

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПЕЧЕЙ

О.В. Ковальов, канд. техн. наук,
О.М. Бурлака, Національний університет харчових технологій,
В.М. Федорів, канд. техн. наук,
 Кам'янець-Подільський коледж харчової промисловості,
Н.В. Олійник, канд. техн. наук,
 Полтавський університет споживчої кооперації України

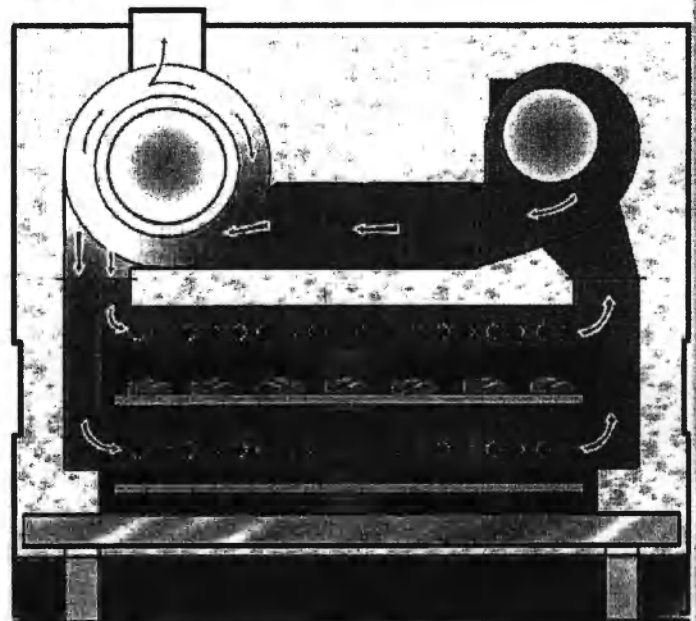
Хлібопекарська піч може працювати з різною продуктивністю, при цьому величина питомої витрати палива $b=f(G)$ буде змінюватися. Раціональна робота печі досягається тоді, коли питомі витрати палива досягають мінімального значення. Визначення раціональної продуктивності, з точки зору економії теплоти є важливою задачею. У промислових печах однією з основних величин, найбільш чутливою до зміни продуктивності, є температура відпрацьованих газів $t_{вд}$, які ідуть із печі у навколишнє середовище. Це у свою чергу пов'язано з значною втратою теплоти з відпрацьованими газами q_r . Остання величина визначає зміну витрати палива, яке не пов'язане безпосередньо з продуктивністю печі. Тому задача визначення раціональної продуктивності печі зводиться головним чином до встановлення точної або наближеної залежності величини температури відпрацьованих газів від продуктивності.

Нами проведені дослідження роботи печей з рециркуляцією продуктів згорання (мал.1) — найбільш розповсюдженого типу хлібопекарських печей, при перемінних режимах роботи. У цих печах підвищення продуктивності призводить до збільшення температури відпрацьованих газів, зниження — до зменшення температури відпрацьованих газів.

Збільшення температури відпрацьованих газів, що відбувається з ростом продуктивності печі зумовлюється тим, що підвищення продуктивності викликає відповідну зміну теплового потоку в робочу камеру печі. Ця зміна відбувається в результаті збільшення витрати палива і підвищення початкової температури гріючих газів. При цьому зростання сумарної ентальпії газів визначає збільшення тепловіддачі від них, що приводить до росту відпрацьованих газів.

Мета наших досліджень — установлення залежності температури відпрацьованих газів від продуктивності печі і визначення найбільш раціональної продуктивності для печей даного типу.

З метою визначення вхідних шуканих величин і функції відпрацьованих газів від продуктивності для хлібопекарських печей з рециркуляцією продуктів згорання проведені дослідження, при перемінних режимах, на печі К-ПХМ-25. Дослідження проводили при випічці хліба "Дарницького" подового масою 0,8 кг у всьому практично доцільному для цієї печі діапазоні змін про-



Мал. 1. Схема рециркуляційного нагріву печі

Основні параметри, що характеризують роботу печі К-ПХМ-25

Час випічки $t_{вип}$, с	42
Середнє упікання, віднесене до маси гарячого хліба, $W_{сп}$, %	8,7
Витрата насиченої пари з тиском 0,11 МПа/кг Са, кг/т	135
Максимальна температура середовища пекарної камери t_c , °C	270
Середній об'єм обміот середовища пекарної камери X , кг/кг	0,5
Температура підігріву коликки Δt_b , °C	100
Усереднена на поверхні теплоізоляції температура $t_{из}$, °C	0
Середній коефіцієнт витрати повітря:	
на виході з топки α_T	1,2
на виході з гріючих каналів α_K	2,5
на виході з печі $\alpha_{пх}$	3,0

Таблиця 1

№ п/п	Продуктивність, кг/с	Температура відпрацьованих газів, °C	Втрати теплоти з відпрацьованими газами, %
1	0,069	302	7,6
2	0,072	318	7,9
3	0,076	322	8,2
4	0,079	340	8,5

Таблиця 2

Параметри	Режими обігріву			
	1	2	3	4
Навантаження G , % (кг/с)	100 (0,069)	105 (0,072)	110 (0,076)	115 (0,079)
Витрата палива B , м ³ /год	40,2	44,0	47,5	48,0
Температура робочих газів t_p , °C	530	552	580	595
Об'єм рециркулюючих газів $V_{гк}$, м ³ /м ³	94	89	81	78
Коефіцієнт витрати повітря в робочих газах α_p	2,9	2,86	2,82	2,8
Коефіцієнт рециркуляції γ	2,74	2,59	2,36	2,28
Тепловіддача продуктів згорання ΔI , МДж/м ³	20,4	19,7	19,2	18,7

дуктивності $G=0,069-0,079$ кг/с, (у відсотках) $G=100-115$ %, якщо за 100 % прийняте навантаження $G=0,069$ кг/год. У топці спалювали паливо пічне побутове (ТПБ) ТУ 38.101656-67.

Фізико-хімічні показники палива:

Склад пальної суміші, % $C^r - 86,26$; $H^r - 13,08$; $O^r - 0,05$; $N^r - 0,20$; $S^r - 0,41$.

Нижча теплота згорання — 43,1М Дж/кг; густина — 820 кг/м³; в'язкість при 20 °C — 4 °ВУ; зольність — 0,02%; температура спалаху в закритому тиглі — 40 °C; температура замерзання — мінус 15 °C.

Ці параметри практично були постійними в дослідженому діапазоні навантажень печі.

В таблиці 1 показано отримані при експериментах зміни температури відпрацьованих газів $t_{гк}$ у залежності від продуктивності і відповідна зміна втрати теплоти з відпрацьованими газами q_r .

З таблиці 1 видно, що залежності температури відпрацьованих газів і втрати теплоти з відпрацьованими газами від продуктивності виявилися лінійними. При цьому середня температура відпрацьованих газів, з урахуванням продуктивності паливника апроксимується розрахунковою залежністю:

$$t_{від} = 219 + 1486 G, \text{ } ^\circ\text{C}$$

де G — продуктивність, кг/с.

Лінійну залежність температури відпрацьованих газів від продуктивності печі можна пояснити, проаналізувавши характер зміни основних експериментальних і розрахункових параметрів роботи (див. табл.2). Параметри в таблиці 2 приведені для наочності тільки для чотирьох характерних режимів, що лежать на границях і в середині досліджуваного діапазону продуктивності.

На підставі даних таблиці 2 були розраховані складові теплового балансу печі. Результати обчислень приведені

**Хлібопекарське обладнання з Німеччини
Компанія "Bagmasz" (Польща)**



т.: 8-104-860-135-75-65, т./ф.: 8-104-843-824-22-80 E-mail: bagmasz@bagmasz.com

ОБОРУДОВАНИЕ

нижче. Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря розраховували при середній продуктивності 107,5%.

Розрахунок питомої теплоти: кДж/кг

нагрівання пари, q_1	438
на перегрів пари, $q_2^{ок}$	104
нагрівання вентиляційного повітря, q_3	259
на нагрівання транспортних пристроїв, q_4	80
втрати теплоти в навколишнє середовище, q_5	42
Сумарна тепловіддача $\Sigma Q = 156,2$ кВт	

Ці дані використані при обчисленні тепловіддачі гріючих газів у робочу камеру. Результати розрахунків у % до теплового потоку в камеру при продуктивності 100%.

Використовуючи аналітичні й експериментальні співвідношення, знайдені витрати палива на холостий хід печі, тобто на роботу печі з нормальними теплотехнічними параметрами (температура в пекарній камері), але без вироблення продукції. Обрахунки витрат палива на холостий хід печі показали, що $V_k = 9,13$ м³/ч.

Коефіцієнт холостого ходу печі визначаємо, як відношення витрат палива на холостий хід печі до витрат палива при нормальній (розрахунковій) продуктивності печі. Коефіцієнт холостого ходу печі складає 0,253 при витраті палива 44,0 м³/т.

Величина витрати палива на холостий хід і коефіцієнт холостого ходу печі можуть бути використані в економічних розрахунках, пов'язаних із плануванням роботи печей і підтримки їх у гарячому резерві.

Висновки. Як видно з таблиці 2, для даної печі, також і в інших хлібопекарських печах аналогічної конструкції, об'єм рециркулюючих газів з ростом навантаження зменшується. Це відбувається внаслідок того, що вентилятор рециркуляції не може змінювати свої характеристики при зміні продуктивності печі. При цьому зміна теплового потоку у робочу камеру визначається зміною температурного напору від гріючих газів. Це приводить до зміни температури гріючих газів разом з продуктивністю печі, що впливає, внаслідок росту температури відпрацьованих газів, на економічність печі. Для зменшення цього впливу необхідно разом з зміною продуктивності (витрат теплоти) змінювати об'єм рециркулюючих газів, зберігаючи кратність рециркуляції.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Володарский А.В., Сигал М.Н., Ничиков И.М. Промышленные печи пищевых производств. — К.: Техника, 1986. — 136 с.
2. Михелев А.А., Володарский А. В. Практикум по курсу "Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства". — М.: Пищевая промышленность, 1974. — 288 с.
3. Расчёт и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производств / А.А. Михелев, Н.М. Ицкович, М.Н. Сигал, А.В. Володарский. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 327 с.