

Антоніна В. Калініченко, Ришард Титко
**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ПОЛЬЩІ З УРАХУВАННЯМ
ЕКОСОЦІАЛЬНИХ ЧИННИКІВ**

У статті розглянуто можливості оптимального використання відновлювальних джерел енергії для комплексного енергозабезпечення фермерського господарства в умовах Малопольського воєводства у Польщі. Представлено екосоціальні переваги такого типу проєктів, що дозволяють отримати економічні переваги.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії; альтернативне енергопостачання; сонячна енергія; фермерське господарство.

Форм. 32. Табл. 6. Рис. 1. Літ. 21.

Антонина В. Калиниченко, Ришард Тытко
**ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ
ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ ПОЛЬШИ С УЧЕТОМ
ЭКОСОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ**

В статье рассмотрены возможности оптимального использования возобновляемых источников энергии для комплексного энергообеспечения фермерского хозяйства в условиях Малопольского воеводства в Польше. Представлены экологические и социальные эффекты такого типа проектов, позволяющие получать экономические преимущества.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; альтернативное энергоснабжение; солнечная энергия; фермерское хозяйство.

Antonina V. Kalinichenko¹, Ryszard Tytko²
**ECOLOGICAL AND SOCIAL ASPECTS OF OPTIMAL
FARM ENERGY SUPPLY IN POLAND**

The possibilities of optimal use of renewable energy for complex power supply of farming in the conditions of Malopolska Region, Poland are described. Ecological and social benefits of this type of projects, which lead to economic benefits, are presented.

Keywords: renewable energy; alternative energy supply; solar power; farm.

Постановка проблеми. Однією з найбільших перепон у використанні обладнання для отримання енергії з альтернативних джерел є його вартість. Дійсно, якщо порівнювати ціну енергетичного обладнання для спалювання традиційних палив та обладнання для обслуговування відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), то порівняння буде не на користь останніх [4–6; 16]. Коректніше було б порівнювати як вартість технічних засобів і монтажно-налагоджувальних робіт, так й експлуатаційні витрати, а також екологічний ефект. У такому випадку використання обладнання ВДЕ для енергозабезпечення є більш виправданим з економічної точки зору [13; 14; 20].

Аналіз останніх публікацій. У даний час спостерігається значний розвиток обладнання з використанням ВДЕ як в теоретичному напрямку, спрямованому на оптимізацію дизайну й експлуатаційних параметрів, так і в напрямку їх практичного застосування [10; 11; 15; 19].

¹ Poltava State Agrarian Academy, Ukraine; Opole University, Poland.

² Complex of Electric Schools # 1, Krakow, Poland.

Літературні джерела свідчать, що при оптимізації параметрів роботи декількох різних за природою відновлюваних джерел енергії можуть виникати значні труднощі [7; 9]. Тому необхідно визначити алгоритм роботи комплексної системи енергозабезпечення з ВДЕ для фермерських господарств чи агроєкосистем в цілому, який полегшить оптимізацію робочих параметрів.

Мета дослідження – порівняльний аналіз вартості інвестиційних проектів і вартості експлуатації традиційних систем теплозабезпечення фермерських господарств Польщі і систем з використанням ВДЕ.

Основні результати дослідження. При визначенні вартості системи теплозабезпечення приватного будинку важливим є вибір способу обігріву. Вартість інвестиційного проекту буде значною мірою залежати від обраного рішення. Навіть типові проекти потребують різних капіталовкладень, які залежать від місцевих (локальних) умов. У наших розрахунках оптимальної системи енергозабезпечення фермерського господарства в умовах Малопольського воєводства Польщі ми враховували технічні дані вже існуючих будівель для модельного фермерського господарства М. Віта (M. Wita) в селі Дзевенцьоли (Dziewięcioly) 37 гміна Мехова (Miechów) (табл. 1).

Таблиця 1. Енергетичні параметри житлового будинку, авторські розрахунки

Площа житлового приміщення	290 м ²
Об'єм приміщення	720 м ³
Сезонне (річне) споживання енергії	23458 кВт · год/ рік
Показник сезонного попиту на теплову енергію E_v	32,58 кВт · год/м ³ /рік
Показник сезонного попиту на теплову енергію E_s	80,89 кВт · год/м ² /рік

Таблиця 2. Орієнтовна вартість різних видів обладнання для приватного будинку разом з монтажними роботами*

№	Вид системи	Інвестиції	Копії, PLN ¹
1.	Газове опалення	Котел газовий Viessmann-eurola 10-15кВт	4800
		Вартість монтажу	3000
2.	Опалення масляним котлом	Котел масляний Schafera Donomat NTX-2	6156
		Вартість монтажу	10343
3.	Вугільне опалення	Твердопаливний котел ЕКОРАЛ	2200
		Вартість виконання інсталяції	2000
4.	Опалення біомасою	Піч ЕКОРАЛ	2800
		Вартість монтажу	2500
5.	Опалення тепловим насосом	Тепловий насос Fonko	21000
		Вартість монтажу	3000
6.	Опалення каміном з водяним контуром	Турбокамін Макротерм "Акцент"	9500
		Вартість монтажу	5200
7.	Частковий підігрів геліосистемою	Геліосистема	9000
		Вартість монтажу	2500
8.	Частковий підігрів малою вітровою електростанцією	Мала вітрова електростанція потужністю 2kW, ECO SCHUBERT	12000
		Вартість монтажу	2000
9.	Опалення від малої біогазової установки	Мала біогазова установка	30000
		Вартість інсталяції	10000

* розраховано за даними [1–8] та рекламними матеріалами відповідних виробників.

¹ Станом на момент проведення дослідження (18.07.2011) курс становив: 1 EUR = 4,23 PLN, 1 UAN = 0,36 PLN.

Вартість монтажу систем теплозабезпечення, що базуються на використанні газових котлів, зазвичай є дешевшими від систем ВДЕ. При попередній оцінці проекту і у подальших розрахунках у ході його реалізації було узято до уваги й інші чинники: екологічні, експлуатаційні, соціальні тощо [1–3; 12; 18]. У табл. 2 наведено орієнтовну вартість різних видів обладнання для приватного будинку разом з монтажними роботами (узято з інформаційних матеріалів і прайсів різних виробників пристроїв цього типу). Виявлено, що в деяких випадках ціни мали значну розбіжність для різних фірм-виробників, з огляду на великий вибір пристроїв цього типу на польському ринку.

Нижче наведено дослідження витратної частини проекту і експлуатаційних витрат для типової теплозабезпечуючої інсталяції для обраного типу будинку на прикладі житлового будинку фермера (табл. 3), а також порівняльний аналіз вартості інвестиційного проекту. При розрахунках ми користувалися власними дослідними даними та розрахунками, проведеними під час лабораторних та промислових досліджень.

Основними складовими економічного аналізу проекту систем теплозабезпечення, що базуються на традиційних або відновлюваних джерелах енергії, є як витрати на саме обладнання та його монтаж, так і експлуатаційні витрати [8; 17; 21]. До аналізу прийнято ціни носіїв енергії, актуальні в Польщі у жовтні 2011 р. (табл. 4, рис. 1). Виходячи з даних табл. 4, для порівняння річної вартості опалення будинку площею $\approx 290 \text{ м}^2$ були узяті наступні експлуатаційні витрати: тепловий насос – 2284 PLN/рік, вугілля – 3236 PLN/рік, природний газ – 5735 газ PLN/рік, зріджений нафтовий газ – 9535 газ PLN/рік, дизельне паливо – 9775 PLN/рік, електрична енергія – 10869 PLN/рік.

Крім того, нижче представлено аналіз вартості модернізації систем енергозабезпечення вищеназваного фермерського господарства з огляду на встановлення комплексу обладнання для отримання енергії з відновлювальних джерел (табл. 5–6). Фінансові аспекти проекту: дофінансування проекту з фондів ЄС 50% – 86750 PLN ($\approx 22,36$ тис. EUR), власні кошти – 86750 PLN ($\approx 22,36$ тис. EUR).

Як зазначалося вище, комплекс встановленого обладнання дозволяє забезпечувати збалансоване функціонування фермерського господарства шляхом комплексного постачання теплової і електричної енергії. Річні обсяги теплової енергії, що отримується за допомогою обладнання з ВДЕ, наведено у табл. 6.

Теплопостачання. Середньорічна економія гарячого водопостачання (ГВП) за рахунок енергії сонця. Виходячи з того, що енергія сонця безкоштовна, економія при отриманні теплової енергії на енергоресурсах складатиметься з вартості традиційних палив, необхідних для отримання тієї ж енергії, що отримується від геліосистеми $Q_{FC}^p = 3398,87 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

- у порівнянні до варіанту із використанням електроенергії:

$$E_{\text{геліо/е}} = Q_{FC}^p \times C_e = 3398,87 \times 0,5 = 1699,44 \text{ PLN / рік}, \quad (1)$$

де $E_{\text{геліо/е}}$ – вартість отримання кількості теплової енергії у обсязі Q_{FC}^p із використанням теплоелектронагрівача (ТЕНу); C_e – ціна 1 кВт · год електроенергії (0,5 PLN/кВт · год);

Таблиця 3. Кількість теплової енергії для різних обігрівальних систем (житловий будинок 290 м² у фермерському господарстві, річна потреба енергії нетто – 80,89 кВт • год/ м²), авторські розрахунки

Вид обігріву	Середньорічна ефективність опалювальної системи, %	Річне використання енергоносія брутто кВт • год/ м ²	Теплотворна здатність енергоносія		Кількість енергоносія використовуваного за рік, брутто	
			МДж/од.вим.	на одиницю площі опалюваної поверхні, м ²	на одиницю площі брутто	на площу будинку (290 м ²)
Газовий котел	90	89,88	34 МДж/м ³	8,57 м ³	2485,3	м ³
Масляний котел	70	115,56	45 МДж/л	6,47 л	1876,3	л
Вугільне опалення	50	161,78	23 МДж/кг	12,66 кг	3671,4	кг
Опалення біомасою	60	134,82	18 МДж/кг	16,18 кг	4692,2	кг
Тепловий насос НawaTex	SOP* 3,6	80,89	-	22,5 кВт-год	6525	кВт-год
Камін з водяним контуром	80	101,11	15 МДж/кг	19,41 кг	5628,9	кг
Геліосистема	47	енергія сонця	-	-	-	кВт-год
Вітрова електростанція	25	енергія вітру	-	-	-	кВт-год
Біогазова установка	95	енергія біомаси	20 МДж/кг	14,56	МДж/м ³	4222,4 м ³

* COP – coefficient of performance.

Таблиця 4. Теплотворна здатність та вартість опалення за допомогою обраних джерел енергії (жовтень 2011 р.)*

Види енергії	Теплотворна здатність МДж/од	Одиниця вимірювання	Ціна за одиницю		Вартість теплової енергії	
			МДж/од	кВт • год	PLN	PLN/кВт • год
Електроенергія (цілодобовий тариф)	3,600	кВт • год	0,46	0,46	0,46	127,8
Електроенергія (нічний тариф)	3,600	кВт • год	0,276	0,276	0,276	67,72
Зріджений газ (пропан-бутан)	26,421	дм ³	0,24	0,286	0,286	78,3
Мазут	36,120	дм ³	2,96	0,255	0,255	71,0
Природний газ GZ55	34,400	м ³	1,60	0,180	0,180	50,1
Вугілля (екотрошек)	28,000	кг	0,72	0,087	0,087	23,9
Вугілля (кокс)	29,000	кг	1,0	0,13	0,13	36,3
Вугільний пил	21,000	кг	0,4	0,069	0,069	19,3
Технічна верба (суха маса)	19,360	кг	0,21	0,034	0,034	9,5
Деревина для опалення (суха маса)	18,600	кг	0,20	0,038	0,038	10,5
Солома	15,000	кг	0,12	0,029	0,029	8,0
Енергія геотермальна				0,047	0,047	13,71
Сонячна енергія	1000 кВт • год/ м ² / рік		-	-	-	-

* розраховано з інформаційних матеріалів виробників, а також на підставі даних у Польщі державних тарифів.

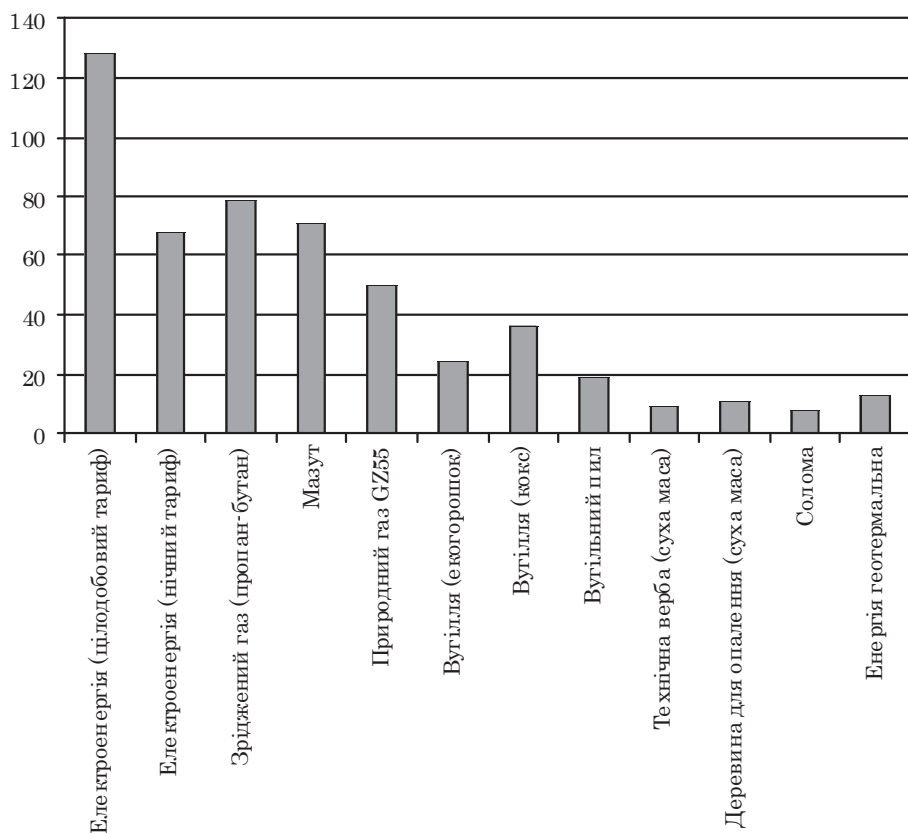


Рис. 1. Порівняльна характеристика вартості 1 ГДж енергії, отриманої від різних джерел енергії, побудовано за даними табл. 4

Таблиця 5. Кошт реалізованої інвестиції*

№	Назва обладнання	Вартість, PLN
1.	Тепловий насос	18000
2.	Монтаж та об'язка теплового насосу	8000
3.	Монтаж вентиляційної системи	7000
4.	Фотобатареї разом з монтажними роботами	85500
5.	Конструювання та монтаж вітрового генератора	6000
6.	Батарея акумуляторів	9000
7.	Брикетувальна машина разом з монтажем	7000
8.	Джерело безперебійного живлення UPS	1500
9.	Генератор синусоїдального сигналу 3 Ч230/400В	1500
10.	Кабелі, проводи та провідна арматура	2000
11.	Управляючий мікропроцесор	1500
12.	Монтаж електромережі	10000
13.	2 сонячних батареї + монтаж	5500
14.	Баки накопичувачі води загальним об'ємом 1200 л	4500
15.	Твердопаливний котел для спалювання біомаси + монтаж	6500
ВСЬОГО		173500

* представлено як усереднені дані з інформаційних матеріалів виробників відповідного обладнання (включаючи монтаж-налагоджувальні роботи та обслуговування).

Таблиця 6. Річна кількість енергії, виробленої джерелами теплозабезпечення при використанні ВДЕ, авторські розрахунки

№	Назва обладнання	Позначення	Кількість енергії, кВт·год
1.	Сонячні колектори (геліосистема)	$Q_{ГС}^p$	3398,87
2.	Тепловий насос	$Q_{ТН}^p$	12577,82
3.	Твердопаливний котел центрального опалення на брикетах	$Q_{ТК}^{зима}$	8552,7
ВСЬОГО			24529,39

- у порівнянні до варіанту з використанням газу. Кількість газу $G_{ГВП}^p$, якій слід спалити, дорівнює відношенню необхідної кількості теплової енергії до теплотворної здатності газу $q_{газ}$ та ККД газоспалюючого обладнання $\eta_{кг} = 0,9$

$$G_{ГВП}^p = \frac{Q_{ГС}^p}{q_{газ} \times \eta_{кг}} = \frac{3398,87}{9,6 \times 0,9} = 393,39 \text{ м}^3, \quad (2)$$

отже економія складає:

$$E_{геліо/газ} = G_{ГВП}^p \times C_{газу} = 393,39 \text{ м}^3 \times 2,04 \text{ PLN/м}^3 = 944,13 \text{ PLN/рік}, \quad (3)$$

де $E_{геліо/газ}$ – вартість отримання кількості теплової енергії у обсязі $Q_{ГС}^p$ за рахунок спалювання газу; $C_{газу}$ – ціна 1 м³ газу (2,04 PLN/м³);

- у порівнянні до варіанту нагріву за рахунок використання вугілля. Кількість вугілля, що необхідно спалити, становитиме:

$$m_{вуг ГВП}^p = \frac{Q_{ГС}^p}{q_{вуг} \times \eta_{кв}} = \frac{3398,87}{6,94 \times 0,6} = 816,25 \text{ PLN/рік}, \quad (4)$$

де середнє значення термічної енергії вугілля $q_{вуг} = 25 \text{ МДж/кг} = 6,94 \text{ кВт} \cdot \text{год/кг}$, ККД установки з використанням вугільних печей становить близько $\eta_{кв} = 0,6$. Отже, економія складатиме:

$$E_{геліо/вугілля} = m_{вуг ГВП}^p \times C_{вугілля} = 816,25 \times 0,72 \text{ PLN/кг} = 587,70 \text{ PLN/рік}, \quad (5)$$

де $E_{геліо/вугілля}$ – вартість отримання кількості теплової енергії у обсязі $Q_{ГС}^p$ за рахунок спалювання вугілля; $C_{вугілля}$ – ціна 1 кг вугілля (0,72 PLN/кг).

Середньорічна економія від ГВП за рахунок низькопотенційної теплової енергії. Для розрахунку взято параметри теплового насосу HEWALEX WBR – 4,5 – В1: коефіцієнт потужності $\varepsilon = 3,32$; тепла потужність $P_{ТН}^t = 3,8 \text{ кВт}$; електрична потужність $P_{ТН}^e = 0,79 \text{ кВт}$; необхідна швидкість потоку повітря 250 м³/год; втрати тепла на циркуляцію: $Q_c = 10\%$.

За рік тепловий насос на потреби опалення та гарячого водопостачання виробив всього 12577,82 кВт·год теплової енергії. Для отримання такої кількості теплової енергії $Q_{ТН}^p$ необхідно витратити електричної енергії $Q_{ТН}^e$:

$$Q_{ТН}^e = \frac{Q_{ТН}^p}{\varepsilon} = \frac{12577,82}{3,32} = 3788,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (6)$$

Вартість цієї електроенергії складатиме:

$$B_{ТН}^e = Q_{ТН}^e \times C_e = 3788,5 \times 0,5 = 1894,25 \text{ PLN}. \quad (7)$$

Середньорічна економія від нагріву ГВП тепловими насосами буде такою:

- у порівнянні до варіанту з використанням *електроенергії*:

$$E_{ТН/е} = Q_{ТН}^p \times C_e - B_{ТН}^e = 12577,82 \times 0,5 - 1894,25 = 2500,66 \text{ PLN/рік.} \quad (8)$$

- у порівнянні до варіанту нагрівання за рахунок використання *рідкого палива*, теплотворна здатність якого $q_{рп} = 36 \text{ МДж/ дм}^3 = 10 \text{ кВт} \cdot \text{год/ дм}^3$, ККД установки з використанням рідкого палива $\eta_{крп} = 0,8$.

При цьому кількість спаленого мазуту складає:

$$V_{рп} = \frac{Q_{ТН}^p}{q_{рп} \times \eta_{крп}} = \frac{12577,82}{10 \times 0,8} = 1572,23 \text{ дм}^3. \quad (9)$$

При ціні на рідке паливо $C_{рідке пал} = 3,6 \text{ PLN/дм}^3$ економія складатиме:

$$E_{ТН/рп} = V_{рп} \times C_{рп} - B_{ТН}^e = 1572,23 \times 3,6 - 1894,25 = 3766 \text{ PLN/рік;} \quad (10)$$

- у порівнянні до варіанту з використанням *газу*. Якщо, що 1 м^3 газу має теплотворну здатність $q_{газ} = 9,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, ефективність котла становить $0,9$ для того, щоб отримати енергію $Q_{ТН}^p$, потрібно спалити $G_{ТНгаз}^p \text{ м}^3$ газу:

$$G_{ТНгаз}^p = \frac{Q_{ТН}^p}{q_{газ} \times \eta_{кг}} = \frac{12577,82}{9,6 \times 0,9} = 1455,77 \text{ м}^3, \quad (11)$$

економія:

$$E_{ТН/газ} = G_{ТНгаз}^p \times C_{газ} - B_{ТН}^e = 1455,77 \text{ м}^3 \times 2,04 \text{ PLN/м}^3 - 1894,25 = 1075,52 \text{ PLN/рік;} \quad (12)$$

- у порівнянні до варіанту нагріву за рахунок використання *вугілля*. Середнє значення теплотворної здатності вугілля:

$$q_{вугілля} = 25 \text{ МДж/кг} = 6,94 \text{ кВт} \cdot \text{год/кг} \quad (12)$$

коефіцієнт корисної дії вугільного котла становить близько $\eta_{кв} = 0,6$, вага спаленого вугілля:

$$m_{вугТН}^p = \frac{Q_{ТН}^p}{q_{вугілля} \times \eta_{к}} = \frac{12577,82}{6,94 \times 0,6} = 3020,61 \text{ кг,}$$

економія:

$$E_{ТН/вугілля} = m_{вугТН}^p \times C_{вугілля} - B_{ТН}^e = 3020,61 \times 0,72 - 1894,25 = 280,59 \text{ PLN/рік.} \quad (13)$$

Електропостачання (фотобатарей). Річна продуктивність 1 кВт потужності фотовольтажної електростанції ($P_{фотовольт}^{p \text{ ном}}$) становить близько 1000 кВт електроенергії. Фотовольтажна установка, яку було введено в дію, складається з 5 фотобатарей (пбат), тому виробляє близько $5000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ на рік ($W_{фотовольт}^p$).

За ціни $0,5 \text{ PLN}$ за 1 кВт енергії річний прибуток:

$$П_{фотовольт}^p = n_{бат} \times P_{фотовольт}^{p \text{ ном}} \times C_e = 5 \times 1000 \times 0,5 = 2500 \text{ PLN/рік.} \quad (14)$$

Дослідження вітрової установки з вертикальною віссю обертання, встановленої у досліджуваному господарстві, показали, що час роботи вітрогенератора в цій місцевості у середньому складає 1600 год/рік . Кількість електроенергії, виробленої протягом цього часу, становила:

$$W_{вітроген}^p = P \times t = 3 \text{ кВт} \times 1600 \text{ год} = 4800 \text{ кВт} \cdot \text{год,} \quad (15)$$

де P – потужність; t – час.

Отже отримано прибуток:

$$P_{\text{вітр.}}^p = 4800 \times 0,5 = 2400 \text{ PLN/ рік.} \quad (16)$$

Загальний річний прибуток від використання фотовольтажної і вітрової електростанції становитиме:

$$P_{\text{ел}}^p = P_{\text{фотовольт.}}^p + P_{\text{вітр.}}^p = 2500 + 2400 = 4900 \text{ PLN/ рік.} \quad (17)$$

До модернізації річні потреби господарства у тепловій енергії становили 20 МВт год, з яких 16 МВт год витрачалося на опалення будинку, де мешкає господар фермерського господарства з сім'єю, а 4 МВт год йшло на підігрів води у системі ГВП (3,3 МВт год на потреби сім'ї та 0,7 МВт год на технологічні потреби господарства).

На момент початку досліджень 18 МВт год теплової енергії у дослідному фермерському господарстві вироблялося за допомогою вугільного котла, а 2000 кВт • год за допомогою геліосистеми з двох сонячних батарей. Після модернізації з врахуванням нових потреб господарства у теплозабезпеченні для зеленого туризму кількість необхідної теплової енергії складала $Q_{\text{ГВП+СО}}^{\text{потр}} = 23458 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

Враховуючи те, що на будинку у 2006 р. вже була змонтована геліосистема з 2 сонячних колекторів, за рахунок якої безкоштовно отримували близько 2000 кВт • год теплової енергії, для забезпечення господарства тепловою енергією необхідно $Q_{\text{ГВП+СО}}^{\text{потр СТ}} = 23458 - 2000 = 21458 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

Тобто на рік потрібно вугілля загальною масою:

$$m_{\text{вуг}}^p = \frac{Q_{\text{ГВП+СО}}^{\text{потр СТ}}}{q_{\text{вуг}} \times \eta_{\text{к в}}} = \frac{21458}{6,94 \times 0,6} = 5153,22 \text{ кг.} \quad (18)$$

Закупівельна вартість вугілля для теплозабезпечення приватного будинку у Польщі в 2009 р. становила близько 0,72 PLN за кілограм. Отже витрати на отримання теплової енергії для всього господарства за старої системи теплозабезпечення з вугільним котлом складала:

$$B_{\text{вуг}}^p = m_{\text{вуг}}^p \times B_{\text{вуг}}^{\text{од}} = 5153,22 \times 0,72 = 3710,32 \text{ PLN.} \quad (19)$$

Після модернізації системи енергопостачання тепла енергія отримується з 3 джерел:

- *енергія сонця* – 3398,87 кВт • год теплової енергії на рік господарство отримує безкоштовно за рахунок використання 4 геліоколекторів фірми InsBud;

- *низькопотенційне тепло* – за рахунок теплового насоса господарство отримує 12577,82 кВт • год теплової енергії. Для отримання такої кількості теплової енергії необхідно витратити 3788,5 кВт • год електричної енергії, вартість якої складає 1894,25 PLN. Зменшення витрат (економія на витратах) на отримання теплової енергії у варіанті із використанням ВДЕ у порівнянні із традиційними паливами становить на рік:

$$E_{\text{ВДЕ}}^p = B_{\text{вуг}}^p - B_{\text{ТН}}^e = 3710 - 1894,25 = 1816,07 \text{ PLN;} \quad (20)$$

- *спалювання біомаси* – 8552,7 кВт теплової енергії, що господарство не може отримати за рахунок геліосистеми та теплового насоса, надходить за рахунок спалення брикетів з соломи та деревини власного виробництва.

Для виготовлення брикетів у господарстві використовуються відходи залишки соломи, відходи деревини власного лісу та деревина з плантації

енергетичної верби. З цієї сировини при переробці отримують 35 тонн брикетів ($m_{бр}^p$). З цих 35 тонн близько 2 тонн використовується для опалення власного будинку, а 33 тонни брикетів йде на продаж.

У ході дослідження виявлено, що кількість днів $n_{бр}^d$, потрібних на брикетування усєї біомаси у фермерському господарстві, складає:

$$n_{бр}^d = \frac{m_{бр}^p}{m_{БР}^{d, норм}} = \frac{35}{0,8} = 43,75 \text{ днів}, \quad (21)$$

де $m_{БР}^{d, норм} = 0,8$ (з розрахунку 8-годининої праці у день брикетувальна машина здатна виробити до 0,8 тонн брикетів). Отже, брикетування усєї біомаси фермерського господарства займає близько півтора місяця. Для переробки на брикети 35 тон біомаси необхідно витратити електричної енергії:

$$P_{БР}^{ел} = t_{бр}^d \times P_{БР}^{ел, норм} = 350 \times 6 = 2100 \text{ кВт} \cdot \text{год.}, \quad (22)$$

де $t_{бр}^d = n_{бр}^d \times 8 \text{ год} = 43,75 \times 8 = 350 \text{ год.}$; $P_{БР}^{ел, норм} = 6 \text{ кВт}$ – номінальна електрична потужність брикетувального агрегату.

Вартість електроенергії, використаної для виробництва брикетів, складає:

$$B_{бр}^{ел} = P_{БР}^{ел} \times C_e = 2100 \times 0,5 = 1050 \text{ PLN}. \quad (23)$$

Таким чином на виробництво 35 тон брикетів у рік витрачається близько 1050 PLN.

Середня ціна брикетованого палива у Польщі у 2009 р. була $C_{брикетів} = 300 \text{ PLN}$ за тону. Надходження склали:

$$B_{бр}^p = C_{брикетів} \times m_{бр, продаж}^p = 300 \times 33 = 9900 \text{ PLN}. \quad (24)$$

Прибуток від продажу брикетів складається з вартості проданих брикетів за вирахуванням ціни електроенергії, витраченої на їх виробництво та логістику. Вартість транспортних послуг та логістики становить приблизно 10% від ціни брикетів. При розрахунках вважалося, що роботи з брикетування виконуються без застосування найманої праці і витрати на оплату праці не враховувалися.

$$P_{бр}^p = B_{бр}^p - B_{бр}^{ел} - B_{бр}^{тр+логистика} = 9900 - 1050 - 9900 \times 0,1 = 7860 \text{ PLN}. \quad (25)$$

Таким чином, господарство за 1 рік отримало прибуток від продажу брикетів у сумі 7860 PLN.

Загальний прибуток при використанні пристроїв ВДЕ. Виходячи з наших розрахунків, можна стверджувати, що експлуатаційні витрати при отриманні теплової та електричної енергії від комплексу обладнання з ВДЕ дуже низькі у порівнянні з витратами на традиційні палива. Щорічний прибуток, який господарство отримало за рахунок відмови від традиційного палива і переробки біомаси, дорівнює сумі таких показників:

- економія на витратах отримання теплової енергії $\Pi_{ВДЕ}^p = 1816,07 \text{ PLN/рік}$;
- економія за рахунок власної електричної енергії $\Pi_{ел}^p = 4900 \text{ PLN/рік}$;
- прибуток від продажу брикетів, що складається з продажу брикетів з соломи, друзок лісного господарства та енергетичної верби $\Pi_{бр}^p = 7860 \text{ PLN/рік}$.

Отже, нами доведено, що використання у фермерському господарстві комплексу енергетичного обладнання для отримання енергії з ВДЕ не тільки дозволяє у повному обсязі забезпечити потреби господарства у енергії, а й отримати додатковий прибуток у розмірі:

$$P^p = P_{бр}^p + P_{ел}^p + P_{ВДЕ}^p = 7860 + 4900 + 1816,07 = 14576,07 \text{ PLN/рік.} \quad (26)$$

Термін окупності проекту. Загальна вартість інвестицій господарства М. Віта у комплекс обладнання з ВДЕ становила 50% від вартості всього обладнання і робіт з його монтажу та налагоджування. При загальній вартості проекту 173500 PLN, власний внесок господаря становив 86750 PLN. Річний прибуток за рахунок зменшення енергоспоживання від традиційних видів палив, реалізації брикетів становив 14576,07 PLN/рік.

Враховуючи зростання вартості енергоресурсів щороку на 12% і те, що прибуток від використання комбінованої системи енергопостачання залежить від ціни на енергоносії й буде також підвищуватися щороку на 12%, термін окупності інвестиції у комплекс енергопостачального обладнання на основі ВДЕ становить трохи менше 5 років. Таким чином, з економічної точки зору інвестиція є виправданою.

Екологічні та соціальні переваги застосування відновлюваних джерел енергії.

Зменшення емісії CO₂. На основі дослідження екологічно чистих шляхів забезпечення тепловою та електричною енергією фермерського господарства зменшено викиди CO₂ у атмосферу (спалювання 1 т вугілля при виробництві теплової енергії призводить до викидів у атмосферу 2 т CO₂).

$$U_{CO_2}^t = m_{вуг}^p \times 2 = 5153,22 \text{ кг} \times 2 = 10306,44 \text{ кг.} \quad (27)$$

Загальна кількість електроенергії, що виробляється у господарстві протягом року за рахунок вітрового генератора та фотовольтажної системи, складає $W_{ел}^p = W_{вітроген}^p + W_{фотовольт}^p = 4800 + 5000 = 10800 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. При цьому фотовольтажна система виробляє до 5000 кВт · год електроенергії, а вітрова установка — 4800. Згідно літературних джерел нами було прийнято, що 1 кВт · год. Енергії, виробленої ВДЕ, зменшує кількість викидів CO₂ до атмосфери приблизно на 2 кг. Таким чином, зменшення викидів буде становити:

$$U_{CO_2}^e = W_{ел}^p \times 2 = 9800 \times 2 = 19600 \text{ кг.} \quad (28)$$

Загальне зменшення викидів CO₂ у атмосферу при застосуванні оптимізованої системи ВДЕ для енергозабезпечення фермерського господарства за рік становитиме близько:

$$U_{CO_2}^p = U_{CO_2}^e + U_{CO_2}^t = 19600 + 10306,44 = 29906,44 \text{ кг.} \quad (29)$$

Утилізація гною свиней. Співробітництво з місцевою сільськогосподарською біогазовою установкою дає фермерському господарству, крім екологічного, ще й відчутний економічний ефект. Згідно з підписаною угодою про постачання біомаси, фермерське господарство отримує взамін зброджений і готовий до використання гній у тій же кількості, скільки віддає біомаси на переробку. Отримуючи продукти переробки біогазової установки (біошлам), який є дуже цінним органічним добривом, фермерське господарство має змогу практично повністю відмовитися від закупівлі мінеральних добрив та перейти на органічне землеробство.

Обсяг виробленого у процесі вирощування свиней гною складає 6 т щомісячно, що складає 72 т на рік. До цієї ж біогазової установки відвозиться і листя буряків. З 6 га буряків зостається: 6 га x 30 т = 180 т. У сумі до біогазової установки доправляється: 72 т + 180 т = 252 т біомаси.

Удобрювання полів виконується натуральним гноєм, отриманим із цієї ж районної біогазової установки.

У розрахунках ми приймали, що на 1 га необхідно розкидати близько 15 т гною ($n_{\text{гній}}^{\text{норма}}$). Тоді площа, удобрена цією кількістю гною:

$$S_{\text{г}} = \frac{N_{\text{гній}}}{n_{\text{гній}}^{\text{норма}}} = \frac{252}{15} = 16,6 \text{ га.} \quad (30)$$

Удобрювання полів натуральним гноєм дозволяє зменшити кількість закуповуваних штучних добрив NPK у кількості 200 кг/га.

$$N_{\text{NPK}} = S_{\text{г}} \times n_{\text{NPK}}^{\text{норма}} = 16,6 \times 200 = 3320 \text{ кг.} \quad (31)$$

Ціна 100 кг добрив NPK становить у середньому 200 PLN. Таким чином, заощадження на закупівлі добрив становить:

$$P_{\text{добрива}}^{\text{р}} = 33,2 \times 200 = 6640 \text{ PLN.} \quad (32)$$

Заощадження за рахунок заміни мінеральних добрив органічними ми свідома не враховували при розрахунках терміну окупності комплексу енергетичного обладнання тому, що пан М. Віт користується послугами громадської біогазової установки (вона не відноситься до комплексу впровадженого нами у ході дослідження обладнання, для якого проводились усі види аналізу).

Підвищення рівню комфорту. Автоматизована система управління комплексом обладнання точно підтримує задані комфортні температурні режими при опалюванні приміщення. У досліджуваному фермерському господарстві завжди є гаряча вода, яка зберігається у баках-акумуляторах, тому у разі потреби немає необхідності витратити час та сили на розпалювання котла.

Зручність у користуванні. При експлуатації обладнання автоматизована система управління комплексом у автоматичному режимі підтримує усі робочі та температурні параметри без втручання людини. Налагодження системи проводиться одноразово при пуско-налагоджувальних роботах. Єдина функція, яку виконує господар (автоматизована лінія поки що відсутня), це у зимовий період загрузає топку твердопаливного котла брикетами (при найбільших морозах — до 2 разів на добу).

Безпечність у користуванні. Тепловий насос та геліосистема більш безпечні, ніж газовий або мазутний котли. Крім того, система автоматичного управління захищає комплекс обладнання від аварійних ситуацій та виходу його з ладу.

Підвищення продуктивності свинарства. Підтримка оптимальних температурних умов в свинарнику сприяла зростанню приросту ваги свиней та покращила санітарний стан повітря. Це в свою чергу зменшувало захворюваність поголів'я тварин. Влітку тепловий насос типу «повітря — вода» зменшує температуру у свинарнику на 5–10 °C, підтримуючи комфортний температурний режим.

Зменшення втрат при зберіганні продукції овочівництва за рахунок створення за допомогою теплового насоса мікроклімату у овочесховищі. Збільшення строків зберігання рослинницької продукції.

Використання відходів рослинництва і прибутки з продукції брикетів. Залишки соломи, що до модернізації практично не використовувалися, переробляються на паливні брикети і використовуються для опалення за допомогою твердопаливного котла.

Використання непридатних сільськогосподарських ґрунтів. Навколо рівчака, що розділяє поля, у господарстві була земля, непридатна для механізованого обробітку. Саме тут у ході проведення експерименту було вирішено посадити енергетичну вербу *Salix viminalis*. Крім того, що з неї виробляється брикетоване паливо, вона виконує ще такі важливі функції: припиняє подальше збільшення рівчака і затримує сніг.

Отримання екологічно чистої продукції сільського господарства. Вартість сільськогосподарської продукції, що вирощувалась з застосуванням екологічних технологій і яку тепер можна позиціонувати на ринку як екологічно чисту вища, ніж звичайних інтенсивних технологій. Збільшення врожайності культур у господарстві при використанні біодобрив з біогазової установки нами також не досліджувались.

Створення додаткових робочих місць. Брикетування біомаси з відходів сільського господарства, навіть при застосуванні автоматизованих брикетувальних агрегатів, потребує людської участі в операціях завантаження сировини, вивантаження та складування брикетів. При безробітті у сільській місцевості це дає шанс на працевлаштування для місцевого населення. Спалювання біомаси створює нові робочі місця, які оцінюються у 2 додатково працевлаштовані особи на кожен 1 МВт.

За нашими розрахунками, брикетувальний агрегат у фермерському господарстві працюватиме протягом 6 місяців по 8 годин щодня. Для обслуговування агрегату необхідно задіяти 3 особи. У дослідженні нами закладалося, що родина фермера самостійно здійснює обслуговування брикетувального агрегату, що дозволило отримати додатковий дохід за рахунок самостійного працевлаштування. Але у разі потреби або у випадку розширення діяльності фермер може використовувати працю найманих працівників.

Після 6 місяців переробки власної соломи та відходів деревини передбачається закуповування додаткової сировини від сусідніх фермерських господарств. Таким чином брикетувальний агрегат можна застосовувати для процесу брикетування протягом всього року.

Популяризація і реклама. Новітні технічні рішення, що застосовуються у фермерському господарстві, широко висвітлювалися й зараз висвітлюються у діяльності Служб сільськогосподарського дорадництва Малопольського воєводства. Цей приклад неодноразово презентувався серед фермерів та інших виробників сільськогосподарської продукції на виставках, конференціях та семінарах, що проводились у сільрадах та райрадах воєводства.

Крім того, цей цікавий досвід кілька разів висвітлювався у загальнодержавних та місцевих ЗМІ.

Висновки. У ході проведених досліджень було визначено, що монтаж та експлуатація систем опалення з використанням твердопаливного котла, теплового насосу та геліосистеми є, за нинішніх цін на енергоносії на польському ринку, більш дешевим способом теплозабезпечення у порівнянні з традиційними системами. Такі розрахунки підтверджують не тільки екологічну, а й економічну перевагу систем з ВДЕ перед традиційними системами та обґрунтують заміну вугільної або газової системи опалення на системи з використанням ВДЕ.

Дискусійні питання. Треба наголосити, що в розрахунках не були враховані додаткові кошти, необхідні для повноцінної експлуатації існуючої системи:

- кошти на транспортування і складування вугілля та золи після спалювання;

- виплати за забруднення навколишнього середовища.

У розрахунках не враховувалось також такі додаткові проблеми:

- коливання температури в будівлі впродовж доби;

- необхідність частого обслуговування вугільного котла,

- необхідність додаткових площ для транспортування та зберігання вугілля.

З огляду на це власник будинку, що опалюється за допомогою ВДЕ, має менше проблем і не має потреби витратити додаткові кошти для оплати перелічених вище послуг.

У прибуток від комплексної системи енергозабезпечення ми не враховували кошти від економії з відсутності потреби у закупівлі мінеральних добрив, замість яких фермер використовує переброжений гній з біогазової установки.

Економічні переваги від збільшення врожайності культур при використанні біодобрив від біогазової установки нами також не досліджувались. Крім того, важко визначити економічні переваги від збільшення вартості продукції сільськогосподарського виробництва, що вирощувалась із застосуванням екологічних технологій і яку тепер можна позиціонувати на ринку як екологічно чисту. Досить непросто також економічно оцінити різні сценарії покращення стану агроєкосистеми в цілому, що спостерігаємо у ході дослідження.

Слід додати, що господарство отримало додаткові пільги в оподаткуванні за зменшення викидів CO₂. Більш того, надлишки електроенергії, отриманої від фотовольтажної та вітрової установок, господар періодично продає за «зеленим тарифом» (у 2010 р. господарство отримало «зелений сертифікат»).

1. *Короненко О.* Сучасні системи опалення та енергоефективність // ЕКОінформ.— 2011.— №6. — С. 21–22.

2. Кращі практики щодо енергозбереження у житлово-комунальному господарстві України. — К.: Центр громадської експертизи, 2011. — 184 с.

3. *Маляренко В.А.* Енергетика і навколишнє середовище. — Харків: САГА, 2008. — 364 с.

4. Місцева енергозберігаюча політика територіальної громади: Збірник матеріалів всеукраїнської робочої зустрічі з впровадження та застосування інноваційних технологій в питанні енергозбереження / Під ред. Ю.А. Звеліндовського, В.В. Кіщенко, В.В. Іванова, А.Л. Сидоренка. — Одеса: Місцева ініціатива, 2011. — 92 с.

5. Новітні технології біоконверсії / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуа, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін та ін. — К.: Аграр Медіа Груп, 2010. — 326 с.

6. *Петренко І.П.* Україна та Польща: на шляху до розширення інвестицій у енергозбереження // Збірник наукових праць Національного університету державної податкової служби України.— 2010.— №1. — С. 316–323.

7. *Савицкий А.* Украинской альтернативной энергетике нужны иностранные инвестиции // DEUTSCHE Welle DW 2011 // www.dw-world.de.

8. Сонячні колектори // Техно АС // techno-as.com.ua.

9. *Тараненко А.* План дій — альтернативна енергетика // Зовнішні справи.— 2011.— №2 // uaforeignaffairs.com.

10. *Шевченко В.* Використання енергозберігаючих технологій в країнах ЄС: досвід для України: Аналітична записка // Національний інститут стратегічних досліджень, 2011 // www.niss.gov.ua.

11. Klugmann-Radziemska, E. (2010). Koszty inwestycyjne instalacji fotowoltaicznych. In: Czysta Energia (s. 4–5). Politechnika Gdanska, Styczen.
12. Kotowski, W., Konopka, E. (2008). Gigawat Energia. Zbiurka Prac Energetycznych, 07.07.2008. S. 23–28.
13. Lewandowski, W. (2007). Proekologiczne odnawialne zrodla energii. Warszawa: WNT. S. 70–72.
14. Majchrzak, H. (2010). OZE w swietle zmian w Prawie energetycznym. Departament Energetyki, Ministerstwo Gospodarki. Czysta Energia, styczen: 10–11.
15. Nowak, W., Stachel, A.A., Borsukiewicz-Gozdur, A. (2008). Zastosowania Odnawialnych Zrodel Energii. Szczecin: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. S. 78–95.
16. Ocena stanu i perspektyw produkcji krajowej urzadzen dla energetyki odnawialnej: praca zbiorowa pod kierunkiem Grzegorza Wisniewskiego / Instytut Energetyki Odnawialnej EC BREC. Warszawa, 2007. S. 38–45, 62–70.
17. Placha, D. (2008). Wyniki badan ukladow solarnych w laboratorium OZE w ZSE nr 1 w roku 2008. Krakow: OZE Nr 1. S. 5–19.
18. Polska Siec "Energie Cites". OZE w Malopolsce. Krakow: Stowarzyszenie Gmin, 2007. S. 28–32.
19. Raport Europejskiej Rady Energii Odnawialnej (EREC) i Greenpeace International. Bruksela, 25.01.2007. S. 10–15.
20. Tyminski, J. (1997). Spojrzzenie na energetyzacje i elektryfikacje rolnictwa w perspektywie XXI wieku. Prace Naukowo-Badawcze (Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa), 2: 61–91.
21. Zimny, J., Kempkiewicz, K., Knaga, J. (1998). Przemyslowe zastosowanie sprzarkowych pomp ciepła. In: Mater. V konf. nauk.-techn. "Ogolnopolskie Forum Odnawialnych Zrodel Energii-98 (Gdansk, 1998). S. 38–46.

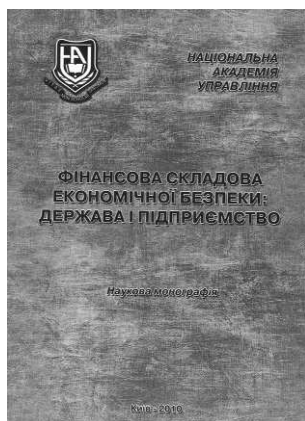
Стаття надійшла до редакції 20.02.2014.

КНИЖКОВИЙ СВІТ



СУЧАСНА ЕКОНОМІЧНА ТА ЮРИДИЧНА ОСВІТА
ПРЕСТИЖНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ

Україна, 01011, м. Київ, вул. Панаса Мирного, 26
E-mail: book@nam.kiev.ua
тел./факс 288-94-98, 280-80-56



Фінансова складова економічної безпеки: держава і підприємство: Наук. монографія. – К.: Національна академія управління, 2010. – 232 с. Ціна без доставки – 40 грн.

Автори: М.М. Єрмошенко, К.С. Горячева.

У монографії розкрито місце і засади фінансової безпеки в системі економічної безпеки на двох рівнях управління економікою країни: держави і підприємства. Розкрито роль економічної безпеки в розвитку економіки України, визначено і обґрунтовано шляхи забезпечення фінансової безпеки на рівні держави.

Викладено методологічні основи фінансової безпеки підприємства та управління нею. Визначено форми і методи удосконалення механізму управління фінансовою безпекою на рівні підприємства.