

Теліженко Олександр Михайлович, д.е.н., проф., головний науковий співробітник науково-дослідного інституту енергоефективних технологій, +38(095)402-08-27, altel@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9864-4098.

Сумський державний університет

вул. Харківська, 116, Суми, 40007, Україна

Сотник Микола Іванович, д.т.н., проф., завідувач кафедри прикладної гідроаеромеханіки, +38(050)327-34-17, ni.sotnik@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4761-8161.

Сумський державний університет

вул. Харківська, 116, Суми, 40007, Україна

Смоленніков Денис Олегович, к.е.н., доцент, доцент кафедри управління ім. Олега Балацького, +38(050)141-94-13, dos@management.sumdu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8418-051X.

Сумський державний університет

вул. Харківська, 116, Суми, 40007, Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ У ПРОЄКТИ РОЗПОДІЛЕНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА МУНІЦИПАЛЬНОМУ РІВНІ¹

Анотація. В статті запропоновані методичні підходи до формування інформаційно-аналітичної системи оцінювання та прогнозування інвестицій в проєкти, що передбачають використання технологій комбінованого розподіленого виробництва електричної і теплової енергії на основі когенераційних установок задля підвищення надійності та безпеки енергопостачання на муніципальному рівні.

Отримані залежності питомих капітальних витрат від встановленої електричної потужності та технологічних характеристик енергогенеруючого обладнання для різних об'єктів, зокрема, газопоршневих когенераційних установок, блочно-модульних котелень для відокремлених (локальних) муніципальних котелень, лікувальних закладів та багатопверхових житлових будинків.

Результати дослідження спрямовані на забезпечення прийняття ефективних стратегічних рішень з децентралізації управління енергетичним комплексом на муніципальному рівні.

Ключові слова: розподілена генерація, система, муніципалітет, капітальні витрати, структура, аналітична база.

Telizhenko Oleksandr, Doctor of Economic Sciences, Professor, Chief Researcher of the Research Institute of Energy Efficient Technologies, +38(095)402-08-27, altel@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9864-4098.

Sumy State University

116, Kharkivska Street, Sumy, 40007, Ukraine

¹ Стаття підготовлена в рамках виконання наукового гранту IZURZ1_224119/1, що фінансується Швейцарським національним науковим фондом (SNNF).

Sotnyk Mykola, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Hydro-Aeromechanics; +38(050)327-34-17, ni.sotnik@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4761-8161.

Sumy State University

116, Kharkivska Street, Sumy, 40007, Ukraine

Smolennikov Denys, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management named after Oleg Balatsky, +38(050)141-94-13, dos@management.sumdu.edu.ua, ORCID ID:0000-0001-8418-051X.

Sumy State University

116, Kharkivska Street, Sumy, 40007, Ukraine

INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR ASSESSING AND FORECASTING INVESTMENTS IN DISTRIBUTED ENERGY SUPPLY PROJECTS AT THE MUNICIPAL LEVEL

Abstract. *The article suggests the methodological approaches to forming an information-analytical system for assessing and forecasting investments in projects involving technologies for combined distributed production of electricity and heat based on cogeneration units to improve the energy supply's reliability and security at the municipal level.*

The structure of capital costs at the stage of feasibility study for the implementation of distributed generation projects is suggested in this article. The features of the auxiliary equipment, metering units of different types of power generating units are taken into consideration. Based on open data, the dependence of the specific cost indicators of gas-piston cogeneration units in relation to 1 kW of electrical power is obtained, and the feasibility of its use in conditions of limited data on prices for such units is proven.

The dependencies of specific capital costs on the installed electrical capacity and technological characteristics of generating equipment for various facilities, in particular, gas-piston cogeneration units, block-modular boilers for separate (local) municipal boiler houses, medical institutions and high-rise residential buildings, are obtained.

The research results aim to ensure the effective strategic decisions on decentralizing energy sector management at the municipal level.

Keywords: *distributed generation, system, municipality, capital expenditures, structure, analytical framework.*

Постановка проблеми. Впровадження розподіленої генерації та забезпечення резервними джерелами енергії житлового сектору та об'єктів критичної інфраструктури на муніципальному рівні з використанням когенераційних енергетичних установок є пріоритетною задачею в умовах російської агресії.

Закон України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу» [1] визначає правові, економічні та організаційні засади діяльності суб'єктів відносин у сфері використання когенераційних установок, регулює відносини, пов'язані з

особливостями виробництва, передачі, розподілу і постачання електричної та теплової енергії від когенераційних установок.

При цьому, Кабінетом Міністрів України було спрощено процедуру будівництва або розміщення когенераційних установок на період воєнного стану [2], що дозволило суттєво скоротити строки підготовки до будівництва та оперативно реагувати на енергетичні виклики. Разом з тим, передбачено, що після завершення воєнного стану суб'єктам господарювання надається до 6 місяців для оформлення речових прав на земельні ділянки, розробки та затвердження проектної документації, отримання звіту про проведення експертизи та сертифіката про прийняття об'єкта в експлуатацію. Це свідчить про необхідність проведення системної роботи як на стадії прийняття передпроектних рішень так і на стадії проєктування.

Така системна робота має проводитись на основі місцевих енергетичних планів, які повинні розроблятися у відповідності до Наказу Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 21.12.2023 р. № 1163 «Про затвердження Методики розроблення місцевих енергетичних планів» [3]. Метою місцевого енергетичного плану, крім іншого, є «визначення пріоритетних секторів енергетичного планування для залучення інвестицій і раціонального використання бюджетного фінансування для енергетичної модернізації об'єктів та інфраструктури території територіальних громад і регіонів», що, з практичної точки зору, означає фінансове планування енергетичної модернізації.

Загальні вимоги до складу та змісту техніко-економічного обґрунтування (ТЕО), техніко-економічних розрахунків (ТЕР) та кошторисної документації визначені в ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» [4]. Міністерство промислової політики України наказом № 373 від 09.07.2007 року затвердило «Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості» [5]. Відповідні методичні рекомендації затвердило і Міністерство палива та енергетики України, в яких враховується специфіка енергетичної галузі [6]. Вказані документи є офіційними та такими, які

визначають структуру собівартості продукції/послуг та порядок визначення відповідних витрат.

Разом з тим, на стадії передпроектних рішень (ТЕО і ТЕР) досить часто виникає проблема обмеженої загальної аналітичної інформації (питомих показників, відносних технологічних, регіональних, галузевих та інших показників). Така проблема є актуальною для технологічно нових об'єктів/обладнання, коли відповідна статистична інформація ще не накопичилась. Це стосується і прийняття передпроектних рішень щодо будівництва об'єктів/установок розподіленого енергопостачання на муніципальному рівні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідно зазначити, що систематизованих даних про залежність питомих капітальних та експлуатаційних витрат від встановленої електричної/теплової потужності як газопоршневих когенераційних установок так і блочно-модульних газових котелень вкрай мало. Це обумовлено, перш за все, недостатньою статистичною базою реалізованих проєктів, а також надмірною «комерційною таємницею» як з боку замовників так і з боку підрядників.

В роботі [7] наводить деякі узагальнені дані про «...вартість встановлення когенераційної електричної потужності 1 МВт – 700-900 тис. дол. США» та термін окупності «...при ціні газу 0,2 дол./м³ на рівні 2,5 опалювальних сезонів». Ці дані отримали широке розповсюдження і приймаються за основу на стадії передпроектних рішень. Разом з тим, вони не відображають а ні структуру капіталовкладень, а ні специфічних технологічних умов встановлення когенераційних установок.

Важлива, з практичної точки зору, інформація міститься в роботах [8, 9]. Зокрема, в роботі [8] автори досліджують динаміку зменшення витрати умовного палива, під час роботи газопоршневої когенераційної установки, в порівнянні з роздільною схемою енергопостачання та вплив співвідношення цін електроенергії та комерційного природного газу на собівартість вироблення теплоти котельнею з когенераційною установкою. Автори роблять висновок, що «...використання

газопоршневої когенераційної установки для покриття власних потреб в електроенергії джерела системи централізованого теплопостачання, стає економічно доцільним у разі співвідношення ціни 1 кВт·год електроенергії та природного газу більше ніж 2,4».

В роботі [9] проведено моделювання ефективності встановлення когенераційної установки. Було обрано водогрійну опалювальну котельню з приєднаним тепловим навантаженням по опаленню 45,7 Гкал/год або 53,2 МВт. Розрахункова потужність власних електричних потреб в розрахунковому опалювальному режимі складає 1070 кВт. Розрахункова собівартість теплоти від даної котельні склала 438 грн/ГДж. Автори наводять залежність зміни собівартості теплоти від котельні при встановленні газопоршневої когенераційної установки за умов різних співвідношень цін електроенергії та комерційного природного газу. Ця інформація, на наш погляд, має важливе практичне значення для прийняття рішень щодо встановлення газопоршневих когенераційних установок.

В роботі [10] наведені розрахункові економічні порівняльні дані переваги розвитку когенерації замість роздільної газової генерації.

В роботі [11] запропоновані науково-методичні підходи та розроблені прикладні моделі прогнозування вартісних показників енергозабезпечення для кінцевого споживача з урахуванням ефективності конверсії первинних палив у джерелах теплової генерації, які працюють в режимі комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (з оцінюванням їх маневрових можливостей).

Як позитивний приклад для інших територіальних громад можна рекомендувати рішення Київської міської ради [12] в якому містяться дані про джерела та інструменти фінансового забезпечення, організаційно-управлінське та технологічне забезпечення впровадження розподіленої когенерації.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті полягає у розробці методичних підходів до формування інформаційно-аналітичної бази оцінювання та прогнозування обсягів капіталовкладень у будівництво та експлуатацію установок розподіленого енергопостачання на муніципальному

рівні, зокрема: для відокремлених/локальних муніципальних котелень з установкою газпоршневих когенераційних установок; для лікувальних закладів з установкою газпоршневих когенераційних установок або блочно-модульних котелень; для багатоповерхових житлових будинків з установкою блочно-модульних котелень.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів.

Визначення капітальних витрат. Визначення капітальних витрат пропонується проводити у відповідності до структури, наведеної в таблиці 1.

Таблиця 1 – Структура капітальних витрат на газопоршнєві когенераційні установки, газові блочно-модульні котельні та газові електрогенератори.

№	Показники	Джерела інформації/структура витрат
1	Вартість основного енергогенеруючого обладнання (когенераційна установка, блочно-модульна котельня, газовий електрогенератор)	Дані виробників/дилерів. Розрахункові дані.
2	Вартість вузлів обліку:	Дані виробників/дилерів
2.1	- лічильник природного газу	
2.2	- лічильник електроенергії	
2.3	- лічильники холодної води: для обліку витрат води на власні потреби; для обліку води, що використовується для підживлення тепломережі (компенсації втрат мережевої води)	
3	Вартість пристрою плавного пуску насосного обладнання (в разі технологічної потреби)	Дані виробників/дилерів
4	Всього вартість обладнання	
5	Транспортні витрати	3 % від вартості обладнання (п. 4)
6	Разом вартість обладнання + транспортні витрати	
9	Заготівельно-складські витрати	0,9 % від вартості обладнання+ транспортні витрати (п. 6)
7	Вартість електротехнічної частини	10 % від вартості основного обладнання (п. 1)
8	Вартість тепломеханічної частини	15 % від вартості основного обладнання (п. 1)
9	Вартість будівельно-монтажних робіт	15 % від вартості обладнання (п. 4)
10	Вартість проектно-вишукувальних робіт	10 % від вартості будівельно-монтажних робіт (п. 9)
11	Всього капітальні витрати	

Визначення вартості газопоршневих когенераційних установок (КГУ). Визначення вартості КГУ доцільно проводити на основі відкритої інформації

виробників/дилерів. Разом з тим, як правило, виробники та дилери не оприлюднюють у відкритому доступі ціни на КГУ. Крім того, ціни на КГУ різних виробників (навіть коли вони є тотожними по електричній та тепловій потужності) можуть відрізнятися. Для вирішення цієї проблеми нами, на основі даних, наведених в таблиці 2, була розроблена залежність питомих показників вартості КГУ у відношенні до 1 кВт електричної потужності (рис 1).

Таблиця 2 – Ціни на КГУ (на основі оформлених договорів на постачання за результатами відкритих торгів у Prozorro).

Марка КГУ	Електрична потужність, кВт	Ціна, грн.	Питома ціна, грн./кВт
Deutz TCG 2015 V08	200	4 800 000	24000
KE-MNG 500-AS	530	14 747 000 ²	27825
JMS 620 GS - NL	3300	63 510 000	19245
JGC 420 GS - NL	1500	28 000 000	18667
JMS 624 GS - NL	4500	82 000 000	18222
JGC 320 GS - NL	750	19 000 000	25334
Середнє значення			22216

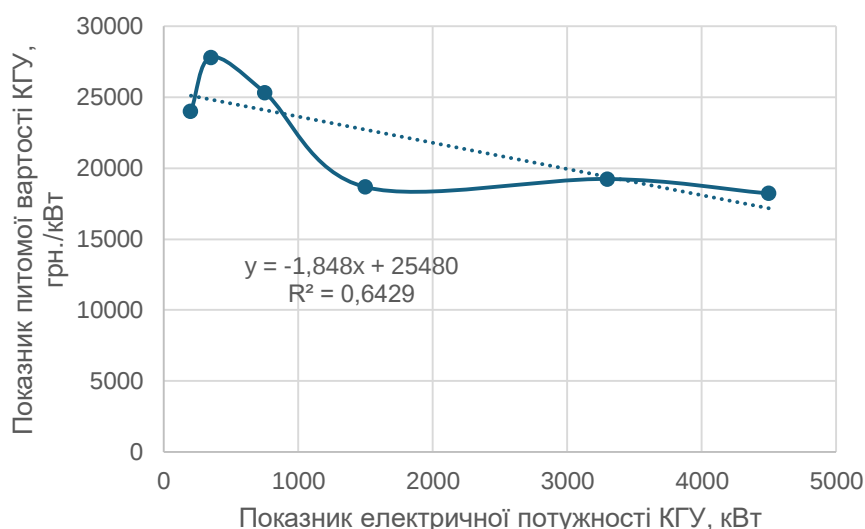


Рисунок 1 – Залежність показника питомої вартості КГУ від показника електричної потужності.

Такий підхід є цілком прийнятним, оскільки на стадії ТЕО, коли проводиться обґрунтування основних технічних рішень, виробник та марка когенераційної установки вказуються виключно для ідентифікації технічних характеристик, які

² Ціна вказана з послугами на монтаж і пуско-налагоджувальні роботи.

відповідають розрахунковим даним встановленої електричної та теплової потужності. Отримана лінійна залежність (1) дозволяє визначати вартість КГУ з відповідними розрахунковими характеристиками електричної/теплової потужності.

$$y = -1,848x + 25480, \quad (1)$$

де: y – показник питомої вартості КГУ, грн./кВт;

x – показник електричної потужності КГУ, кВт.

Визначення капітальних витрат на транспортабельні газові блочно-модульні котельні. Базова комплектація транспортабельних газових блочно-модульних котелень визначає особливості вибору додаткового технологічного обладнання та оцінки капітальних витрат. Як правило, передбачається встановлення електричного генератора для живлення технологічного обладнання блочно-модульної котельні. Потужність приймається по паспорту електричного навантаження блочно-модульної котельні. Але, для забезпечення стабільної роботи генератора, рекомендується приймати його номінальну потужність на 20-25 % більшою від електричного навантаження модульної котельні. Для пуску електродвигунів технологічного обладнання блочно-модульної котельні (насоси, вентилятори та ін.) рекомендується встановлювати пристрій плавного пуску насосного обладнання (наприклад, тиристорний перетворювач).

Для забезпечення електроживлення лікувальних закладів (під час аварійного/планового відключення від електромережі) пропонується встановлення окремого газового електрогенератора. Потужність генератора визначається максимальною одиничною потужністю технологічного обладнання (наприклад кисневої станції) з можливістю автоматичного переключення електричного навантаження.

Вартість вузлів обліку. Враховуючи, що КГУ має окремий технологічний цикл, а тарифи на природний газ, воду та на вироблену теплову і електричну енергію можуть відрізнятися від діючих, передбачається встановлення окремих

вузлів обліку. При цьому, такий підхід обумовлений і вимогами «Методики визначення ефективності процесу когенерації» [13].

Визначення експлуатаційних/поточних витрат. В загальному вигляді структура експлуатаційних витрат складається з:

- витрат на газ (при розрахунках фізичних витрат газу доцільно паспортні дані, при відповідному процентному навантаженні енергогенеруючої установки, доцільно скоригувати на показник теплотворної здатності природного газу і ККД відповідної установки);
- витрат на моторну оливу;
- витрати на технічне обслуговування;
- витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу.

Витрати на газ. Вартість спожитого газу в річному вимірі (за опалювальний сезон) розраховувалась на основі паспортних даних про витрати газу $\text{нм}^3/\text{годину}$, скоригованих на теплотворну здатність природного газу і ККД КГУ, генератора по формулі:

$$B_{\text{газ}} = T_{\text{ос}} \cdot \frac{V}{1000} \cdot P, \quad (2)$$

де: $B_{\text{газ}}$ – вартість спожитого газу за опалювальний сезон, грн.; $T_{\text{ос}}$ – тривалість опалювального сезону, годин; V – паспортні дані про витрати газу, скориговані на теплотворну здатність природного газу і ККД КГУ, генератора, $\text{нм}^3/\text{годину}$; P – тариф на природний газ для відповідної категорії споживачів, грн./за 1 тис. м^3 .

При визначенні вартості спожитого газу слід враховувати, що до відокремлених котелень можуть бути приєднані різні категорії споживачів (населення, бюджетні установи, виробнича сфера) для яких встановлені різні тарифи на газ. В цьому випадку, на стадії ТЕО, цілком прийнятним є використання показника середньозваженого тарифу, який розраховувався на основі даних про тарифи на природний газ для трьох категорій споживачів – населення, бюджетна сфера, виробнича сфера та відповідної структури теплопостачання від відповідного енергогенеруючого об'єкта.

Витрати на моторну оливу. Витрати на оливу розраховуються на основі паспортних даних про питомі витрати г/кВт·год рекомендованої марки оливи для газових двигунів, її поточної ціни та вимог щодо частоти заміни оливи.

Витрати на технічне обслуговування. Як правило, технічне обслуговування (види робіт та їх періодичність), здійснюється на основі вимог керівництва з експлуатації відповідної енергогенеруючої установки. Оскільки на стадії ТЕО марка установки не визначається, для розрахунку витрат на технічне обслуговування можуть бути прийняті актуальні дані (станом на дату розробки ТЕО.) про закупівлю послуг з технічного обслуговування на відкритих торгах. При цьому, витрати на технічне обслуговування можуть бути скориговані пропорційно потужності відповідної енергогенеруючої установки. Оскільки витрати на ТО 2 і ТО 3 враховуються в межах одного опалювального сезону, необхідно визначити їх вид та кількість в межах одного року з урахуванням графіку міжремонтних циклів.

На основі приведених вище методичних підходів були розрахункові питомі витрати на будівництво/експлуатацію газопоршневих когенераційних установок, транспортабельних газових блочно-модульних котелень для відокремлених котелень, лікувальних закладів та житлових будинків для об'єктів Сумської міської територіальної громади (табл. 3).

Розрахунки були проведені з урахуванням наступних умов:

- відокремлені котельні працюють в режимі «енергетичний острів» (електрична потужність генерації визначалась за умови забезпечення електроенергією всіх струмоприймачів котельні та їх функціонування у режимі «енергетичного острова», тобто за умови повного відключення від мережі електроживлення та «скидання» (утилізації) теплової енергії у теплові мережі споживання, що приєднані до котельні);

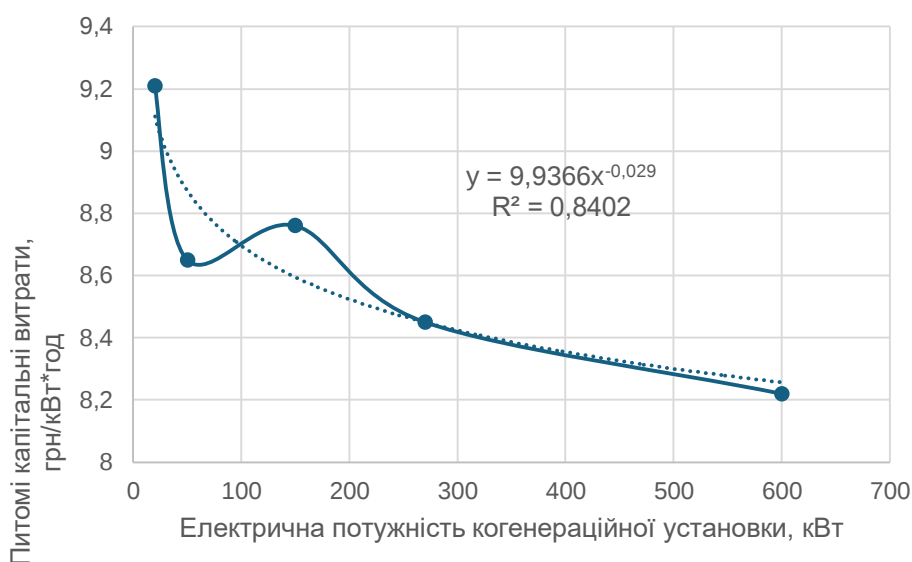
- коефіцієнт співвідношення споживання природного газу «паспортні дані/з урахуванням теплотворної здатності природного газу і ККД КГУ» приймався на рівні 1,06;

Таблиця 3 – Розрахункові питомі витрати на будівництво/експлуатацію газопоршневих когенераційних установок, транспортабельних газових блочно-модульних котельнь

№	Марка основного і допоміжного обладнання	Потужність установок, кВт		Питомі капітальні витрати		Питомі поточні витрати	
		Електрична	Теплова	Грн/кВт·год	Грн/Гкал	Грн/кВт·год	Грн/Гкал
Відокремлені котельні (когенераційні установки)							
1	PowerLink TCG600-NG	600,0	654,0	8,22	8771,2	2,68	2863,0
2	PowerLink CG270-NG	270,0	386,0	8,45	7211,6	3,02	2580,4
3	PowerLink CG150-NG	150,0	207,0	8,76	7383,0	3,39	2859,2
5	PowerLink CG100-NG	100,0	138,0	7,82	6592,3	3,93	3317,0
6	PowerLink CG75-NG	75,0	106,0	7,72	7572,4	3,50	3425,6
8	PowerLink CG50-NG	50,0	73,0	8,65	6886,6	4,94	3936,6
9	PowerLink ACG20S-NG	20,0	46,0	9,21	4658,5	8,74	4421,5
Лікувальні заклади (когенераційні установки)							
10	PowerLink CG220-NG	220,0	237,0	8,46	9128,0	4,55	4909,0
11	PowerLink CG150-NG	150,0	207,0	8,76	7383,0	5,24	4416,7
12	PowerLink CG100-NG	100,0	138,0	7,82	6592,3	5,92	4994,0
Лікувальні заклади (блочно-модульні котельні)							
13	Transexpress TE 1350-Б Генератори: Generac SG 028 Generac SG 080	112,0	1458,0	28,6	2002,9	37,6	2631,0
14	Transexpress TE 675-Б Генератори: Generac SG 028 Generac SG 056	93,0	725,0	28,0	3348,3	25,1	3005,6
15	Transexpress TE 450-Б Генератори: Generac SG 028 Generac SG 104	136,0	486,0	21,9	5473,6	14,1	3522,5
16	Transexpress TE 675-Б Генератори: Generac SG 028 Generac SG 056	82,0	486,0	25,0	3584,8	21,7	3115,2
Житлові будинки (блочно-модульні котельні)							
17	Житловий будинок: 9 поверхів, 11 під'їздів. Transexpress TE 1350-Б Генератор Generac SG 028	32,0	1458,0	56,1	1431,8	43,2	1102,1
18	Житловий будинок: 5 поверхів, 4 під'їзди. Колві КМ-2-600-500Д Генератор Generac SG 028	32,0	582,0	35,6	2275,0	22,5	1441,5
19	Житловий будинок: 14 поверхів, 1 під'їзд. Transexpress TE 450-Б Генератор Generac SG 028	32,0	450,0	30,9	2554,3	18,1	1493,0

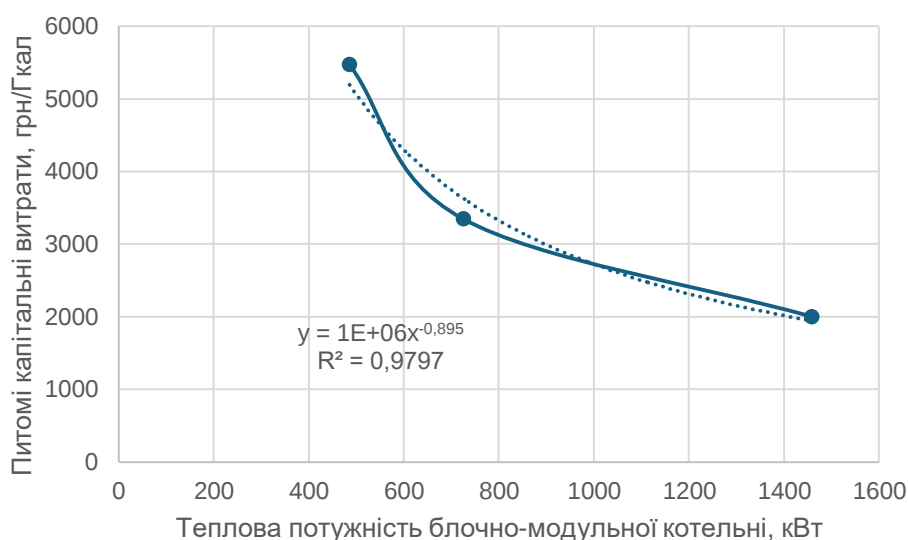
- тривалість опалювального сезону – 4 392 годин;
- тариф на природний газ, грн/1 тис. м³: населення – 7420,0; бюджетна сфера – 16508,45; виробнича сфера – 16390,0; середньозважений тариф – 9797,3.

На рис. 2-5 наведено залежності питомих капітальних витрат для відвстановленої електричної/теплової потужності енергогенеруючих установок.



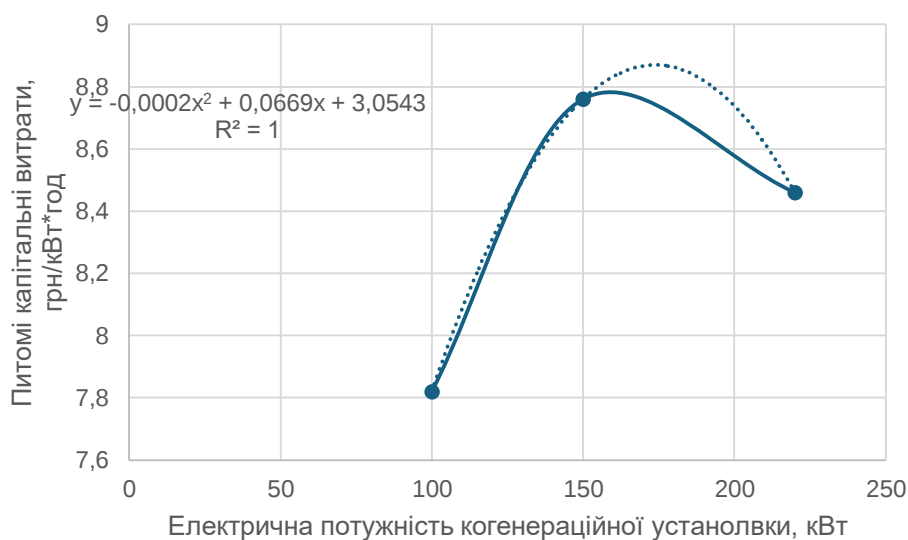
$$y = 9,9366x^{-0,029}, R^2 = 0,84$$

Рисунок 2 – Залежність питомих капітальних витрат від електричної потужності газопоршневих когенераційних установок (відокремлені котельні)



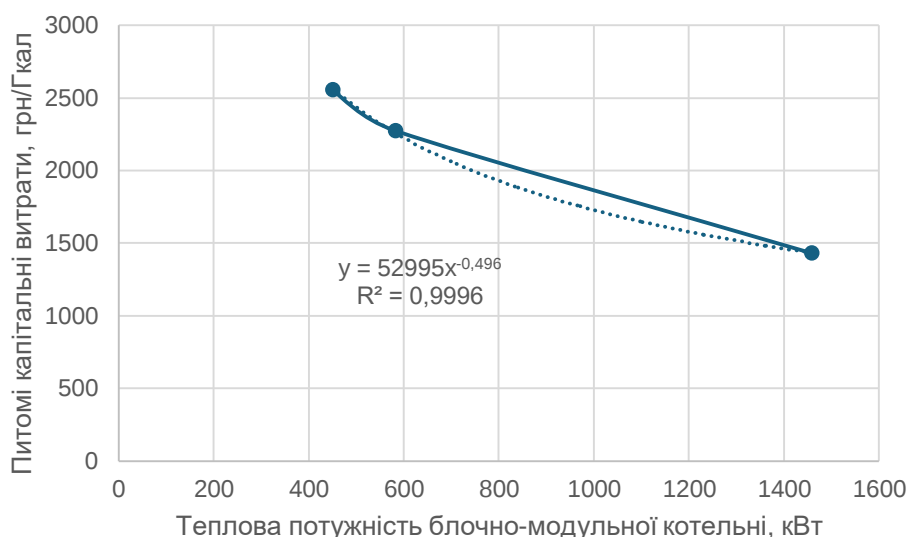
$$y = 1E + 0,6x^{-0,895}, R^2 = 0,97$$

Рисунок 3 – Залежність питомих капітальних витрат від теплової потужності блочно-модульних котелень (лікувальні заклади)



$$y = -0.0002x^2 + 0,0669x + 3,0543; R^2 = 0,98$$

Рисунок 4 – Залежність питомих капітальних витрат від електричної потужності газопоршневих когенераційних установок (лікувальні заклади)



$$y = 52995x^{-0,496}, R^2 = 0,98$$

Рисунок 5 – Залежність питомих капітальних витрат від теплової потужності блочно-модульних котелень (житлові будинки)

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Отримані залежності питомих капітальних витрат від електричної/теплової потужності різних типів енергогенеруючих установок для різних об'єктів енергопостачання можуть бути використані лише на передпроектній стадії. Разом з тим, вони дають можливість оцінити обсяги

необхідних капіталовкладень, що, на рівні прийняття стратегічних рішень, є надзвичайно актуальним.

При монтажу когенераційних установок у відокремлених котельнях спостерігається тенденція монотонного зменшення питомих капітальних витрат при зростанні встановленої потужності КГУ (рис.2). Така ж тенденція має місце і при встановленні блочно-модульних котелень у лікувальних закладах (рис. 3).

При встановленні когенераційних установок в лікувальних закладах спостерігається зростання питомих капітальних витрат на відповідному інтервалі встановленої потужності з наступним монотонним зменшенням. Це пояснюється специфікою об'єкта – лікувального закладу. При малих потужностях когенераційних установок вони забезпечують загальні потреби лікувального закладу в електроенергії і не можуть забезпечити енергоємні технологічні установки (кисневі станції, операційні блоки, рентген-установки тощо). Подальше зростання встановленої потужності дозволяє задіяти їх для забезпечення електроенергією вказаного обладнання з відповідною логікою «монотонного зменшення при зростанні встановленої потужності» (рисунк 4). Очевидно, що для лікувальних закладів більш прийнятним є варіант оснащення блочно-модульними котельнями та газовими електрогенераторами, які мають більший діапазон регулювання потужності.

Результати розрахунків для багатоповерхових житлових будинків (рис. 5) свідчать про доцільність встановлення, зокрема, блочно-модульних котелень в тому числі для групи компактно розташованих будинків (в центральних теплових пунктах).

З метою розширення інформаційно-аналітичної бази визначення капіталовкладень в проєкти розподіленої генерації доцільно, на наш погляд, провести дослідження роботи енергогенеруючих установок в різних конфігураціях, зокрема «мережева станція», «мережева станція – міні ТЕЦ».

В першому варіанті необхідно забезпечити «перетоки» певних обсягів згенерованої електроенергії у загальну мережу, або відокремленим локальним споживачам. За цим варіантом потужність генерації може обмежуватися

можливостями пропускної здатності газових/електричних мереж, тиску природного газу, що обумовлює додаткові капіталовкладення як в мережі так і в систему забезпечення балансування електромережі.

У другому варіанті передбачається оформленням необхідних дозвільних документів «гравця» енергетичного ринку, або учасника віртуальної електростанції. Обсяги генерації електроенергії у цьому випадку мають обмежуватися можливостями утилізації теплової енергії споживачам, приєднаним до котельні. Впровадження такого варіанту потребуватиме модернізації газових мереж з метою збільшення їх пропускної спроможності до максимально можливої, модернізації електричних мереж та електричного обладнання для приймання розподільчими мережами визначених обсягів електроенергії, впровадження додаткових техніко-екологічних заходів щодо зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище та населення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу [Електронний ресурс]: Закон України від 05 квітня 2005, № 2509-IV: станом на 12 березня 2025 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2509-15#Text> (дата звернення: 12.01.2025).
2. Деякі питання будівництва та/або відновлення, та/або реконструкції, та/або розміщення, та/або капітального ремонту газопоршневих та газотурбінних установок, зокрема когенераційних, блочно-модульних котелень, дизельних/бензинових та газових генераторів, об'єктів газосховищ та об'єктів нафтогазовидобування, на період воєнного стану [Електронний ресурс]: Постанова Каб. Міністрів України від 7.12.2023 р. № 1320. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1320-2023-%D0%BF#Text> (дата звернення: 12.01.2025).
3. Про затвердження Методики розроблення місцевих енергетичних планів [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 21.12.2023 р. № 1163. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0245-24#Text>.
4. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво – [Чинний від 2014-10-01]. – Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 40 с. Режим доступу: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf>.
5. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства промислової політики України від 09.07.2007 р. № 373. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0373581-07#Text> (дата звернення: 12.01.2025).
6. Про затвердження Методичних положень з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) на підприємствах з газопостачання та газифікації [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства палива та енергетики України від 20.10.2006 р. № 394. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0394558-06#Text> (дата звернення: 12.01.2025).

7. Сігал О. І. Розподілена когенерація – технічний, екологічний та економічний виклик централізованому теплопостачанню. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cigre.org.ua/wp-content/uploads/2024/10/sigal.pdf> (дата звернення: 12.01.2025).

8. Степанов Д. В. Ефективність газопоршневих когенераційних установок в системах централізованого теплопостачання / Д. В., Степанов Н. В. Резидент // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2023. – № 2. – С. 36-41. – Режим доступу: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-167-2-36-41>.

9. Степанов Д. В. Показники ефективності встановлення когенераційної установки на базі опалювальної котельні [Електронний ресурс] / Д. В. Степанов, І. О. Ніколенко, С. М. Оникієнко // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця. 21-23 червня 2023 р. – Електрон. текст. дані. 2023. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17728>.

10. Корсакайте Д. Когенерація малої та середньої потужності в системах централізованого теплопостачання в Україні: потенціал та ефективність [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://energysecurityua.org/ua/blogs-ua/koheneratsiia-maloj-ta-serednoj-potuzhnosti-v-systemakh-tsentralizovanoho-teplopostachannia-v-ukraini-potentsial-ta-efektyvnist/> (дата звернення: 12.01.2025).

11. Формування технологічних структур енергонезалежних громад: монографія / за заг. ред. В. В. Каплуна / Національний університет біоресурсів і природокористування України; Інститут загальної енергетики НАН України. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. 312 с. Режим доступу: <https://www.ienergy.kyiv.ua/vydavnycha-diialnist/monohrafii.html>.

12. Про схвалення Концепції відновлення та підвищення енергетичної стійкості міста Києва (Розподілена когенерація) [Електронний ресурс]: Рішення Київської міської ради від 16.05.2024 р. № 461/8427. – Режим доступу: <https://kmr.gov.ua/uk/content/rishennya-kyivskoyi-miskoyi-rady-10057>. (дата звернення: 12.01.2025).

13. Про затвердження Методики визначення ефективності процесу когенерації [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 05.03.2024 р. № 200. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0624-24#Text>.

REFERENCES:

1. Law of Ukraine On combined production of heat and electricity (cogeneration) and use of waste energy potential, 2005. Kyiv : Parlamentske vydavnytstvo. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2509-15#Text>. [Accessed: 12 March 2025].

2. Some issues of construction and/or restoration, and/or reconstruction, and/or placement, and/or overhaul of gas piston and gas turbine installations, in particular cogeneration, block-modular boiler houses, diesel/gasoline and gas generators, gas storage facilities and oil and gas production facilities, for the period of martial law, 2023. Kyiv : Parlamentske vydavnytstvo. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 7.12.2023 r. № 1320. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1320-2023-%D0%BF#Text>. [Accessed: 12.01.2025].

3. On approval of the Methodology for developing local energy plans, 2023. Kyiv : Parlamentske vydavnytstvo. Nakaz Ministerstva rozvytku hromad, terytorii ta infrastruktury Ukrainy vid 21.12.2023 r. № 1163. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0245-24#Text>. [Accessed: 12.01.2025].

4. Ministry of Regional Development of Ukraine, 2014. DBN A.2.2-3-2014 Composition and content of design documentation for construction. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. Available at: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-A.2.2-3-2014.pdf>. [Accessed: 12.01.2025].

5. Methodological recommendations for the formation of the cost of products (works, services) in industry 2007. Kyiv : Parlamentske vydavnytstvo. Nakaz Ministerstva promyslovoi polityky Ukrainy vid 09.07.2007 r. № 373. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0373581-07#Text>. [Accessed: 12.01.2025].

6. On approval of the Methodological Provisions on planning, accounting and calculating the cost of products (works, services) at gas supply and gasification, 2006. Kyiv : Parlamentske vydavnytstvo. Nakaz Ministerstva palyva ta enerhetyky Ukrainy vid 20.10.2006 r. № 394. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0394558-06#Text>. [Accessed 12.01.2025].

7. Sihal O. I. Rozpodilena koheneratsiia – tekhnichniy, ekolohichniy ta ekonomichniy vyklyk tsentralizovanomu teplopостachanniю. [Distributed cogeneration is a technical, environmental, and economic challenge to district heating]. Available at: <https://cigre.org.ua/wp-content/uploads/2024/10/sigal.pdf>. [Accessed: 12.01.2025].

8. Stepanov D. V., Rezydent N. V., 2023. Efektyvnist hazoporshnevykh koheneratsiinykh ustanovok v systemakh tsentralizovanoho teplopостachannia [Efficiency of gas piston cogeneration units in district heating systems]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, № 2. pp. 36-41.

9. Stepanov D. V. Nikolenko O. I., Onykienko S. M., 2023. Pokaznyky efektyvnosti vstanovlennia koheneratsiinoi ustanovky na bazi opaliuvalnoi kotelni [Efficiency indicators of installing a cogeneration plant based on a heating boiler room]. In: Vinnytsia National Technical University, Materials of the 11th Scientific and Technical Conference of VNTU Divisions, Vinnytsia, June 21-23, 2023. Available at: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17728>.

10. Korsakaite D., 2023. Koheneratsiia maloi ta serednoi potuzhnosti v systemakh tsentralizovanoho teplopостachannia v Ukraini: potentsial ta efektyvnist [Small and medium-sized cogeneration in district heating systems in Ukraine: potential and efficiency]. *Energy Security Project*. Available at: <https://energysecurityua.org.ua/blogs-ua/koheneratsiia-maloi-ta-serednoi-potuzhnosti-v-systemakh-tsentralizovanoho-teplopостachannia-v-ukraini-potentsial-ta-efektyvnist/>. [Accessed: 12.01.2025].

11. Kaplun V. V., Zablodskyi M. M., Trokhaniak V. I., Shvorov S. A., Radko I. P., Stanytsina V. V., Nechaieva T. P., Teslenko O. I., Makarevych S. S., Sorokin D. S., Kovalchuk S. I., Horskyi V. V. and Yakymenko I. Iu., 2024. Formuvannia tekhnolohichnykh struktur enerhonezaleznykh hromad [Formation of technological structures of energy-independent communities]. Odesa : Helvetica Publishing House.

12. On approval of the Concept for restoring and increasing the energy sustainability of the city of Kyiv (Distributed cogeneration), 2024. Kyiv : Rishennia Kyivskoi miskoi rady vid 16.05.2024 r. № 461/8427. Available at: <https://kmr.gov.ua/uk/content/rishennya-kyivskoyi-miskoyi-rady-10057>. [Accessed: 12.01.2025].

13. On approval of the Methodology for determining the efficiency of the cogeneration process, 2024. Kyiv : Parlamentske vydavnytstvo. Nakaz Ministerstva rozvytku hromad, terytorii ta infrastruktury Ukrainy vid 05.03.2024 r. № 200. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0624-24#Text>. [Accessed: 12.01.2025].

Надійшла до редакції 07.02.2025 р.