

УДК 620.4: 662.6

С. М. ДУДНІКОВ, канд. техн. наук

Харківський національний технічний університет сільського господарства

ім. Петра Василенка, м. Харків

М. М. ШОВКАЛЮК, канд. техн. наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

ДО ПИТАНЬ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ АПК З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ

Предложены направления в проектировании систем энергоснабжения с альтернативными источниками, что позволит повысить эффективность их функционирования.

Запропоновані напрямки в проектуванні систем енергопостачання з альтернативними джерелами, що дозволить підвищити ефективність їх функціонування.

Постановка проблеми

На сьогодні існують заперечення та протилежні судження щодо ефективного використання альтернативних джерел енергії (АДЕ) і основне із них - висока вартість енергії, яку отримує споживач від місцевої системи енергопостачання з використанням АДЕ (МСАДЕ) в порівнянні з енергоносіями централізованої системи (ЦС). Вищезазвані фактори стримують бажання споживачів до побудови МСАДЕ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Прогнозна динаміка на період до 2025 року в країнах Європи та Російської Федерації передбачає [1] подорожчання усіх видів викопного палива в 1,5–2 рази з подальшою тенденцією до збільшення. Динаміка збільшення цін на енергетичні ресурси для різних країн Європи може відбуватися з тимчасовими коливаннями, які обумовлені величиною попиту, вичерпанням легкодоступних покладів органічного палива, екологічного стану навколишнього середовища та іншими факторами, в тому числі і політичними. Розв'язання вказаної проблеми у глобальному масштабі пов'язано з пошуком і використанням нових технологій перетворення видів енергії, в тому числі і альтернативних [2].

З урахуванням ДСТУ 3886-99 «Енергозбереження», критерієм ефективності є позитивний економічний ефект від реалізації енергозберігаючого заходу (ЕЗЗ) за рахунковий період t . Вартісна оцінка ЕЗЗ визначається залежністю [3]:

$$\Delta P_t = B_{up} - B_{kr} = B_{up} - (\Delta B_{up} + \Delta B_{mr}) \Rightarrow \max \quad (1)$$

де B_{up} , ΔB_{up} , B_{kr} , ΔB_{mr} – відповідно річні витрати на купівлю енергоносіїв від ЦС, ЦС в складі комбінованої з альтернативними джерелами системи енергопостачання (КСЕП), КСЕП, та на виробництво енергій від МСАДЕ.

При проектуванні КСЕП необхідно враховувати декілька ключових заходів, до головних з яких віднесемо [3]:

1 – визначення на першій стадії проектування допустимої межі витрат на впровадження МСАДЕ, при якій споживач буде мати грошовий прибуток;

2 – технічні, технологічні та інші заходи, які сприяють зменшенню витрат на впровадження МСАДЕ.

За даними [4, 5] кліматичні та географічні умови дозволяють практично на всій території України широко використовувати альтернативні види енергії від поновлюваних джерел та мати позитивні показники проектів з енергозбереження.

Згідно [6] КСЕП споживачів АПК, до складу якої входять ЦС і МСАДЕ, для більшості регіонів України доцільно створювати на базі біогазової установки (БГУ). БГУ може бути

використана як акумулятор для інших джерел альтернативної енергії, а вироблений біогаз спроможний до тривалого акумулювання і може бути використаний у вигідні для споживача терміни.

Метою публікації є вдосконалення структури КСЕП споживачів АПК на основі оцінки економічного ефекту від використання АДЕ та даних енергетичного балансу БГУ.

Основні матеріали досліджень

Дослідження (1) вказує, що величини диференційного економічного показника ΔP_t вартісної оцінки результатів здійснення ЕЗЗ за розрахунковий період t можуть мати значення:

$$\Delta P_t < 0; \Delta P_t > 0; \Delta P_t = 0 \tag{2}$$

Якщо $\Delta P_t < 0$, - то споживач витрачає більші обсяги коштів на отримання енергоносіїв від місцевої системи, тобто АДЕ недоцільно використовувати, якщо $\Delta P_t = 0$ – витрати споживача на отримання енергоносіїв від ЦС і КСЕП однакові, що потребує при будівництві КСЕП інвестиційних вкладень, а якщо $\Delta P_t > 0$, то споживач від використання МСАДЕ може мати прибуток. Позитивне рішення проекту виконується при умові:

$$\Delta P_t > Z_{td}, \tag{3}$$

де Z_{td} – додаткові грошові затрати за t -ий рік, які пов’язані з капітальними вкладеннями в установки по перетворенню АДЕ і експлуатаційними витратами.

Для визначення допустимих величин ΔP_t від використання різних видів альтернативної енергії за певний термін року можна скористались матричним рівнянням (4). За даними аналізу рівняння (4) величина річної ефективності від використання КСЕП функціонально залежить від обсягів виробництва різних видів енергії місцевою системою та різниці грошових витрат на отримання відповідних видів енергії від централізованої та місцевої систем.

$$\Delta P_{tк} = B_{up} - B_{kp} = B_{up} - (\Delta B_{up} + \Delta B_{mp}) =$$

		<u>$B_{ЦС}$</u>				
	<u>Енергії</u>	<u>електрична</u>	<u>теплова</u>	<u>паливо</u>	<u>добрива</u>	
<u>Сезон</u>						
Зима		$K_{11}qW$	$K_{12}bQ$	$K_{13}aV$	$K_{14}dG$	
Весна		$K_{21}qW$	$K_{22}bQ$	$K_{23}aV$	$K_{24}dG$	
Літо		$K_{31}qW$	$K_{32}bQ$	$K_{33}aV$	$K_{34}dG$	
Осінь		$K_{41}qW$	$K_{42}bQ$	$K_{43}aV$	$K_{44}dG$	

$$-$$

		<u>$\Delta B_{ЦС}$</u>				
	<u>Енергії</u>	<u>електрична</u>	<u>теплова</u>	<u>паливо</u>	<u>добрива</u>	
<u>Сезон</u>						
Зима		$Z_{11}qW$	$Z_{12}bQ$	$Z_{13}aV$	$Z_{14}dG$	
Весна		$Z_{21}qW$	$Z_{22}bQ$	$Z_{23}aV$	$Z_{24}dG$	
Літо		$Z_{31}qW$	$Z_{32}bQ$	$Z_{33}aV$	$Z_{34}dG$	
Осінь		$Z_{41}qW$	$Z_{42}bQ$	$Z_{43}aV$	$Z_{44}dG$	

$$+$$

		<u>$\Delta B_{АД}$</u>				
	<u>Енергії</u>	<u>електрична</u>	<u>теплова</u>	<u>паливо</u>	<u>добрива</u>	
<u>Сезон</u>						
Зима		$N_{11}q_aW$	$N_{12}b_aQ$	$N_{13}a_aV$	$N_{14}d_aG$	
Весна		$N_{21}q_aW$	$N_{22}b_aQ$	$N_{23}a_aV$	$N_{24}d_aG$	
Літо		$N_{31}q_aW$	$N_{32}b_aQ$	$N_{33}a_aV$	$N_{34}d_aG$	
Осінь		$N_{41}q_aW$	$N_{42}b_aQ$	$N_{43}a_aV$	$N_{44}d_aG$	

$$\tag{4}$$

$$= W_a(\Delta q) + Q_a(\Delta b) + V_a(\Delta a) + G_a(\Delta d)$$

де $K_{ij}, Z_{ij}, N_{ij} = \frac{W_i}{W}; \frac{Q_i}{Q}; \frac{V_i}{V}; \frac{G_i}{G}$ – відповідно коефіцієнти пайового використання

споживачем j -го виду енергії (W_i, Q_i, V_i, G_i) в i -му сезоні відносно річного обсягу спожитого j -го виду енергії, (W, Q, V, G) від ЦС, ЦС в складі КСЕП, МСАДЕ в складі КСЕП, в. о.;

q_a, b_a, a_a, d_a – тарифна вартість відповідно електричної, теплової енергії, палива для транспортних засобів та добрива від МСАДЕ, $грн/кВт\cdot год, грн/Гкал, грн/т$;

q, b, a, d – тарифна вартість відповідно електричної, теплової енергії, палива для транспортних засобів та добрива від ЦС, $грн/кВт\cdot год, грн/Гкал, грн/т$;

W_a, Q_a, V_a, G_a – відповідно обсяги виробленої електричної, теплової енергії, палива для транспортних засобів та добрива від МСАДЕ, $кВт\cdot год, Гкал, т$;

$\Delta q, \Delta b, \Delta a, \Delta d$ – різниця тарифів відповідно на електричну, теплову енергію, палива для транспортних засобів та добрива ЦС і МСАДЕ: $\Delta q = q - q_a, \Delta b = b - b_a, \Delta a = a - a_a, \Delta d = d - d_a, грн/кВт\cdot год, грн/Гкал, грн/т$.

Для розв'язання поставленої задачі відносно дослідження змін ΔP_t від вхідних величин в динаміці скористаємось графоаналітичним методом розрахунків за розробленою програмою, узагальнена структурна схема алгоритму якої наведена на рис. 1 і пристосована для комп'ютерної обробки даних в пакеті математичних програм matlab версії 6,5. алгоритм програми складається з трьох головних етапів:

1 – введення даних, що характеризують: обсяги спожитої за термін року різних видів енергії від мсаде (w_a, q_a, v_a, g_a); тарифи різних видів енергії цс (a, b, q, d); собівартість різних видів енергії мсаде (q_a, b_a, a_a, d_a);

2 – розрахунків витрат деп в залежності від пайових коефіцієнтів використання енергоносіїв і тарифів на енергоносії мсаде;

3 – розрахунок основних технічних параметрів пристроїв МСАДЕ.

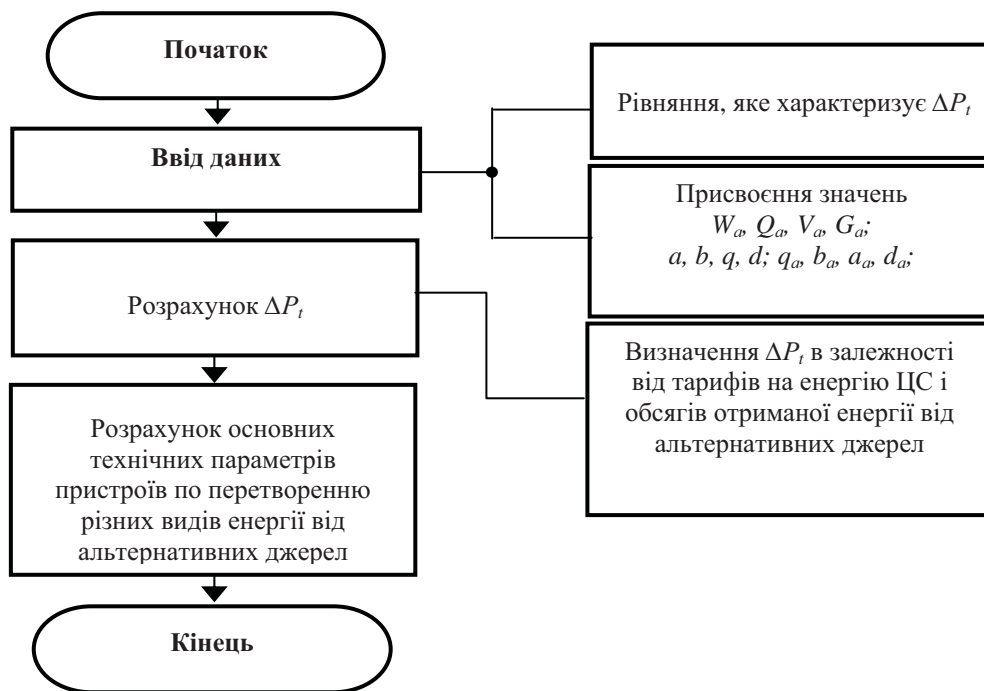


Рис. 1. Структурна схема алгоритму розрахунку ДЕП

На перших етапах проектування КСЕП важливо визначити обсяги витрат на її побудову та експлуатацію, при яких споживач буде мати позитивний економічний ефект. Для конкретизації величини ΔP_t прирівнюємо її значення до допустимої величини затрат Z'_t . Будувати КСЕП пропонується, коли споживач буде мати позитивний економічний ефект, тобто за умови:

$$Z'_t > Z_{td}, \tag{5}$$

Співвідношення Z_{td} до Z'_t складає:

$$Z_{\text{до}} = Z'_t - P_{\text{чт}}, \quad (6)$$

де $P_{\text{чт}}$ – чистий поточний прибуток за рік t .

При розв'язанні дискретних задач визначення допустимої величини затрат на побудову КСЕП будемо здійснювати за рішенням матричного рівняння (3.16) з використанням критерію максимальної сумарної ефективності.

Для перевірки розробленої програми скористаємось фактичною інформацією приватного сільськогосподарського підприємства «Тавільжанське» Двурічанського району. За звітними даними про енергоносії та інформацією, яка зосереджена в енергетичному паспорті підприємства встановлюємо, що с.г. споживач закуповував енергоносії від ЦС на період 2004 р. за тарифами: дизельне паливо – $a = 5500$ грн/т, тепла енергія – $b = 80,4$ грн/Гкал, електрична – $q = 0,32$ грн/кВт·год. Діапазон зміни собівартості виробленої енергії місцевою системою приймемо в межах: $a_1 = [0-8000]$ грн/т, $b_1 = [0-1500]$ грн/Гкал; $q_1 = 0,7$ грн/кВт·год – будемо вважати постійною величиною. Для спрощення розрахунків енергію добрив і загальну величину додаткових доходів від використання інноваційних технологій враховувати не будемо.

За результатами розрахунку отримано допустимі величини затрат (Z'), які відповідають множині можливих оцінок економічного ефекту від впровадження КСЕП (рис. 2).

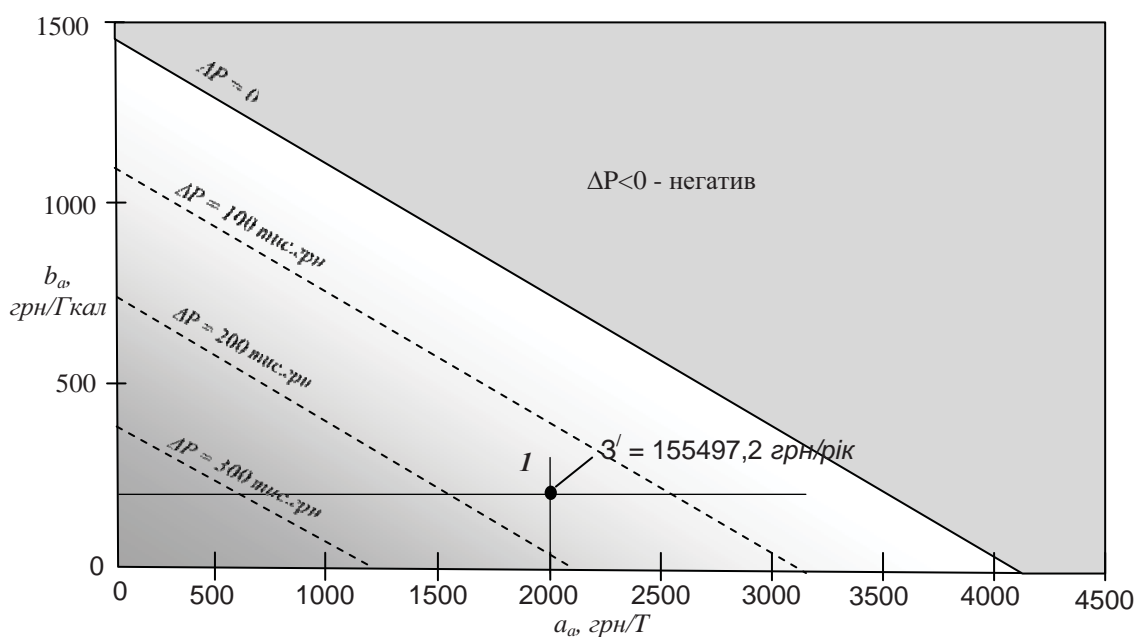


Рис. 2. Номограма визначення допустимої величини затрат (Z'), при яких споживач буде мати позитивний економічний ефект від впровадження КСЕП в приватному с. г. підприємстві «Тавільжанське»

Відкладемо на номограмі встановлені собівартості різних видів виробленої енергії МСАДЕ, наприклад: $b_1 = 210$ грн/ГДж, $a_1 = 2000$ грн/т. Їхній перетин позначимо точкою 1 та встановимо допустиму величину річних затрат на впровадження КСЕП, яка проектується на базі БГУ з об'ємом реактора 900 м^3 (прийнято за даними попередньої комп'ютерної обробки даних - 3-ій етап структурної схеми алгоритму): $Z' \approx 150$ тис. грн/рік.

Таким чином, маючи позитивну оцінку щодо використання АДЕ і величини потужностей пристроїв з перетворення АДЕ (ВЕС, СТК, БГУ і т. д.), переходимо до другого етапу розв'язку задачі – організаційно-технологічні і технічні напрямки розв'язку задач щодо

зменшення впливу внутрішніх факторів на величину грошових затрат до рівня встановленої межі.

Організаційно-технологічні завдання включають: проведення енергоаудиту; аналіз створеного енергетичного балансу щодо визначення видів і обсягів виробленої енергії та втрат і витрат на кожному етапі її перетворення; узгодження технологічного процесу виробництва і споживання енергії з урахуванням готовності споживача до прийняття енергії від альтернативних джерел на момент її появи.

За результатами проведеного енергоаудиту БГУ систематизовані потоки різних видів енергії, визначені втрати і витрати, величини обсягів яких представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Пайове співвідношення вхідної і вихідної енергії енергетичного балансу БГУ

№ п/п	Види енергій	Зима		Весна		Літо		Осінь	
		%	мВт·год/ м ³	%	мВт·год/ м ³	%	мВт·год/м ³	%	мВт·год/ м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вихідна енергія									
1.	Енергія добрив	82,2	3,86	82,5	3,94	82,7	3,94	82,39	3,89
2.	Енергія біогазу	15,3	0,71	15,1	0,72	15,2	0,72	15,2	0,72
3.	Енергія тепла, що міститься в добриві	2,5	0,12	2,4	0,11	2,1	0,1	2,41	0,11
Всього, %		100		100		100		100	
Вхідна енергія									
4.	Енергія органічних відходів вологістю (94-96)%	58,6	2,75	58,7	2,87	58,86	2,81	58,8	2,78
5.	Енергія на попереднє нагрівання гною	2,5	0,12	2,4	0,11	2,14	0,1	2,47	0,11
6.	Енергія на підтримання температурного режиму в метантенку	5,3	0,23	3,2	0,15	1,67	0,08	3,23	0,15
7.	Електроенергія на перемішування, подрібнення, завантаження і вивантаження органічної маси, заповнення водяних теплових акумуляторів	4,7	0,22	4,65	0,22	4,66	0,22	4,7	0,22
8.	Енергія на роботу компресора при заповненні біогазу в балони і подачі в ДВЗ електрогенератора, на очищення біогазу від CO ₂ і H ₂ O	0,06	0,003	0,06	0,003	0,06	0,003	0,06	0,003
9.	Енергія втрат в трубопроводах	0,06	0,003	0,05	0,002	0,04	0,001	0,05	0,002
10.	Енергія, отримана добривом внаслідок дії кислото - і метаноутворюючих бактерій	23,6	1,11	23,8	1,14	23,9	1,14	23,5	1,11
11.	Енергія біогазу, отримана внаслідок дії метаноутворюючих бактерій	15,2	0,71	15,1	0,72	15,2	0,72	15,2	0,72
Всього по відношенню до вихідної енергії, %		110		108		106,5		108	
Товарна енергія біогазу									
1.	- % від загальної енергії	2,84	0,13	4,78	0,23	6,66	0,32	4,83	0,23
2.	- % від отриманого біогазу	19		32		44		32	

За даними табл. 1 для наочного уявлення змін енергетичного балансу БГУ побудована діаграма (рис. 3).

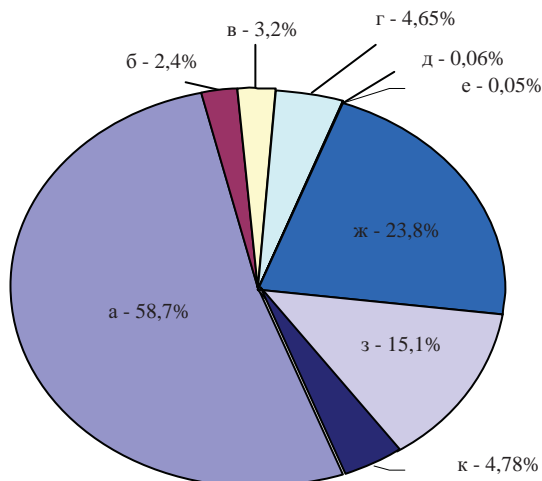


Рис. 3. Діаграма середньорічного енергетичного балансу БГУ, де сектори круга:

а – відсоткова величина вхідної енергії органічних відходів вологістю (92...96) %;

б – витрати енергії на попереднє нагрівання гною, %; в – витрати енергії на підтримання температурного режиму в метантенку, %; г – витрати енергії на перемішування, подрібнення, завантаження і вивантаження органічної маси, доведення вологості органічних відходів до (92...96)%, заповнення водяних теплових акумуляторів, %; д – витрати енергії на роботу компресора при заповненні біогазу в балони і подачі в ДВЗ електрогенератора, на очищення біогазу від CO_2 і H_2O , %; е – втрати енергії в трубопроводах, %; ж – енергія, отримана добривом внаслідок дії кислото- і метаноутворюючих бактерій, %; з – енергія у вигляді біогазу, отримана внаслідок дії метаноутворюючих бактерій, %; к – обсяги товарної енергії біогазу по відношенню до загальних отриманих обсягів енергії біогазу, %

За даними енергетичного балансу БГУ (табл. 1, рис. 3) середньорічні витрати обсягів біогазу на підтримання температурного режиму БГУ для більшості регіонів України складають близько 70% від загального обсягу. При цьому слід мати на увазі, що основні енергетичні ресурси БГУ заключні в біомасі, а з енергії біогазу в процесі перетворення споживач може отримати електричну, теплову енергію та паливо для ДВЗ, що необхідно враховувати при створенні структурної схеми КСЕП.

На основі розроблених енергетичних балансів технологічних процесів створено структурну схему МСАДЕ, один із варіантів прикладу якої представлено на рис. 4. Особливістю наведеного енергетичного балансу є використання вітрової і сонячної енергії на виробництво теплової енергії для задоволення власних потреб БГУ. Таким чином, використання метантенка БГУ як акумулятора для енергії, обсяги якої надходять від альтернативних джерел, у структурно-конструкторському рішенні дає змогу збільшити до трьох разів виробництво товарного біогазу. Вироблений біогаз, здатний до тривалого і відносно «дешевого» зберігання, може бути використаний споживачем у будь-який час потреби. При будові таких схем МСАДЕ створюються умови для збільшення обсягів товарної енергії, постійної готовності споживача до використання енергії альтернативних джерел і, як наслідок, підвищення ефективності використання АДЕ.

До запропонованого МСАДЕ в складі КСЕП входять: метантенк для збродження органіки; газгольдер для акумулявання біогазу, комплект для підготовки біогазу до використання в двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ), який включає компресорну установку, комплект пристроїв і засобів для очистки біогазу від H_2O і H_2S ; комплект балонів з біогазом для ДВЗ; генератор енергії на базі ДВЗ, ВЕС та СТК для підтримання теплового режиму в метантенку і ємностях підготовки суміші збродження.

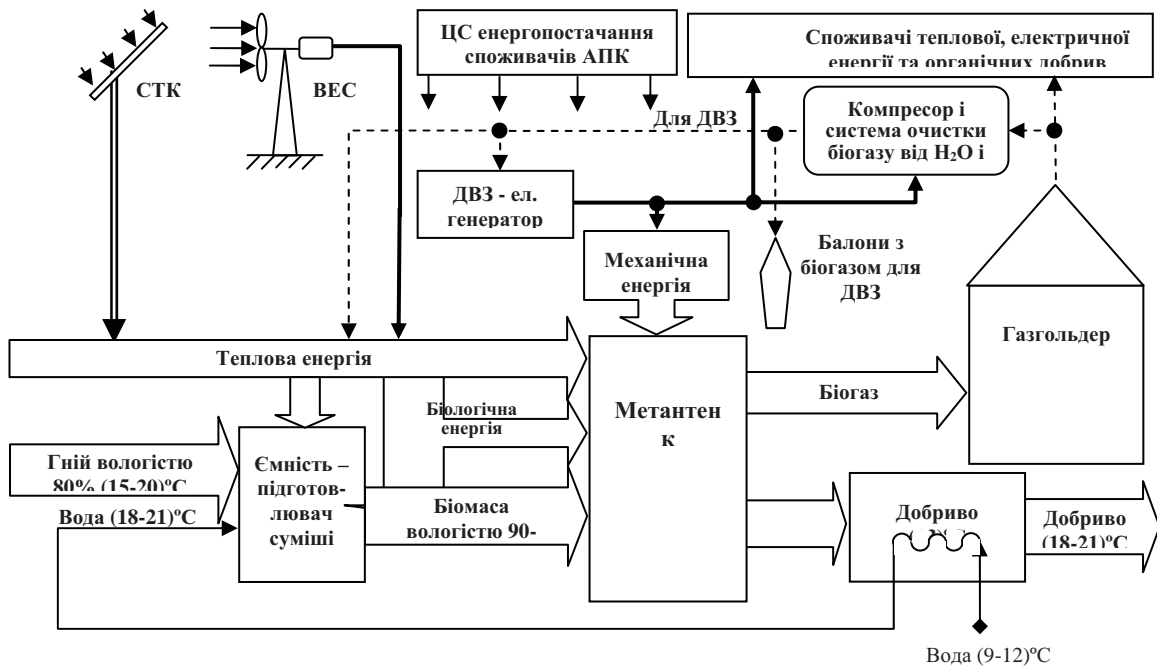


Рис. 4. Структурна схема КСЕП

В ємності для прийому добрив з метантенку передбачено теплообмінник, що зменшує енергетичні витрати на підігрів води для ємності-підготовлювача суміші.

В якості технічних заходів щодо зменшення впливу внутрішніх факторів на величину грошових затрат до рівня встановленої межі представимо приклад варіанту конструювання технічних складових пристроїв МСАДЕ - конструкції БГУ присадибного господарства [7] (рис. 3).

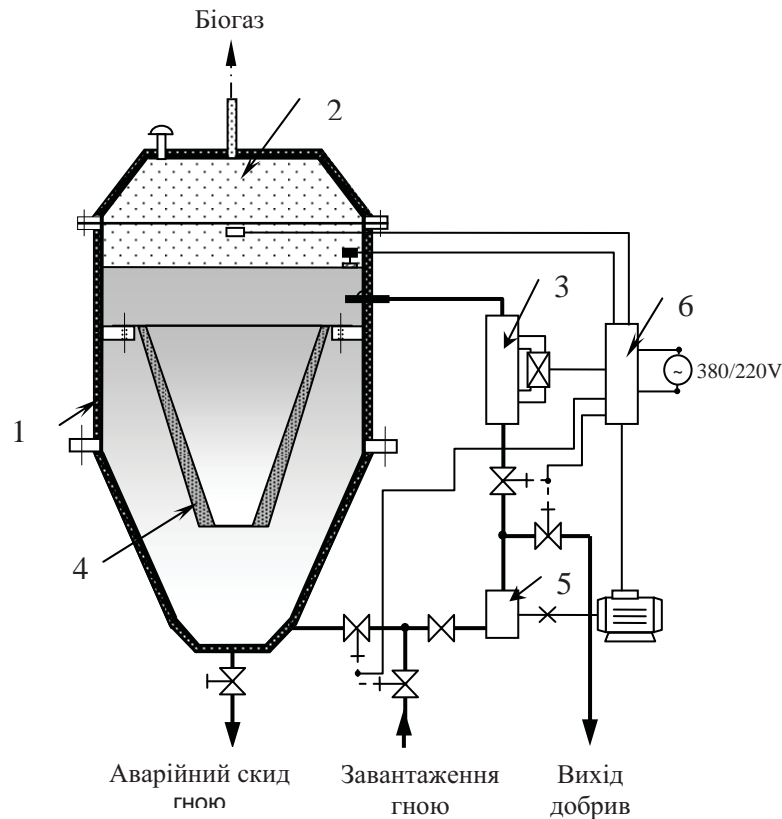


Рис. 3. Біогазова установка присадибного (фермерського) господарства, де:
 1 – метантенк; 2 – газгольдер; 3 – проточний індукційний нагрівач; 4 – насадка;
 5 – фекальний насос з подрібнювачем; 6 - блок автоматичного керування

Зменшення собівартості розробленої БГУ досягається за рахунок впровадження в систему обігріву і змішування органічної сировини проточного індукційного нагрівача 3, що надає можливість спростити конструкцію метантенка 1, зменшити її металоємкість, виконувати ремонт і технічне обслуговування основних пристроїв БГУ без зупинки технологічного процесу. Підвищення інтенсивності збродження в запропонованій конструкції БГУ здійснюється за рахунок впровадження насадки 4, яка створює харчувальне середовище для метаноутворюючих бактерій за рахунок утримання частин важкої фракції органічної маси на бокових поверхнях між основами насадки 4, виконаних у вигляді багатошарової сітки.

Висновки

Запропонована методика дозволяє обґрунтувати економічні орієнтири для технологічних, організаційних та технічних заходів при побудові систем енергопостачання з використанням альтернативних джерел та отримати споживачеві від її реалізації прогнозований економічний ефект.

Список використаної літератури

1. Голоскоков А. Н. Прогноз цены на нефть и перспективы формирования нового механизма ценообразования на газ [электронный ресурс] / А. Н. Голоскоков // Нефтегазовое дело. Электронный научный журнал, -2010. - № 1 – Режим доступа: <http://www.ogbus.ru>.
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Дудніков С.М. Оцінка заходів щодо ефективного використання альтернативних джерел енергії споживачами АПК/ С. М. Дудников // Матеріали ІХ Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика ХХІ століття» АР Крим, смт. Миколаївка, 15-19 вересня 2008 р. – С. 63 – 66.
4. Вплив температурно-погодинних факторів на показники проектів з енергозбереження / В. І. Дешко, М. М. Шовкалюк, О. М. Шевченко [та ін.] // Енергетика та електрифікація. - 2007. – № 3. – С. 62-68.
5. Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу. Бюллетень: Энергетика Украины вХХІ столетии. - Киев, 2002.
6. Гончар М. И. Технологические связи производства и преобразования энергии с возобновляемыми источниками / Михаил Гончар, Сергей Дудников // Сб. науч. трудов “Вопросы электрификации сельского хозяйства” - Харків: ХГТУСХ, 1996. – С. 61 – 64.
7. Деклараційний патент 72106 Україна МПК А UA А01С3/02. Пристрій для бродіння органічних відходів / Гончар М. І., Дудніков С. М. ; заявл. 01.12.2003; опубл. 17.01.2005, Бюл. № 1 – 8с.

THE ISSUES OF CONSTRUCTION OF SYSTEMS OF POWER SUPPLY OF CONSUMERS OF THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX WITH THE USE OF ALTERNATIVE SOURCES

S. N. DUDNIKOV, Cand. Scie. Tech.
M. M. SHOVKALIUK, Cand. Scie. Tech.

Main directions in the design of the systems of energy supply from alternative sources, which will increase the efficiency of their functioning.

Поступила в редакцію 10.04 2012 г.