

О.В. Зиков, канд. техн. наук (ОНАХТ, Одеса)  
Г.Ф. Смірнов, д-р техн. наук, проф. (ОНАХТ, Одеса)

### МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ «КАПІЛЯРНОГО МЕХАНІЗМУ ГАЛЬМУВАННЯ» ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНОВОГО ШАРУ

Основною ідеєю авторів є існування мінімум двох форм гальмування під час сушіння. Передбачається, що перший такий механізм пов'язаний з видаленням вологи, що знаходиться на внутрішній, але зовнішній поверхні випаровування. У різних об'єктах цей механізм проявляється різним чином. У випадку, який вивчався авторами і відносився до сушіння шару зерна, за уявленнями авторів, випаровування вологи з зовнішньої поверхні зерен призводить до зниження її об'єму і, як наслідок, до зменшення товщини відповідної плівки рідини, що веде до її переміщення до вузьких місць шару: до місць контактів окремих зерен. Оскільки це має місце при випаровуванні, то в цих місцях контактів виникають криволінійні лінії розділу фаз пар + рідина, що «заглиблюються» по мірі випаровування. При цьому кривизна цих ліній розділу зростає, що веде до появи істотного за величиною «капілярного тиску» знижує «рушійну силу» процесу масоотдачі. Схема розрахунків відповідають цим положенням має наступну форму:

$$V_i = M_i / \rho_0 = \left[ (M_0 - M_{2j}) - \sum_0^i (\Delta M_i) \right] / (N_{1i} \cdot m \cdot \rho_0), \quad (1)$$

де  $V_i$ ,  $M_i$ ,  $M_0$ ,  $M_{2j}$ ,  $\Delta M_i$ ,  $N_{1i}$ ,  $m$ ,  $\rho_0$  – той обсяг залишку поверхневої вологи, який залишився до  $i$ -го моменту часу; та маса поверхневої вологи, яка залишається в зерновому шарі до  $i$ -го моменту часу; повна маса вологи в шарі; маса вологи усередині елементів (зерен) шару; зменшення вологи як результат її випаровування на кожному  $i$ -му моменті часу; число елементів (зерен) в одиниці об'єму; число контактів кожного зерна; густина вологи (води) – відповідно. Виходячи зі знання залишку поверхневої вологи, і припускаючи, що в моменти часу, що відповідають йому, він розподіляється, головним чином, в місцях контакту елементів (зерен) шару, можна зробити оцінку радіуса кривизни криволінійної границі розділу фаз, припускаючи, що цей радіус пов'язаний з масштабом об'ємів рідини в місцях її розміщення кубічним законом, тобто між цим об'ємом і радіусом кривизни справедливим співвідношенням:

$$R_{0i}^3 \approx \text{const} \cdot V_i, \quad (2)$$

де  $const$ ;  $R_{0i}$  – якась емпірична постійна і радіус кривизни криволінійної границі поділу фаз. Знання цього радіуса дозволяє обчислити «капілярний тиск», що відповідає йому, таким чином:

$$\Delta P_{\sigma i} = 2\sigma / R_{0i} \quad (3)$$

де  $\Delta P_{\sigma i}$ ,  $\sigma$  – перепад тисків рідина-пар над криволінійною границею розділу фаз, що знижує «рушійний натиск» процесу випаровування, тобто масовіддачі та коефіцієнт поверхневого натягу, відповідно. Коли цей радіус кривизни стає близьким до радіусів внутрішніх каналів середовища, що осушується, тоді настає перехід до випаровування вологи з внутрішніх каналів, цей процес авторами не розглядався з низки причин:

1. У настільки малих за розмірами каналах рух пароповітряної суміші перестає бути суцільним, тобто він підпорядковується закономірностям молекулярних течій.

2. На внутрішніх поверхнях цих каналів при випаровуванні повинні мати місце перепади температур і тисків.

3. Нам не відома необхідна вихідна інформація по таким розрахункам, включаючи відомості про розміри цих каналів, їх розподілі та ін.

Такі розрахунки можуть бути виконані за умови, що потрібна вихідна інформація отримана і достатня надійна. Зрозуміло, що аналіз процесу видалення вологи з внутрішніх каналів стане джерелом свого механізму гальмування. При цьому можливі різноманітні фізичні причини виникнення і розвитку таких внутрішніх каналів. Вони можуть бути присутніми в внутрішніх об'ємах об'єкту від самого початку; можуть виникати як результати фізичних, біологічних (для харчових продуктів), хімічних або механічних впливів або їх різних комбінацій. Природно, у кожному такому випадку необхідні відповідні дослідження та вивчення цих проблем з метою отримання потрібної вихідної інформації. Можна припускати, що результати названих досліджень і розвиток, на їх основі аналізу відповідних процесів тепло масопереносу, приведуть до виявлення своїх механізмів гальмування процесу сушіння, що відповідають цим формам випаровування. За названих вище причин автори обмежилися розрахунковими дослідженнями для режимів, в яких має місце тільки випаровування поверхневої вологи. Запропонований підхід корисний для поглиблення аналізу внутрішнього механізму процесів сушіння. Вважаємо, що він може бути розвинений для різних об'єктів сушки, з урахуванням конкретних їх особливостей.