

**ЛОКАЛІЗАЦІЯ ЕКСЕРГЕТИЧНИХ ВТРАТ В УТИЛІЗАТОРІ ТЕПЛОТИ
ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ГАЗОСПОЖИВАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ УСТАНОВОК**

***Н. М. Фіалко, доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН
України***

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

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

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

E-mail: nmfialko@ukr.net

Анотація. *Наведено методики та результати дослідження ефективності утилізатора теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки. При виборі методики для аналізу ефективності цього теплоутилізатора особлива увага приділяється можливості диференціювання в рамках обраної методики ексергетичних втрат в модулях теплоутилізатора і визначення області їх локалізації. Цим вимогам відповідають комплексна методика, що використовує ексерго-дисипативні функції, і дискретно-модульний принцип аналізу. Відзначається той факт, що зазначена методика дозволяє виконати аналіз локалізації ексергетичних втрат в окремих модулях теплоутилізатора і диференціювати втрати ексергії, пов'язані з нерівноважним теплообміном між теплоносіями і стінкою, теплопровідністю, а також рухом теплоносіїв. Наведено результати розрахунку ексерго-дисипативних функцій кожного з восьми модулів теплоутилізатора, результати аналізу локалізації ексергетичних втрат в модулях теплоутилізатора і локалізації максимальних втрат ексергії. Проаналізовано результати дослідження відносного вкладу ексергетичних втрат різного типу в загальні втрати ексергії. Вказано, що для визначення втрат ексергії внаслідок нерівноважного теплообміну між теплоносіями, а також втрат ексергії внаслідок руху теплоносіїв використано диференціальне рівняння ексергії, рівняння для щільності теплового потоку між теплоносіями і стінкою, рівняння для щільності теплового потоку, обумовленого теплопровідністю через стінку, і рівняння руху. Встановлено, що локалізація максимальних ексергетичних втрат у всіх модулях теплоутилізатора пов'язана з втратами внаслідок тепловіддачі від димових газів до стінки. Ці втрати значно перевищують ексергетичні втрати внаслідок тепловіддачі від стінки до води, внаслідок теплопровідності та внаслідок руху теплоносіїв. Визначено, які саме модулі теплоутилізатора потребують оптимізації або конструктивного доопрацювання.*

Ключові слова: *ексергетичні втрати, комплексні методики, ексерго-дисипативні функції, ексергетична ефективність*

Актуальність. Загальна проблема енергозбереження в Україні пов'язана з необхідністю підвищення ефективності теплоенергетичних систем, зокрема систем утилізації теплоти відхідних газів котельних агрегатів, скловарних печей, теплових двигунів тощо. Проблема підвищення термодинамічної ефективності енергетичних установок може бути вирішена на основі комплексних досліджень із застосуванням методик, заснованих на сучасних методах ексергетичного аналізу в поєднанні з методами теорії теплопередачі, теорії лінійних систем, структурно-варіантними методами, методами багаторівневої оптимізації тощо. Такі дослідження дозволяють виділити окремі структурні елементи установки, які потребують оптимізації або конструктивного доопрацювання. Їх удосконалення підвищує ефективність теплоутилізаційної системи загалом. Тому завдання роботи полягає в дослідженні ексергетичної ефективності утилізатора теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки, аналізі локалізації ексергетичних втрат в окремих модулях цього теплоутилізатора і встановленні причин максимальних втрат ексергії.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наразі більшість досліджень, в яких використовуються методи ексергетичного аналізу, орієнтовано на розробку ефективних з точки зору енергоспоживання технологічних систем. Такі системи повинні відповідати умовам термодинамічної оборотності процесів, що протікають в їхніх елементах. Тому важливим аспектом вказаних досліджень є дослідження ексергетичної ефективності окремих елементів установок і виявлення елементів, які характеризуються великими втратами ексергії [1-10]. Робота [1] присвячена ексергетичному та ексерго-економічному аналізу елементів високотемпературної електростанції з комбінованим циклом. В роботі [2] викладено результати досліджень, метою яких був розвиток моделювання та підвищення продуктивності паливних елементів шляхом дослідження їх енергетичної та ексергетичної ефективності, а також експериментальної оптимізації. В роботі [3] аналізується термодинамічний цикл, який може бути використаний для опису високотемпературних джерел теплоти. У цій роботі викладаються результати дослідження енергетичної, ексергетичної та економічної ефективності системи та її

окремих елементів. Але охопити проблему в цілому, тобто надати оцінку роботі енергетичної установки одночасно з термодинамічної, теплотехнічної та технологічної позицій можливо лише при використанні комплексних методик дослідження, в яких ексергетичні методи поєднуються з іншими сучасними методами досліджень. Так роботи [4-10] присвячено розвитку і застосуванню комплексного підходу на основі методів ексергетичного аналізу для оцінювання ефективності енергетичних установок різного типу. Нові дослідження в цій області сприяють створенню високоекономічного теплоутилізаційного обладнання для енергетичних установок. Тому проблема дослідження ексергетичної ефективності, аналізу локалізації ексергетичних втрат і встановленню причин максимальних втрат ексергії в теплоутилізаційних системах є важливою і актуальною.

Мета дослідження – аналіз локалізації ексергетичних втрат, їх диференціювання і встановлення відносного внеску втрат різного типу в загальні втрати ексергії в утилізаторі теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати можливості використання дискретно-модульного принципу для аналізу локалізації ексергетичних втрат в утилізаторі теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки;

- розрахувати для окремих модулів вказаного теплоутилізатора ексергетичні характеристики та відносний внесок кожного типу ексергетичних втрат в загальні втрати ексергії;

- встановити причини і локалізацію максимальних втрат ексергії в теплоутилізаторі.

Матеріали і методи дослідження. Конструктивні особливості утилізатора теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки та ексергетичні властивості, що відображають сутність ексергетичних методів: універсальність і адитивність, дозволили для аналізу ефективності теплоутилізатора використовувати

дискретно-модульний принцип та комплексну методика на основі ексергодисипативних функцій.

Результати досліджень та їх обговорення.

Аналіз можливостей використання дискретно-модульного принципу для аналізу локалізації ексергетичних втрат в утилізаторі теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки.

Дискретно-модульний принцип аналізу передбачає подання теплоутилізаційної системи у вигляді системи окремих взаємодіючих дискретних модулів більш простої структури. Можливо три типи уявлення теплоутилізаційної системи у вигляді системи дискретних модулів:

- дискретне структурування у вигляді окремих модулів для елементів теплоутилізаційної системи, що дозволяє виділити модулі, в яких ексергетичні втрати максимальні;

- структурування всієї теплоутилізаційної системи, тобто її подання у вигляді системи окремих елементів (модулів), при якому до уваги беруться властивості модуля, що визначають матеріальну та енергетичну взаємодії його з іншими елементами системи;

- багаторівневе структурування теплоутилізаційної системи, тобто її подання у вигляді системи окремих модулів (рівнів), вкладених один в іншій і взаємопов'язаних початковими параметрами модулів.

Для встановлення можливості використання першого типу зазначеного принципу для аналізу локалізації ексергетичних втрат в утилізаторі теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки вивчено конструктивні особливості теплоутилізатора. Ці особливості дозволили використовувати уявлення теплоутилізатора у вигляді системи з восьми дискретних модулів, взаємопов'язаних потоками енергії та ексергії. Ексергетичні потоки при проходженні димових газів і води через теплоутилізатор підкоряються основним правилам, встановленим для ексергетичних методів аналізу. Ці правила відображають сутність ексергетичних методів: універсальність і адитивність, що дозволяє використовувати дискретно-

модульний принцип при дослідженні ефективності утилізатора теплоти. Застосування зазначеного принципу дозволяє досліджувати локалізацію ексергетичних втрат і встановлювати області локалізації, в яких ексергетичні втрати максимальні.

Розрахунок для окремих модулів теплоутилізатора ексергетичних характеристик та відносного внеску кожного типу ексергетичних втрат в загальні втрати ексергії.

Комплексні методики, засновані на сучасних методах ексергетичного аналізу в поєднанні з методами теорії теплопередачі, дозволяють встановити причини і області локалізації максимальних ексергетичних втрат в теплоутилізаційних системах. При виборі методики для аналізу ефективності утилізатора теплоти особлива увага приділялася таким факторам:

- в рамках обраної методики повинна існувати можливість диференціювання ексергетичних втрат в елементах теплоутилізаційної системи і можливість визначення області їх локалізації;

- методика повинна бути достатньо ефективною, тобто надавати можливість визначення максимальної кількості ексергетичних характеристик при невеликій кількості вихідних даних.

Цим вимогам відповідає комплексна методика на основі ексергетичних методів термодинамічного аналізу, що використовує ексерго-дисипативні функції. Методика дозволяє розділити ексергетичні втрати в кожному модулі теплоутилізатора, пов'язані з нерівноважним теплообміном між теплоносіями і стінкою, теплопровідністю і рухом теплоносіїв.

Розрахунок для окремих модулів теплоутилізатора ексергетичних характеристик, відносного внеску кожного типу ексергетичних втрат в загальні втрати ексергії та визначення причин максимальних втрат ексергії в теплоутилізаторі.

Утилізатор теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки компонується із трубчастих газоводяних теплообмінників з шаховим

компонуванням в пучку, що складається з труб із зовнішнім діаметром $d_1 = 32$ мм, внутрішнім $d_2 = 28$ мм, поперечним кроком $s_1/d_1 = 2,5$ і повздовжнім $s_2/d_2 = 1,25$, де s - відстань між трубами в пучку. Теплоутилізатор моделювався у вигляді системи з восьми послідовно з'єднаних дискретних модулів. В рамках використовуваної методики проведено розрахунок ексерго-дисипативних функцій кожного з восьми модулів теплоутилізатора. Ексерго-дисипативні функції дозволяють вивчити ексергетичної втрати, які є однією з причин зниження ефективності теплоенергетичного устаткування. Такі втрати пов'язані з нерівноважним теплообміном в системі, процесами теплопровідності, гідродинамічним опором при русі теплоносіїв. Для визначення втрат ексергії внаслідок нерівноважного теплообміну між теплоносіями і руху теплоносіїв використано диференціальне рівняння ексергії, рівняння для щільності теплового потоку від першого теплоносія до стінки і від стінки до другого теплоносія, рівняння для щільності теплового потоку, обумовленого теплопровідністю через стінку, а також рівняння руху теплоносіїв. На підставі цих рівнянь отримано вирази для ексерго-дисипативних функцій, що характеризують ексергетичні втрати внаслідок нерівноважного теплообміну між теплоносіями та ексергетичні втрати, пов'язані з рухом теплоносіїв. Для кожного з восьми модулів теплоутилізатора розраховано ексерго-дисипативні функції, що визначають втрати ексергії в процесах тепловіддачі від димових газів до стінки, від стінки до води, в процесах теплопровідності, втрати ексергії, пов'язані з рухом теплоносіїв. На основі вказаних розрахунків визначено відносний внесок ексергетичних втрат кожного типу ексергетичних втрат C_{a1} , C_{a2} , C_λ , C_G в сумарну дисипативну функцію D для кожного з восьми модулів теплоутилізатора (табл.1, рис.1- 3).

1. Результати розрахунку відносного внеску ексергетичних втрат кожного типу в загальні втрати ексергії в теплоутилізаторі

Параметр	Номер модуля теплоутилізатора, N							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_{a1}, \%$	92,5	93,3	93,7	93,5	93,8	93,9	93,9	94,0
$C_{a2}, \%$	5,9	5,2	4,7	5,0	4,8	4,7	4,7	4,6
$C_s, \%$	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$C_G, \%$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
$D, \text{кВт}$	42,6	41,4	45,8	42,6	38,6	34,7	30,8	27,1
$\Delta T, K$	355,3	334,1	311,0	288,1	266,1	245,2	225,5	207,1

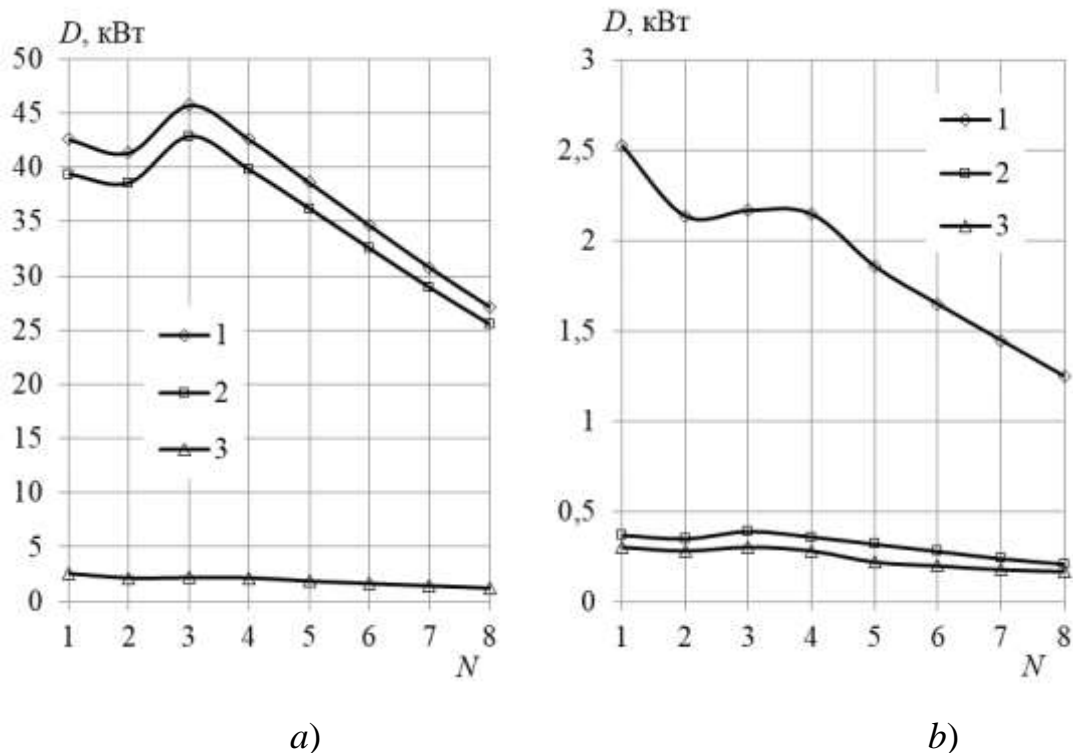


Рис. 1. Ексерго-дисипативні функції D для елементів теплоутилізатора:

a) 1 – сумарні втрати ексергії; 2 – втрати ексергії в процесах тепловіддачі від димових газів до стінки; 3 – втрати ексергії в процесах тепловіддачі від стінки до води;

b) 1– втрати ексергії в процесах тепловіддачі від стінки до води; 2 – втрати ексергії в процесах теплопровідності; 3 – втрати ексергії, пов'язані з рухом теплоносіїв

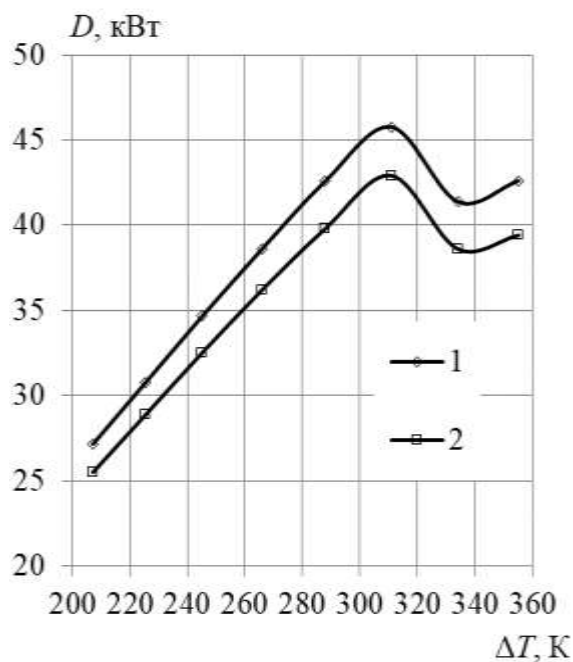


Рис. 2. Залежність ексерго-дисипативних функцій D від логарифмічного напору ΔT : 1 – D ; 2 – $D_{\alpha 1}$

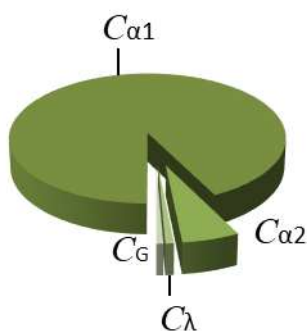


Рис. 3. Відносний внесок ексерго-дисипативних функцій в загальні втрати ексергії в першому модулі теплоутилізатора

Як видно з таблиці та рисунків, локалізація втрат в модулях теплоутилізатора здійснюється у відповідності до кінцевої різниці температур ΔT при теплообміні між теплоносіями. Так зниження різниці температур ΔT від першого до восьмого модулю теплоутилізатора, що пов'язано зі зниженням термодинамічної необоротності процесів при теплопередачі, призводить до зменшення значень

ексерго-дисипативних функцій. Максимальні втрати ексергії в усіх модулях теплоутилізатора пов'язані з втратами внаслідок тепловіддачі від димових газів до стінки. Внесок вказаних втрат у загальні ексергетичні втрати для всіх модулів теплоутилізатора перевищує внесок інших втрат ексергії. Так, втрати, що пов'язані з тепловіддачею від димових газів до стінки, перевищують ексергетичні втрати внаслідок тепловіддачі від стінки до води, в середньому, в 18,9 раз, ексергетичні втрати внаслідок теплопровідності – в 113,0 і ексергетичні втрати внаслідок руху теплоносіїв – у 144,0. При переході від першого до восьмого модуля теплоутилізатора внесок ексергетичних втрат, пов'язаних з втратами внаслідок тепловіддачі від димових газів до стінки збільшується від 92,5 % до 94,0 % і становить, у середньому, 93,6 %. Внесок ексергетичних втрат внаслідок тепловіддачі від стінки до води, внаслідок теплопровідності та внаслідок руху теплоносіїв практично незмінний при переході від першого до восьмого модулю теплоутилізатора. Отже, зниження загальних ексергетичних втрат у теплоутилізаторі повинно регулюватись параметрами тепловіддачі від димових газів до стінки. Ексерго-дисипативні функції для третього та четвертого модулів теплоутилізатора розташовані вище, ніж передбачає залежність цих функцій від ΔT . Це вказує на термодинамічну недосконалість вказаних модулів. Таким чином, оцінювання ексергетичної ефективності окремих модулів теплоутилізатора за допомогою дискретно-модульного принципу та комплексної методики на основі використання ексерго-дисипативних функцій дозволяє визначити причини максимальних втрат ексергії у теплоутилізаторі та виділити модулі, що потребують оптимізації або конструктивної доробки.

Наукова новизна отриманих результатів та практична цінність. Вперше проведено аналіз локалізації ексергетичних втрат, їх диференціювання та встановлення причин максимальних втрат ексергії в утилізаторі теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки. Практична цінність пов'язана з можливістю використання отриманих результатів при проектуванні

теплоутилізаторів різного типу для конкретних схем утилізації теплоти енергетичних установок.

Висновки і перспективи

1. Проаналізовано можливості використання дискретно-модульного принципу для аналізу локалізації ексергетичних втрат в утилізаторі теплоти відхідних газів теплового двигуна когенераційної установки та проведено його структурування.

2. У відповідності до вимог щодо комплексних методик для дослідження ефективності теплоутилізатора обрана методика на основі ексерго-дисипативних функцій, яка дозволяє встановити причини та області локалізації максимальних ексергетичних втрат у теплоутилізаторі.

3. За допомогою обраної методики для кожного з восьми модулів теплоутилізатора розраховано ексерго-дисипативні функції та встановлено відносний внесок кожного типу ексергетичних втрат у загальні втрати ексергії.

4. Встановлено, що локалізація максимальних ексергетичних втрат в усіх модулях теплоутилізатора пов'язана з втратами внаслідок тепловіддачі від димових газів до стінки.

5. Виділено модулі теплоутилізатора, що потребують оптимізації або конструктивної доробки.

6. Отримані результати можна використовувати при проектуванні теплоутилізаторів різного типу для конкретних схем утилізації теплоти енергетичних установок

Список використаних джерел

1. Libertini L., Vicidomin M. (2016). Exergetic Analysis of a Novel Solar Cooling System for Combined Cycle Power Plants Francesco Calise. *Entropy*, (18), 356. doi:10.3390/e18100356.

2. Taner T. Energy and exergy analyze of PEM fuel cell: A case study of modeling and simulations. *Energy*. 2018. №143. P.284-294.

3. Zare V., Moalemian A. (2017). Parabolic trough solar collectors integrated with a Kalina cycle for high temperature applications. *Energy, exergy and economic analyses. Energy Conversion and Management*, (151), 681-692. [Link] [doi:10.1016/j.enconman.2017.09.028].

4. 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. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.147526.

5. Фиалко Н. М., Степанова А. И., Пресич Г. А., Гнедаш Г. А. Анализ эффективности теплоутилизационной установки для нагрева и увлажнения дутьевого воздуха котлоагрегата. Промышленная теплотехника. 2015. №4(37). С.71-79.

6. Фиалко Н. М., Степанова А. И., Пресич Г., А., Навродская Р. А., Шеренковский Ю. В., Малецкая О. Е., Гнедаш Г. А. Термодинамическая оптимизация и анализ эффективности теплоутилизационных систем котельных агрегатов. Промышленная теплотехника. 2012. №2(34). С.59 - 66.

7. Фиалко Н. М., Степанова А. И., Навродская Р. А., Шеренковский Ю. В. Эффективность теплоутилизационной установки для котельных, оптимизированной различными методами. Промышленная теплотехника. 2014. №1(36). С.41-46.

8. Степанова А. И. Анализ эффективности установки с комбинированной теплоутилизационной системой для подогрева воды и дутьевого воздуха котлоагрегата. Промышленная теплотехника. 2016. № 4(38). С. 38-45.

9. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Novakovsky M. Study of the efficiency of a combined heat utilization system using the graph theory methods. International scientific journal "Internauka". 2019. №15(1). С.61-63.

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.

References

1. Libertini, L., Vicidomin, M. (2016). Exergetic Analysis of a Novel Solar Cooling System for Combined Cycle Power Plants Francesco Calise. Entropy, (18), 356. doi:10.3390/e18100356.

2. Taner, T. (2018). Energy and exergy analyze of PEM fuel cell: A case study of modeling and simulations. Energy, 143, 284-294.

3. Zare, V., Moalemian, A. (2017). Parabolic trough solar collectors integrated with a Kalina cycle for high temperature applications. Energy, exergy and economic analyses. Energy Conversion and Management, (151), 681-692. [Link] [doi:10.1016/j.enconman.2017.09.028].

4. 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 (96), 43-48. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.147526.

5. Fialko, N. M., Stepanova, A. I., Presich, G. A., Gnedash, G. A. (2015). Analysis of the efficiency of a heat recovery unit for heating and humidifying the blast air of the boiler. Industrial heat engineering, 37(4), 71-79.

6. Fialko, N. M., Stepanova, A. I., Presich, G. A., Navrodska, R. A., Sherenkovskiy, Ju.V., Maletskaya, O. E., Gnedash, G. A. (2012). Thermodynamic optimization and analysis of the efficiency of heat recovery systems of boiler units. Industrial Heat Engineering, 34(2), 59 -66.

7. Fialko, N. M., Stepanova, A.I., Navrodska, R. A., Sherenkovskiy, Ju. V. (2014). Efficiency of heat recovery installation for boiler rooms, optimized by different methods. *Industrial Heat Engineering*, 36 (1), 41-46.

8. Stepanova, A. I. (2016). Analysis of the efficiency of the installation with a combined heat recovery system for heating water and blast air of the boiler. *Industrial Heat Engineering*, 38 (4), 38-45.

9. Fialko, N., Stepanova, A., Navrodska, R., Novakovskiy, 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.

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), 30-33.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В УТИЛИЗАТОРЕ ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ГАЗОПОТРЕБЛЯЮЩИХ ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВОК

Н. М. Фиалко, А. И. Степанова, Р. А. Навродская, С. И. Шевчук

Аннотация. *Приводятся результаты исследования эффективности утилизатора теплоты отходящих газов теплового двигателя когенерационной установки. При выборе методики для анализа эффективности утилизатора теплоты особое внимание уделяется тому, что в рамках выбранной методики должна существовать возможность дифференцирования эксергетических потерь в элементах теплоутилизатора и определения области их локализации. Этим требованиям соответствует комплексная методика, использующая эксерго-диссипативные функции и дискретно-модульный принцип анализа. Отмечается тот факт, что указанная методика позволяет провести анализ локализации эксергетических потерь в отдельных модулях теплоутилизатора и дифференцировать эксергетические потери, связанные с неравновесным теплообменом между теплоносителями и стенкой, теплопроводностью и движением теплоносителей. Приводятся результаты расчета эксерго-диссипативных функций каждого из восьми модулей теплоутилизатора, анализа локализации эксергетических потерь в модулях теплоутилизатора и локализации максимальных эксергетических потерь. Анализируются результаты исследования относительного вклада эксергетических потерь различного типа в общие потери эксергии. Указывается, что для определения потерь эксергии вследствие неравновесного теплообмена между теплоносителями и движения теплоносителей использованы дифференциальные уравнения эксергии, уравнения для плотностей теплового потока между теплоносителями и стенкой, уравнение для плотности теплового потока, обусловленного теплопроводностью через стенку и уравнения движения. Устанавливается, что локализация максимальных эксергетических потерь во всех модулях теплоутилизатора связана с потерями вследствие теплоотдачи от дымовых газов к стенке. Так, потери, связанные с теплоотдачей от дымовых газов к стенке, превышают эксергетические потери вследствие теплоотдачи от стенки к воде, в среднем, в 18,9 раз, эксергетические потери*

вследствие теплопроводности – в 113,0 и эксергетические потери вследствие движения теплоносителей – в 144,0. Указывается, какие именно модули теплоутилизатора нуждаются в оптимизации либо в конструктивной доработке.

Ключевые слова: эксергетические потери, комплексные методики, эксерго-диссипативные функции, эксергетическая эффективность

LOCALIZATION OF EXERGY LOSSES IN THE EXHAUST GASES HEAT-RECOVERY EXCHANGER OF GAS-FIRED HEAT PLANTS

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

Abstract. *The problem of increasing the thermodynamic efficiency of power plants can be solved only by using a complex approach using methods based on modern methods of exergy analysis in combination with methods of heat transfer theory, theory of linear systems, structural-variant methods, multi-level optimization methods, etc. The analysis of the possibility of applying the discrete-modular principle and the corresponding complex method for analyzing the efficiency of the exhaust gases heat-recovery exchanger of a cogeneration unit heat engine is performed in the paper. The aim of the work is to analyze the localization of exergy losses, their differentiation, and the establishment of the relative contribution of various types of losses to the general exergy losses in the exhaust gases heat-recovery exchanger of a cogeneration unit heat engine. The structural features of the heat-recovery exchanger and the exergy properties that reflect the essence of exergy methods: universality and additivity, made it possible to use the discrete-modular principle and a complex method based on exergy-dissipative functions for efficiency analysis. The advantage of this method is the ability to analyze the localization of exergy losses in separate modules of the heat-recovery exchanger and to differentiate the exergy losses associated with nonequilibrium heat transfer between the heat-transfer agents and the wall, heat conduction and the movement of heat-transfer agents. Using the chosen complex method, the analysis of the localization of exergy losses in the heat-recovery exchanger was carried out and the exergy-dissipative functions of each of the eight modules of the heat-recovery exchanger were calculated. Differentiation of exergy losses was carried out and the relative contribution of exergy losses associated with the processes of heat transfer from flue gases to the wall, from wall to water, in heat conduction processes, as well as exergy losses associated with the movement of heat-transfer agents, in the general exergy losses was analyzed. To determine the exergy losses due to nonequilibrium heat transfer between the heat-transfer agents and the motion of the heat-transfer agents, the differential exergy equations, the equations for the heat flow densities between the heat-transfer agents and the wall, the equation for the heat flow density due to heat conduction through the wall and the equations of motion are used. It has been established that the localization of maximum exergy losses in all modules of the heat-recovery exchanger is associated with losses due to heat transfer from flue gases to the wall.*

Key words: *exergy losses, complex methods, exergy-dissipative functions, exergy efficiency*