УДК 621.036.7 10.31548/energiya2021.01.005

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЗОПІДІГРІВАЧІВ РІЗНОГО ТИПУ ДЛЯ АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ДИМОВИХ ТРУБ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

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

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 результати досліджень ексергетичної ефективності та оптимізації параметрів газопідігрівачів різного типу, що використовуються для антикорозійного захисту газовідвідних трактів опалювальних котельних установок, оснащених системами теплоутилізації відхідних газів. Обгрунтовано вибір комплексної методики для аналізу ефективності газопідігрівачів, яка дає можливість отримання для розв'язування оптимізаційних задач функціональних залежностей обраних критеріїв ефективності від геометричних параметрів поверхні теплообміну газопідігрівачів. Такою методикою може слугувати методика на основі ексергетичних методів та статистичних методів теорії планування експерименту. Ця методика характеризується незначною кількістю вихідних параметрів, необхідних для розрахунку, та простотою розрахунково-аналітичних методів для отримання ексергетичних характеристик. У роботі розглядалися три типи газопідігрівачів: водогрійний (водо-газовий) та два газогрійних (газо-газових) трубного та пластинчатого типів. Теплообмінна поверхня водогрійного газопідігрівача компонується із поперечно-оребрених біметалевих (сталева основа і алюмінієве оребрення) труб, газогрійного трубного типу – із сталевих труб з кільцевими турбулізаторами потоку, а газогрійного пластинчатого типу - із гладких сталевих пластин. Наведено загальну систему балансових рівнянь, що використовуються в зазначеній комплексній методиці, а також її основні етапи. Відзначено, що вибір комплексних критеріїв оцінки ефективності газопідігрівачів здійснюється згідно зі ступенем чутливості критеріїв до зміни режимних и геометричних параметрів газопідігрівачів. За пропонованим коефіцієнтом чутливості проаналізовано ступінь чутливості різних критеріїв ефективності і встановлено, що одним з найбільш чутливих до зміни геометричних параметрів поверхні теплообміну газопідігрівачів є тепло-ексергетичний критерій. Наведено результати відповідних розрахунків для кожного з трьох газопідігрівачів. Встановлено, що найбільш ексергетично ефективним є водогрійний газопідігрівач, далі йдуть газогрійні газопідігрівачі відповідно пластинчатого та трубного типів.*

Ключові слова: ***газопідігрівач, оптимізація, ексергетична ефективність, комплексні методики***

Актуальність. До ефективних методів захисту димових труб котельних установок від корозійного руйнування внаслідок конденсатоутворення на їхніх внутрішніх поверхнях належить тепловий метод підсушування охолоджених димових газів у теплообміннику-газопідігрівачі. Цей метод реалізується в системах утилізації теплоти відхідних газів котлів. Для цього у відвідному газоході теплоутилізатора, або окремо, встановлюються додаткові поверхні нагрівання, в яких температура димових газів має підвищуватися на певну величину для відвернення конденсатоутворення у газовідвідному тракті котельної установки. Встановлення додаткового устаткування потребує капітальних витрат, які можна мінімізувати шляхом його конструкційної та режимної оптимізації. Тому проблема дослідження ексергетичної ефективності та оптимізації параметрів газопідігрівачів різного типу, за допомогою яких реалізують вказаний тепловий метод захисту димових труб котельних установок від корозійного руйнування, є важливою та актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. При дослідженні ексергетичної ефективності установок різного типу в Україні і в усьому світі ексергетична ефективність як установок в цілому, так і їх окремих елементів найчастіше оцінюється втратами ексергії, або ексергетичним ККД [1-5]. Так для аналізу ефективності котельні в роботі [1] використано балансовий метод ексергетичного аналізу, за допомогою якого розглядаються два основних види ексергетичних втрат, пов'язаних з незворотним процесами спалювання палива і теплопереносу. У роботі [2] втрати ексергії і алгоритми оптимізації використовуються для порівняльного аналізу різних систем утилізації теплоти та відповідного устаткування для виявлення системи найвищої ексергетичної ефективності. Метою роботи [3] є встановлення за допомогою енергетичних і ексергетичних досліджень окремих компонентів атомної електростанції, які мають високі втрати ексергії. Однак, використання лише двох ексергетичних характеристик для аналізу ефективності енергетичних установок найчастіше не відображає деяких важливих моментів

досліджуваних процесів. У разі ж застосування комплексних методик на основі ексергетичного підходу для досліджень, зокрема, теплоутилізаційного устаткування результативність реалізації технологій утилізації теплоти теплових установок різного типу підвищується [4-8].

У цій роботі виконано дослідження ексергетичної ефективності та оптимізації параметрів газопідігрівачів різного типу, що використовуються для антикорозійного захисту газовідвідних трактів опалювальних котельних установок, оснащених системами теплоутилізації відхідних газів. Розглянуто три типи газопідігрівачів: водогрійний (водо-газовий) та два газогрійних (газо-газових) трубного та пластинчатого типів. Теплообмінна поверхня водогрійного газопідігрівача компонується із біметалевих (сталева основа і алюмінієве оребрення) поперечно-оребрених труб, газогрійного трубного типу – із сталевих труб з кільцевими турбулізаторами потоку, а газогрійного пластинчатого типу – із гладких сталевих пластин.

Мета дослідження – аналіз ефективності та оптимізація параметрів теплообмінної поверхні газопідігрівачів різного типу для систем антикорозійного захисту димових труб котельних установок.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- обрати комплексну методику для аналізу ефективності та оптимізації параметрів газопідігрівачів різного типу;
- здійснити вибір комплексних критеріїв оцінки ефективності газопідігрівачів;
- визначити оптимальні значення та оптимальні області геометричних параметрів поверхні теплообміну газопідігрівачів;
- провести порівняльний аналіз газопідігрівачів різного типу.

Матеріали і методи дослідження. Для аналізу ефективності газопідігрівачів різного типу та визначення оптимальних значень геометричних параметрів їхніх поверхонь теплообміну використовувалась комплексна методика на основі ексергетичних методів і статистичних методів теорії планування експерименту.

Результати досліджень та їх обговорення.

Вибір комплексної методики для аналізу ефективності та оптимізації параметрів газопідігрівачів різного типу.

Найбільш ексергетично ефективною з точки зору енергоспоживання є технологічна система, що відповідає умовам термодинамічної оборотності всіх процесів, що в ній протікають. Для такої системи ексергетичні втрати повинні бути мінімальними. В енергетичних установках ексергетичні втрати виникають при переході організованої енергії в теплоту, нерівноважному теплообміні, змішуванні різнорідних теплоносіїв, терті, механічних, електричних і гідравлічних втратах, втратах при дроселюванні тощо.

У цій роботі розглядалися сумарні ексергетичні втрати в газопідігрівачах внаслідок нерівноважного теплообміну та руху теплоносіїв. Обрано комплексну методику для аналізу ефективності газопідігрівачів різного типу. Доцільність вибору певної комплексної методики визначається необхідністю отримання тих чи інших даних для досліджень. Для прикладу, перевагою комплексних методик, які використовують ексергетичні методи в поєднанні з методами термодинаміки незворотних процесів є те, що вони дозволяють розділити втрати ексергетичної потужності за причинами та областями їхньої локалізації. Однак, при реалізації цих методик використовується велика кількість вихідних параметрів, необхідних для розрахунку. Методики, що базуються на інтегральних балансових методах ексергетичного аналізу, в яких термодинамічні баланси записано в тій чи іншій формі, в поєднанні зі статистичними методами планування експерименту характеризуються суттєвими перевагами завдяки:

- можливості отримання для оптимізації геометричних параметрів поверхні теплообміну газопідігрівачів функціональних залежностей обраних критеріїв ефективності від основних параметрів системи;
- незначної кількості вихідних параметрів, необхідних для розрахунку;
- простоти розрахунково-аналітичних методів для отримання ексергетичних характеристик.

Відповідно до завдань цієї роботи для виконання досліджень була обрана комплексна методика, заснована на поєднанні методів ексергетичного аналізу зі статистичними методами теорії планування експерименту.

Основні етапи відповідної комплексної методики:

- для досліджуваних газопідігрівачів скласти систему ексергетичних, теплових і матеріальних балансових рівнянь;
- провести вибір критеріїв оцінки ефективності газопідігрівачів;
- скласти систему балансових рівнянь, з якої визначити необхідні ексергетичні і теплові характеристики, що входять до критеріїв ефективності;
- використовуючи статистичні методи планування експерименту, отримати функціональні залежності критеріїв ефективності (цільових функцій оптимізації) від параметрів визначальних параметрів газопідігрівачів;
- мінімізуючи функціональні залежності, визначити оптимальні значення і оптимальні області геометричних параметрів поверхні теплообміну газопідігрівачів.

У рамках обраної методики складено загальну систему балансових рівнянь для газопідігрівачів:

$$\sum_{j=1}^{n} E_{j\text{вх}} - \sum_{j=1}^{n} E_{j\text{вих}} + \sum_{j=1}^{n} E_{j\text{втр}} = 0,$$

$$\sum_{j=1}^{n} G_{j\text{вх}} i_{j\text{вх}} - \sum_{j=1}^{n} G_{j\text{вих}} i_{j\text{вих}} = 0,$$

$$\sum_{j=1}^{n} G_{j\text{вх}} - \sum_{j=1}^{n} G_{i\text{вих}} = 0,$$

$$E_{\text{вх}}^{\text{пов}} - E_{\text{вих}}^{\text{пов}} = G^{\text{пов}} \left[c_{\text{рссе}}^{\text{пов}} \left(T_{\text{вх}}^{\text{пов}} - T_{\text{вих}}^{\text{пов}} \right) - T_0 \left(c_{\text{рссе}}^{\text{пов}} \ln \frac{T_{\text{вх}}^{\text{пов}}}{T_{\text{вих}}^{\text{пов}}} - \frac{R}{\mu^{\text{пов}}} \ln \frac{p_{\text{вх}}^{\text{пов}}}{p_{\text{вих}}^{\text{пов}}} \right) \right],$$

$$E_{\text{вх}}^{\text{дг}} - E_{\text{вих}}^{\text{дг}} = G^{\text{дг}} \left[c_{\text{рссе}}^{\text{дг}} \left(T_{\text{вх}}^{\text{дг}} - T_{\text{вих}}^{\text{дг}} \right) - T_0 \left(c_{\text{рссе}}^{\text{дг}} \ln \frac{T_{\text{вх}}^{\text{дг}}}{T_{\text{вих}}^{\text{дг}}} - \frac{R}{\mu^{\text{дг}}} \ln \frac{p_{\text{вх}}^{\text{дг}}}{p_{\text{вих}}^{\text{дг}}} \right) \right],$$

$$E_{\text{вх}}^{\text{вод}} - E_{\text{вих}}^{\text{вод}} = G^{\text{вод}} \left(i_{\text{вих}}^{\text{вод}} - T_0 s_{\text{вих}}^{\text{вод}} \right) - G^{\text{вод}} \left(i_{\text{вх}}^{\text{вод}} - T_0 s_{\text{вх}}^{\text{вод}} \right).$$

Вибір критеріїв оцінки ефективності газопідігрівачів. Вибір критеріїв оцінки ефективності газопідігрівачів проведено згідно зі ступенем чутливості критеріїв до зміни їхніх режимних та геометричних параметрів. Проведено порівняльний аналіз чутливості різних критеріїв ефективності. Досліджено такі критерії оцінки ефективності: тепло-ексергетичний $\varepsilon = E_{втр}/Q$; ексерго-технологічний $k_т = E_{втр}m/Q^2$; технологічний $m_0 = m/Q$; ексергетичний $k_{ex} = \eta_{ex} / \eta_{ex}^{ід}$; енергетичний $k = Q/N$. Ступінь чутливості досліджених критеріїв визначалася за запропонованим коефіцієнтом чутливості, який показує відносні зміни критерію ефективності при зміні відповідного параметра (табл. 1).

1. Ступінь чутливості критеріїв ефективності до зміни параметрів

Критерій ефективності	Області значень коефіцієнта чутливості при зміні режимних та геометричних параметрів	
	Режимні параметри	Геометричні параметри
Тепло-ексергетичний	0,5…1,6	1,0…1,8
Ексерго-технологічний	1,0…2,6	0,5…0,8
Технологічний	0,1…0,3	0,1…0,3
Ексергетичний	1,0…1,5	1,0…1,5
Енергетичний	1,5…2,5	1,5…2,5

Як видно з таблиці, енергетичний і ексерго-технологічний критерії ефективності чутливіші до зміни режимних параметрів у середньому в 1,7 разів, ніж тепло-ексергетичний і ексергетичний критерії. Останні є більш чутливими до зміни геометричних параметрів поверхні теплообміну. Отже, при оптимізації режимних параметрів газопідігрівачів доцільно використовувати енергетичний і ексерго-технологічний критерії, а при оптимізації геометричних параметрів поверхні теплообміну – ексергетичний та тепло-ексергетичний критерії.

Визначення оптимальних значень та оптимальних областей геометричних параметрів поверхні теплообміну газопідігрівачів. У цій роботі при оптимізації геометричних параметрів поверхні теплообміну газопідігрівачів використовувався тепло-ексергетичний критерій ефективності. Із системи балансових рівнянь отримано необхідні значення теплових та ексергетичних характеристик для розрахунку тепло-ексергетичного критерія і встановлено функціональні залежності

критерія ефективності від основних параметрів теплообмінної поверхні газопідігрівачів (рівняння регресії). Функціональні залежності визначались на основі статистичних методів планування експерименту, в рамках яких для побудови матриці планування був реалізований ортогональний центральний композиційний план. При отриманні функціональних залежностей в кожній серії досліджень проводилась рандомізація порядку проведення дослідів. Оцінка однорідності дисперсій проводилась за критерієм Кохрена. Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння регресії – за критерієм Стьюдента. Перевірка адекватності отриманих рівнянь використаним даним – за критерієм Фішера. Для газопідігрівачів різного типу на основі мінімізації функціональних залежностей визначено оптимальні значення геометричних параметрів поверхні теплообміну та відповідні критерії ефективності $\varepsilon_{опт}$. На рис. 1 дпя прикладу наведено отримані залежності тепло-ексергетичного критерію ефективності від параметрів водо-газового газопідігрівача з пучком оребрених труб.

Виходячи з оптимальних значень геометричних параметрів поверхні теплообміну і враховуючи технологічні потреби, визначено оптимальні області досліджуваних параметрів (табл. 2).

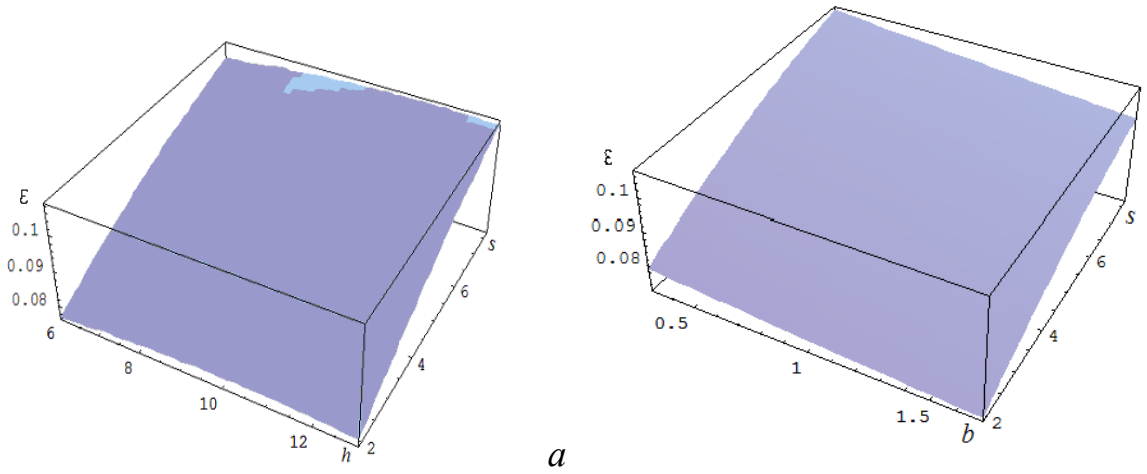

Рис. 1. Залежність тепло-ексергетичного критерію ефективності ε для водо-газового газопідігрівача від параметрів оребрення: міжреберного кроку *s*, товщини ребра *b* і висоти ребра *h*:

a b = 0,5 мм; *b h* = 7,0 мм.

За визначеними критеріями ефективності, що відповідають оптимальним значенням геометричних параметрів, досліджувані газопідігрівачі ранжуються так: найбільш ексергетично ефективним є водо-газовий газопідігрівач з оребреними трубами, далі йдуть газо-газовий пластинчатий та газо-газовий з трубами з кільцевими турбулізаторами.

2. Оптимальні області параметрів теплообмінної поверхні газопідігрівачів

Тип газопідігрівача	Параметри	Оптимальні області	Критерій ефективності $\varepsilon_{опт}$
Водо-газовий з оребреними трубами	h, мм b, мм s, мм	7,0…9,0 0,4…0,5 2,5…3,0	0,077
Газо-газовий пластинчатий	a, мм b, мм d, мм	650,0…750,0 250,0…350,0 5,0…8,0	0,255
Газо-газовий з трубами із кільцевими турбулізаторами	$D_{зовн}$, мм $D_{внут}$, мм $t/ D_{внут}$	42,0…44,0 35,0…37,0 0,52…0,54	0,313

Наукова новизна отриманих результатів та практична цінність. Вперше виконано оптимізацію параметрів теплообмінних поверхонь газопідігрівачів різного типу, за допомогою яких реалізується один з ефективних методів захисту димових труб котельних установок від корозійного руйнування, та здійснено порівняльний аналіз їхньої ексергетичної ефективності. Практична цінність пов’язана з можливістю використання отриманих результатів при проектуванні теплоутилізаційних систем котельних установок з антикорозійним захистом димових труб.

Висновки і перспективи.

1. За допомогою комплексної методики, що базується на інтегральних балансових методах ексергетичного аналізу в поєднанні зі статистичними методами планування експерименту, визначено ексергетичну ефективність, оптимальні значення та оптимальні області геометричних параметрів поверхні теплообміну газопідігрівачів різного типу.

2. Виконано порівняльний аналіз газопідігрівачів, за результатами якого встановлено, що найбільш ексергетично ефективним є водо-газовий газопідігрівач з

оребреними трубами, далі йдуть газо-газовий пластинчатий та газо-газовий з трубами з кільцевими турбулізаторами.

3. Отримані результати рекомендовано до використання при проектуванні теплоутилізаційних систем, в яких реалізовано теплові методи захисту димових труб котельних установок від корозійного руйнування.

Умовні позначення

a – ширина пластини; b – висота пластини; $c_{p\text{сер}}$ – середня ізобарна теплоємність; d – відстань між пластинами; D – діаметр труби; E – ексергія теплоносіїв; G – витрати теплоносіїв; i – ентальпія; m – маса; N – енергетична потужність; n – число теплоносіїв у системі; p – тиск; Q – теплова потужність; s – ентропія; t – параметр накатки; T – абсолютна температура; T_0 – температура оточуючого середовища; μ – молекулярна маса. **Верхні індекси:** ід – ідеальний; дг, вод. пов – димові гази, вода, повітря. **Нижні індекси:** вх, вих – вхід, вихід; зовн, внут – зовнішній, внутрішній; опт – оптимальний; *ex* – ексергетичний.

Список використаних джерел

1. Yuan Yuan Jian, Shao Xiang Zhou. Exergy Analysis of Boiler Based on the Temperature Gradient. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. 2010. Paper # 11258018. P. 4. doi.org/10.1109/APPEEC.2010.5449523.

2. Mohammadi, M. Ali Ashjari, A. Sadreddini Exergy analysis and optimisation of waste heat recovery systems for cement plants. International Journal of Sustainable Energy. 2017. V. 37. P.2.

3. Terzi R., Tükenmez İ., Kurt E. (2016). Energy and exergy analyses of a VVER type nuclear power plant Energy and Exergy Analyses of a VVER Nuclear Power Plant. International. Journal of Hydrogen Energy, (41), 1-12. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74433.

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. Fialko N., Stepanova A., Navrodskaya 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.

6. Fialko N., Stepanova A., Navrodskaya 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.

7. Степанова А. И. Критерии оценки эффективности теплоутилизационных систем энергетических установок. Енергетика і автоматика. 2016. № 3. С. 104-112.

8. Степанова А. И. Анализ эффективности и оптимизация комбинированной теплоутилизационной системы котельной установки. Енергетика і автоматика. 2016. №1. С.119-128.

References

1. Yuan Yuan Jian, Shao Xiang Zhou. (2010). Exergy Analysis of Boiler Based on the Temperature Gradient. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. Paper # 11258018, 4. doi.org/10.1109/APPEEC.2010.5449523.

2. Mohammadi, M. Ali Ashjari, A. (2017). Sadreddini Exergy analysis and optimisation of waste heat recovery systems for cement plants. International Journal of Sustainable Energy, 37, 2.

3. Terzi, R., Tükenmez, İ., Kurt, E. (2016). Energy and exergy analyses of a VVER type nuclear power plant Energy and Exergy Analyses of a VVER Nuclear Power Plant. International. Journal of Hydrogen Energy, 41, 1-12. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74433.

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., Stepanova A., Navrodskaya 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.

6. Fialko N., Stepanova, A., Navrodskaya, 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.

7. Stepanova, A. (2016). Kriterii otsenki effektivnosti teploutilizatsionnykh sistem energeticheskikh ustanovok. [Criteria for evaluating the efficiency of heat recovery systems of power plants]. Energy and automation, 3, 104-112.

8. Stepanova, A. (2016). naliz effektivnosti i optimizatsiya kombinirovannoy teploutilizatsionnoy sistemy kotel'noy ustanovki [Efficiency analysis and optimization of the combined heat recovery system of the boiler plant]. Energy and automation, 1, 119-128.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ДЛЯ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ДЫМОВЫХ ТРУБ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

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

Аннотация. *Приведены результаты исследований эксергетической эффективности и оптимизации параметров газоподогревателей различного типа, используемых для антикоррозионной защиты газоотводящих трактов отопительных котельных установок, оснащенных системами теплоутилизации отходящих газов. Обоснован выбор комплексной методики для анализа эффективности газоподогревателей, которая дает возможность получения для*

решения оптимизационных задач функциональных зависимостей выбранных критериев эффективности от геометрических параметров поверхности теплообмена газоподогревателей. Такой методикой может служить методика на основе эксергетических методов и статистических методов теории планирования эксперимента. Данная методика характеризуется незначительным количеством выходных параметров, необходимых для расчета, и простотой расчетно-аналитических методов для получения эксергетических характеристик. В работе рассматривались три типа газоподогревателей: водогрейный (водо-газовый) и два газогрейных (газо-газовых) трубного и пластинчатого типа. Теплообменная поверхность водогрейного газоподогревателя компонуется с поперечно-оребренных биметаллических (стальная основа и алюминиевое оребрение) труб, газогрейного трубного типа - из стальных труб с кольцевыми турбулизаторами потока, а газогрейного пластинчатого типа - из гладких стальных пластин. Приведена общая система балансовых уравнений, используемых в указанной комплексной методике, а также ее основные этапы. Отмечено, что выбор комплексных критериев оценки эффективности газоподогревателей осуществляется согласно степени чувствительности критериев к изменению режимных и геометрических параметров газоподогревателей. С помощью предложенного коэффициента чувствительности проанализирована степень чувствительности различных критериев эффективности и установлено, что одним из наиболее чувствительных к изменению геометрических параметров поверхности теплообмена газоподогревателей является тепло- эксергетический критерий. Приведены результаты соответствующих расчетов для каждого из трех газоподогревателей. Установлено, что наиболее эксергетически эффективным является водогрейный газоподогреватель, далее следуют газогрейные газоподогреватели соответственно пластинчатого и трубного типов.

Ключевые слова: ***газоподогреватель, оптимизация, эксергетическая эффективность, комплексные методики***

EFFICIENCY OF DIFFERENT TYPES GAS HEATERS FOR CHIMNEY ANTICORROSION PROTECTION SYSTEMS OF BOILER PLANTS

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

Abstrakt. *The of researches results of exergy efficiency and optimization of parameters of different types gas heaters by used for anticorrosion protection of gas exhaust ducts of heating boiler plants equipped with exhaust gas heat recovery systems are presented. The choice of a complex technique for analyzing the efficiency of gas heaters, which makes it possible to obtain functional dependences of the selected efficiency criteria on the geometric parameters of the heat exchange surface of gas heaters for solving optimization problems is substantiated. Such a technique can be a technique based on exergy methods and statistical methods of experiment planning theory. This technique by an insignificant number of initial parameters required for calculation, and by the simplicity of calculation and analytical methods for obtaining exergy characteristics is characterized. The work considered three types of gas heaters: water-heating (water-gas) and two gas-heating (gas-gas) pipe and plate type. The heat exchange surface of the*

water-heating gas heater is assembled from transverse-finned bimetallic (steel base and aluminum fins) pipes, gas-heating pipe-type - from steel pipes with circular turbulators flow, and gas-heating plate-type - from smooth steel plates. The general system of balance equations used in this complex technique, and also its the basic stages, are presented. It is noted that the choice of complex criteria for assessing the efficiency of gas heaters is carried out according to the degree of sensitivity of the criteria to changes in the operating and geometric parameters of gas heaters. Using the proposed sensitivity coefficient, the degree of sensitivity of different efficiency criteria has been analyzed and it has been established that one of the most sensitive to changes in the geometric parameters of the heat exchange surface of gas heaters is the heat-exergy criterion. The results of the corresponding calculations for each of the three gas heaters are presented. It has been established the most exergetically effective is a water-heating gas heater, followed by gas-heating gas heaters, of plate and tube types respectively.

Key words: ***gas-heater, optimization, exergy efficiency, complex techniques***