

ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ СХЕМ КОГЕНЕРАЦІЙНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЗА НАЯВНОСТІ ЗВ'ЯЗКУ З ЄДИНОЮ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕЮ

І.В.Феофілов, старший викладач

Проаналізовано існуючі та можливі схеми енергопостачання на базі когенераційної технології з точки зору економії первинного палива, визначення вартості та строку окупності обладнання.

Когенераційна установка, енергопостачання на базі когенераційної технології, режими узгодження постачальника і споживача енергій, коефіцієнт економії палива, строк окупності.

Нині когенерація є однією з найперспективніших технологій, що дозволяє використовувати енергію первинного палива з найбільшою ефективністю. Коефіцієнт корисної дії (ККД) сучасних когенераційних установок (КГУ) досягає 90–92 %. Така висока ефективність когенераційного обладнання пояснюється виробленням відразу двох видів енергії: спочатку – виробляється електрична енергія, а потім – теплова енергія за рахунок утилізації тепла палива, що не було використано в основному процесі. Для різних типів КГУ при однаковому сумарному ККД співвідношення вироблених електричної та теплової енергії суттєво відрізняються: від 1:1–1,2 для КГУ на основі поршневих ДВЗ до 1:10–12 для надбудови котельних установок електрогенеруючим обладнанням [1]. Максимальну ефективність мають КГУ з найбільшим виробленням електроенергії, тобто ті енергетичні установки, що дозволяють найповніше використати ексергетичний потенціал первинного палива. Таким чином, з точки зору економії первинних енергоресурсів, найефективнішими виявляються КГУ на основі поршневих ДВЗ [2]. Тому, при аналізі когенераційного енергопостачання будемо розглядати саме такі КГУ.

Необхідними умовами ефективного енергопостачання об'єкта від КГУ є максимальне використання вироблених енергій і найповніший збіг енергогенеруючих потужностей КГУ та енергетичних потреб споживача. Проте останнє практично не відбувається. Сезонні та добові коливання енергетичного споживання, відмінності в енергетичних потребах споживача у різні пори року, а також непов'язаний між собою характер коливання електричних і теплових навантажень не дозволяють, у більшості випадків, узгодити одночасно електричні і теплові потужності КГУ та енергетичні потреби споживача. *За наявності зв'язку з єдиною електромережею існують такі основні типи узгодження [3]:*

- *за тепловим навантаженням:* теплова потужність КГУ у будь-який момент часу дорівнює тепловому навантаженню споживача. Елект-

рична енергія, якщо вона надлишкова – продається до єдиної електромережі, якщо її недостатньо – купується з електромережі;

- *за електричним навантаженням*: електрична потужність КГУ дорівнює електричному навантаженню споживача. Теплова енергія, якщо її більше, ніж це потрібно споживачеві, – скидається в навколишнє середовище, якщо менше – використовуються додаткові теплові потужності у вигляді допалювання палива в котлі-утилізаторі або допоміжному котлі;

- *змішані режими узгодження*: залежно від тарифів на електроенергію в певні дні і години в деякі періоди часу застосовуються режими узгодження за електричним навантаженням, в інші періоди часу – за тепловим навантаженням.

Зважаючи на те, що надлишкову електричну енергію, вироблену в КГУ, в силу прийнятого в Україні закону про когенерацію [4], можна направити до єдиної електромережі, а надлишкова теплова енергія, що вироблена в КГУ, – викидається в навколишнє середовище і втрачається, найперспективнішим вважають узгодження потужностей КГУ та споживача саме за тепловою енергією. При такому виді узгодження потужності КГУ регулюються так, що вироблена нею теплова енергія відповідає тепловим потребам споживача. Що стосується електричної енергії, то зв'язок КГУ з єдиною електромережею дозволяє вирішити питання як надлишкової, так і недостатньої для споживача електроенергії. В таких умовах регулювання потужностей знову стають у нагоді КГУ на базі поршневих ДВЗ, які дозволяють регулювати потужність КГУ в істотних межах (30–100 % від максимальної потужності) без суттєвого зменшення ККД вироблення енергоносіїв [5]. Таким чином, добові коливання енергетичних потреб споживача можуть бути задоволені за рахунок регулювання потужності КГУ. Але, разом з тим, потреби споживача в тепловій енергії в опалювальний і неопалювальний період суттєво відрізняються – за деякими даними [6] у 4–6 разів. Для об'єктів агропромислового комплексу споживання теплової енергії в опалювальний період збільшується у 3–4 рази в порівнянні з неопалювальним періодом при практично незмінному електроспоживанні протягом всього року. Для задоволення теплових потреб споживача в опалювальний період регулювання потужностей КГУ вже недостатньо. Тому, в існуючих схемах енергопостачання на базі КГУ (рис.1), коли потужності КГУ підбираються за енергетичними потребами споживача в неопалювальний період, нарощування теплопостачання в опалювальний період відбувається за рахунок додаткових теплових потужностей.

Крім описаної схеми енергопостачання на основі КГУ, можлива схема енергопостачання (рис.2), в якій КГУ складається з декількох агрегатів. Дроблення енергетичних потужностей КГУ дозволяє забезпечити цілорічне постачання споживача енергоносіями, виробленими за когенераційною технологією, в порівнянні з варіантом I. Крім цього, така схема енергопостачання підвищує надійність роботи КГУ [3] та дозволяє проводити регламентні ремонтні роботи окремих агрегатів у неопалювальний період без зупинки всієї КГУ.

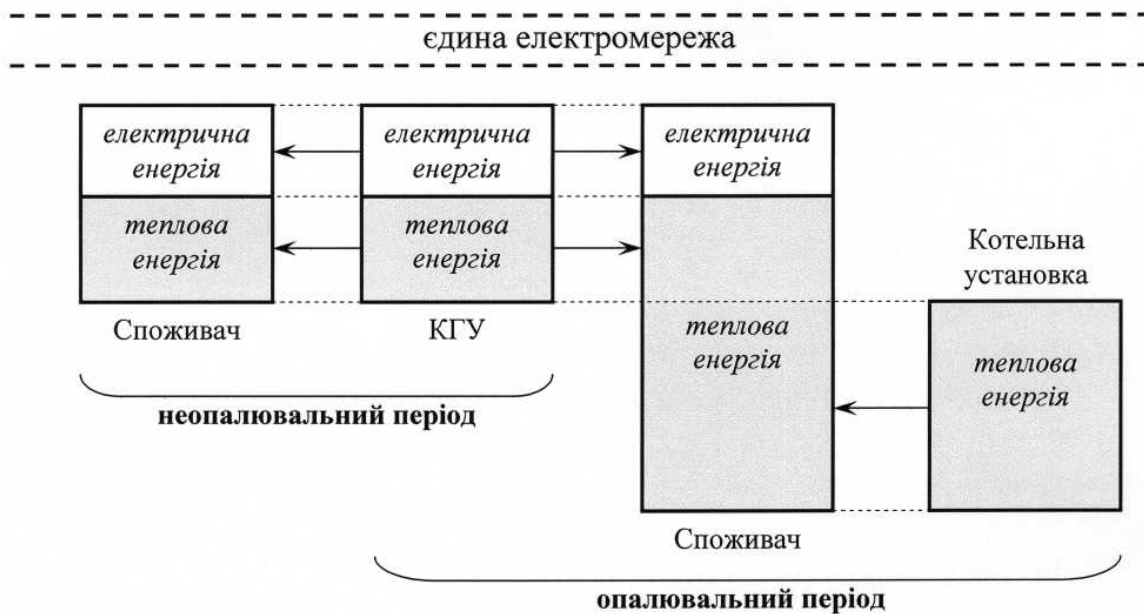


Рис.1. Схема енергопостачання на базі КГУ (І варіант)

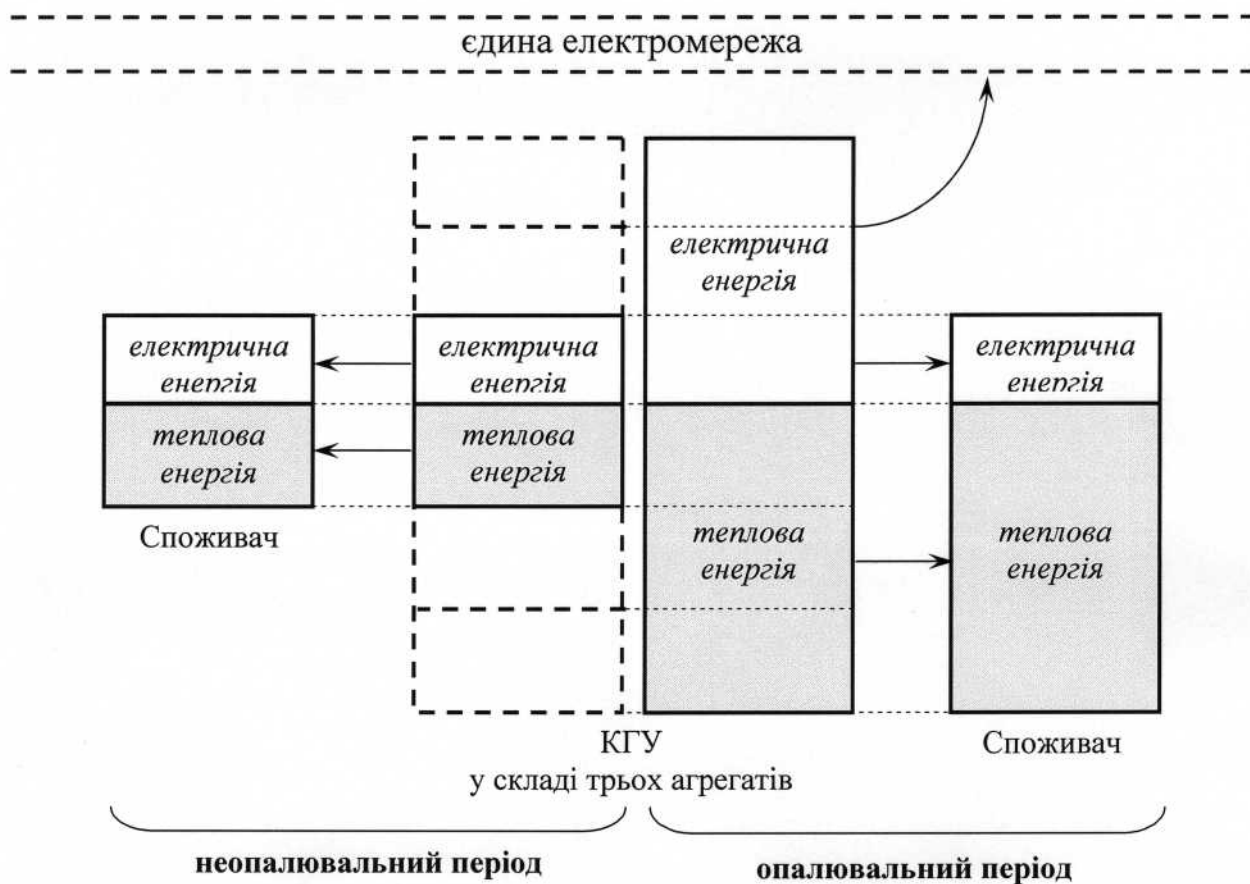


Рис.2. Схема енергопостачання на базі КГУ (ІІ варіант)

Можливі інші схеми реалізації когенераційного енергопостачання в умовах дроблення енергетичних потужностей КГУ (рис.3 і рис.4). У таких схемах збільшуються витрати первинного палива, а також втрати тепла в навколишнє середовище в неопалювальний період, але при цьому збільшується кількість електроенергії, що віддається до єдиної електромережі.

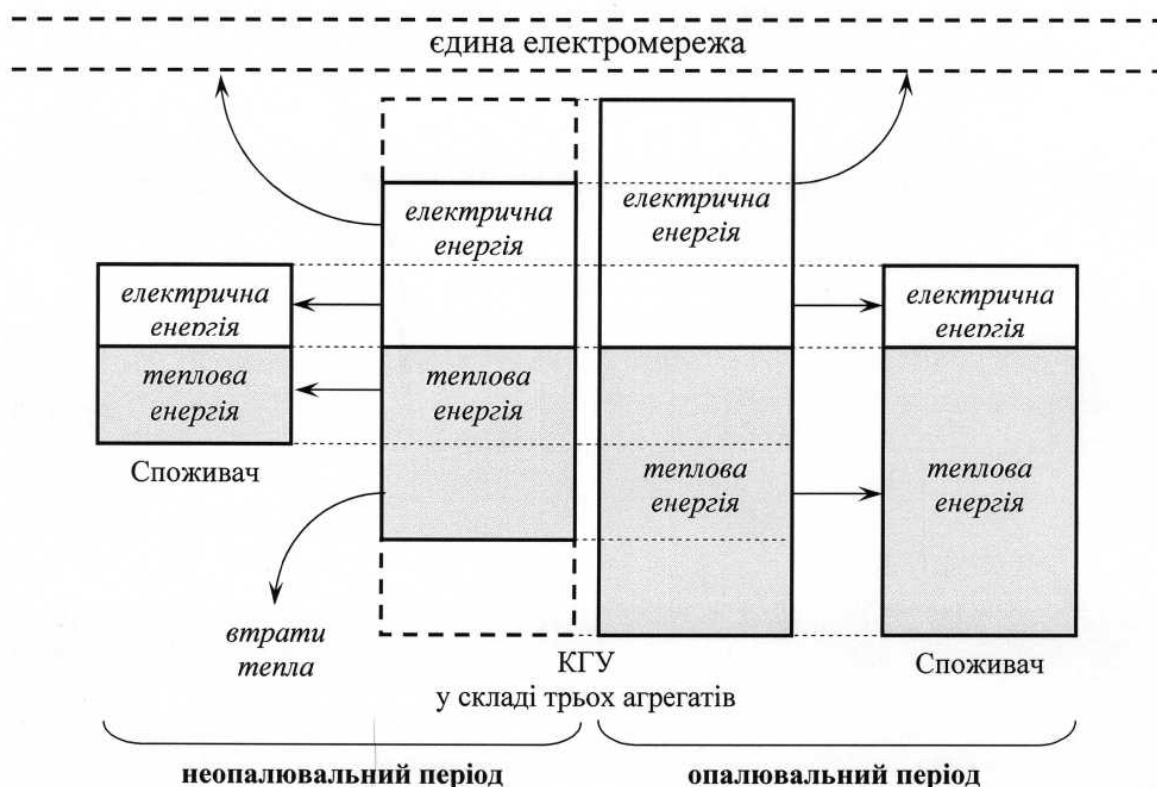


Рис.3. Схема енергопостачання на базі КГУ (III варіант)

Мета досліджень – порівняння ефективності різних схем когенераційного енергопостачання за наявності зв'язку з єдиною електромережею.

Матеріали та методика досліджень. У роботі наведено порівняльний аналіз існуючих і можливих схем когенераційного енергопостачання.

Основною умовою порівняння різних схем енергопостачання є задоволення потреб споживача в електричній та тепловій енергії у повному обсязі. Для порівняння схем енергопостачання вибираємо об'єкт з енергоспоживанням, наведеним у табл. 1, що характерно для невеликих тваринницьких господарств АПК України в Київській області. Паливом, що використовується, є природний газ.

1. Енергоспоживання об'єкта, що розраховується

Період року	Тривалість t , діб	Споживання тепла Q_T^{cp} , кВт	Споживання електроенергії Q_e^{cp} , кВт
Опалювальний	187	600	240
Неопалювальний	178	200	240

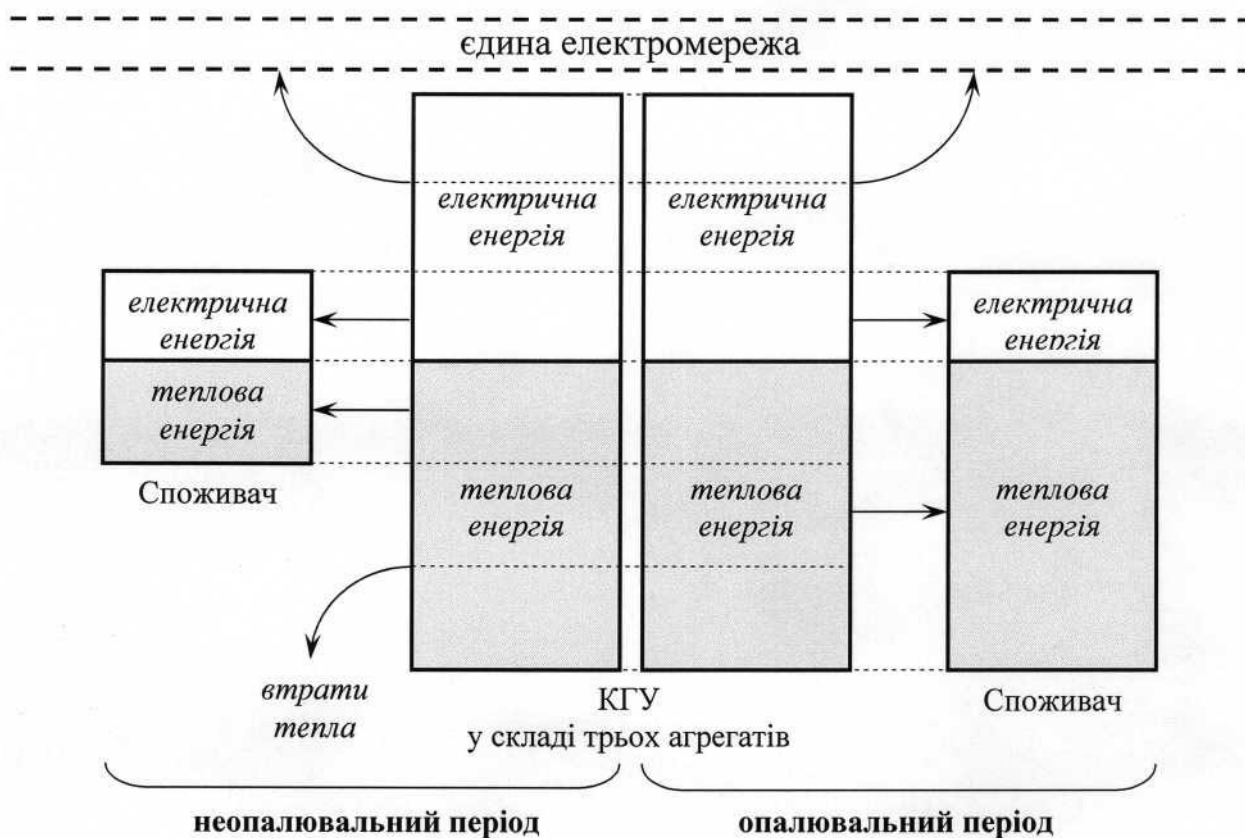


Рис.4. Схема енергопостачання на базі КГУ (IV варіант)

Сумарний ККД агрегатів КГУ дорівнює $\eta_{\Sigma}^{КГУ} = 0,92$. Співвідношення вироблених КГУ теплової та електричної енергії становить 1,19, що обумовлює значення електричного та теплового ККД КГУ: $\eta_e^{КГУ} = 0,42$ та $\eta_T^{КГУ} = 0,5$, відповідно. Узгодження споживача та КГУ відбувається за тепловою енергією.

Результати досліджень. Для визначення коефіцієнта економії палива ε , що характеризує, яку частину палива, витрачену за традиційною технологією на енергопостачання об'єкта, можна економити, застосовуючи когенераційну технологію, використовуємо рівняння, наведені в [5]. У загальному вигляді формула може бути записана у вигляді:

$$\varepsilon = \frac{Q_n^{окр} - \left(Q_n^{КГУ} \mp \frac{\Delta Q_e}{\eta_{ТЕС}} + \frac{\Delta Q_T}{\eta_{\kappa}} \right)}{Q_n^{окр}}, \quad (1)$$

де $Q_n^{окр} = B^{окр} Q_H^p$ – кількість тепла палива, що витрачена в одиницю часу за традиційною технологією, кВт; $B^{окр}$ – кількість палива, витраченого в одиницю часу за традиційною технологією, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_H^p = 35700 \text{ кДж}/\text{м}^3$ – нижча теплота згоряння природного газу; $Q_n^{КГУ} = B^{КГУ} Q_H^p$ – кількість тепла палива, що витрачається в одиницю часу за когенераційною технологією, кВт; $B^{КГУ}$ – кількість палива, витраченого в одиницю часу за когенерацій-

ною технологією, $\text{м}^3/\text{с}$; ΔQ_e – електричні потужності, що віддаються до (отримуються з) єдиної електромережі, кВт; $\eta_{TEC} = 0,32$ – ККД теплової електростанції – агрегату, за допомогою якого виробляється електрична енергія при традиційній схемі енергопостачання; ΔQ_T – кількість додаткових теплових потужностей, кВт; $\eta_k = 0,8$ – ККД котельної установки – агрегату, за допомогою якого виробляється тепла енергія при традиційній схемі енергопостачання.

Перед виразом $\Delta Q_e / \eta_{TEC}$ ставимо знак «–», якщо електрична енергія віддається, а знак «+», якщо електрична енергія отримується з єдиної електромережі.

Кількість тепла палива, що витрачена за традиційною технологією $Q_n^{окр}$, визначаємо, виходячи з теплових та електричних потужностей споживача:

$$Q_n^{окр} = \frac{Q_T^{cn}}{\eta_k} + \frac{Q_e^{cn}}{\eta_{TEC}}. \quad (2)$$

Кількість тепла палива, що витрачена за когенераційною технологією $Q_n^{КГУ}$, визначаємо, виходячи з теплових або електричних потужностей КГУ і кількості агрегатів у складі КГУ:

$$Q_n^{КГУ} = n \frac{Q_T^{КГУ}}{\eta_T^{КГУ}} \quad \text{або} \quad Q_n^{КГУ} = n \frac{Q_e^{КГУ}}{\eta_e^{КГУ}}, \quad (3)$$

де n – кількість агрегатів у складі КГУ; $Q_T^{КГУ}$ та $Q_e^{КГУ}$ – тепла та електрична потужність одиничного агрегату КГУ; $\eta_T^{КГУ}$ – тепловий ККД КГУ; $\eta_e^{КГУ}$ – електричний ККД КГУ.

Витрати палива при енергопостачанні за традиційною технологією:

$$B^{окр} = B_1^{окр} + B_2^{окр} = \frac{86400 \tau_1 Q_{n1}^{окр}}{Q_n^p} + \frac{86400 \tau_2 Q_{n2}^{окр}}{Q_n^p}, \quad (4)$$

де $B_1^{окр}$ та $B_2^{окр}$ – витрати палива при енергопостачанні за традиційною технологією в опалювальний та неопалювальний період, м^3 ; $Q_{n1}^{окр}$ та $Q_{n2}^{окр}$ – тепло палива, витраченого в одиницю часу за традиційною технологією в опалювальний та неопалювальний період, кВт; τ_1 та τ_2 – тривалість опалювального та неопалювального періоду, дб.

Витрати палива при енергопостачанні за когенераційною технологією:

$$B^{КГУ} = B_1^{КГУ} + B_2^{КГУ} = \frac{86400 \tau_1 (Q_{n1}^{КГУ} + Q_n^{КГУ})}{Q_n^p} + \frac{86400 \tau_2 Q_{n2}^{КГУ}}{Q_n^p}, \quad (5)$$

де $Q_n^{КГУ} = \Delta Q_T / \eta_k$ – тепло палива, витраченого в одиницю часу в котельній установці, кВт; $Q_{n1}^{КГУ}$ та $Q_{n2}^{КГУ}$ – тепло палива, витраченого в КГУ в одиницю часу в опалювальний та неопалювальний період, кВт; $B_1^{КГУ}$ та $B_2^{КГУ}$ – витрати палива при енергопостачанні за когенераційною технологією в опалювальний та неопалювальний період, м^3 .

Річна економія палива E при переході з традиційної на когенераційну схему енергопостачання складається з економії палива в опалювальний E_1 і неопалювальний E_2 періоди року ($\text{м}^3/\text{рік}$):

$$E = E_1 + E_2, \quad (6)$$

де $E_1 = B_1^{окр} \varepsilon_o$; $E_2 = B_2^{окр} \varepsilon_n$; ε_o та ε_n – коефіцієнт економії палива в опалювальний та неопалювальний періоди року.

Враховуючи вартість одиниці палива w , можна визначити річну економію коштів при енергопостачанні об'єкта за рахунок використання КГУ:

$$W_{\varepsilon} = wE. \quad (7)$$

Вартість палива постійно змінюється і має загальну тенденцію до зростання. Для порівняння схем когенераційного енергопостачання достатньо зупинитись на певному значенні w . Наприклад, вартість 1 м³ природного газу на території України в травні 2013 року дорівнювала $w \approx 3,2$ грн/м³ [7]. Треба зауважити, що зі зростанням ціни на паливо, збільшується річна економія коштів від використання КГУ та зменшується строк окупності КГУ.

Питома вартість 1 кВт електричної потужності КГУ становить 300–800 дол. США (рис.5) [8].

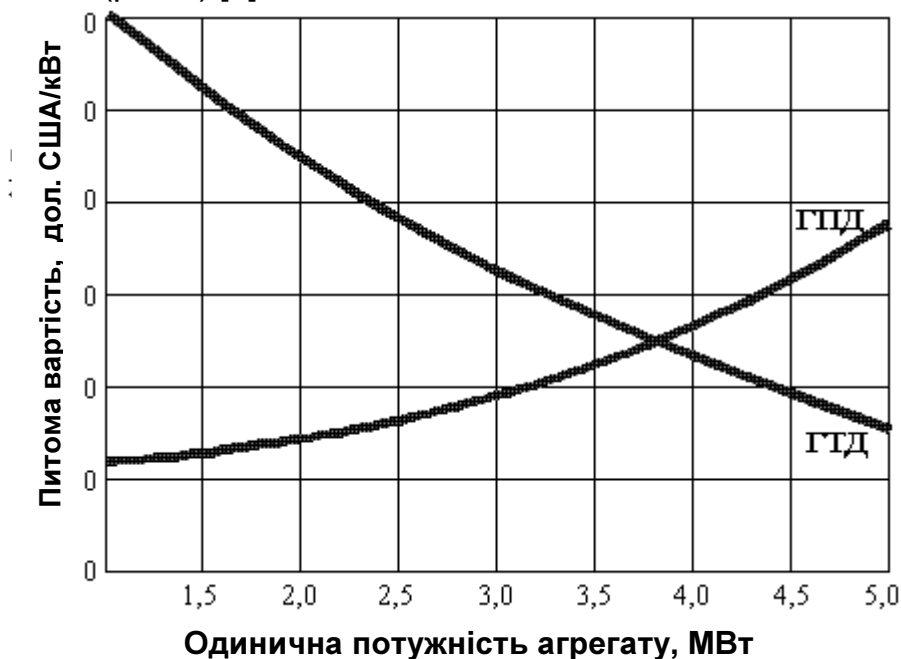


Рис.5. Питома вартість поршневої та турбінної КГУ

Вартість КГУ на основі поршневого ДВЗ при одиничних потужностях менше 1 МВт становить близько 320 дол. США за 1 кВт електричної потужності, що дозволяє визначити вартість КГУ у всіх варіантах когенераційного енергопостачання.

Треба зауважити, що в I варіанті енергопостачання, крім КГУ в опалювальний період, використовується КУ, потужність якої 400 кВт. Враховуючи вартість 1 кВт теплової потужності, що становить близько 500 грн/кВт, вартість КУ $W^{KY} \approx 200\,000$ грн, яку треба додати до вартості самої КГУ.

Строк окупності КГУ (у роках) можна розрахувати за формулою:

$$T = \frac{(W^{КГУ} + W^{KY})k}{W_{\varepsilon}}, \quad (8)$$

де $k \approx 1,1$ – коефіцієнт, що враховує заробітну платню персоналу та інші щорічні витрати при обслуговуванні обладнання.

Результати отриманих розрахунків наведені у вигляді табл. 2.

2. Порівняння варіантів когенераційного енергопостачання

Параметри		Варіант когенераційного енергопостачання							
		I		II		III		IV	
Період року		неоп.	опал.	неоп.	опал.	неоп.	опал.	неоп.	опал.
Потужності КГУ	теплова $Q_T^{КГУ}$, кВт	200	200	200	600	400	600	600	600
	електрична $Q_n^{КГУ}$, кВт	168	168	168	504	336	504	504	504
Додаткові теплові потужності КУ ΔQ_T , кВт		-	400	-	-	-	-	-	-
Теплота палива, витрачен. в КУ $Q_n^{КУ}$, кВт		-	500	-	-	-	-	-	-
Взято з (віддано до) єдиної електромережі ΔQ_e , кВт		72	72	72	(264)	(96)	(264)	(264)	(264)
Теплота палива, витрачен. в КГУ $Q_n^{КГУ}$, кВт		400	400	400	1 200	800	1 200	1 200	1 200
Коеф. економії палива ε		0,375	0,25	0,375	0,75	0,5	0,75	0,625	0,75
Фактичні витрати палива $B^{КГУ}$, тис. м ³		172,3	407,3	172,3	543,0	344,6	543,0	516,9	543,0
		579,6		715,3		887,6		1 059,9	
Теплота палива, витрачена за традиц. техн. $Q_n^{окр}$, кВт		1 000	1 500	1 000	1 500	1 000	1 500	1 000	1 500
Витрати палива за традиц. технологією $B^{окр}$, тис. м ³		430,8	678,9	430,8	678,9	430,8	678,9	430,8	678,9
		1109,7		1109,7		1109,7		1109,7	
Економія палива E , тис. м ³		161,6	169,7	161,6	509,2	215,4	509,2	269,3	509,2
		331,3		670,8		724,6		778,5	
Річна економія коштів W_e , тис. грн.		1 060,16		2 146,56		2 318,72		2 491,2	
Економія коштів на один. витр. палива W_e/B , грн./м ³		1,83		3,0		2,61		2,35	
Вартість обладнання $(W^{КГУ} + W^{КУ})$, тис. грн..		630,08		1 290,24		1 290,24		1 290,24	
Строк окупності T , рік		0,654		0,661		0,556		0,518	

Висновки:

1. Незважаючи на збільшення потужності КГУ у варіантах когенераційного енергопостачання II, III та IV в порівнянні з варіантом I і, відповідно, збільшення вартості КГУ, строк окупності у всіх варіантах приблизно однаковий і становить 6,5–8 міс.

2. Річна економія коштів від використання когенераційною технології у варіантах II, III та IV більше, ніж у варіанті I у 2–2,3 раза, що дозволяє отримувати більші доходи після закінчення строку окупності когенераційного обладнання.

3. Вартість обладнання у варіантах II, III та IV є однаковою, але фактичні витрати первинного палива збільшуються: у III варіанті 124 %, а у IV – 148 % від витрат за II варіантом. Річна економія коштів зростає меншими темпами: у III варіанті 108 %, а у IV – 116 % від економії за II варіантом.

4. Найбільшу економію коштів на одиницю фактично витраченого первинного палива отримуємо у II варіанті когенераційного енергопостачання: $\approx 3 \text{ грн/м}^3$, що у 1,5 раза більше, ніж в I варіанті. При вартості первинного палива $3,2 \text{ грн/м}^3$ фактичні затрати при використанні когенераційного енергопостачання за II варіантом, з урахуванням відданої до єдиної електромережі електроенергії, становлять $\approx 0,2 \text{ грн/м}^3$.

Список літератури

1. Клименко В.Н. Когенерационные системы с тепловыми двигателями: справочное пособие: [в 3 ч.] Ч. 1: Общие вопросы когенерационных технологий/Клименко В.Н., Мазур А.И., Сабашук П.П. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 560 с.

2. Феофілов І.В. Підвищення ефективності когенераційної установки на основі двигуна внутрішнього згоряння за рахунок зволоження повітря / І.В. Феофілов // Науковий вісник НУБіП України. – 2013. - №185, ч.1.– С.161-71.

3. Феофілов І.В. Підвищення ефективності роботи когенераційної установки на основі дроблення її енергетичних потужностей / І.В.Феофілов // Науковий вісник НУБіП України. – 2012. - №174, ч.1. – С.75-80.

4. Закон України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу» від 5 квітня 2005 року №2509-IV // Вісник Верховної Ради України (ВВР). – 2005. – №20. – С.278.

5. Горобець В.Г. Когенераційні установки та їх використання в агропромисловому комплексі/ В.Г. Горобець, І.В. Феофілов. – К.:ЦП «Компринт», 2012. – 294 с.

6. Баласанян Г.А. Эффективность перспективных интегрированных систем энергозабезпечення на базі установок когенерації малої потужності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук/ Г.А. Баласанян. – Одеса, 2007. – 36 с.

7. Фактична ціна реалізації для газу природного (Середня митна вартість імпортного природного газу, що склалася у процесі його митного оформлення під час ввезення на територію України (травень 2013). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=209457&cat_id=133291

8. Горозий В.М. Исследование схем выдачи мощности когенерационных газовых электрических станций / В.М. Горозий. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2006/eltf/gorozii/diss/index.htm>

Проанализированы существующие и возможные схемы энергоснабжения на базе когенерационной технологии с точки зрения экономии первичного топлива, определения стоимости и срока окупаемости оборудования.

Когенерационная установка, энергоснабжение на базе когенерационной технологии, режимы согласования поставщика и потребителя энергий, коэффициент экономии топлива, срок окупаемости.

The existent and possible charts of energy supply on a base of cogeneration technology are analysed from point of economy of primary fuel, determination of cost and term of recoupment of equipment.

Cogeneration plant, energy supply on a base of cogeneration technology, modes of concordance of supplier and user of energies, coefficient of economy of fuel, term of recoupment.

УДК 004.4'242:629.311/.314

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧОЇ СИСТЕМИ З ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

О.І. Примак, кандидат історичних наук

Здійснено поетапне моделювання інформаційно-управляючої системи з вантажних перевезень. На основі цього побудовано діаграми FDD, послідовності, потоків даних, прецедентів, класів.

Інформаційне забезпечення, база даних, моделювання, мова UML, діаграма, інформаційна система, вантажні перевезення.

Основна тенденція розвитку підприємств, що займаються вантажними перевезеннями полягає у переході від паперового до електронного обліку, що в свою чергу, надасть можливість швидкого доступу до інформації та вибору оптимальних маршрутів транспортування.

Мета досліджень – аналіз проблемної області, пов'язаної з інформаційно-управляючою системою з вантажних перевезень. На основі аналізу провести моделювання роботи системи.

Матеріали та методика досліджень. Побудова діаграм здійснюється в середовищі Visio 2007 з використанням мови UML, інформаційне забезпечення реалізовано в СУБД реляційного типу Microsoft SQL 2008, програмне забезпечення розроблено на мові програмування C++ в середовищі Embacadero RAD Studio 2010.

Результати досліджень. Динамічний розвиток ринків вантажних перевезень та серйозне посилення конкуренції вимагає від їх учасників вжити всіх необхідних заходів щодо підвищення рівня власної конкурентоспроможності. Хоча існує чимало шляхів для цього, проте одним із основних, на думку автора, є запровадження дієвої інформаційної системи