

УДК 330.322:336.741.231

JEL O 31; O 33

**РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ТА ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ТВЕРДОПАЛИВНИХ
ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ
ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА**

О. Нагорнюк, к. е. н.

ORCID ID: 0000-0002-6382-8097

Львівський національний університет імені Івана Франка

<https://doi.org/10.31734/economics2022.29.067>

Нагорнюк О. Розрахунок економічної ефективності та інвестиційної привабливості твердопаливних теплогенераторів нового покоління для різних видів твердого палива

Проведено пошук альтернативних способів отримання теплової енергії та їх технічної реалізації з метою мінімізації виробничих витрат. Показано, що для низькоенергетичних та побутових потреб доцільним та економічно вигідним є використання сонячної, вітрової енергії або застосування звичайних твердопаливних котлів, а для підприємств із вищими енергетичними потребами такі способи постачання теплової енергії наразі є малоефективними. Проведено аналіз способів постачання теплової енергії для великих виробничих чи побутових приміщень, наприклад, цехів птахофабрик, тваринницьких ферм, складів, теплиць, басейнів, спортивних комплексів, баз відпочинку, сушарок, елеваторів тощо, в яких необхідне тривале підтримання фіксованої температури чи нагрівання води. Встановлено, що звичайні твердопаливні котли не можуть використовуватися для теплопостачання великих об'єктів через їхню недостатню потужність та високі вимоги до вологості палива. Запропоновано використання твердопаливних котлів нового покоління, так званих теплогенераторів, для виготовлення яких застосовують передові технології та ноу-хау. Особливістю теплогенераторів є можливість використання палива вологістю до 50 %, досягнення високої потужності за рахунок отримання високих температур, за яких згоряє не лише паливо, а й продукти згоряння. Для цих котлів немає потреби монтувати димарі, оскільки назовні виділяється чистий, прозорий газ, практична та економічна ефективність використання якого може бути предметом наступних досліджень. Саме тому такі котли є екологічно безпечні. Розраховано економічну ефективність і термін окупності використання термогенераторів для декількох видів твердого палива. Показано, що для них, порівняно з використанням газу, максимальна ефективність 78,5% та економія коштів у 6 разів досягаються в разі використання як палива пташиного посліду, що не може бути застосований у звичайних котлах через високу вологість. Відносно короткий термін окупності термогенераторів у межах 1,3–2 роки зумовлює їх інвестиційну привабливість для широкомасштабного впровадження.

Ключові слова: види твердого палива, пташиний послід як паливо, економія коштів для опалення, термогенератори, термін окупності термогенераторів.

Nahorniuk O. Calculation of the economic efficiency and investment attractiveness of solid fuel heat generators of a new generation for various types of solid fuel

The search for alternative ways of obtaining heat energy and their technical realization in order to minimize production costs is conducted. It has been shown that for low energy and household needs, it is advisable and economically advantageous to use solar, wind energy or conventional solid fuel boilers, and for enterprises with higher energy needs such methods of heat supply are currently ineffective. The analysis of the methods of heat supply for large industrial or domestic premises, such as workshops of poultry farms, livestock farms, warehouses, greenhouses, swimming pools, sports complexes, recreation facilities, dryers, elevators, etc., in which long-term maintenance of a fixed temperature or water heating is required. It is established that conventional solid fuel boilers cannot be used to heat large objects due to the lack of capacity and high fuel moisture requirements. It is proposed to use solid fuel boilers of the new generation, so-called heat generators, for the production of which advanced technologies and know-how are used. The peculiarity of heat generators is the ability to use fuel with humidity up to 50 %, achieving high power by obtaining high temperatures for which not only the fuel but also the combustion products are burned. There is no need to install chimneys for these boilers, since clean, transparent gas is emitted outside, the practical and cost-effective use of which may be the subject of the

further research. That is why such boilers are environmentally friendly. The cost-effectiveness and payback period for the use of thermal generators for several types of solid fuel have been calculated. It has been shown that, as compared to gas use, maximum efficiency of 78.5 % and cost savings of 6 times are achieved when used as aviary fuel that cannot be applied to conventional boilers due to high humidity. The relatively short payback period of the thermal generators within 1.3–2 years makes their investment attractiveness for large-scale implementation.

Key words: types of solid fuel, bird droppings as fuel, cost savings for heating, thermal generators, payback period of generators.

Постановка проблеми. Останнім часом, з огляду на зростання цін на газ, у паливно-енергетичному комплексі країни відбувається децентралізація теплопостачання, особливо це стосується великих об'єктів. Тому постійно ведуться пошуки та вдосконалення альтернативних [1], економічно вигідних та конкурентоспроможних [5; 7] способів виробництва теплової енергії з метою економії коштів та мінімізації виробничих витрат.

Для низькоенергетичних і побутових потреб це насамперед використання сонячної, вітрової енергії та застосування звичайних твердопаливних котлів. Однак для підприємств із високими енергетичними потребами такі способи отримання, зокрема, теплової енергії наразі є малоефективними. Йдеться про забезпечення тепловою енергією великих виробничих чи побутових приміщень, для прикладу, цехів птахофабрик, тваринницьких ферм, складів, теплиць, басейнів, баз відпочинку, спортивних комплексів, сушарок, елеваторів тощо, в яких необхідне підтримання фіксованої температури чи нагрівання води. Тому в цій роботі досліджується сфера теплопостачання великих об'єктів з метою пошуку економічно вигідних способів та оптимальної технічної реалізації виробництва теплової енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останній період створено багато різноманітних моделей твердопаливних котлів [2], в яких застосовують різні види палива, однак через низьку потужність та особливі вимоги до вологості палива їхня ефективність для вказаних вище типів приміщень є недостатньою. Ці недоліки можна усунути, якщо для опалення чи нагрівання води застосовувати твердопаливні котли нового покоління [3], так звані теплогенератори, для виготовлення яких застосовують передові технології та ноу-хау.

Порівняно зі звичайними твердопаливними котлами теплогенератори мають такі переваги:

- можливість використання як палива будь-якої сировини вологістю до 50 % (дрова, обрізки, гілки, трава, тирса, солома, пелети, пташиний послід тощо);

- мінімальна шкода довкіллю завдяки майже повному, до 95 %, згорянню сировини та продуктів згоряння (дим, сажа, попіл, вуглекислий газ), що забезпечується наявністю двох камер згоряння з температурою відповідно 700 °C і 900 °C, що на 200 °C вище за максимальну температуру для звичайних котлів;

- можливість досягнення високої потужності від 100 кВт до 10 МВт завдяки застосуванню нових технологій та ноу-хау;

- можливість автоматизації управління всіма технологічними процесами.

Постановка завдання. Основним завданням нашого дослідження було обґрунтування доцільності використання теплогенераторів для теплопостачання окремих великих об'єктів чи для приєднання до тепломереж, а також пошук оптимального виду твердого палива на основі розрахунків їхньої економічної ефективності та терміну окупності.

Виклад основного матеріалу. Для проведення розрахунків економічної ефективності теплогенераторів різної потужності та вартості використаємо відомі розцінки та нормативні [4] дані (табл. 1).

Спочатку розрахуємо необхідну потужність W_T та вартість V_T теплогенератора для різних об'ємів O_n приміщень 1–6 (табл. 2) за відповідними формулами:

$$W_T = O_n \times W_p; \quad (1)$$

$$V_T = W_T \times V_1. \quad (2)$$

Далі обчислимо необхідний об'єм O_r та вартість газу V_r відповідно для об'ємів приміщень 1–6 (табл. 2) за формулами:

$$O_r = O_n \times P_r; \quad (3)$$

$$V_r = O_r \times C_r. \quad (4)$$

На основі розрахованої кількості газу та відомого коефіцієнта заміщення газу [6] пелетами розрахуємо необхідну кількість пелет T_n та їхню вартість V_n для приміщень однакових об'ємів 1–12 (табл. 3):

$$T_n = K_n \times O_r; \quad (5)$$

$$V_n = C_n \times T_n. \quad (6)$$

Для приміщень однакового об'єму, маючи розраховані значення витрат для газу та пелет, можемо розрахувати економічну ефективність (E_n) та термін окупності ($TГ_n$) теплогенератора в разі використання пелет як палива:

$$E_n = \frac{V_r - V_n}{V_r} \times 100\%; \quad (7)$$

$$TГ_n = \frac{V_r}{V_r - V_n}. \quad (8)$$

Таблиця 1

Параметри, що використані для розрахунків витрат та ефективності теплогенераторів для різних видів палива*

Параметр	Позначення	Значення
Ціна газу для підприємств, грн за 1 м ³	C_r	11
Ціна пелет, грн за 1 т	C_n	2600
Ціна курячого посліду вологістю 50 %, грн	$C_{50кп}$	300
Теплова потужність, що необхідна для нагрівання 1 м ³ приміщення, Вт	W_p	41
Питомий розхід газу, м ³ на 1 м ³ приміщення	P_r	7
Коефіцієнт заміщення газу пелетами, кг/м ³	K_n	2
Коефіцієнт заміщення газу курячим послідом вологістю 50 %, кг/м ³	$K_{50кп}$	6
Вартість теплогенератора за кожен 1 кВт потужності, грн	V_1	2000

Джерело: розроблено за даними [4; 6]

Таблиця 2

Розрахунки об'єму O_r та вартості газу V_r для приміщень різного об'єму O_n

№ з/п	Об'єм приміщення, тис. м ³	Площа приміщення, тис. м ²	Необхідна потужність теплогенератора, кВт	Вартість котла, тис. грн	Необхідний об'єм газу за опалювальний період року, тис. м ³	Вартість газу, тис. грн
1	250	83	10250,0	20500	1750	19250
2	200	67	8200,0	16400	1400	15400
3	150	50	6150,0	12300	1050	11550
4	100	33	4100,0	8200	700	7700
5	60	20	2460,0	4920	420	4620
6	50	17	2050,0	4100	350	3850
7	25	8	1025,0	2050	175	1925
8	15	5	615,0	1230	105	1155
9	12	4	492,0	984	84	924
10	10	3	410,0	820	70	770
11	5	2	205,0	410	35	385
12	2,5	1	102,5	205	17	192

Джерело: розраховано за даними [3] та формулами (1–4)

**Розрахунки витрат, економічної ефективності та терміну окупності
теплогенератора під час використання пелет як палива**

№ з/п	Необхідна кількість пелет за опалувальний період року, тис. т	Вартість пелет, тис. грн	Економія затрат на паливо, тис. грн	Термін окупності котла, років	Економічна ефективність, %	Економія коштів порівняно з використанням газу, разів
1	3,50	9100	10150	2,0	52,7	2,1
2	2,80	7280	8120	2,0	52,7	2,1
3	2,10	5460	6090	2,0	52,7	2,1
4	1,40	3640	4060	2,0	52,7	2,1
5	0,84	2184	2436	2,0	52,7	2,1
6	0,70	1820	2030	2,0	52,7	2,1
7	0,40	910	1015	2,0	52,7	2,1
8	0,20	546	609	2,0	52,7	2,1
9	0,20	436	487	2,0	52,7	2,1
10	0,15	364	406	2,0	52,7	2,1
11	0,10	182	203	2,0	52,7	2,1
12	0,03	91	101	2,0	52,7	2,1

Джерело: розраховано за даними [3] та на основі формул (5, 6)

**Розрахунки витрат, економічної ефективності та терміну окупності теплогенератора
під час використання курячого посліду 50 %-ї вологості як палива***

№ з/п	Необхідна кількість курячого посліду за опалувальний період року, тис. т	Вартість курячого посліду, тис. грн	Економія затрат на паливо, тис. грн	Термін окупності котла, років	Економічна ефективність, %	Економія коштів порівняно з використанням газу, разів
1	10,50	3150	16100	1,3	78,5	6
2	8,40	2520	12880	1,3	78,5	6
3	6,30	1890	9660	1,3	78,5	6
4	4,20	1260	6440	1,3	78,5	6
5	2,52	756	3864	1,3	78,5	6
6	2,10	630	3220	1,3	78,5	6
7	1,05	315	1610	1,3	78,5	6
8	0,63	189	966	1,3	78,5	6
9	0,50	151	773	1,3	78,5	6
10	0,42	126	644	1,3	78,5	6
11	0,21	63	322	1,3	78,5	6
12	0,11	32	161	1,3	78,5	6

Джерело: розраховано за даними [3] та на основі формул (7, 8).

У результаті виконаних розрахунків отримуємо, що економічна ефективність теплогенератора, у разі застосування пелет як палива, незалежно від об'єму приміщень становить 52,7 %, а термін його окупності – 2,1 року.

Пташиний послід нагромаджений у деяких регіонах до такої кількості, що прирівнюється до екологічної катастрофи. Порівняно з пелетами він має значно нижчу (див. табл. 1) вартість, але як паливо, крім теплогенераторів, для звичайних котлів не годиться, саме через високу вологість, а його сушіння призвело б до додаткових економічних витрат.

Виконавши подібні розрахунки в разі застосування як палива курячого посліду 50 %-ї вологості, отримуємо (див. табл. 4), що економічна ефективність використання теплогенератора становить 78,5 %, а термін його окупності – 1,3 року.

Отже, як бачимо (див. табл. 2–4), розрахунки показують, що максимальна ефективність теплогенераторів досягається за використання як палива курячого посліду 50 %-ї вологості.

Висновки. Таким чином, показано, що на фоні постійного зростання вартості повільно відновлюваних видів палива (газ, вугілля, нафта) потрібно продовжити дослідження ефективності теплогенераторів та нових видів дешевого палива, що здатні забезпечити значну економію коштів порівняно з використанням газу. Відносно короткий термін окупності термогенераторів у межах 1,3–2 роки зумовлює інвестиційну привабливість

для їх широкомасштабного впровадження як конкурентоспроможного виробника теплової енергії.

Бібліографічний список

1. Альтернативна енергетика. URL: <http://sae.gov.ua/uk/ae> (дата звернення: 16.04.2019).
2. Економія при використанні твердопаливних котлів. URL: <http://drova.if.ua/index.php/ekonomiya-pri-vikoristanni-tverdopalivnikh-kotliv> (дата звернення: 16.04.2019).
3. НВФ ТОВ «Орбіта – Плюс». Теплогенератори. URL: <http://bit.ly/2TU6yUJ> (дата звернення: 16.04.2019).
4. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні: затв. Держжитлокомунгоспом України 14.12.1993 р. URL: <http://www.uazakon.com/big/text456/pg1.htm> (дата звернення: 16.04.2019).
5. Станько Т. Конкурентний ринок у теплопостачанні. *Вісник Львівського національного аграрного університету: економіка АПК*. 2018. № 25. С. 44–47.
6. Типова регіональна методика нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві: затв. наказом Держкомнеергозбереження від 14.02.2003 р. № 16. URL: https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zkhk/tarif/upravlinnya-ekonomiki-sistem-zhittyezabezpechennya-roz-yasnyuye/shhodonormuvannya-pytomyh-vytrat-palyv/?_cf_chl_tk=rOHTJky8inGZO7VsyoNV2tYy83rqQqV8sjPXYxJdZrk-1662210715-0-gaNycGzNCf0 (дата звернення: 11.03.2020).
7. Усатенко О. В., Нікітіна О. Б. Витрати на виробництво підприємств теплового господарства. *Економічний простір*. 2012. № 67. С. 293–299.

Стаття надійшла 17.03.2022