

# ХЛЕБОПЕЧЕНИЕ РОССИИ 1-2002

BAKING IN RUSSIA

**ХЛЕБ – ПРОСТАЯ И ВЕЧНАЯ ИСТИНА...**



*Президент Чувашской Республики Николай Васильевич Федоров  
на предприятии ОАО «Чебоксарский хлебозавод»*



Подробнее читайте  
статью на стр. 12.

# Теплообмен в рабочей камере хлебопекарной печи

А.В. КОВАЛЕВ

Украинский государственный университет пищевых технологий

На основании исследования механизма процесса выпечки и теоретических разработок нами составлены дифференциальные уравнения и найдены граничные условия, описывающие тепло- и массоперенос в данной операции.

На базе этих уравнений и условий с помощью теории подобия получена система обобщенных переменных и чисел подобия. Для температуры тепловоспринимающей поверхности выведена обобщенная зависимость:

$$t^* = \frac{t}{t_0} = f(Fo_q, Lu, EKo, Kq, Pn_1), \quad (1)$$

где  $t^*$  – величина безразмерной температуры;  $t$  – температура теплоотдающей поверхности;  $t_0$  – температура тепловоспринимающей поверхности, °С;  $Fo_q$  – число Фурье (характеризует связь между скоростью изменения температурного поля, физическими свойствами и размером тела);  $Lu$  – число Лыкова (характери-

*The authors have derived differential equations and found the boundary conditions which describe both heat and mass transfer in a working chamber of a bakery oven. Basing on these equations and conditions, a set of generalized variables and similarity numbers has been obtained.*

зует связь тепло- и массопереноса в капиллярнопористых телах и дисперсных средах),  $EKo$  – модифицированный критерий Коссовича (выражает отношение теплоты, затраченной на испарение влаги, к теплоте, расходуемой на нагревание заготовки);  $Kq$  – критерий теплового режима (является мерой отношения теплоты, воспринятой на определенном участке, к полному расходу теплоты на выпечку);  $Pn_1$  – массообменное число Поснова (характеризует влияние температурного поля на поле влагосодержания).

Установлено, что на поле температур наиболее существенно влияют числа  $Kq$ ,  $Lu$ ,  $Fo_q$ . Поэтому уравнение для поверхности изделия можно представить в виде:

$$t^* = AKq^m Lu^n Fo_q^q, \quad (2)$$

где  $Kq = \frac{Q}{Q_{\text{вып}}}$ , (3)

здесь  $Q$  – теплота, воспринятая поверхностью теста-хлеба от начала выпечки до конца расчетного участка при получении 1 кг хлеба;  $Q_{\text{вып}}$  – теплота, полезно расходуемая на выпечку 1 кг хлеба (определяется из баланса пекарной камеры с учетом затрат теплоты на физические и теплофизические преобразования).

Уравнение (2) – основное для расчета схемы обогрева печи, позволяет установить связь между изменением температуры тепловоспринимающей поверхности с внутренним и внешним тепло- и массопереносом в пекарной камере и тепловым режимом процесса, отдельно для верхней и нижней поверхности изделия.

Чтобы характеризовать режим выпечки, необходимо построить температурные кривые процесса, кривые плотности тепловых потоков, воспринимаемые верхней и нижней поверхностями изделия (см. рисунок), кривую роста заготовки в печи, по которой рассчитывают объем теста-хлеба, упек и теплофизические характеристики теста-хлеба в виде функции температуры.

Критерий выпечки находят по уравнению (3), в котором

$$Q_{\text{вып}} = 0,5K[W(i_{\text{пн}} - i') + q_m C_m (t_m - t_r) + q_k C_k (t_k - t_r)], \quad (4)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий затраты теплоты на теплофизические превращения теста в хлеб (1,08 ... 1,12);  $W$  – упек, кг влаги на 1 кг изделия (%); 0,5 – коэффициент, учитывающий потребление теплоты верхней поверхностью изделия;  $i_{\text{пн}}$ ,  $i'$  – энтальпия перегретого пара и кипящей воды, кДж/кг;  $q_m$ ,  $q_k$  – масса мякиша и корки, кг;  $C_m$ ,  $C_k$  – теплоемкости мякиша и корки соответственно, кДж/(кг·К);  $t_m$ ,  $t_k$ ,  $t_r$  – расчетные температуры корки, мякиша и теста, °С.

В результате математического расчета теплообмена в рабочей камере хлебопекарной печи получено уравнение:

$$t_{\text{пл}}^* = 3,9K^{0,088} Lu^{0,094} Fo^{0,125}. \quad (5)$$

Это уравнение позволяет определить для любой точки печи тепловой режим и температуру греющей поверхности, а также рациональный режим выпечки.

