальні риси, які ускладнюють їх практичне застосування у широких масштабах. До них належать [1; 2]:

- низька густина, концентрація та випадково-детермінований характер приходу енергії;
- необхідність постійного узгодження процесів надходження та споживання енергії, особливо в автономно працюючих енергосистемах;
- недосконалість методів техніко-економічного аналізу систем енергопостачання на основі ВДЕ з урахуванням екологічних та соціальних переваг.

Особливості ВДЕ можуть бути використані шляхом комбінованого використання деяких видів відновлюваної енергії. Комбінування різних взаємодоповнюючих джерел енергії на основі інтегральної оцінки їхнього потенціалу приводить до істотного підвищення ефективності не тільки окремих установок, а й енергосистем різного масштабу [3].

Комбінована автономна енергосистема (КАЕС) представляє комбінацію пристроїв, які виробляють електричну енергію

за допомогою сонячних фотоелектричних і термофотоперетворювачів; вітроенергетичних та біогазових установок, або комбінацію пристроїв, які перетворюють ВДЕ в електричну та теплову енергію; перетворювачів підстанцій для узгодження параметрів електричної та теплової енергії із загальними параметрами енергії в електричних та теплових мережах.

Одне з ключових завдань полягає у виборі раціональної комбінації енергоустановок, тобто функціональної, технічної і технологічної структури КАЕС.

З погляду споживача, до найважливіших показників КАЕС належать: вартість системи, термін служби, надійність, простота монтажу й експлуатації, якість електроенергії, яка виробляється. З урахуванням нерівномірності надходження початкових енергоресурсів вищезгадані фактори є дуже важливими і повинні враховуватися під час проектування енергосистеми.

Процес проектування КАЕС включає:

- вибір технічних елементів із бази даних і підстановку їх параметрів у схему КАЕС, перевірку узгодженості технічних елементів у схемі, розрахунок технічного енергопотенціалу енергоустановок, вибір місця їх розміщення в плані і прив'язку до місцевості;

- оцінку технічної реалізованості моделі із заданими критеріями продуктивності (покриття графіка енергоспоживання з бажаною забезпеченістю і з мінімальними втратами енергії) і критеріями надійності і живучості.

Проектування КАЕС у складі фотоенергетичних (ФЕУ) і вітроенергетичних установок (ВЕУ) у багатьох випадках доцільне внаслідок того, що пік приходу сонячної радіації, як правило, припадає на мінімум швидкості вітру, і навпаки [4]. У зв'язку із цим можливе використання установок у складі комбінованої системи значно менших потужностей і вартості порівняно з одиночними ЕС.

У технічному плані всі способи електропостачання, як традиційні, так і на основі ВДЕ, у даний час здійсненні. Вибір варіантів базується безпосередньо на порівняльному економічному аналізі витрат на виробництво енергії [5].

У запропонованій моделі визначення оптимального співвідношення енергетичних компонентів у складі КАЕС як основний енергоперетворювач використовується ВЕУ, а як допоміжний – ФЕУ, що дає змогу за необхідності отримувати додаткову електроенергію.

Структура витрат на виробництво енергії може бути виражена такою залежністю:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{кап}} + V_{\text{екс}} + V_{\text{палив}} + V_{\text{рем}} + V_{\text{соц}} + V_{\text{ост}}, \quad (1)$$

де  $V_{\text{кап}}$  – загальні капіталовкладення (з урахуванням виплат по кредиту);  $V_{\text{екс}}$  – загальні витрати на експлуатацію та технічне обслуговування;  $V_{\text{палив}}$  – загальні паливні витрати;  $V_{\text{рем}}$  – повні витрати на капітальний ремонт або заміну великих компонентів системи електропостачання;  $V_{\text{соц}}$  – загальні соціальні й екологічні витрати;  $V_{\text{ост}}$  – залишкова вартість устаткування наприкінці економічного періоду дії проектів.

Величина загальних капіталовкладень у разі фінансування проекту власними коштами (проект 1) визначається вартістю системи ( $V_{\text{сис}}$ ), що включає суму загальної вартості енергетичного устаткування, витрат на доставку устаткування, витрат на монтаж та наладку системи.

Якщо замінити витрати на доставку устаткування, монтаж та наладку деякою часткою від величини загальної вартості енергетичного устаткування системи величина капітальних витрат буде дорівнювати:

$$K_{\text{заг}} = V_{\text{сис}} = V_{\text{заг}} \cdot \alpha, \quad (2)$$

де  $V_{\text{заг}}$  – загальна вартість енергетичного устаткування;  $\alpha$  – деяка частка від величини загальної вартості енергетичного устаткування системи.

У разі фінансування проекту з позикових коштів (проект 2) загальні капітальні вкладення будуть визначатися відповідно до величини щорічних виплат по кредиту, розмір якого визначається необхідним для покупки, доставки й установки системи електропостачання початковим капіталом ( $V_{\text{сис}}$ ).

Величина загальних капітальних витрат визначається із виразу:

$$K_{\text{заг}} = V_{\text{сис}} \cdot \frac{p}{L_d} = V_{\text{заг}} \cdot \alpha \cdot \frac{p}{L_d}, \quad (3)$$

$$\text{за умови } p = \frac{c \cdot (1+c)^n}{(1+d)^n - 1} \text{ та } L_d = \frac{d \cdot (1+d)^n}{(1+d)^n - 1},$$

де  $c$  – річна ставка плати за кредит;  $p$  – термін позики;  $d(\text{const})$  – чиста (без урахування інфляції) ставка дисконтування.

Для проектів електрифікації за рахунок підключення до традиційної централізованої енергетичної мережі величина потрібного початкового капіталу визначається витратами на проведення мережі електропередач:

$$V_{\text{сис}} = V_{\text{мереж}} = Y_{\text{мереж}} = N_{\text{мереж}}, \quad (4)$$

де  $Y_{\text{мереж}}$  – вартість проведення 1км мереж електропередач (\$/км);  $N_{\text{мереж}}$  – відстань до центральної енергомережі (км).

Величина початкового капіталу для проектів із використанням автономних систем електропостачання буде визначатися:

для паливно-електричного генератора (ПЕГ):

$$K_{\text{поч}} = V_{\text{ген}} = I_{\text{ген}} \cdot N_{\text{ген}}^{\text{ном}}, \quad (5)$$

де  $I_{\text{ген}}$  – питома вартість ПЕГ;  $N_{\text{ген}}^{\text{ном}}$  – номінальна потужність ПЕГ.

Для одиночної ФЕУ:

$$K_{\text{почат}} \text{ ФЕУ} = V_{\text{ФЕУ}}^{\text{заг}} + V_{\text{АБ}} = I_{\text{ФЕУ}} \cdot N_{\text{ФЕУ}} + I_{\text{АБ}} \cdot V_{\text{АБ}}, \quad (6)$$

де  $V_{\text{ФЕУ}}^{\text{заг}}$  – загальна вартість устаткування ФЕУ;  $V_{\text{АБ}}$  – вартість акумуляторної батареї (АБ);  $I_{\text{ФЕУ}}$  – питома вартість ФЕУ;  $N_{\text{ФЕУ}}$  – розрахункова потужність ФЕУ;  $I_{\text{АБ}}$  – питома вартість АБ;  $V_{\text{АБ}}$  – ємність АБ.

Відповідно для одиночної ВЕУ:

$$K_{\text{поч.ВЕУ}} = e_{\text{ВЕУ}}^{\text{заг}} + V_{\text{АБ}} = I_{\text{ВЕУ}} \cdot F + I_{\text{АБ}} \cdot V_{\text{АБ}}, \quad (7)$$

де  $I_{\text{веу}}$  – питома вартість ВЕУ;  $F$  – розрахункова площа поверхні, яка охоплюється вітроколесом.

Для комбінованої вітрофотоелектричної системи:

$$K_{\text{поч.ком.ВДЕ}} = V_{\text{ФЕУ}}^{\text{заг}} + V_{\text{ВЕУ}}^{\text{заг}} + V_{\text{АБ}}, \quad (8)$$

Для комбінованої системи на основі ПЕГ і ФЕУ або ВЕУ:

$$K_{\text{поч.ном.ФЕУ}} = V_{\text{ФЕУ}}^{\text{заг}} + V_{\text{ген}} + V_{\text{АБ}}, \quad (9)$$

$$K_{\text{поч.ном.ВЕУ}} = V_{\text{ВЕУ}}^{\text{заг}} + V_{\text{ген}} + V_{\text{АБ}}, \quad (10)$$

Середня потужність ФЕУ ( $M_{\text{феу}}$ ) визначається за формулою:

$$\bar{N}_{\text{ФЕУ}} = \frac{H}{E_{\text{max}} \cdot k_{\text{ФЕУ}}}, \quad (11)$$

де  $H$  – величина добового споживання електроенергії споживачем (кВт/доб.);  $E_{\text{так}}$  – середньомісячна енергетична освітлюваність у площі фотоелектричної панелі, максимальна у межах розрахункового періоду, (Вт-год/(м<sup>2</sup>-доб.);  $k_{\text{ФЕУ}}$  – загальний коефіцієнт, що враховує всі втрати під час передачі енергії від ФЕУ до споживача та визначається за формулою:

$$k_{\text{ФЕУ}} = \eta_{\text{ФЕУ}} \cdot \eta_{\text{інвер}} \cdot \eta_{\text{АБ}}, \quad (12)$$

де  $\eta_{\text{ФЕУ}} \cdot \eta_{\text{інвер}} \cdot \eta_{\text{АБ}}$  – ККД (від. од.) відповідно ФЕУ, інвертора, АБ;

Середня потужність ВЕУ ( $N_{\text{ВЕУ}}$ ) на валу вітроагрегату визначається з виразу:

$$\bar{N}_{\text{ВЕУ}} = \varphi \cdot F_{\text{ВЕУ}} \cdot \bar{P}_{\text{в.пит.}}, \quad (13)$$

де  $\varphi$  – ККД перетворювання енергії вітру вітроагрегатом у корисну (від. од.);  $F_{\text{ВЕУ}}$  – площа поверхні ВЕУ, що охоплюється вітроколесом ( $\text{м}^2$ );  $\bar{P}_{\text{в.пит.}}$  – середня питома потужність вітру на рівні маточини вітроколеса ( $\text{Вт/м}^2$ ). Загальний коефіцієнт утрат під час передачі енергії від вітроагрегату до споживача визначається за формулою:

$$k_{\text{ВЕУ}} = \eta_{\text{пог}} \cdot \eta_{\text{інвер}} \cdot \eta_{\text{АБ}}, \quad (14)$$

де  $\eta_{\text{пог}}$  – коефіцієнт, що враховує взагалі погіршення номінальних характеристик вітроагрегату через вплив погодних умов, взаємне затінення ВЕУ і простої через технічні причини (0,86-0,92);  $\eta_{\text{інвер}}$  – ККД інвертора;  $\eta_{\text{АБ}}$  – ККД АБ.

Розмір річних витрат у загальному виді на експлуатацію ( $V_{\text{експ(т)}}$ ) протягом року визначається на початку проекту з урахуванням основного темпу інфляції за формулою:

$$V_{\text{експ(т)}} = V_{\text{заг}} \cdot \beta \cdot (1 + i)^t, \quad (15)$$

де  $\beta$  – частка від величини загальної вартості основного енергетичного устаткування протягом року  $t$ .

Витрати ( $V_{\text{палив}}$ ) включають доставку, зберігання та використання палива протягом року  $t$  і характерні тільки для систем на базі ПЕГ:

$$V_{\text{палив(т)}} = N_{\text{ген}} \cdot V_{\text{с.г.палив}} \cdot \theta_{\text{дост.палив}} \cdot (1 + i_{\text{палив}})^t, \quad (16)$$

де  $N_{\text{ген}}$  – час роботи паливного ЕГ протягом року  $t$ ,  $V_{\text{с.г.палив}}$  – середньогодинні витрати палива;  $\theta_{\text{дост.палив}}$  – вартість палива з урахуванням доставки;  $i_{\text{палив}}$  – темп інфляції щодо палива (8%).

Якщо щорічні витрати з кожної статті витрат приймаються постійними, одержимо для автономних систем електропостачання:

$$V_{\text{прив}}^{\text{КАЕС}} = K_{\text{заг}} + \frac{V_{\text{експ}}}{L_d} + \frac{V_{\text{палив}}}{L_{\text{палив}}} + i + V_{\text{рем}}(1 + d)^{-t} - V_{\text{залиш}}(1 - d)^{-t}, \quad (17)$$

Величина річних виплат енергетичної компанії за використання електроенергії визначається за формулою:

$$V_{\text{сплат}} = 0,365 \cdot \theta \cdot N_{\text{доб}}, \quad (18)$$

де  $\theta$  – тариф плати за електроенергію;  $N_{\text{доб}}$  – добове споживання енергії автономним споживачем.

На підставі економічного аналізу двох можливих проектів електропостачання автономного споживача можна запропонувати такі варіанти фінансування.

Проект 1 для автономних систем електропостачання:

$$V_{\text{прив}}^{\text{КАЕС}} = V_{\text{заг}} \left( 1 + \alpha + \frac{\beta}{L_d} + \gamma \frac{1}{(1 + d)^t} - \mu \frac{1}{(1 + d)^t} \right) + V_{\text{палив}} - \frac{1}{L_{\text{палив}}}, \quad (19)$$

у разі підключення до централізованої енергетичної мережі:

$$V_{\text{прив}}^{\text{мереж}} = V_{\text{мереж}} \left( 1 - \mu \frac{1}{(1 + d)^t} \right) + \frac{V_{\text{сплат}}}{L_d}, \quad (20)$$

Проект 2 для автономних систем енергопостачання:

$$V_{\text{прив}}^{\text{КАЕС}} = \left( \frac{(1 + \alpha)\rho + \beta}{L_d} + \gamma \frac{1}{(1 + d)^t} - \mu \frac{1}{(1 + d)^t} \right) + V_{\text{палив}} \frac{1}{L_{\text{палив}}}, \quad (21)$$

в умовах підключення до централізованої енергомережі:

$$V_{\text{прив}}^{\text{мереж}} = \frac{V_{\text{мереж}} \cdot \rho + V_{\text{сплат}}}{L_d} - V_{\text{мереж}} \cdot \mu \frac{1}{(1 + d)^t}, \quad (22)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що характеризує вартість доставки й установки устаткування енергетичної системи (для всіх систем дорівнює 20% від вартості обладнання енергетичної установки, однак може змінюватися залежно від величини транспортних витрат та будівництва ЛЕП);  $\beta$  – коефіцієнт, що характеризує річні експлуатаційні витрати (для ПЕР – 5%, для ФЕУ – 1%, для ВЕУ – 3%);  $\gamma$  – коефіцієнт, що характеризує витрати на капітальний ремонт (ПЕГ – 80% від вартості обладнання кожні 10 років; для системи установок на базі ВДЕ – 20% від початкової вартості обладнання, що залежить від необхідності заміни АБ кожні сім років);  $\mu$  – коефіцієнт, що характеризує розмір залишкової вартості устаткування наприкінці економічного терміну дії проекту електрифікації (20%).

Модель оптимального співвідношення потужностей ВЕУ та ФЕУ у складі КАЕС заснована на мінімізації цільової функції приведених витрат ( $V_{\text{прив}}$ ).

Вирази для визначення загальних витрат на електроенергію, яка отримується способами, що розглянуто, приймуть такий вигляд.

У разі підключення до централізованої енергетичної мережі, відповідно до формул (4), (18) і (20):

$$V_{\text{мереж}}^{\text{прив}} = 1,2\gamma_{\text{мереж}} \cdot N_{\text{мереж}} + H_{\text{доб}}, \quad (23)$$

Основним складником капітальних витрат є вартість на спорудження електричної мережі та трансформаторної підстанції. Згідно з [6–8], у разі віддаленості автономного споживача від мереж електропостачання на відстань 10 км та використанні проводів марки А із площею поперечного перетину проводів 16  $\text{мм}^2$  вартість створення електричної мережі становить \$12 246.

Для одиночної ПЕГ, згідно з формулами (5), (15) та (19), урахувавши, що впродовж 20 років для цієї системи знадобиться проведення капітального ремонту три рази через кожні п'ять років:

$$z_{\text{ген}}^{\text{прив}} = 3,63 N_{\text{ген}}^{\text{ном}} + 6,08 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{ген}} \cdot V_{\text{с.г.палив}} \cdot \theta_{\text{дост.палив}}, \quad (24)$$

Для одиночної ФЕС, згідно з формулами (6) і (19), урахувавши, що для цієї системи знадобиться дві заміни АБ кожні сім років:

$$V_{\text{ФЕС}}^{\text{прив}} = 1,571_{\text{ФЕУ}} \cdot N_{\text{ФЕУ}}, \quad (25)$$

Для одиночної ВЕС, відповідно до формул (7), (19) і (20), з урахуванням, що для цієї системи знадобиться дві заміни АБ через сім років:

$$V_{\text{ВЕС}}^{\text{прив}} = 2,091_{\text{ВЕУ}} \cdot N_{\text{ВЕУ}}, \quad (26)$$

Для аналізу КАЕС необхідно визначитися із співвідношенням потужності ВЕУ та ФЕУ, що входять до її складу. За оптимальну будемо вважати таку КАЕС, яка відповідає мінімуму вартості системи та задовольняє енергетичні потреби споживача, тобто  $V_{\text{прив}}^{\text{КАЕС}} \rightarrow \min$ .

З урахуванням того, що величина енергії від КАЕС повністю задовольняє попит автономного споживача, отримаємо:

$$F_{\text{ВЕУ}} \cdot N_{\text{пит.ВЕУ}} \cdot k_{\text{ВЕУ}} + S_{\text{ФЕУ}} \cdot N_{\text{пит.ФЕУ}} \cdot k_{\text{ФЕУ}} = H, \quad (27)$$

де  $S_{\text{ФЕУ}}$  – необхідна площа ФЕУ,  $\text{м}^2$ .

Унаслідок того, що 1 кВт, вироблений ВЕУ, на сучасному етапі дешевший, ніж ФЕУ, будемо аналізувати випадок, коли основна КАЕС базується на використанні ВЕУ, а ФЕУ є допоміжним засобом. У такому разі площа землі, що необхідна для



КАЕС, повністю визначається потужністю ВЕУ. Модулі ФЕУ при цьому розміщуються на дахах споруд або технологічних ділянках землі між ВЕУ. Тоді залежність витрат для КАЕС від площі ФЕУ та ВЕУ можна описати таким виразом:

$$V_{\text{прив}}^{\text{КАЕС}} = 2,09 \cdot (I_{\text{ВЕУ}}^F + \xi) F_{\text{ВЕУ}} + I_{\text{ФЕУ}}^S S_{\text{ФЕУ}}, \quad (28)$$

де  $I_{\text{ВЕУ}}^F$ ,  $I_{\text{ФЕУ}}^S$  – інсталяційна ціна одиниці площі ВЕУ і ФЕУ відповідно (\$/м<sup>2</sup>);  $\xi$  – ціна землі, оренди будівної техніки та проведення підготовчих робіт, необхідних для інсталяції 1м<sup>2</sup> ВЕУ (в умовах Одеської області сягає приблизно 500(1+0,01F) \$/м<sup>2</sup>, де враховується залежність вартості фундаменту від площі вітроколеса).

Для проведення аналізу у разі невеликої площі, що буде мати ФЕУ, величина  $I_{\text{ФЕУ}}$  приймалася константою (2000 \$/кВт ціни ВАТ «Квazar»). Загальна площа ВЕУ може варіюватися у широких межах, тому величина  $I_{\text{ВЕУ}}$  апроксимувалася залежністю за даними, отриманими в Інституті відновлюваної енергетики НАН України, ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат», ТОВ «Intel Center Group», ОКБ «Рута», ВАТ «Гравітон».

У результаті розрахунків за (27, 28) було отримано, що оптимальна частка ФЕУ у КАЕС становить 12,46%.

Результати розрахунків інших систем наведено в табл. 1

Таблиця 1

Результати розрахунків приведених витрат для досліджуваних систем енергопостачання автономного сільськогосподарського споживача з урахуванням експлуатаційних витрат (потужність 10 кВт)

Тип	$V_{\text{прив}}$ , \$
Мережа (віддаленість від мереж СЕС 10 км)	12246,0
Паливно-електричний генератор	70681,0
Вітроенергетична установка	45200,0
Фотоенергетична установка	80000,0
Комбінована автономна енергетична система	44560,0

Проведені розрахунки показали, що комбінована система електропостачання на основі енергії Сонця та вітру здатна задовольнити потреби сільськогосподарських споживачів в електроенергії.

**Висновки.** Економічна доцільність застосування даних систем у сучасних умовах визначається цінами на паливо та витратами на його доставку, вартістю електроенергії та капітальними витратами на підключення до діючої енергосистеми. Отримані математичні залежності, які виражають зв'язок між розрахунковими характеристиками ФЕУ та ВЕУ у складі загальної енергетичної установки, добовим споживанням енергії автономним об'єктом, приходом сонячної радіації і швидкістю вітру, дають змогу встановити оптимальне співвідношення компонентів КАЕС.

Розроблений загальний алгоритм дає змогу потенційним сільськогосподарським споживачам визначати доцільність використання різних способів електрифікації та їх основні техніко-економічні і соціально-екологічні характеристики для автономного об'єкта за наявності мінімального набору вихідних даних.

**Література:**

1. Веклич О. Удосконалення економічних інструментів екологічного управління в Україні / О. Веклич // Економіка України. – 1998. – № 9. – С. 65–74.
2. Методика расчета технико-экономических характеристик электростанций в условиях рыночной экономики (на примере солнечной фотоэлектрической станции) / Д.С. Стребков [и др.]. – М. : ВЭСХ, 2008.
3. Афонченкова Т.М., Баганов С.О. Економічна модель вибору варіантів енергопостачання на основі відновлюваних джерел енергії / Т.М. Афонченкова, С.О. Баганов // Актуальні проблеми економіки. – 2007. – № 6(72). – С. 139–148.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) / В.В. Косов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров ; Утверждено Минэкономки, Минфинансов № 477 от 21.06.1999. – М., 2000. – 421 с.
5. Афонченкова Т.М. Пріоритети та проблеми впровадження відновлюваних джерел енергії в енергетику Херсонщини / Т.М. Афонченкова // Бізнес-навігатор – Херсон : МУБІП, 2004. – № 5. – С. 39–41.
6. Проблеми і перспективи впровадження поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві / В. Ясенський, В. Клименко, В. Шевченко // Техніка АПК. – 2004. – № 4–5. – С. 28–30.
7. Eric Martinot. Global revolution. A status report on renewable energy worldwide. Renewable Energy World. – Vol.8. – № 6. – P. 28–43.
8. F.M.Witte, M. Van Schalkwijk and K.Keijzer. New financing scheme for Building Integrated PV systems in the Netherlands / 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 22-26 October 2010, Munich, Germany. – P. 452–455.

**Афонченкова Т.Н. Экономическая целесообразность применения комбинированных автономных энергосистем в сельскохозяйственном производстве**

**Аннотация.** В статье обоснована эффективность внедрения комбинированной автономной энергосистемы как дополнительного источника производства электроэнергии сельскохозяйственными производителями. Предложена модель сравнительного экономического анализа затрат на производство энергии вариантов электроснабжения как традиционным способом, так и на основе возобновляемых источников энергии и комбинированной системы электроснабжения.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии (ВИЭ), комбинированная автономная энергосистема (КАЭС), ветроэнергетическая установка (ВЭУ), фотоэнергетическая установка (ФЭУ), централизованная энергетическая сеть.

**Afonchenkova T.N. Economic viability of application of the combined off-grid power systems in the agricultural production**

**Summary.** Efficiency of introduction of a combined off-grid power system is substantiated in the article as an additional source of electric power production by agricultural producers. The model of comparative economic analysis of energy production expenses of the variants of power supply as by traditional method as well as on the basis of renewable energy sources and combined system of power supply is offered.

**Keywords:** renewable energy sources, combined off-grid power system, wind power plant, photovoltaic plant, centralized grid, PV systems.