

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРІВ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ

*Н. М. Фіалко, доктор технічних наук, професор, член-кор. НАНУ*

*А. І Степанова, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
провідний науковий співробітник*

*Р. О. Навродська, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
провідний науковий співробітник*

*Н. О. Меранова, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
провідний науковий співробітник*

*С. І. Шевчук, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник*

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

*E-mail: [navrodska-ittf@ukr.net](mailto:navrodska-ittf@ukr.net)*

**Анотація.** Наведено результати досліджень ефективності та оптимізації параметрів теплоутилізаторів скловарної печі за допомогою комплексних методик, що включають методи ексергетичного аналізу та алгоритми оптимізації, які використовуються у статистичній теорії планування експерименту. Досліджено два типи теплоутилізаторів, які використовують теплоту відхідних газів скловарних печей. Це повітрогрійний теплоутилізатор (кінцевий рекуператор), призначений для попереднього підігрівання холодного повітря перед його надходженням до регенератора печі, і водогрійний теплоутилізатор, який використовується в схемах для нагрівання води систем опалення. Для оптимізації параметрів теплообмінної поверхні теплоутилізаторів розроблено комплексну методику, засновану на ексергетичному підході та методі канонічних перетворень, що використовується в статистичній теорії планування експерименту. У рамках ексергетичного підходу використано ексергетичні критерії, які можуть слугувати для оцінки ексергетичної ефективності теплоутилізаторів і цільовими функціями оптимізації (функції відгуку) при вирішенні оптимізаційних задач. Як алгоритм оптимізації використано метод канонічних перетворень, який дозволяє отримати графічну інтерпретацію області оптимуму для функції відгуку у вигляді серії контурних кривих на площині. Отримано функціональні залежності критеріїв оцінки ефективності повітрогрійного та водогрійного теплоутилізаторів від їх основних параметрів у канонічній формі. Наведено графіки вказаних залежностей та графічні інтерпретації областей оптимуму для функцій відгуку у вигляді серії контурних кривих на площині. Проведено детальне дослідження поверхонь відгуку в області мінімуму функцій відгуку та визначено оптимальні області геометричних параметрів теплообмінної поверхні повітрогрійного і водогрійного теплоутилізаторів. При визначенні інтервалів зміни параметрів на підставі точних

*значень оптимальних параметрів враховувалися також технологічні вимоги до теплообмінної поверхні теплоутилізаторів. Виконані дослідження слугуватимуть для розробки теплоутилізаційних систем підвищеної ефективності.*

**Ключові слова:** *комплексні методики, теплоутилізатори, ексергетичний аналіз*

**Актуальність.** Раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів значною мірою пов'язане з підвищенням ефективності устаткування теплоенергетичних установок та збільшенням ресурсу його експлуатації. Перспективним напрямом, що знаходить дедалі більше застосування при дослідженні ефективності та оптимізації технологічних параметрів устаткування теплоутилізаційних установок, є використання комплексних методик, розроблених на основі ексергетичного підходу. Такі методики, зазвичай, включають методи статистичної теорії планування експерименту, методи функціонального аналізу та інші. Зазначені дослідження дозволяють підвищити ефективність устаткування теплоенергетичних установок та отримати необхідну інформацію для проектування оптимальних теплоутилізаційних схем. Враховуючи вищевикладене, дослідження ексергетичної ефективності та оптимізація технологічних параметрів теплоутилізаційного обладнання є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Наразі комплексні методики на основі ексергетичного підходу для аналізу ефективності та оптимізації параметрів енергетичних установок використовуються недостатньо. Найчастіше для такого аналізу застосовуються окремі ексергетичні характеристики: величина ексергії, ексергетичний ККД тощо. Так у роботі [1] використано значення ексергії для аналізу двох конфігурацій систем утилізації теплоти, які застосовуються в невеликих резервних генераторах для виробництва електроенергії. У дослідженнях, представлених у роботі [2], розглядаються також окремі ексергетичні характеристики для порівняльного аналізу систем утилізації теплоти газового двигуна для вироблення електроенергії. У роботі [3] зіставляються різні теплоутилізаційні установки з погляду вироблення електроенергії та втрат ексергії для знаходження системи з найвищою ексергетичною ефективністю. У роботі [4] для аналізу ефективності котельні використано балансовий метод ексергетичного

аналізу, за допомогою якого розглядаються два основні види ексергетичних втрат, пов'язаних з незворотним спалюванням палива та теплопереносом. Метою роботи [5] є виконання ексергетичного та ексергоекономічного аналізу для елементів енергетичних установок, ефективність яких оцінюється за різних температур навколишнього середовища. При оцінці ексергетичної ефективності установок за допомогою окремих ексергетичних характеристик часто не враховується цільове призначення процесу, існує неоднозначність трактування корисних ефектів і витрат, немає можливості встановити локалізацію ексергетичних втрат. Використання комплексних методик дозволяє оцінити ефективність установок, зокрема, теплоутилізаційних систем із термодинамічної, теплотехнічної та технологічної позицій. Саме такий підхід використано в роботах [6-10] для дослідження теплоутилізаційних систем. Все це дає підстави для підтвердження доцільності досліджень ексергетичної ефективності та оптимізації технологічних параметрів теплоутилізаційного обладнання за допомогою відповідних комплексних методик.

**Мета дослідження** – оптимізація параметрів теплоутилізаторів скловарної печі за допомогою комплексних методик, які включають методи ексергетичного аналізу та алгоритми оптимізації статистичної теорії планування експерименту.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі завдання:

- розробити комплексну методику оптимізації теплоутилізаторів, засновану на методах ексергетичного аналізу та методі канонічних перетворень, що використовується в статистичній теорії планування експерименту;
- отримати функціональні залежності ексергетичних критеріїв оцінки ефективності теплоутилізаторів від їх основних параметрів в канонічній формі та графічні інтерпретації областей оптимуму функціональних залежностей у вигляді контурних кривих на площині;
- визначити оптимальні області значень параметрів теплообмінної поверхні теплоутилізаторів різного типу.

**Матеріали та методи дослідження.** Досліджено два типи теплоутилізаторів, які використовують теплоту відхідних газів скловарних печей. Це повітрогрійний теплоутилізатор (рекуператор), що використовується для попереднього підігріву

холодного повітря перед його надходженням до регенератора печі, і водогрійний теплоутилізатор, призначений для нагрівання води систем опалення та гарячого водопостачання [11]. Для оптимізації параметрів теплообмінної поверхні теплоутилізаторів розроблено комплексну методику, засновану на ексергетичному підході та методі канонічних перетворень, що використовується в статистичній теорії планування експерименту. В рамках ексергетичного підходу використано тепло-ексергетичний критерій  $\varepsilon = E_{\text{втр}}/Q$  та ексерго-технологічний критерій  $k_{\text{ex}}^{\tau} = E_{\text{втр}}/Q^2$ . Критерії включають величину ексергетичних втрат  $E_{\text{втр}}$ , масу теплоутилізатора  $m$  і теплову продуктивність теплоутилізатора  $Q$ . Зазначені критерії можуть слугувати для оцінки ексергетичної ефективності теплоутилізаторів і цільовими функціями оптимізації (функції відгуку) при вирішенні оптимізаційних задач. Мінімум зазначених критеріїв ефективності відповідає максимальній ефективності теплоутилізатора. Як алгоритм оптимізації використаний метод канонічних перетворень, який дозволяє отримати графічну інтерпретацію області оптимуму для функції відгуку у вигляді серії контурних кривих на площині.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Водогрійний теплоутилізатор складається з трьох модулів панельного типу, розташованих вертикально і з'єднаних між собою по газовому і водяному трактах. Теплообмінна частина кожного модуля теплоутилізатора komponується з секцій у вигляді панелей з колекторами, утворених за допомогою гладких труб, з'єднаних зовнішніми мембранами. Повітрогрійний теплоутилізатор являє собою конструкцію з двох модулів із застосуванням панелей, утворених трубами з зовнішніми мембранами і кільцевими турбулізаторами потоку повітря зсередини труб. При komponуванні панелей в теплоутилізаторах використовується шахове і коридорне розташування труб. З використанням статистичних методів планування експерименту для досліджуваних теплоутилізаторів отримано рівняння регресії другого порядку (функція відгуку). До прикладу, наведено рівняння регресії для повітрогрійного теплоутилізатора за кількістю геометричних параметрів (числі факторів)  $n = 2$  ( $a$  – ширина пластини,  $b$  – висота пластини) та при температурі навколишнього середовища.  $t_0 = 0$  °C:

$$\varepsilon = 0,6 - 3,5 \cdot 10^{-4} a + 1,2 \cdot 10^{-7} a^2 - 1,8 \cdot 10^{-5} b + 3,8 \cdot 10^{-9} b^2 + 2,4 \cdot 10^{-9} ab.$$

Для рівнянь регресії другого і вище порядків є певні труднощі в детальній геометричній інтерпретації поверхні функції відгуку, які зростають зі збільшенням числа факторів  $n$ . При цьому об'ємне зображення хоча і дає наочне уявлення про геометрію поверхні функції відгуку, проте не дозволяє детально досліджувати цю поверхню в області оптимуму. Метод канонічних перетворень дає можливість зробити детальний аналіз області оптимуму. Незначна зміна функції відгуку при зміні відповідного параметра дозволяє на практиці розширити інтервал зміни цього параметра. В іншій ситуації виникає необхідність дотримуватися точних значень оптимальних параметрів при проектуванні теплообмінної поверхні теплоутилізатора. Для досліджуваних теплоутилізаторів використано метод канонічних перетворень. Як показали дослідження, графічною інтерпретацією поверхонь відгуку в області оптимуму для досліджуваних теплоутилізаторів є сферичні та еліпсоїдні западини, в центрі яких знаходиться мінімум. Контурними кривими в області оптимуму є кола та еліпси. Далі для повітрогрійного теплоутилізатора представлено рівняння регресії в канонічній формі, а також графіки залежностей тепло-енергетичного критерію ефективності від параметрів теплообмінної поверхні та відповідні контурні криві за різних температур довкілля (рис. 1-3). При фіксованому значенні оптимальної відстані між пластинами повітрогрійного теплоутилізатора  $s = 5\text{мм}$  рівняння мають вигляд:

У канонічній формі:

$$t_0 = -5 \text{ }^\circ\text{C}$$

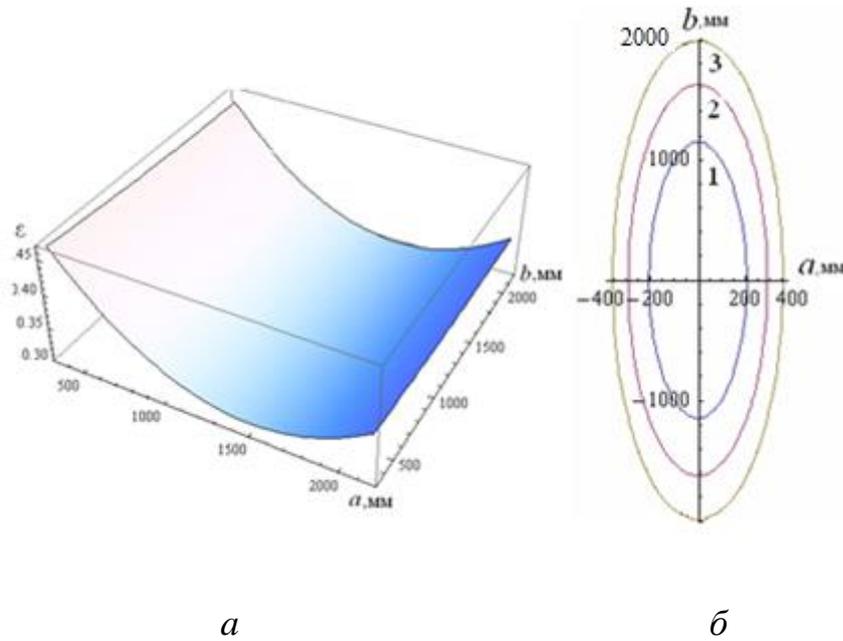
$$\varepsilon - 2,73 \cdot 10^{-1} = 1,42 \cdot 10^{-7} a^2 + 1,04 \cdot 10^{-7} b^2,$$

$$t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon - 3,03 \cdot 10^{-1} = 1,19 \cdot 10^{-7} a^2 + 3,79 \cdot 10^{-9} b^2,$$

$$t_0 = +5 \text{ }^\circ\text{C}$$

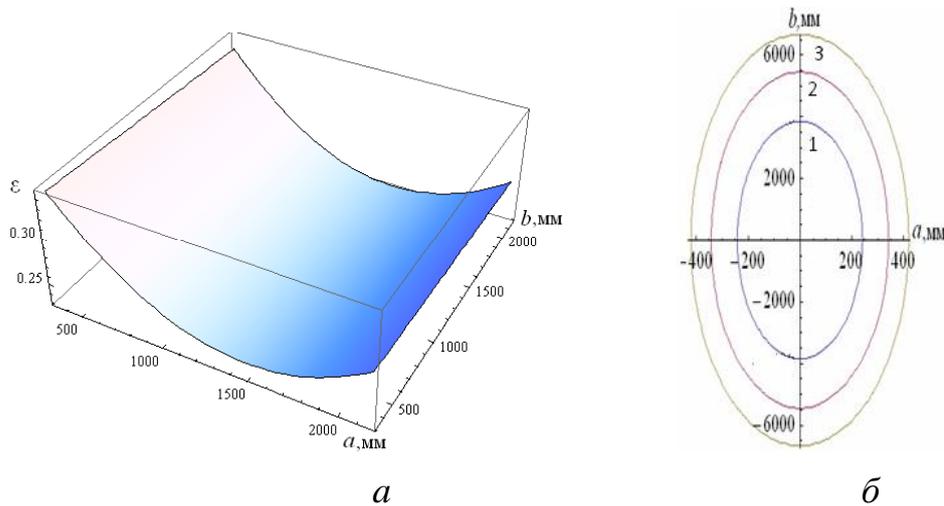
$$\varepsilon - 2,12 \cdot 10^{-1} = 8,54 \cdot 10^{-8} a^2 + 3,37 \cdot 10^{-10} b^2.$$



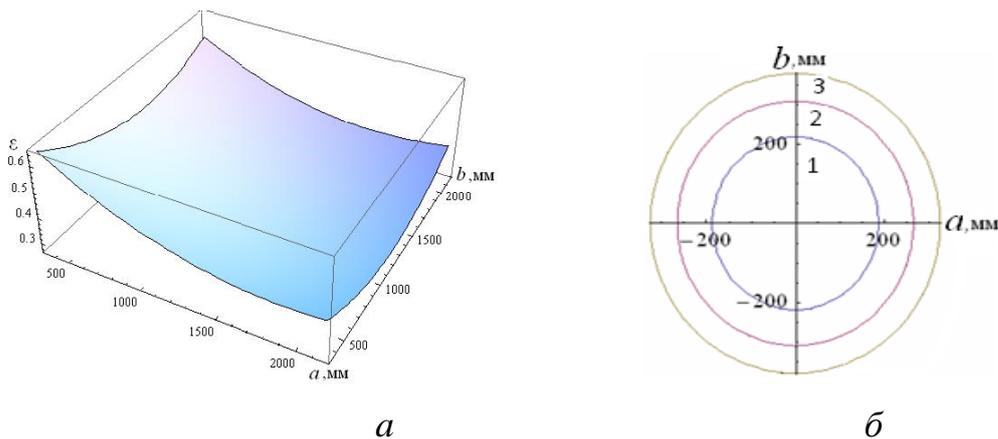
**Рис. 1. Залежність для повітрогрійного теплоутилізатора тепло-ексергетичного критерію  $\epsilon$  від ширини пластини  $a$  і висоти  $b$  при відстані між пластинами  $s = 5$  мм для температури довкілля  $t_0 = 0$  °С (а) і відповідні контурні криві в області оптимуму: 1 –  $\epsilon = 0,308$ , 2 –  $\epsilon = 0,313$ , 3 –  $\epsilon = 0,318$  (б)**

Контурні криві поверхонь відгуку побудовано для значень функцій відгуку, які відрізняються в середньому на 2 %, 4 % та 6 % від значень функцій відгуку в точках мінімуму. Як видно з рисунків 1, 2, для повітрогрійного теплоутилізатора при температурі довкілля  $t_0 = 0$  °С і  $t_0 = 5$  °С контурними кривими в області оптимуму є еліпси. Відстань між контурними кривими поверхні відгуку для параметра  $a$  приблизно однакові і незначні, а для параметру  $b$  ці відстані значно більше. Це означає, що технологічно обґрунтовані інтервали зміни параметра  $b$  можуть бути значно розширені.

Як видно з рисунку 3, при температурі навколишнього середовища  $t_0 = -5$  °С контурними кривими в області оптимуму є кола. Відстані між контурними кривими поверхонь відгуку у цьому разі однакові і незначні. Таким чином, у цьому випадку доцільно дотримуватися точних значень оптимальних параметрів при проектуванні теплообмінної поверхні теплоутилізатора.

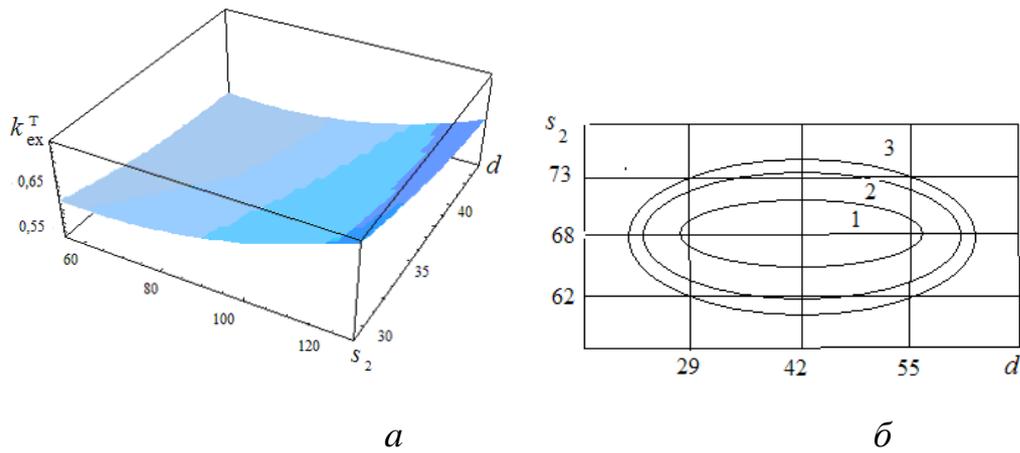


**Рис. 2. Залежність для повітрогрійного теплоутилізатора тепло-ексергетичного критерію  $\varepsilon$  від ширини пластини  $a$  і висоти  $b$  при відстані між пластинами  $s = 5$  мм для температури довкілля  $t_0 = +5$  °C (а) і відповідні контурні криві в області оптимуму 1 –  $\varepsilon = 0,335$ , 2 –  $\varepsilon = 0,340$ , 3 –  $\varepsilon = 0,350$  (б)**



**Рис. 3. Залежність для повітрогрійного теплоутилізатора тепло-ексергетичного критерію  $\varepsilon$  від ширини пластини  $a$  і висоти  $b$  при відстані між пластинами  $s = 5$  мм для температури довкілля  $t_0 = -5$  °C (а) і відповідні контурні криві в області оптимуму 1 –  $\varepsilon = 0,275$ , 2 –  $\varepsilon = 0,280$ , 3 –  $\varepsilon = 0,285$  (б)**

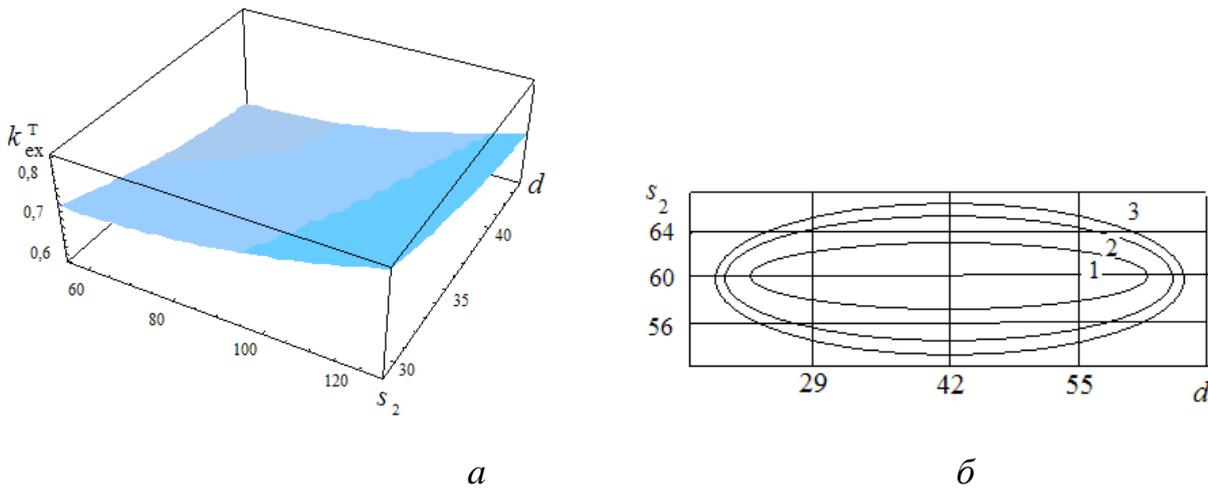
На рис. 4, 5 представлено графіки залежностей ексерго-технологічного критерію ефективності від параметрів теплообмінної поверхні та відповідні контурні криві для водогрійного теплоутилізатора з шаховим та коридорним компонуванням труб у пучку.



**Рис. 4. Залежність для водогрійного теплоутилізатора з шаховим компонуванням труб ексерго-технологічного критерію ефективності  $k_{ex}^T$  від відстані між трубами в панелі  $s_2$  та діаметра труб  $d$  при відстані між панелями  $s_1 = 60$  мм (а) та відповідні контурні криві в області мінімуму:**

$$1 - k_{ex}^T = 0,545; 2 - k_{ex}^T = 0,550, 3 - k_{ex}^T = 0,555 \text{ (б)}$$

Детальне дослідження поверхонь відгуку в області мінімуму дозволило визначити оптимальні області геометричних параметрів теплообмінної поверхні повітрозрубного та водотрубного теплоутилізаторів (табл.1, 2).



**Рис. 5. Залежність для водогрійного теплоутилізатора з коридорним компонуванням труб ексерго-технологічного критерію ефективності  $k_{ex}^T$  від відстані між трубами в панелі  $s_2$  та діаметра труб  $d$  при відстані між панелями  $s_1 = 60$  мм (а) та відповідні контурні криві в області мінімуму  $1 - k_{ex}^T = 0,595; 1 -$**

$$k_{ex}^T = 0,600; 1 - k_{ex}^T = 0,605 \text{ (б)}.$$

**1. Оптимальні області значень геометричних параметрів теплообмінної поверхні повітрогрійного теплоутилізатора**

Критерій оптимізації	Оптимізований параметр	$t_0 = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_0 = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$
$\varepsilon$	$a$ , мм	1650-1850	1350-1550	1300-1500
	$b$ , мм	1200-1400	1500-2000	1500-2000
	$s$ , мм	5-6	5-6	5-6

**2. Оптимальні області значень геометричних параметрів теплообмінної поверхні водогрійного теплоутилізатора**

Критерій оптимізації	Оптимізований параметр	Шаховий пучок	Коридорний пучок
$k_{ex}^T$	$s_1$ , мм	59,5-61,5	59,0-61,0
	$s_2$ , мм	67,5-68,5	59,0-61,0
	$d$ , мм	41,0-43,0	41,5-42,5

При визначенні інтервалів зміни параметрів на підставі точних значень оптимальних параметрів враховувалися також технологічні вимоги до теплообмінної поверхні теплоутилізаторів.

**Висновки і перспективи.**

1. Для оптимізації параметрів теплообмінної поверхні теплоутилізаторів скловарної печі розроблено комплексну методику, засновану на ексергетичному підході та методі канонічних перетворень, який дозволяє отримати графічну інтерпретацію області оптимуму для функції відгуку у вигляді серії контурних кривих на площині.

2. Отримано функціональні залежності критеріїв оцінки ефективності повітрогрійного і водогрійного теплоутилізаторів від їх основних параметрів у канонічній формі та графічні інтерпретації областей оптимуму для функцій відгуку у вигляді серії контурних кривих на площині.

3. Проведено детальне дослідження поверхонь відгуку в області мінімуму функцій відгуку та визначено оптимальні області геометричних параметрів

теплообмінної поверхні повітрогрійного і водогрійного теплоутилізаторів, що надає можливість розробки теплоутилізаційних систем підвищеної ефективності.

### Список використаних джерел

1. Maatouk Chantal, Slim Rayan. Exergy and energy analysis of waste heat recovery options for cooling capacity production. *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*. 2014. Paper 1450. <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/1450>
2. Naeimi A., Bidi, M., Ahmadi M. H., Kumar R., Sadeghzadeh M., Nazari M. A. Design and exergy analysis of waste heat recovery system and gas engine for power generation in Tehran cement factory. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2019. №9. P. 299-307. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2018.12.007>
3. Mohammadi A., Ashjari M. A., Sadreddini A. Exergy analysis and optimisation of waste heat recovery systems for cement plants. *International Journal of Sustainable Energy*. 2018. №37(2). P. 115-133. <https://doi.org/10.1080/14786451.2016.1181067>
4. Jiang Y. Y., Zhou S. X. (2010, March). Exergy analysis of boiler based on the temperature gradient. In *2010, March Asia-Pacific power and energy engineering conference* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APPEEC.2010.5449523>
5. Ameri M., Ahmadi P., Hamidi A. Energy, exergy and exergoeconomic analysis of a steam power plant: A case study. *International Journal of energy research*. 2009. №33(5). P. 499-512. <https://doi.org/10.1002/er.1495>
6. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Meranova N., Sherenkovskii J. Efficiency of the air heater in a heat recovery system at different thermophysical parameters and operational modes of the boiler. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. №6/8 (96). P. 43-48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.147526>.
7. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Shevchuk S. Comparative analysis of exergetic efficiency of methods of protection of gas exhaust tracks of boiler installations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. №3/8 (111). P. 42-49. <https://doi.org/10.15587/1729.4061.2021/234026>.
8. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Gnedash G., Shevchuk S. Complex methods for analysis of efficiency and optimization of heat-recovery system. *Scientific and innovation*. 2021. №17(4). P.11-18. <https://doi.org/10.15407/scine17.04.011>.
9. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Novakovskiy M. Study of the efficiency of a combined heat utilization system using the graph theory methods. *International scientific journal "Internauka"*. 2019. №15(1). P. 61-63. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-15>
10. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Presich G. Localization of exergy losses in the air heater of the heat-recovery system under different boiler operating modes. *International scientific journal "Internauka"*. 2019. №12(74). P. 30-33. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-12>

11. Фіалко Н. М., Прокопов В. Г., Навродська Р. О., Шевчук С. І., Пресіч Г. О. Особливості застосування теплоутилізаційних технологій для газоспоживальних скловарних печей. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021, т. 31, № 4. С. 109–113. <https://doi.org/10.36930/40310418>

## References

1. Maatouk, Chantal, Slim, Rayan. (2014). Exergy and energy analysis of waste heat recovery options for cooling capacity production. International Refrigeration and Air Conditioning Conference. Paper 1450. <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/1450>
2. Naeimi, A., Bidi, M., Ahmadi, M. H., Kumar, R., Sadeghzadeh, M., & Nazari, M. A. (2019). Design and exergy analysis of waste heat recovery system and gas engine for power generation in Tehran cement factory. *Thermal Science and Engineering Progress*, 9, 299-307. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2018.12.007>
3. Mohammadi, A., Ashjari, M. A., & Sadreddini, A. (2018). Exergy analysis and optimisation of waste heat recovery systems for cement plants. *International Journal of Sustainable Energy*, 37(2), 115-133. <https://doi.org/10.1080/14786451.2016.1181067>
4. Jiang, Y. Y., & Zhou, S. X. (2010, March). Exergy analysis of boiler based on the temperature gradient. In *2010 Asia-Pacific power and energy engineering conference* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APPEEC.2010.5449523>
5. Ameri, M., Ahmadi, P., & Hamidi, A. (2009). Energy, exergy and exergoeconomic analysis of a steam power plant: A case study. *International Journal of energy research*, 33(5), 499-512. <https://doi.org/10.1002/er.1495>
6. Fialko, N., Stepanova, A., Navrodska, R., Meranova, N., & Sherenkovskii, J. (2018). Efficiency of the air heater in a heat recovery system at different thermophysical parameters and operational modes of the boiler. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, (6 (8)), 43-48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.147526>.
7. Fialko, N., Stepanova, A., Navrodska, R., & Shevchuk, S. (2021). Comparative analysis of the exergy efficiency of methods for protecting gas exhaust ducts of boiler plants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 111(8). <https://doi.org/10.15587/1729.4061.2021/234026>.
8. Fialko, N., Stepanova, A., Navrodska, R., Gnedash, G., & Shevchuk, S. (2021). Complex methods for analysis of efficiency and optimization of heat-recovery system. *Scientific and innovation*, 17(4), 11-18. <https://doi.org/10.15407/scine17.04.011>.
9. Fialko, N., Stepanova, A., Navrodska, R., & Novakovsky, M. (2019). Study of the efficiency of a combined heat utilization system using the graph theory methods. *International scientific journal "Internauka"*, 15(1), 61-63. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-15>
10. Fialko, N., Stepanova, A., Navrodska, R., & Presich, G. (2019). Localization of exergy losses in the air heater of the heat-recovery system under different boiler operating modes. *International scientific journal "Internauka"*, (12), 74. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-12>
11. Fialko, N. M., Prokopov, V. H., Navrodska, R. O., Shevchuk, S. I., & Presich G. O. (2021). Some features of the heat recovery technologies application for gas-fired glass furnaces. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(4), 109-113. <https://doi.org/10.36930/40310418>

## OPTIMIZATION OF GLASS FURNACE HEAT RECOVERY EXCHANGER PARAMETERS

*N. Fialko, A. Stepanova, R. Navrodska, N. Meranova, S. Shevchuk*

**Abstract.** *The research results on the efficiency and optimization of glass furnace heat recovery exchangers parameters using complex methods, including exergy analysis methods and optimization algorithms used in statistical experimental design theory are presented. Two types of heat recovery exchangers using the heat from exhaust gases of glass furnaces were investigated. This is an air-heating heat recovery exchanger (end recuperator) designed to preheat cold air before it enters the furnace regenerator, and a water-heating heat recovery exchanger with a staggered and corridor arrangement of pipes in a bundle, which is used in schemes for heating water in heating systems. To optimize the heat exchange surface parameters of heat recovery exchangers, a complex methodology has been developed based on an exergy approach and the canonical transformation method used in statistical experimental design theory. Within the framework of the exergy approach, exergy criteria are used that can serve to evaluate the exergy efficiency of heat recovery exchangers and as optimization objective functions (response functions) when solving optimization problems. The canonical transformation method is used as the optimization algorithm, which allows obtaining a graphical interpretation of the optimum region for the response function in the form of a series of contour curves on a plane. Functional dependencies of the efficiency evaluating criteria for air-heating and water-heating heat recovery exchangers on their main parameters in canonical form have been obtained. Graphs of specified dependencies and graphical interpretations of the optimum regions for response functions are presented in the form of a series of contour curves on a plane. A detailed study of response surfaces in the response function minimum region was conducted, and the optimal regions of geometric parameters for the heat exchange surface of air-heating and water-heating heat recovery exchanges were determined. When determining the intervals for changing parameters based on the optimal parameters exact values, the technological requirements for the heat exchange surface of heat recovery exchangers were also taken into account. The research conducted will serve to develop increased efficiency heat recovery systems.*

**Key words:** *complex methods, heat recovery exchanges, exergy analysis*