**УДК 681.121,664.002.5(071.1),664.65,664.66**

**Володимир Савицький, Тетяна Перетятко**
**Національний університет "Львівська політехніка",**
**кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів**

# ВИМІРЮВАННЯ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА В ХЛІБОПЕКАРНІЙ ПЕЧІ

*© Савицький Володимир, Перетятко Тетяна, 2002*

**The analysis of influence of gaseous medium humidity in the baking chamber on quality of bakery foods is made. The principle of measurement of relative humidity of such gaseous medium with the help gas-dynamic acoustic converters is considered.**

Головним фізичним фактором, що визначає процес випікання хлібопекарних виробів, є перенесення тепла та вологи в тістовій заготівці, яке відбувається в два періоди: перший – волога рухається від поверхневих шарів до центральних, відбуваються фізико-хімічні процеси, внаслідок яких волога в тісті зв'язується клейким крохмалем і за рахунок руху вологи всередині утворюється шкірка виробу; другий – проходить подальше формування шкірки виробу за рахунок інтенсивного випаровування вологи при заглибленні поверхні випаровування. У цей період вологість м'якої частини виробу майже не змінюється, а випаровування проходить переважно на поверхні виробу, яка є границею шкірки та м'якої частини.

Відповідно з цим розрізняють зони зволоження, в яких повинні бути забезпечені умови для інтенсивного вологообміну між навколишнім середовищем та поверхнею виробу, внаслідок чого проходить поглинання пари масою тіста і конденсація його на поверхні тістової заготовки.

Отже, в зоні зволоження є необхідним забезпечення газового середовища хлібопекарної камери насиченою парою при мінімальній її вентиляції і пониженні інтенсивності теплообміну, щоб досягнути відносної вологості 70-80%. Чим нижча інтенсивність теплообміну в зоні зволоження, тим повільніше температура поверхні виробу досягає значення точки роси і тим довший період конденсації. При надлишку вологи на зволоженій поверхні виробу утворюється шар крохмального клейстеру, який закриває пори і готує поверхню виробу для подальшої теплової обробки. Подальша теплова обробка забезпечує формування шкірки, яка є одною з якісних характеристик, що визначає зовнішній вигляд виробу.

Створення автоматичної системи регулювання відносної вологості середовища хлібопекарної камери ускладнюється відсутністю на теперішній час промислових вимірювальних перетворювачів вологи, що надійно працюють в середовищах з відносною вологістю 70-80% при температурі вище 100$^{o}$C.

Для розв'язання цієї задачі нами запропонований вологомір газового середовища в хлібопекарній камері, який на відміну від існуючих [1] відрізняється порівнянням двох витрат – вологого та осушеного газу. У цьому випадку визначення вмісту вологи сумарного потоку двох газів (повітря і парів води) досягається диференційним включенням двох газодинамічних акустичних перетворювачів (ГДАП). Оскільки ГДАП має високу чутливість до об'ємної витрати газу, не менше 17,5 Гц/мл/хв [2], це забезпечує остаточно відповідну чутливість до вологості газу.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Проточний газовий канал (див. рисунок) містить по ходу газу ГДАП 1 і 3 з розміщеною між ними поглинальною вологу камерою 2. Поглинальну камеру можна виконати у вигляді сорбційної або заморожуючої комірки. Рух газу вздовж каналу забезпечується компресором, а тиск перед першим по ходу газу ГДАП стабілізується регулятором 9. ГДАП розміщені в модулях 4 і 5, разом з приймачами акустичних коливань 6 і 7. Частотні сигнали з мікрофонів надходять на мікропроцесорний контролер 8, де обробляються згідно з функцією перетворення вологоміра. Вся газова схема вологоміра термостабілізується.

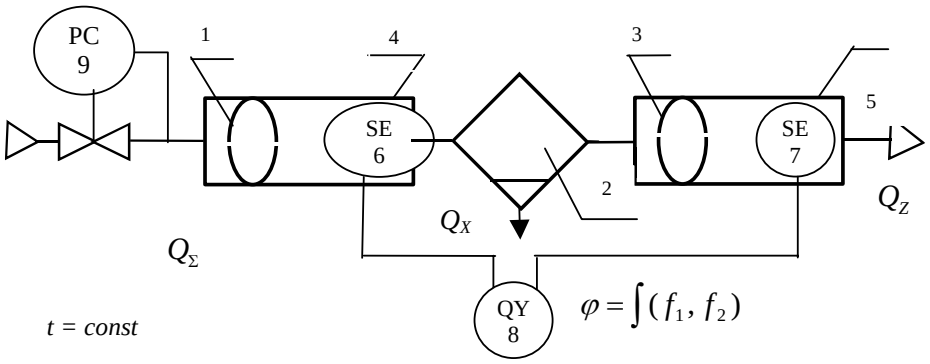


*Схема вологоміра газового середовища хлібопекарної камери*

Математична модель диференціального вологоміра має вигляд

$$\begin{cases} f_1 = k_1 / h_1 S_1 Q_\Sigma + f_{01}; \\ f_2 = k_2 / h_2 S_2 Q_\Sigma + f_{02}; \\ Q_\Sigma = Q_Z + Q_X; \\ Q_\Sigma = (1 + r) Q_Z, \end{cases} \tag{1}$$

де $f_1$ і $f_2$ – частота акустичних коливань на виході ГДАП, яка пропорційна до об'ємної витрати газу відповідно $Q_\Sigma$ і $Q_Z$; $k_1$ і $k_2$, $h_1$ і $h_2$, $S_1$ і $S_2$ – відповідно коефіцієнт пропорційності, відстань між отворами і площі отворів діафрагм ГДАП; $Q_X$ – витрата сконденсованої пари; $r$ – об'ємна концентрація водяної пари; $f_{01}$ і $f_{02}$ – відповідно стале зміщення частотної характеристики ГДАП.

Розв'язком системи рівнянь (1) для об'ємної концентрації водяної пари є залежність

$$\Delta f = f_1 - f_2 = h_1 S_1 / k_1 \left[ k_2 / h_2 S_2 (1 - r) - k_1 / h_1 S_1 \right] (f_1 - f_{01}) + (f_{02} - f_{01}). \tag{2}$$

Для випадку ідентичних характеристик обох ГДАП, коли $k_1 = k_2 = k$, $h_1 = h_2 = h$ і $S_1 = S_2 = S$, залежність (2) буде мати простий вигляд –

$$\Delta f = (f_1 - f_{01}) r, \tag{3}$$

звідки відносна вологість визначається як

$$\varphi = \frac{\Delta f}{f_1 - f_{01}} 100\%.$$

Завдяки стабілізації температури газових потоків $Q_\Sigma$ і $Q_Z$ мінімізується вплив температури навколишнього середовища на результати вимірювання вологості газового середовища хлібопекарної камери.

*1. Автоматизация технологических процессов пищевых производств / Под ред. Е.Б.Карпина, М.: Пищевая промышленность, 1977. 431 с. 2. Савицкий В.К. Пневмоакустический массовый микрорасходомер газа.// Пневмоавтоматика: Тез. Докл. XV Всесоюзн. совещ. Ч. 2, сентябрь 1985. Львов: 1985. – С. 97-98.*

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua