

УДК 66.047

*Пошукувач І.Я. Тимо, проф., д-р техн. наук Я.М. Ханик,
д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"*

СУШІННЯ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ У НЕРУХОМОМУ ШАРІ

Наведено результати досліджень гідродинаміки та кінетики сушіння дисперсних матеріалів у нерухомому шарі, що сформовані із частин неправильної форми.

Ключові слова: конвекція, сушіння, перший період, нерухомий шар.

Bread-winner I.Ya. Tumo; prof. Ya.M. Xanyk – NU "L'vivs'ka Politekhnik"

Drying of materials of dispersions is in the conditions of filtration of heat-air

In work results over of researches of hydrodynamics and kinetics of drying of materials of dispersions are brought in a steady-state layer which is formed from the particles of wrong form.

Keywords: Convection, drying, first period, a steady-state layer.

Постановка проблеми. Сушіння є складним тепломасообмінним процесом, який характеризується значними питомими енергетичними затратами [1]. Водночас зневоднення є і технологічним процесом, який забезпечує необхідну якість висушуваного матеріалу. Організація енергоощадного процесу сушіння із забезпеченням високої якості кінцевого продукту залежить від врахування фізико-хімічних властивостей матеріалу, енергії зв'язку вологи, обґрунтування параметрів сушіння.

Це відноситься і до сушіння дисперсних матеріалів, яке знайшло широке використання у різних галузях народного господарства.

Відомо [2], що гідродинаміка і кінетика сушіння дисперсного матеріалу залежить від структурної модифікації шару, яка представляє собою систему із складними геометричними характеристиками, що визначають вільний його об'єм, складність геометрії каналів, крізь які рухається теплоносії, а для несферичних частин має велике значення і орієнтація відносно руху потоку.

Тому виникає потреба у додатковому вивченні гідродинаміки і кінетики сушіння дисперсних матеріалів у нерухомому шарі, що складається з частин циліндрично-конічної форми. Водночас енергетику процесу та його тривалість визначає напрям руху теплоносія крізь нерухомий шар. Розрізняють два випадки руху теплоносія в процесі сушіння крізь шар дисперсного матеріалу. Перший передбачає його рух у напрямку – "перфорована перегородка – зовнішня поверхня шару", а другий – рух теплоносія у напрямку "зовнішня поверхня – перфорована перегородка".

Предметом нашого дослідження є вивчення гідродинаміки і кінетики сушіння дисперсного матеріалу, що складається з частин неправильної форми у випадку руху теплоносія у напрямку – "зовнішня поверхня шару – перфорована перегородка".

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Енергозбереження, висока швидкість сушіння і якість висушуваного матеріалу є актуальною проблемою зневоднення різноманітних дисперсних матеріалів. Одним із шляхів досяг-

нення інтенсифікації процесу сушіння дисперсних матеріалів, зменшення питомих енерговитрат є сушіння в умовах фільтрації теплоносія крізь шар дисперсного матеріалу у випадку його руху в напрямку до перфорованої перегородки. Ряд теоретичних та експериментальних досліджень [3, 4] доводять економічну ефективність цього методу. Однак, безпосереднє застосування отриманих результатів [3, 4] на сушіння досліджуваного матеріалу (зерна солоду) є неможливим внаслідок структурної модифікації шару, його усадкових властивостей, енергії зв'язку вологи із матеріалом.

Формулювання мети статті. На основі експериментальних досліджень встановити характер гідродинаміки та кінетики сушіння досліджуваного матеріалу у нерухомому шарі, який складається із частин неправильної форми (зерна солоду).

Виклад основного матеріалу. Встановлення гідродинамічних і кінетичних закономірностей під час сушіння зерен солоду у нерухомому шарі дає змогу визначити тривалість процесу і гідравлічний опір шару, та, відповідно, проаналізувати економічну доцільність його використання. В промислових умовах солод сушиться у вертикальних сушарках, у випадку, коли теплоносій подається знизу вверх, а матеріал рухається зверху вниз. Згідно зі заводськими даними процес характеризується значними питомими енергетичними затратами, причиною яких є складний тепломасообмін, що трапляється в сушарці за наявних режимів руху потоків. Висота зони сушарки становить приблизно 6 м. Теплоносій, рухаючись знизу вверх сушарки, на певній ділянці шару насичується вологою і, проходячи крізь наступні шари, волога конденсовується внаслідок того, що у верхній частині шару нижча температура. Ця волога повторно випаровується тому витрачається додаткова кількість теплоти. Така волога конденсації із матеріалу має зональний характер і завершується на виході відпрацьованого теплоносія із зони сушіння. Нами в лабораторних умовах проведені дослідження процесу зневоднення зерен солоду під час руху теплоносія в напрямку від зовнішньої поверхні матеріалу до перфорованої перегородки. У цьому випадку за можливої конденсації вологи, вона виноситься із зони конденсації механічно, без додаткових затрат теплової енергії.

Дослідження гідродинаміки сухого шару матеріалу висотою $H = 6 \cdot 10^{-2}$ м показано на рис. 1, із якого гідродинамічна залежність визначається як інерційною, так і в'язкою зі складовими (параболічний характер).

Дослідження кінетики сушіння зерен солоду виконували за температури теплоносія $T = 80^\circ\text{C}$, товщині шару $H = 6 \cdot 10^{-2}$ м у діапазоні швидкості руху теплоносія крізь шар матеріалу $\omega = 0,48 \div 1,2$ м/с. Як видно на рис. 2 кінетичні криві характеризуються наявністю першого та другого періодів.

Швидкість руху теплоносія крізь шар дисперсного матеріалу істотно впливає на швидкість процесу в першому періоді і загальну тривалість процесу сушіння. Так, за швидкості руху теплоносія $\omega = 1,2$ м/с тривалість процесу сушіння при зміні вологості матеріалу від 11 % до 3 % становить $\tau = 16$ хв., а за $\omega = 0,72$ м/с – $\tau = 28$ хв., а за швидкості $\omega = 0,48$ м/с – $\tau = 38$ хв.

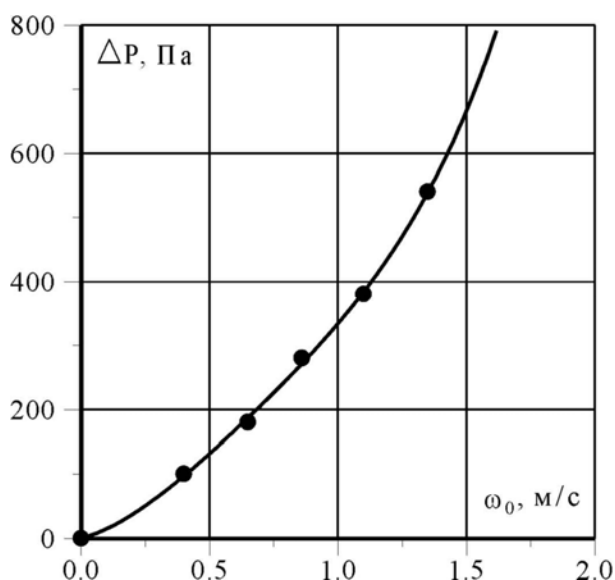


Рис. 1. Залежність гідравлічного опору шару сухого матеріалу (зерен солоду) від фіктивної швидкості руху теплоносія за умов: $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $H = 6 \cdot 10^{-2}\text{ м}$

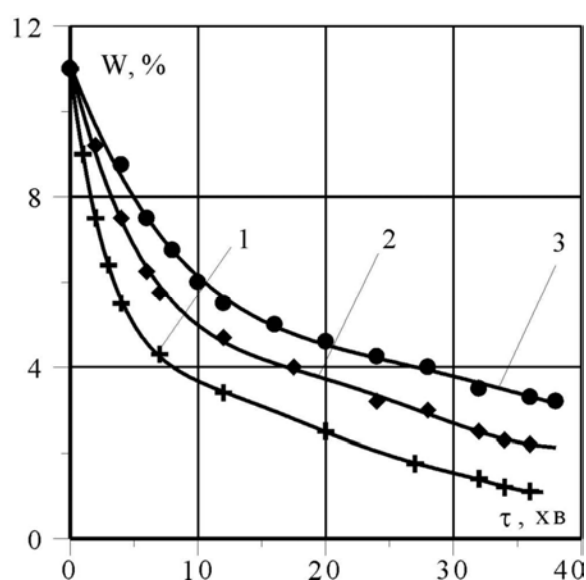


Рис. 2. Зміна вологості матеріалу (зерен солоду) в процесі сушіння його у нерухомому шарі за умов: 1 – $\omega = 1,2\text{ м/с}$; 2 – $\omega = 0,75\text{ м/с}$; 3 – $\omega = 0,48\text{ м/с}$; $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $H = 6 \cdot 10^{-2}\text{ м}$

Однак порівняно із сушінням в промислових умовах, процес інтенсифікується в 1,5-2,0 рази за одночасного зменшення питомих енерговитрат.

Висновок. Вивчення гідродинаміки і кінетики сушіння зерен солоду в нерухомому шарі у випадку, коли теплоносій рухається в напрямку до перфорованої перегородки (напрям дії сили ваги збігається з напрямом руху теплоносія), дало змогу встановити істотну перевагу досліджуваного процесу сушіння порівняно із сушінням, коли теплоносій рухається у протилежному напрямку.

Література

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
2. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. – Л.: Химия, 1979. – 176 с.
3. Ханик Я.М., Римар Т.І., Креховецький О.М. Гідродинаміка і кінетика процесу сушіння глини в щільному шарі під час ІЧ нагрівання// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2006, вип 16.5. – С. 310-312.
4. Гузьова І.О., Ханик Я.М. Гідродинаміка фільтраційного процесу сушіння дисперсних матеріалів// Вісник ДУ "Львівська політехніка": Хімія, технологія речовин та їх застосування. – Львів: ДУ "Львівська політехніка". – 2000, № 414. – С. 168-172.

УДК 674.047

Ст. наук. співроб. В.С. Коваль, канд. техн. наук;
асист. Н.В. Марченко; проф. Г.Б. Іноземцев, д-р техн. наук –
Національний аграрний університет, м. Київ

ЩОДО ОЦІНКИ ПРИПУСКІВ НА УСИХАННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ РІЗНОГО ВИДУ РОЗПИЛЮВАННЯ

Досліджено величину усихання пилопродукції листяних порід різної товщини, ширини та різного виду розпилювання при застосуванні м'яких режимів сушіння.