

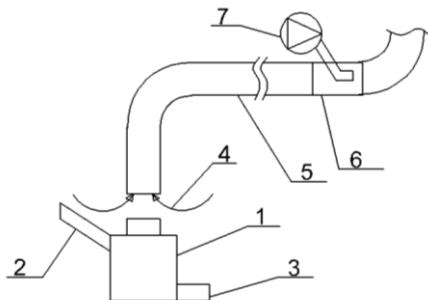
УДК 697.7

ІНДУКТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРУБЧАСТОГО ГАЗОВОГО НАГРІВАЧА ТА ПАЛЬНИКА НА ПЕЛЕТАХ

к. т. н., доц. Ткачова В. В., асп. Барсук Р. В.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», м. Дніпропетровськ

Постановка проблеми. Нині, в умовах постійного подорожчання традиційних енергоресурсів є дуже перспективним використання трубчастих газових нагрівачів (ТГН) на пелетах. На рис.1 представлена принципова схема газового пальника з трубчастим нагрівачем.



*Рис.1. Принципова схема газового пальника з трубчастим нагрівачем
1 – пелетний пальник; 2 – подача пелет; 3 – первинне повітря;
4 – вторинне повітря; 5 – трубчаста частина нагрівача;
6 – ежектор; 7 – припливний вентилятор повітря*

У цій роботі пропонується використати індуктивні методи самоорганізації моделей [1] для побудови математичної моделі трубчастого газового нагрівача на пелетах на основі нових експериментальних досліджень. Такий підхід є спробою різкого підвищення точності математичного моделювання при короткому періоді дослідження процесу з максимально можливим скороченням суб'єктивної апріорної інформації з боку автора моделі.

Аналіз останніх досліджень. В процесі експлуатації трубчаста частина нагрівача значно нагрівається, тому необхідно враховувати зміну довжини труби внаслідок теплового розширення матеріалу при зміні температури. Математична модель ТГН [2] і алгоритм

еволюційного пошуку [3] використовувалися для розрахунку температурних подовжень.

Великі перепади температур викликають появу теплових напруг, які можуть призводити до прогарів, механічним руйнуванням лінійної частини нагрівача за рахунок термічної деформації. В роботі [4] досліджувався напружено – деформований стан нагрівача.

Для розрахунку теплового і гідравлічного режиму ТГН на пелетах був розроблений алгоритм [5], який ґрунтувався на еволюційному алгоритмі випадкового пошуку.

Авторами [6] були розроблені загальні технічні рішення, необхідне математичне і методичне забезпечення для роботи таких нагрівачів на базі експериментального дослідження поверхні ТГН.

Викладено технічне рішення на пелетний пальник [7], ефективність якого досі не була досліджена.

Постановка задачі. Ставилася задача розробити математичну модель для оцінки ефективності пелетного пальника з трубчастим нагрівачем в залежності від конструктивних та режимних параметрів, а також математичну модель для визначення розподілу температури по периметру труби трубчастого нагрівача в залежності від конструктивних і режимних характеристик.

Виклад основного матеріалу досліджень. Розроблені методики, які засновані на загальному підході застосування методу групового обліку аргументів (МГОА) та застосування еволюційного пошуку рішень для отримання часткових рішень у рамках МГОА [1,8].

Нижче викладені конструктивні та режимні параметри роботи пелетного пальника з трубчастим нагрівачем [9]:

- Діаметр трубчастого нагрівача, D ;
- Умовний діаметр отворів подачі первинного повітря, d ;
- Площа основи, на котрій відбувається процес спалювання пелет, S ;
- Витрати первинного повітря, $L1$;
- Витрати вторинного повітря, $L2$.

Також можна вказати на наступні параметри, які характеризують ефективність роботи пелетного пальника з трубчастим нагрівачем:

- Теплова потужність пальника, Q_T ;
- Максимальна теплова потужність пальника, Q_{max} ;
- Номінальна теплова потужність пальника, Q_n ;
- Мінімальна теплова потужність пальника, Q_{min} ;
- Коефіцієнт граничного регулювання пальника, $K_{г.р.}$;
- Коефіцієнт робочого регулювання пальника, $K_{р.р.}$;

- Концентрація CO та NOx у відпрацьованих газах, C_{mco} , C_{mnox} .

Для дослідження розподілу температури по периметру нагрівача виділимо наступні конструктивні та режимні параметри трубчастого нагрівача:

- φ - кутова координата точки поверхні нагрівача;
- $T_{сер}$ - середня температура по периметру поверхні нагрівача;
- $T_{сум}$ - температура газоповітряної суміші;
- D - діаметр лінійної частини трубчастого нагрівача;
- V - об'ємна витрата газоповітряної суміші;
- Φ – параметр форми.

Вихідна функція математичної моделі – температура поверхні трубчастого нагрівача, яка в загальному вигляді залежить від:

$$T = \psi (\varphi, T_{сер}, T_{сум}, D, V, \Phi) \quad (1)$$

Для індуктивного моделювання виконується експериментальне дослідження і всі експериментальні точки розподіляються на дві послідовності: навчальну і перевірочну.

Шукана математична модель розглядається у повному описі у вигляді:

$$\varphi = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (2)$$

яка замінюється декількома рядами часткових описів:

Перший ряд селекції:

$$y_1 = f(x_1, x_2) \quad y_2 = f(x_1, x_3) \quad y_s = f(x_{n-1}, x_n), \quad (3)$$

де $s = C_n^2$.

Другий ряд селекції:

$$z_1 = f(y_1, y_2) z_2 = f(y_1, y_3) \dots z_p = f(y_{s-1}, y_s) \text{ і т.д.}, \quad (4)$$

де $s = C_s^2$.

Послідовно будуються математичні моделі кожного ряду селекції.

В часткові описи входять невідомі параметри (a_1, a_2, \dots, a_s) , де s - число аргументів. Згідно МГОА, ці параметри визначаються виходячи з точок навчальної послідовності, а аргументи для наступного ряду селекції моделей визначаються як «кращі» часткові описи на точках перевірочної послідовності.

Нижче представлені результати математичного моделювання часткового опису розподілу температури по периметру ТГН в залежності тільки від двох параметрів: φ і $T_{сер}$. Запишемо вихідну змінну у вигляді функціональної залежності:

$$T = f(\varphi, T_{\text{сер}}) . \quad (5)$$

Виходячи з залежності (5) рівняння розподілу температури по периметру труби може бути представлено у вигляді:

$$T = a_1 \cos \varphi + a_2 T_{\text{сер}} , \quad (6)$$

де a_1, a_2 - невідомі коефіцієнти.

Експериментальне дослідження трубчастого газового нагрівача на пелетах. При експериментальному дослідженні визначалася температура зовнішньої поверхні нагрівача у 10 рівномірно-розподілених по периметру труби точках (рис.2).

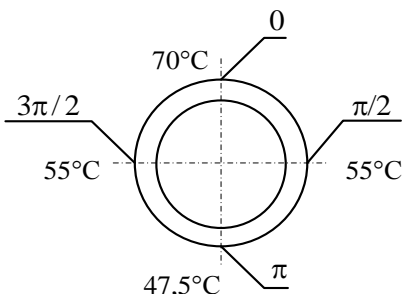


Рис.2. Схема розподілу температури по периметру труби трубчастого газового нагрівача на пелетах

Результати експерименту у вигляді навчальної і перевірконої послідовностей наводяться у таблиці 1.

Таблиця 1

Вихідні експериментальні дані розподілу температури по периметру трубчастого нагрівача

	Навчальна послідовність					Перевірочна послідовність				
№ п/п	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
φ	0	$\pi/3$	$2\pi/3$	$4\pi/3$	$5\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/2$	π	$3\pi/2$	$11\pi/6$
t_i	70	60	55	40	63	65	55	47,5	55	65
f'	1,22	1,04	0,96	0,7	1,09	1,13	0,96	0,83	0,96	1,13

Примітка: В таблиці t_i - температура точки поверхні нагрівача по периметру, °C; t' - абсолютна температура, безрозмірна.

Результати визначення невідомих коефіцієнтів за допомогою еволюційного пошуку рішень представлені в таблиці 2, де у якості критерію – сумарна безрозмірна похибка між розрахунковими та експериментальними значеннями температури на точках навчальної послідовності, який має вигляд:

$$E = \sum_{i=1}^{N_{\text{навч}}} \frac{|T_{pi} - T_{ei}|}{T_{\text{сер}}} \quad (7)$$

Таблиця 2

Результати чисельного розрахунку визначення невідомих параметрів

Кількість ітерацій	Номер гілки еволюції	Чисельні параметри				Цільова функція E
		a_1	a_2	a_1	a_2	
1	1	6,61	-2,36	9,06	1,46	37,21
	2	11,28	-2,8	12,55	2,83	63,5
	3	-0,31	2,96	1,9	7,49	19,04
3	1	2,1	0,13	2,6	0,53	10,86
	2	1,7	2	-0,82	3,01	13,98
	3	-0,68	1,21	0,99	1,26	5,13
6	1	0,26	0,91	0,15	0,91	0,63
	2	0,22	0,97	0,28	0,96	0,52
	3	0,14	0,99	0,22	0,93	0,51
10	1	0,18	0,96	0,18	0,96	0,44
	2	0,17	0,97	0,16	0,98	0,44
	3	0,16	0,98	0,17	0,97	0,44

Еволюційний пошук проілюстрований на рис.3, де можна бачити збіжність по трьох незалежних гілках еволюційного пошуку до мінімуму критерію E.

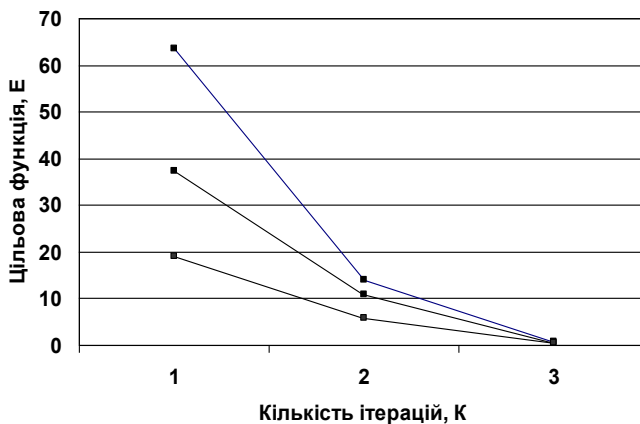


Рис.3. Графік мінімізації критерію пошуку рішень E по крокам ітерації еволюційного пошуку для 3-х гілок процесу.

Висновки. На підставі проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Розроблена методика експериментального дослідження та побудови математичної моделі для оцінки ефективності пелетного пальника з трубчастим нагрівачем в залежності від конструктивних та режимних параметрів.

2. Розроблена методика експериментального дослідження та побудови математичної моделі для визначення розподілу температури по периметру труби трубчастого нагрівача в залежності від конструктивних і режимних характеристик.

3. Отримана часткова математична модель – залежність розподілу температури по периметру трубчастої частини нагрівача від кутової координати точки поверхні.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ивахненко А. Г. Принятие решений на основе самоорганизации / Зайченко Ю.П., Димитров В.Д. – М.: Сов. радио, 1976. – 280 с.
2. Солод Л. В. Метод розрахунку і раціональні параметри інфрачервоних трубчастих газових обігрівачів: дис. кандидата техн. наук: спец. 05.23.03 „Вентиляція, освітлення та теплозапобігання” / Л. В. Солод.- Харків: ХДТУБА, 2011. - 20 с.

3. Расчет температурных удлинений инфракрасного трубчатого газового обогревателя / В. Ф. Иродов, В. В. Ткачева, Л. В. Соход // Theoretical Foundations of Civil Engineering: Polish – Ukrainian Transactions. Vol.19. – Warsaw: Warsaw University of Technology, 2011.-P. 381–386.
4. Термоупругое напряженно-деформированное состояние корпуса газовой горелки / В. В. Данишевский, В. Ф. Иродов, В. В. Ткачева // «Строительство, материаловедение, машиностроение»: Сб. научн. трудов.- Днепропетровск: ГВУЗ ПГАСА, 2013. – Вып. 70. - С.84-91.
5. Дудкин К.В. Трубчатые газовые нагреватели для теплоснабжения в сельской местности / Дудкин К. В., Ткачева В. В., Иродов В. Ф. // ISBN: 978-3-659-52278-9. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014.-156 с.
6. Трубчатые газовые нагреватели для теплоснабжения на пеллетах /К. В. Дудкин, В. В. Ткачева, А. А. Чернойван // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов.- Днепропетровск, 2013.- Вып. 68.- С. 142-146.
7. Патент 92674 Україна (UA), МПК F24C 15/00. Пристрій для променевого обігріву та нагрівання повітря/ Р.В. Барсук, В.Ф. Іродов, А.А. Чорнойван; Дата подання 05.04.2014; Дата ріш. 26.08.2014, бюл. № 16.
2. Иродов В. Ф. О построении и сходимости эволюционных алгоритмов самоорганизации и случайного поиска / В. Ф. Иродов // Автоматика. – 1987. – № 4. – С. 34–43.
3. Барсук Р.В. Влияние конструктивных и режимных параметров на эффективность работы горелки на пеллетах / Р.В. Барсук // Zbiór raportów naukowych « Tendencje, zbiory danych innowacje, praktyka w nauce » (29.04.2014 – 30.04.2014) – Lublin, 2014.- P.11-13.