

**Ю.Ф. Снежкін**, д-р техн. наук, чл.-кор. НАНУ (*ІТТФ НАНУ, Київ*)

**Н.О. Дабіжа**, канд. техн. наук (*ІТТФ НАНУ, Київ*)

**Н.С. Малащук**, (*ІТТФ НАНУ, Київ*)

**О.В. Гусарова**, (*ІТТФ НАНУ, Київ*)

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНЕСЕННЯ ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

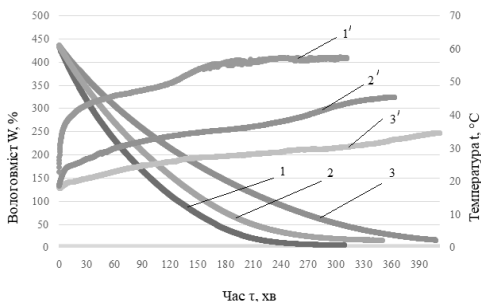
Постановка проблеми. У технології конвективного сушіння інтенсифікація процесу здійснюється головним чином шляхом підвищення температури сушильного агента. Проте можливість застосування цього методу при сушінні термолабільних матеріалів обмежена. Так для фруктів, що містять такі термолабільні речовини як цукри, пектини, органічні кислоти, вітаміни, ферменти підвищення температури сушіння обмежене гранично допустимим рівнем нагріву матеріалу. Для запобігання утворенню забарвлених речовин, яким супроводжується термічне розкладання цукрів, а також для збереження цінних живильних речовин та аромату, необхідно сушити фрукти за таких умов, при яких температура нагріву матеріалу не перевищуватиме гранично допустиму. Грунтуючись на літературних даних щодо біохімічних і фізичних змін, які відбуваються під впливом температури в рослинних матеріалах, приймаємо гранично допустиму температуру нагріву матеріалу при конвективному сушінні яблук в щільному шарі рівною 60 °С. Низькотемпературне сушіння термолабільних матеріалів доцільно реалізовувати в конвективних сушарках із застосуванням теплових насосів. Широке застосування теплових насосів для конвективного сушіння стримується недостатньою вивченістю методів оптимізації процесу, що обумовлено нестачею експериментальних даних щодо тепломасообміну, який відбувається в широкому діапазоні змінювання тепловологісних умов проведення процесу сушіння.

Мета роботи: на основі експериментальних досліджень кінетики низькотемпературного зневоднення термолабільних матеріалів та гігротермічної рівноваги між матеріалом та вологим повітрям розробити енергоефективні режими конвективного сушіння, що засновані на інтенсифікації процесу низькотемпературного зневоднення шляхом підвищення масообмінного напору між теплоносієм і матеріалом.

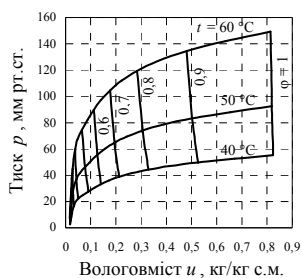
Результати експериментальних досліджень. Як видно з кривих сушіння яблук (рис. 1), при температурі сушильного агента 60 °С тривалість процесу зневоднення до вологовмісту рівноважного з оточуючим середовищем (18–22%) є значною (3,5 год.) і збільшується в 2 рази при  $t = 40$  °С (майже 7 годин).

З експериментальних даних по сорбційним властивостям яблук (рис. 2) встановлено, що в міру зменшення вмісту води в матеріалі і при зниженні його температури тиск парів води на поверхні зменшується. Внаслідок цього падає масообмінний напір процесу, що призводить до суттєвого зменшення швидкості сушіння.

Таким чином при низькотемпературному сушінні для створіння масообмінного напору необхідно знижувати вологовміст сушильного агента таким чином: в початковий період, коли матеріал має найбільшу вологість, і з нього легко видаляється вільна вода, немає необхідності підтримувати високий ступінь осушення сушильного агента, а наприкінці процесу, коли в матеріалі залишається лише зв'язана вода, необхідно проводити більш глибоке осушення агента, тому що при невеликому ступені осушення тривалість останнього періоду сушіння значно збільшується.



**Рис. 1 – Вплив температури сушильного агента на процес сушіння кілець яблук товщиною 3-4 мм при  $v = 1,5$  м/с та  $d = 10$  г/кг с.п.: 1, 1' –  $t = 60$  °C; 2, 2' –  $t = 50$  °C; 3, 3' –  $t = 40$  °C**



**Рис. 2 – Залежність парціального тиску пари води на поверхні яблука від вологовмісту і температури**

**Висновки.** На підставі ізотерм сорбції-десорбції та залежності парціальних тисків пари води від вологовмісту в паренхімних тканинах плодів встановлено, що основним механізмом інтенсифікації процесу зневоднення є збільшення масообмінного напору шляхом зниження парціального тиску водяної пари в сушильному агенті (тобто осушення), особливо на стадії видалення зв'язаної води. За результатами досліджень розроблений енергозберігаючий низькотемпературний режим сушіння яблук до низького залишкового вологовмісту з осушенням сушильного агента. При практичній реалізації даного режиму для осушення сушильного агента запропоновано використовувати парокompресійний тепловий насос (ТН).