

**Г.М. Станкевич**, д-р техн. наук, проф. (ОНТУ, Одеса)

**А.К. Кац**, канд. техн. наук, доц. (ОНТУ, Одеса)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ПІД ЧАС СУШІННЯ ЗЕРНА СПЕЛЬТИ**

Наразі недостатньо вивчені процеси тепло-масообміну при сушінні такої мало вивченої зернової культури як плівчаста пшениця – спельта. Відомо, що для сушіння колосових культур застосовують конвективні прямотечійні зерносушарки різних типів та виробників. Для обґрунтування раціональних температурних режимів сушіння спельти, визначення продуктивності зерносушарок при її сушінні, а також витрат теплоти і, відповідно, палива на сушіння, необхідно знати, крім основних властивостей зерна, закономірності кінетики її сушіння та нагрівання.

Дослідження процесу сушіння зерна плівчастої спельти у щільному нерухомому шарі проведені на експериментальній сушильній установці. Товщина шару зерна була прийнята 50 мм, швидкість сушильного агента (гарячого повітря), яку контролювали термоанемометром, складала 1,9...2,0 м/с. Для проведення дослідів були підготовлені зразки необрушеної спельти 2020 року врожаю, які штучно зволожували до різної вологості – 15,5 %, 18,7 % та 23,0 %, що у перерахунку на суху масу (вологовіст) складало відповідно 17,65 %, 23,46 % та 29,87 %.

Усі зразки спельти сушили у двох посторностях до кінцевої вологості 14 % (16,28 % на суху масу) при двох значеннях температури сушильного агента – 70 °С та 90 °С. Вологість зерна та температура сушильного агента були обрані близькими до реальних умов сушіння спельти та пшениці.

У процесі сушіння через певні проміжки часу фіксували масу зерна в касеті та його температуру нагрівання, яку вимірювали електронним термометром з термопарою. За зміною маси зерна в касеті розраховували поточний вологовміст спельти у процесі сушіння та надалі будували криві сушіння і нагрівання зерна спельти.

Для згладжування отриманих експериментальних даних зі зміни вологовмісту та температури зерна впродовж процесу сушіння були використані відомі форми кінетичних рівнянь:

– для кінетики сушіння зерна рівняння

$$w = w_0 \exp(-K\tau^n); \quad (1)$$

– для кінетики нагрівання зерна рівняння

$$\theta = \theta_0 + \tau / (A + B\tau). \quad (2)$$

Емпіричні кінетичні коефіцієнти  $K$ ,  $n$ ,  $A$  та  $B$ , що входять у наведені рівняння кінетики сушіння і нагрівання зерна, визначали методом найменших квадратів за експериментальними даними, обробку яких проводили у середовищі MS Excel.

Отримані значення вказаних кінетичних коефіцієнтів в залежності від температурних режимів сушіння і початкових значень вологовмісту та температури зерна зведено у табл. 1.

Таблиця 1

**Значення емпіричних кінетичних коефіцієнтів  $K$ ,  $n$ ,  $A$ ,  $B$   
в залежності від умов сушіння зерна спельти**

Умови дослідів		Кінетичні коефіцієнти			
$w_0$ , %	$t$ , °C	$K$	$n$	$A$	$B$
17,65	70	0,039767	1,020811	0,171429	0,114286
23,46	70	0,058986	0,669395	0,174196	0,027406
29,87	70	0,041238	0,872603	0,092151	0,030048
17,65	90	0,023726	1,765906	0,363636	-0,03030
23,46	90	0,038764	1,002309	0,17375	0,018404
29,87	90	0,048856	0,937482	0,102413	0,026027

Використовуючи отримані кінетичні коефіцієнти (табл. 1) за рівняннями 1 та 2 для кожної експериментальної точки були визначені розрахункові значення поточного вологовмісту та температури нагрівання зерна спельти. Співставлення експериментальних і розрахункових даних показало їх задовільну збіжність. Відносні похибки апроксимації вологовмісту не перевищували 4,49 %, а температури нагрівання зерна 8,73 %.

Проведені дослідження показали, що при сушінні спельти з вологістю 23,0 % за температур сушильного агента 90 °C, температура зерна при досягненні кінцевої вологості 14 % дорівнювала 48,2 °C, яка є близькою до припустимої температури зерна м'якої пшениці, що забезпечує її належну якість.

На основі досліджених кінетичних закономірностей можна розв'язувати ряд практичних задач:

- прогнозувати тривалість сушіння спельти від початкового  $w_0$  до необхідного кондиційного вологовмісту  $w_k$  та кінцеву температуру нагрівання  $\theta_k$  зерна спельти при заданих температурах сушильного агента  $t$ ;

- розробляти комбіновані режими сушіння спельти, які дозволять зменшити витрати теплоти та палива і забезпечити належну якість просушеного зерна спельти, дотримуючись гранично припустимих температур нагрівання зерна.