

Література

1. Большаков А.С., Михайлов В. И. Современный менеджмент: теория и практика. 2-е изд., Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 416 с.
2. Дикань Н.В., Борисенко І.І. Менеджмент: Навч. посібник., К.: Знання, 2008. – 389 с.
3. Weber, Winfried W. Kulothungan, Gladius (eds.) Peter F. Drucker's Next Management. New Institutions, New Theories and Practices, 2010. ISBN 978-3-9810228-6-5
4. Теория и практика менеджмента: учебник. – Издание 2-е //Под ред. д.э.н. проф. К.Е. Кубаева. – Алматы: аза университети, 2008. – 486 с.
5. Кнорринг В.И. Теория, практика и искусство управления. Учебник для вузов по специальности “Менеджмент”. - 2-е изд., изм. и доп. - М.: НОРМА - ИНФРА-М, 2001. - 528 с.
6. Робертсон Б. Лекции об аудите качества: Пер. с англ. / Под общей ред. Ю.П. Адлера. – М.: Редакционно-информационное агентство «Стандарты и качество», 1999.— 375 с.
7. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами. Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта.- М.: Альпина-Бизнес Букс, 2009. – 409 с.
8. ГОСТ Р 50779.40-96 Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.
9. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере. – СПб.: Питер, 2003. – 688с.
10. Минько Э.В., Минько А.Э. Менеджмент качества: Учебное пособие. Стандарт третьего поколения. – СПб.: Питер, 2013. – 272с.
11. Фатхутдинов Р.А. Управление конкурентоспособностью организации. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Эксмо, 2005. – 544 с.
12. Н. Rinne, Н-J. Mittag (1995), Statistische Methoden der Qualitätssicherung, Hanser, München; MAS 352:55944(003)
13. D. C. Montgomery (2005), Introduction to statistical quality control, Wiley, Hoboken, NJ, USA; BWL 490.5:YC001(005)
14. Hawkins, Douglas M.; Olwell, David H. (1998), Cumulative Sum Charts and Charting for Quality Improvement, Springer, MAT 729:YD0003

Розроблено математичну модель теплопередавальної системи для дво- та триходового теплообмінників на основі методу режимних розрахунків. Використання розроблених математичних моделей дасть змогу проводити режимні розрахунки поверхонь нагріву діючих котлів на основі відомих тільки режимних параметрів (зокрема температур теплоносій в одному із режимів роботи обладнання), а об'єктні параметри (витрата теплоносій, площа і стан поверхонь нагріву) можуть залишатися невідомими.

Ключові слова: теплоенергетичне обладнання, математична модель, режимні розрахунки, параметри, температура, схема руху, теплоносій

Разработана математическая модель теплопередающей системы для двух- и триходового теплообменников на основе метода режимных расчетов. Использование разработанных математических моделей позволит проводить режимные расчеты поверхностей нагрева действующих котлов на основе известных только режимных параметров (в частности температур теплоносителей в одном из режимов работы оборудования), а объектные параметры (расход теплоносителя, площадь и состояние поверхностей нагрева) могут оставаться неизвестными.

Ключевые слова: теплоэнергетическое оборудование, математическая модель, режимные расчеты, параметры, температура, схема движения, теплоноситель

УДК 621.184.4/5

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТЕПЛОПЕРЕ- ДАВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДВО- ТА ТРИХОВОГО ТЕПЛОБМІННИКІВ

І. Р. Галянчук

Старший викладач*

E-mail: i_galyanchuk@yahoo.com

М. Я. Кузнецова

Кандидат технічних наук, асистент*

E-mail: kuznetsovam83@gmail.com

*Кафедра теплотехніки і теплових

електричних станцій

Національний університет

”Львівська політехніка”

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Вступ

Під час експлуатації, дослідження та налагодження теплоенергетичного обладнання ТЕС необхідним є визначення впливу різних режимних змін на умови та показники роботи як конкретних агрегатів в цілому так і їх вузлів зокрема.

Для котла такими режимними чинниками можуть бути:

- витрата теплоносіїв (повітря, води, пари, димових газів) на вході в котел чи в окремі його поверхні нагріву;
- температури теплоносіїв на вході в котел та його вузла;

- стан поверхонь нагріву (забруднені);
- обводи, рециркуляції та перетоки теплоносіїв;
- додаткові підводи чи відводи теплоносіїв.

Наведені вхідні режимні чинники обумовлюють зміни температури теплоносіїв на вході котла та на виході з його вузлів, що істотно впливає на зміну економічності та надійності роботи котла.

Традиційно вказані залежності визначаються експериментально. Однак, із збільшенням потужності, параметрів та габаритів устаткування проведення експериментів ускладнюється.

Використання відомих методів проектних (конструкторських) та перевірочних розрахунків [1, 2] під час розв'язання режимних задач є недостатньо ефективними, оскільки застосування цих методів вимагає значної кількості початкової інформації, яка є важкодоступною в умовах експлуатації (устаткування істотно зношене, забруднене або умови його використання відрізняються від закладених у проекті).

Вказані труднощі стимулюють розроблення спеціальних методів розрахунків, які б давали змогу визначати режимні залежності оперативно, на основі обмеженої найбільш доступної початкової інформації.

2. Результати досліджень

В даній роботі застосовано метод режимних розрахунків, який дає змогу визначити наслідки внесених змін у теплообмінник на основі відомих тільки вхідних та вихідних температур теплоносіїв у початковому режимі і характеризується наступними особливостями:

1. Сукупність конвективних поверхонь нагріву котла розглядається як теплопередавальна система (ТПС).

2. Основними елементами ТПС є одноходові конвективні теплообмінники з різними схемами руху теплоносіїв (протитечійні, прямотечійні, чотири варіанти перехресного руху теплоносіїв) [4], а також ідеальні дільники та змішувачі потоків теплоносіїв. Підсистемами ТПС є групи взаємопов'язаних елементів, які забезпечують нагрівання конкретного теплоносія (повітря, води, пари).

3. Зміна температури теплоносіїв (в реальних межах) не впливає на значення витрати і теплоємності теплоносіїв та на площу і коефіцієнт теплопередачі стінки теплообмінників [5, 6].

4. Параметри поділяють на:

- режимні (температури теплоносіїв на вході, виході елементів, підсистем і системи);

- об'єктні – теплоємність потоку (Gc) і теплопередавальність стінки (kF), де G, c - витрата теплоносія та його питома теплоємність; k, F - коефіцієнт теплопередачі та площа стінки теплообмінника [3].

5. Розрахунки класифікують на:

- проектні – значення об'єктних параметрів (в основному площа стінки F) визначаються на основі відомих режимних параметрів (температура теплоносіїв);

- перевірочні – на основі відомих об'єктних параметрів і вхідних режимних параметрів (вхідних температур) визначаються значення вихідних температур;

- режимні – на основі відомих вхідних і вихідних температур в одному з режимів роботи об'єкту визначається вплив відносних змін об'єктних параметрів на значення вихідних температур та відносні зміни переданої потужності [3].

6. Враховано, що в конвективних теплообмінниках існує лінійна залежність між вихідними і вхідними температурами теплоносіїв [7].

7. Застосовуються безрозмірні узагальнені параметри, значення яких може бути визначено на основі різних варіантів початкової інформації – як на основі відомих лише вхідних і вихідних температур, так і на основі відомих тільки об'єктних (нетемпературних) параметрів [8-10]. Це дає змогу забезпечити компактність запису математичних моделей та графічного зображення режимних характеристик, а також уніфікацію форми запису математичних моделей елементів, підсистем і систем.

8. Застосовується, за певних умов, заміщення складних підсистем більш простими режимно-подібними підсистемами або елементами.

9. Розрахунки проводяться прямими обчисленнями, без послідовних наближень. Для проведення режимних розрахунків використовується така початкова інформація:

- схема з'єднань підсистем в системі;

- схема з'єднань елементів в підсистемах;

- тип елементів;

- температури теплоносіїв на вході і виході системи;

- температури теплоносіїв на вході і виході тих елементів, в яких здійснюється режимна зміна об'єктних параметрів (для теплообмінників – додатково схема руху теплоносіїв).

Наведені особливості методу режимних розрахунків дають змогу розробити математичну модель, яка може бути використана, як для розрахунку індивідуальних теплообмінників, так і для розрахунку систем взаємопов'язаних теплообмінників. Особливістю даної моделі є використання безрозмірних параметрів (P, U, W, H, R), які можуть бути визначені на основі різних варіантів вихідної інформації (коли відомі тільки об'єктні параметри (kF, G_1c_1, G_3c_3) або тільки режимні параметри (температури (t_1, t_3, t_2, t_4))) і які можуть розглядатись як критерії режимної подібності теплообмінників [8-10]. Це дозволяє визначити вплив зміни вхідних температур теплоносія, при незмінних об'єктних параметрах, на зміну температури теплоносія на виході, а також визначити залежність переданої потужності від значень вхідних температур теплоносія [3]. Для одноходового теплообмінника рівняння для розрахунку мають вигляд:

$$t_{2x} = (1 - P_2) t_{1x} + P_2 t_{3x}; t_{4x} = (1 - P_4) t_{1x} + P_4 t_{3x} \quad (1)$$

де

$$P_2 = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} = f_2 \quad (H, R, \text{схема}) = P,$$

$$P_4 = \frac{t_4 - t_1}{t_3 - t_1} = f_4 \quad (H, R, \text{схема}) = 1 - PR,$$

$$H = \frac{kF}{G_1 c_1} = f_H \quad (H, R, \text{схема}),$$

$$R = \frac{G_1 c_1}{G_3 c_3} = \frac{t_3 - t_4}{t_2 - t_1}.$$

Індексом "x" позначені параметри у зміненому режимі. Параметри без індексу "x" стосуються початкового режиму з відомими значеннями температури.

Безрозмірні параметри з рівняння (1) є узагальненими, а тому під час розрахунків необхідно користуватись уточненими рівняннями, які враховують схеми руху теплоносіїв [3].

Під час формування моделі для двоходового теплообмінника система розглядається у вигляді двох зустрічно з'єднаних теплообмінників.

Формування математичної моделі теплопередавальної системи з двох теплообмінників полягає у побудові систем рівнянь: 1- математичних моделей елементів (теплообмінників); 2 - рівнянь внутрішніх і зовнішніх з'єднань, розв'язання яких дає змогу отримати уніфіковану форму математичної моделі теплопередавальної системи:

$$t_{ij} = t_{10} + U_{ij} (t_{30} - t_{10}) = (1 - U_{ij}) t_{10} + U_{ij} t_{30}, \quad (2)$$

$$U_{ij} = \frac{t_{ij} - t_{10}}{t_{30} - t_{10}}, \quad (3) = f_{ij}(P_{21}, P_{41}, P_{22}, P_{42})$$

де U_{ij} - узагальнена температура системи в точці "ij";
i - номер потоку на вході чи виході теплообмінника;
j - номер теплообмінника;
 t_{10}, t_{30} - температура нагріваного і гріючого теплоносія на вході в систему;

P_{21}, P_{41} - узагальнені температури теплообмінника "1";

P_{22}, P_{42} - узагальнені температури теплообмінника "2".

Початкова система рівнянь та формули для розрахунків узагальнених температур наведені в табл. 1.

В результаті порівняння формули для одноходового теплообмінника (1) та одержаної формули (2) для двоходового теплообмінника як системи двох взаємоз'єднаних теплообмінників, встановлено ідентичність їхньої структури.

Таблиця 1

Формування моделі двоходового теплообмінника

Схема	Рівняння елементів	Рівняння з'єднань
	$t_{22} = (1 - P_{22}) t_{12} + P_{22} t_{32}$ $t_{42} = (1 - P_{42}) t_{12} + P_{42} t_{32}$	<p>Внутрішні</p> $t_{12} = t_{21}$ $t_{31} = t_{42}$
	$t_{21} = (1 - P_{21}) t_{11} + P_{21} t_{31}$ $t_{41} = (1 - P_{41}) t_{11} + P_{41} t_{31}$	<p>Зовнішні</p> $t_{11} = t_{10}$ $t_{20} = t_{22}$ $t_{32} = t_{30}$ $t_{40} = t_{41}$
Кінцевий вид моделі		
$t_{2j} = (1 - U_{2j}) \cdot t_{10} + U_{2j} \cdot t_{30}; U_{2j} = \frac{t_{2j} - t_{10}}{t_{30} - t_{10}};$ $t_{4j} = (1 - U_{4j}) \cdot t_{10} + U_{4j} \cdot t_{30}; U_{4j} = \frac{t_{4j} - t_{10}}{t_{30} - t_{10}}.$ $\{U_{2j}, U_{4j}\} = f_j \{P_{21}, P_{41}, P_{22}, P_{42}\}.$		
$U_{21} = \frac{P_{21} P_{42}}{1 - P_{21} (1 - P_{42})}$		$U_{20} = U_{22} = \frac{(1 - P_{21}) P_{22} + P_{21} P_{42}}{1 - P_{21} (1 - P_{42})}$
$U_{40} = U_{41} = \frac{P_{41} P_{42}}{1 - P_{21} (1 - P_{42})}$		$U_{42} = \frac{P_{42}}{1 - P_{21} (1 - P_{42})}$

На основі вищенаведеного можна стверджувати, що в розглянутих системах група з двох теплообмінників може бути представлена як один елемент з формою запису як для одноходового теплообмінника.

Одержані взаємозалежності між одноходовими і двоходовим теплообмінниками були застосовані

під час формування математичної моделі триходового теплообмінника. Послідовність формування математичної моделі та підсумкові формули наведено в табл. 2.

Формування моделі триходового теплообмінника

Схема	Рівняння елементів	Рівняння з'єднань
	$t_{21} = (1 - U_{21})t_{11} + U_{21}t_{32}$ $t_{41} = (1 - U_{41})t_{11} + U_{41}t_{32}$ $t_{22} = (1 - U_{22})t_{11} + U_{22}t_{32}$ $t_{42} = (1 - U_{42})t_{11} + U_{42}t_{32}$ $t_{23} = (1 - P_{23})t_{13} + P_{23}t_{33}$ $t_{43} = (1 - P_{43})t_{13} + P_{43}t_{33}$	<p>Внутрішні</p> $t_{12} = t_{21}$ $t_{13} = t_{22}$ $t_{31} = t_{42}$ $t_{32} = t_{43}$ <p>Зовнішні</p> $t_{11} = t_{10}$ $t_{20} = t_{23}$ $t_{33} = t_{30}$ $t_{40} = t_{41}$
Кінцевий вигляд моделі		
$t_{2j} = (1 - W_{2j}) \cdot t_{10} + W_{2j} \cdot t_{30}; \quad W_{2j} = \frac{t_{2j} - t_{10}}{t_{30} - t_{10}};$ $t_{4j} = (1 - W_{4j}) \cdot t_{10} + W_{4j} \cdot t_{30}; \quad W_{4j} = \frac{t_{4j} - t_{10}}{t_{30} - t_{10}}.$ $\{W_{2j}, W_{4j}\} = f_j \{P_{21}, P_{41}, P_{22}, P_{42}, P_{23}, P_{43}, U_{21}, U_{41}, U_{22}, U_{42}\}$		
$U_{21} = \frac{P_{21}P_{42}}{1 - P_{21}(1 - P_{42})}$		$U_{41} = \frac{P_{41}P_{42}}{1 - P_{21}(1 - P_{42})}$
$U_{22} = \frac{P_{21}P_{42} + (1 - P_{21})P_{22}}{1 - P_{21}(1 - P_{42})}$		$U_{42} = \frac{P_{42}}{1 - P_{21}(1 - P_{42})}$
$W_{21} = \frac{U_{21}P_{43}}{1 - U_{22}(1 - P_{43})}$		$W_{41} = \frac{U_{41}P_{43}}{1 - U_{22}(1 - P_{43})}$
$W_{22} = \frac{U_{22}P_{43}}{1 - U_{22}(1 - P_{43})}$		$W_{42} = \frac{U_{42}P_{43}}{1 - U_{22}(1 - P_{43})}$
$W_{23} = \frac{(1 - U_{22})P_{23} + U_{22}P_{43}}{1 - U_{22}(1 - P_{43})}$		$W_{43} = \frac{P_{43}}{1 - U_{22}(1 - P_{43})}$

3. Висновок

На основі методу режимних розрахунків розроблено математичну модель теплопередавальної системи для дво- і триходового теплообмінників.

Використання розроблених математичних моделей дасть змогу проводити режимні розрахунки поверхонь нагріву діючих котлів на основі відомих тільки режимних параметрів (зокрема температур теплоносіїв в одному із режимів роботи обладнання), а об'єктні параметри (витрата теплоносіїв, площа і стан поверхонь нагріву) можуть залишатися невідомими.

Література

1. Оборудование теплообменное АЭС. Расчет тепловой и гидравлический. РТМ 108.031.05-84. Издание официальное. Руководящий технический материал. - Л.: НПО ЦКТИ, 1986, 180 с.
2. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод) [Текст] / Под ред. Н.В.Кузнецова и др. - Москва: "Энергия", 1978. - 296с.
3. Чабан, О.Й. Моделі і розрахунки елементарних конвективних теплообмінників [Текст] / О.Й. Чабан, І.Р. Галяничук // вісник ДУ "Львівська політехніка" № 365 "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. - 1999. - С. 32-40.
4. Хаузен, Х. Теплопередача при противотоке, прямотоке и перекрестном токе [Текст] : пер. с нем. -М.: Энергоиздат, 1981. -384 с.
5. Якоб, М. Вопросы теплопередачи [Текст] : пер. с англ. /Под ред. В.П. Мотулевича. - М.: Изд-во иностр. лит., 1960. -518 с.
6. Хоблер, Т. Теплопередача и теплообмінники [Текст] : пер. с польского /Под ред. П.Г. Романкова. - Л.: Госэнергоиздат, 1961. -820 с.
7. Кейс, В.М. Компактные теплообмінники [Текст] / В.М.Кейс, А.Л.Лондон. -2-е изд., перераб. и доп.: с англ. /Под ред. Ю.В. Петровского. - М.: Энергия, 1967. -224 с.
8. Nusselt, W. Eine neue Formel für den Wärmedurchgang im Kreuzstrom [Текст] / W Nusselt // Technische Mechanik und Thermodynamik, 1930, Band 1, №12, s. 417-422.
9. Smith, D.M. Mean Temperature - Difference in Cross Flow [Текст] / D.M.Smith // Engineering, 1934, vol. 138, № 3590, p. 479-481, № 3594, p. 606-607.
10. Bowman, R.A. Mean Temperature Difference in Design [Текст] / R.A.Bowman, A.C.Mueller, W.M.Nagle // Transaction of the ASME, 1940, vol. 62, № 4, p. 283-294.