МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Механіко-технологічний факультет

Кафедра ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика

ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВОЇ І ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

Методичні вказівки до практичної роботи на тему:

"Дослідження процесу конвективної сушки харчових матеріалів"

для здобувачів ступеня вищої освіти "Доктор філософії"
механіко-технологічного факультету
спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
ОНП "Галузеве машинобудування"

м. Мелітополь - 2021

ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВОЇ І ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ. Методичні вказівки до практичної роботи на тему: **"Дослідження процесу конвективної сушки харчових матеріалів"** для здобувачів ступеня вищої освіти «Доктор філософії» механіко-технологічного факультету зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» - Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2021. – 24 с.

Розробники Самойчук К.О., д.т.н., проф.
Бойко В.С., к.т.н., доцент

Рецензент: Мілько Д.О., д.т.н., професор кафедри машиновикористання в землеробстві

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика

Протокол № 1 від 27 серпня 2021 року.

Затверджено методичною комісією механіко-технологічного факультету, протокол № 10 від 31 серпня 2021 року.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОЇ СУШКИ ХАРЧОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи: Дослідити процес сушіння на конвективній циркуляційній сушильній установці, виявити закономірності змінення вологості матеріалу і швидкості сушіння, визначити коефіцієнт сушки процесу в першому і в другому періодах процесу.

Час виконання роботи 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- розглянути будову та принцип дії експериментальної установки для конвективного сушіння;
- розрахувати основні параметри процесу сушіння;
- провести експериментальні дослідження процесу сушіння зразка рослинної сировини;
- обробити статистично результати експерименту;
- побудувати графік залежності вологовмісту W_i від часу сушіння τ_i (криву сушіння);
- сформулювати висновки за результатами роботи.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- ***повторити:***

1) основні теоретичні положення процесу сушіння;

2) основні способи і обладнання які застосовують для сушіння сировини та продукції харчових і переробних виробництв;

3) основні закономірності конвективного способу сушіння.

- ***знати:***

1) область застосування процесів сушіння на переробних та харчових підприємствах;

2) місце сушильного обладнання в технологічних лініях переробних виробництв загальну класифікацію і схеми сушарок;

- ***вміти:*** проводити налаштування експериментальної сушарки за умовами дослідів, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити визначення основних показників продукту за темою дослідження, будувати графічні залежності за результатами досліджень.

3 Загальні відомості про процес сушіння

Сушіння – це масообмінний процес видалення вологи з матеріалів за допомогою підведення до них теплової енергії конвекцією, теплопровідністю або випромінюванням.

В повітряній конвективній сушарці, яка є, як правило, камерною конструкцією, нагріте в калорифері до технологічно допустимої температури атмосферне повітря (сушильний агент) контактує з матеріалом розміщеним на несучому пристрої.

Завдяки різниці температур матеріалу та повітря відбувається теплообмін між ними і, як результат, починається випаровування з поверхні матеріалу вільної або фізично-зв'язаної вологи. Різниця парціальних тисків водяної пари, яка виникає в прикордонному пароповітряному шарі матеріалу і в зовнішньому повітряному потоці забезпечує рівномірне, певної тривалості, виділення зв'язаної вологи і незмінну швидкість цього процесу, тобто постійну кількість вологи, що випаровується за одиницю часу з одиниці поверхні матеріалу.

Цей етап сушіння, коли швидкість процесу видалення вологи, є незмінною, називається *першим періодом сушіння*, або *періодом постійної швидкості суш*іння, а сам процес – явище переміщення вологи (її маси) з поверхні матеріалу в повітряний потік – *зовнішньою дифузією*. Тому перший період сушіння називають також *періодом зовнішньої дифузії*.

Протягом певного часу в першому періоді, по мірі прогрівання матеріалу в глибину до температури, близької до температури сушильного агента, починається і поступово стабілізується процес переміщення вологи в напрямі від внутрішніх до зовнішніх шарів і далі до поверхні матеріалу. Завдяки отриманій різниці концентрацій вологи в глибинних та вже частково обезводнених зовнішніх шарах починається і розвивається процес внутрішньої дифузії, проте вже не вільної вологи, а так званої фізико-хімічної зв'язаної вологи.

Як тільки кількість вологи, яка знаходиться на поверхні матеріалу стає меншою ніж та кількість вологи, яка може випаровуватися, швидкість сушки починає зменшуватися.

Початок зниження швидкості сушіння характеризується так званим *першим критичним вологовмістом матеріалу* $W_{к1}$. Наступний період – *період падіння швидкості* сушіння (період внутрішньої дифузії вологи). Цей період продовжується до тих пір, поки матеріал не досягне *другого критичного вологовмісту матеріалу* W_2, який називається рівноважним вологовмістом.

Досягши значення $W_{к2}$. кількість виділеної вологи з матеріалу і навколишнього середовища (повітря) та кількість вологи, яка повернеться з повітря в матеріал (за одиницю часу) стають майже рівними. В цьому випадку процес сушіння стає неможливим і як правило, його припиняють.

Якщо досягнутий вологовміст $W_{к2}$.меньший, ніж технологічно необхідний кінцевий вологовміст матеріалу W_2., відновлюють рушійні сили зовнішні (ΔP) і внутрішні (ΔC) дифузії вологи за рахунок підвищення температури сушильного агента (якщо це технологічно допустимо, зниження його вологовмісту або загального тиску в сушарці).

Характер зміненння вологовмісту матеріалу W_i під час його сушіння представляється кривою сушіння, графік якої будують за експериментальними даними (рисунок1).

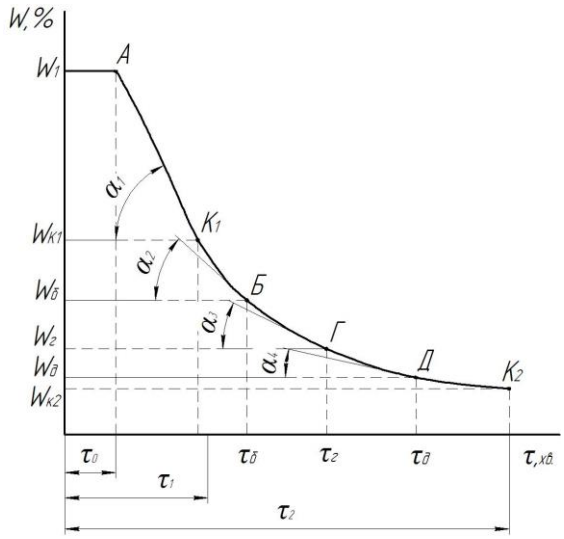


Рисунок 1 – Експериментальна крива сушіння

З рисунка видно, що після досить невеликого проміжку часу τ_0 – періоду підігріву поверхні матеріалу, коли тільки починає енергійно розвиватися зовнішня дифузія вологи, а вологовміст матеріалу зменшується дуже поволі, наступає період постійної швидкості сушіння (період зовнішньої дифузії) тривалість τ_1. У цьому періоді вологовміст матеріалу зменшується за лінійним законом до досягнення $W_{к1}$ (критичної точки ***К***), після якого починається період внутрішньої дифузії (другий період); вологовміст матеріалу за період часу τ_2 зменшується по кривій ***АД*** і досягає рівномірного вологовмісту $W_{к2}$ (або необхідного вологовмісту W_2).

Для кожного з двох періодів швидкість процесу сушіння характеризується зменшенням вологи в матеріалі dW_i за нескінченно малий період часу $d\tau_i$ %/с.

Таким чином швидкість процесу сушки u_i, %/с:

$$u_i = \frac{dW_i}{d\tau_i} \qquad (1)$$

де W_i - вологовміст в матеріалі %; τ_i - тривалість сушіння, с.

Якщо у першому періоді швидкість процесу обумовлюється температурою і швидкістю руху сушильного агента в сушильній камері, то в другому періоді швидкість процесу залежить від кількості масового співвідношення різних форм фізико-хімічно зв’язаної вологи, від дії термодифузії.

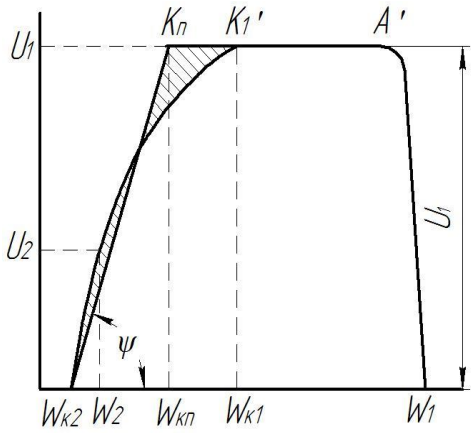
Швидкість процесу сушіння у кожному з двох періодів визначають графічним диференціюванням кривої сушіння.

На графіку кривої сушіння з різних її точок вибраних довільно (наприклад, з рівним кроком по ординаті W_i), проводить дотичні лінії і визначають тангенси кутів нахилу цих дотичних і кривою, значення яких і стає значенням швидкості процесу у вибраних точках.

$$u_i = \frac{dW_i}{d\tau_i} = tg\alpha \qquad (2)$$

де i - номер вибраної точки.

Якщо на міліметрівці відкласти на осі абсцис значення вологості матеріалу W_i, а на осі ординат – відповідну ним швидкість сушки (в заздалегідь вибраних масштабах), то з'єднавши точки перетину відповідних значень абсцис і ординат, отримаємо графік змінення швидкості процесу сушіння, або криву швидкості сушіння (рисунок 2).



$$u_i = \frac{dW_i}{d\tau_i} = f(W_i).$$

Рисунок 2 – Експериментальна крива швидкості сушіння

При такому зображенні кривої швидкості процесу сушіння дослідник має можливість проаналізувати фізичне значення характеру графіка, тому що знак і ступінь крутизни графіка залежать від структури матеріалу, від наявності (відсутності) або співвідношення маси вологи різних форм зв'язку її з матеріалом.

Тривалість сушки, яка характеризує енергетичну ефективність процесу, для першого періоду визначається за формулою, хв.:

$$\tau_1 = (W_1 - W_{к1}) / u_1 \qquad (3)$$

де W_1 і $W_{к1}$ - відповідно початковий і перший критичний вологовміст матеріалу в %;

u_1 - швидкість сушіння в першому періоді %/хв.

Тривалість сушіння у другому періоді, хв.:

$$\tau_2 = \frac{W_{кп} - W_{к2}}{u_1} \cdot ln \frac{W_{кп} - W_{к2}}{W_2 - W_{к2}}, \qquad (4)$$

де W_2 - заданий (отриманий) кінцевий вологовміст матеріалу %;

$W_{кк}$ - приведений критичний вологовміст матеріалу %.

Значення приведеного критичного вологовмісту $W_{кп}$ отримують, замінивши криву швидкості другого періоду (рисунок 2) прямою так, щоб вона відсікла рівні площі з обох сторін кривої. Отримана на графіку точка K_n відповідає приведеному критичному вологоутриманню $W_{кп}$.

Тангенс кута ψ нахилу прямої $W_{к2} - K_n$, хв.$^{-1}$ визначається за наступним виразом:

$$tg\,\psi = \frac{u_1}{W_{кп} - W_{к2}} = K\,. \qquad (5)$$

Він називається коефіцієнтом швидкості сушіння у другому періоді і характеризує інтенсивність масообміну під час сушки.

Величина $W_{к2}$ – рівноважний (отриманий або відомий вологовміст матеріалу), %. Значення рівноважного вологовмісту $W_{к2}$ для різних матеріалів визначають експериментальним шляхом. Як приклад в таблиці №1 приведені значення $W_{к2}$ для різних матеріалів залежно від відносної вологості сушильного агента – повітря ψ на вході в сушарку. Величина ψ визначається за допомогою психрометричних таблиць.

Таблиця 1 – Рівноважний вологовміст рослинних матеріалів в залежності від відносної вологості сушильного агента

Матеріал	Відносна вологість сушильного агента – повітря %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Картопля	5,6	7,2	8,4	9,4	10,6	11,7	13,2	15,7	20,0	42,3
Буряк	6,5	7,8	10,3	11,0	11,3	15,4	19,7	28,7	60,0	–
Морква	2,4	3,7	6,0	8,3	14,0	17,7	22,8	30,5	47,0	–
Яблука	2,43	3,4	4,8	6,4	10,2	14,3	18,7	24,2	27,6	–

При розрахунку початкового вологовмісту W_1 матеріалу використовують експериментальні значення вмісту сухої речовини (таблиця 2).

Таблиця 2 – Вміст сухої речовини і допустима температура нагріву деяких рослинних матеріалів.

Матеріал	Вміст сухої речовини %	Допустима температура нагрівання $^{\circ}$С/
Картопля	15,20	95 / 65
Буряк столовий	20,00	90 / 70
Морква	10,15	100 / 70
Яблука	10,15	60 / 70
Хліб пшеничний	53,55	60 / 120

Примітка: допустима температура на початок сушіння – чисельник, на кінець сушіння – знаменник

4 Експериментальна лабораторна сушильна установка

Конвективна сушильна установка, схема якої показана на рисунку 3, складається з сушильної камери 2, яка є металевим циліндром діаметром 200мм. Установка змонтована на основі 1. Камера має прозору кришку 4. З правої сторони до сушильної камери приєднаний калорифер 8, що складається з вентилятора 9 і електричної спіралі 10. Ліву частину сушильної камери з’єднано з калорифером гофрованою трубою 7, діаметром 80мм.

Посередині труби поставлена засувка 6 для регулювання витрати повітря і швидкості його руху.

В сушильній камері консольно закріплена гнучка пластина 13, на яку наклеєні тензометричні датчики 14, які замірюють деформацію згину пластини 13.

На пластину встановлюється кошик 3 з матеріалом, що підлягає сушінню. По мірі висихання матеріалу пластина розгинається і тензометричні датчики фіксують її деформацію (змінення маси матеріалу внаслідок випаровування вологи) і подають сигнал на контрольний прилад, за яким визначається змінення маси матеріалу.

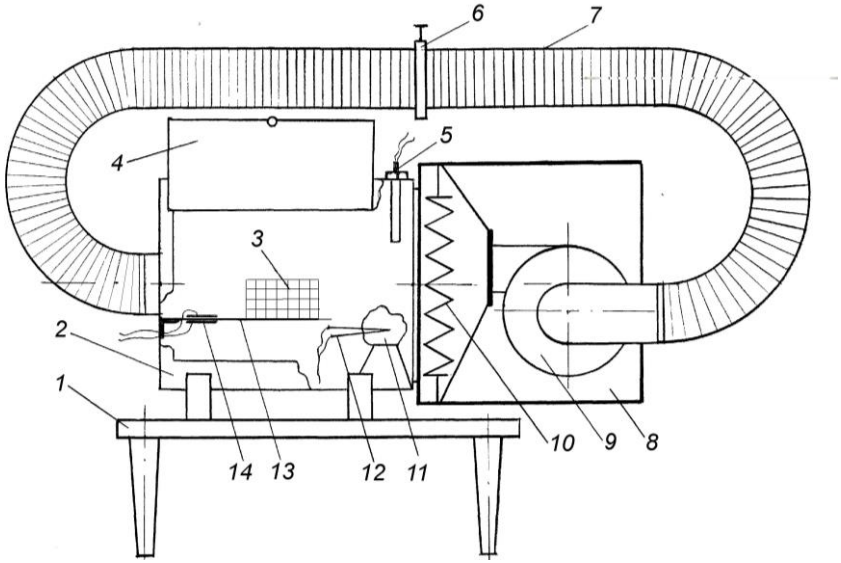


Рисунок 3 – Експериментальна конвективна сушильна установка

1 - основа; 2 - сушильна камера; 3 - сітка для матеріалу; 4 - кришка сушильної камери; 5 - датчик температури; 6 - заслінка; 7 - гофрована труба; 8 - калорифер; 9 - вентилятор; 10 - нагрівальна спіраль; 11 - дослідний матеріал; 12 - термопара; 13 - гнучка пластина; 14 - тензометричні датчики.

Рисунок 4 – Фото загального вигляду сушильної установки

5 Порядок виконання експериментальної частини роботи

1 Ввімкнути вентилятор і калорифер, відкрити заслінку 6 і протягом 10...15 хв. прогріти установку. Під час прогріву спостерігати за температурою t_1 на приладі 2ТРМ1.

2 Подрібнити на тонку стружку (завтовшки 2…4 мм в кількості 100 г) матеріал, що досліджується.

3 Вимкнути калорифер і вентилятор, завантажити подрібнений матеріал в сітку і помістити сітку з матеріалом на тензометричну пластину в порожнині сушильної камеру. Щільно закрити кришку сушильної камери.

4 Записати в протокол дослідів час початку сушки і зразу ж ввімкнути вентилятор та калорифер.

5 Реєструвати змінення маси матеріалу під час сушіння за допомогою тензометричних датчиків і контрольних приладів. Поточні дані досліду заносити в таблицю 3. Для цього протягом перших 15 хвилин сушіння фіксуються змінення маси матеріалу через кожні 2 хвилини. Після 15 хвилин сушіння дані фіксуються через кожні 5 хвилин.

6 Досліди продовжувати доти поки два останні показники змінення маси матеріалу не змінюватимуться, тобто матеріал досяг рівноважного вологовмісту.

Таблиця 3 – Експериментальні і розрахункові дані процесу сушіння

Номер спостереження	Час спостереження, хв.	Показання вагового пристрою, г	Маса вологи в матеріалі, г	Вологовміст матеріалу по відношенню до сухої речовини %	Швидкість процесу сушіння %/хв
1	2	3	4	5	6

Примітка: графи 1...3 для експериментальних даних, графи 4…6 для розрахункових даних.

7 Послідовно вимкнути калорифер 3 і вентилятор 2, вийняти з камери сітку з матеріалом і зовнішньою експертизою оцінюємо стан висушеного матеріалу.

6 Вимоги безпеки

Під час проведення роботи додержуватись загальної інструкції з охорони праці, наведених в розділі „Загальні вимоги безпеки“.

7 Обробка результатів експерименту

Визначити поточну масу вологи у матеріалі до початку і у ході сушіння, г:

$$M_{вi} = M_i - M_{cp} \tag{5}$$

де $M_{вi}$ - маса вологи в матеріалі в ***i-й*** проміжок часу;

M_i - маса матеріалу на ***i-й*** проміжок часу експерименту;

M_{cp} - постійна для всього експерименту маса сухої речовини, г.

$$M_{cp} = \frac{M_0 \cdot X_{cp}}{100}, \tag{6}$$

де X_{cp} - вміст сухої речовини в матеріалі, %,;

M_0 - маса матеріалу до сушіння, г.

Значення X_{cp} визначається за таблицею 2 або за довідником.

Послідовно, згідно з номером досліду за допомогою рівняння (5) розрахувати величини $M_{вi}$ і занести в графу 4 таблиці 3.

Визначити вологовміст матеріалу на ***i–ий*** проміжок часу спостереження за процесом сушіння %:

$$W_i = \frac{M_{вi}}{M_{cp}} \cdot 100 \tag{7}$$

Послідовно, згідно з номером досліду за допомогою рівняння (7) розрахувати величини W_i і занести їх в графу 5 таблиці 3.

Побудувати графік залежності вологовмісту W_i матеріалу від тривалості τ_i сушіння (криву сушіння) $W_i = f(\tau_i)$. Для цього на міліметровому папері у прийнятому масштабі знаходять точки перетину відповідних значень W_i і τ_i згідно з номерами дослідів (графи 2 і 5 таблиці 3; приклад на рисунку 1).

За допомогою лекала викреслити відрізок початку кривої – до точки ***А***. Далі від точки ***А*** проводиться усереднена похила пряма лінію до першої критичної точки K_1 – точки дотику цієї прямої і наступної кривої сушки другого періоду. На осі ординат відзначається вологовміст W_{k1}, який відповідає точці K_1.

Нарешті за допомогою лекала, усереднюючи точки ***(Б, В, Г, Д,*** K_2***),*** що залишилися, проводять криву сушіння для другого періоду в межах відрізка τ_1, τ_2. Знаходять другу критичну точку K_2, якій на осі ординат відповідає рівноважний вологовміст матеріалу W_{k2}, або, якщо значення W_{k2} не досягнуте, знаходять кінцеву точку ***Д*** кривої сушіння, якій відповідає фактично досягнутий кінцевий вологовміст W_2 матеріалу.

Під горизонтальною точкою τ_1 на графіку відзначаються періоди сушіння матеріалу підігріву (τ_0), першому періоду (τ_1) і другому періоду (τ_2) сушіння. На графіку перевіряється наявність всіх умовних позначень і одиниць вимірювань.

Побудувати графік залежності швидкості сушіння від вологовмісту матеріалу

$$\frac{dW_i}{d\tau_i} = f(W_i)$$ (дивися рисунок 2).

Для цього спочатку слід виконати графічне диференціювання кривої сушіння. На графіку $W_i = f(\tau_i)$ (рисунок 1) вибирається кілька точок; для першого періоду в межах $W_1 \leq W_i \leq Wk_i$ достатньо однієї точки.

Тоді швидкість сушіння у першому періоді % хв:

$$u_i = \frac{dW_i}{d\tau_i} = tg\alpha к_i = \frac{W_1 - Wk_i}{\tau_i} \qquad (8)$$

Для другого періоду потрібно вибирати точки ***Б, Г, В, Д*** або K_2. Далі з вибраних точок проводяться дотичні до кривої сушіння і визначається кут їх нахилу α за допомогою транспортира. За значенням α знаходяться тангенси їх нахилу до осі τ_i.

Визначення тангенсів можна виконати розрахунковим шляхом. Наприклад, для точки ***Б*** $tg_б = аб/вб$, причому $аб = (W_а - W_в)$ (%) і $вБ = \tau_Б$ (хв)., тобто відношення протилежного катета трикутника, до прилеглого прирівнюється до відношення різниці вологовмісту до різниці часу для відповідних точок ***а, б, в*** і вимірюється в %/хв.

Значення розрахованих тангенсів $tg\alpha = f(W_i) = dW_i/d\tau_i$ відкладаються послідовно у прийнятому масштабі на координатну сітку графіка $dW_i/d\tau_i = f(W_i)$ і заносяться в таблицю 3 графа 6.

Графік викреслюється на міліметровому папері за допомогою лінійки і лекала. Отриманий відрізок $tgб = (W_а - W_в)/\tau_Б$ (%/хв) слід помножити на прийнятий масштаб M_i (мм·хв/%) і значення $tg\alpha_б$ (мм). Відкладається це значення на графіку $U_i = f(W_i)$ від точки $W_Б$ (від осі W_i) вгору і одержується точка ***Б***.

Аналогічно визначаються тангенси дотичних в точках ***В, Г, Д*** або K_2; їх розміри в мм наносяться на графік $U_i = f(W_i)$ і отримується відповідні точки ***В', Г', Д'*** або K'_2.

Відрізок $A'K'_1$ відповідає швидкості сушіння в першому періоді і має горизонтальне розміщення, що указує на постійність швидкості сушіння у першому періоді.

Відрізок $K'_1Д'$ (або K'_1 K'_2.)характеризує падаючу швидкість сушіння у другому періоді в межах $W_{к1}$ $W_д$ або $W_{к1}$ $W_{к2}$.

Визначається приведений критичний вологовміст $W_{кп}$. Для цього на графіку 2 проводиться з точки $W_{к2}$ (або W_2) пряму $W_{к2}K_п$ (або $W_2K_п$ так, щоб площа над і під кривою швидкості сушіння у другому періоді відносно цієї прямої були рівними. Вологовміст, який відповідає отриманій точці $K_п$ і буде значенням $W_{кп}$.

Визначається коефіцієнт сушіння ***К*** для другого періоду процесу за рівнянням (6).

Розраховується тривалість першого (τ^p_1) і другого (τ^p_2) періодів сушіння за рівняннями (3) і (4).

Порівнюються розрахункові значення τ^p_1 і τ^p_2 з їх експериментальними значеннями τ_1 і τ_2 узятими з графіка (1).

Визначається відносна помилка розрахунку часу сушки % для першого періоду і другого періоду

$$\delta_1 = \left(\frac{\tau_1 - \tau_1^p}{\tau_1} \right) \cdot 100 \qquad \delta_2 = \left(\frac{\tau_2 - \tau_2^p}{\tau_2} \right) \cdot 100 .$$

За одержаними результатами роботи формулюються висновки по роботі і складається звіт згідно з загальними вимогами.

7 Контрольні питання

1 На що витрачається теплота при конвективному сушінні?

2 Чому розглянутий спосіб сушіння називається конвективним, а сушіння – циркуляційним?

3 Які види сушіння та конструкції сушарок вам відомі?

4 З якою метою частина або все відпрацьоване повітря направляють з сушильної камери знову до вентилятора і калорифера?

5 Які параметри характеризують стан сушильного агента – повітря?

6 У чому головна відмінність між поняттями „вологість“ і „вологовміст“ матеріалу?

7 Яким чином процес сушіння поділяють на два періоди? Чим відрізняються механізми і рушійні сили процесу сушіння у першому і у другому періодах?

8 Опишіть порядок побудови графіка змінення швидкості сушіння.

9 Як будується графік залежності вологовмісту матеріалу від тривалості сушіння і які його складові?

10 Яка мета побудови кривих сушіння та швидкості сушіння? Значення цих кривих для практики.

8 Тестові завдання

1) До якого виду сушіння можна віднести формулювання „Безпосередній контакт матеріалу, що висушується з сушильним агентом (повітря, топкові гази і т.п.)?

1 контактного; 2 конвективного; 3 сублімаційного.

2) Який вид води не видаляється з матеріалу при сушінні?

1 фізико-хімічно зв'язана вода; 2 хімічно зв'язана вода; 3 фізико-механічно зв'язана вода;

3) Який період сушіння характеризується більшим значенням швидкості сушіння?

1 перший; 2 другий; 3 швидкості рівні.

4) Як змінюється швидкість сушіння у перший період процесу?

1 зменшується; 2 збільшується; 3 є постійною.

5) Яку залежність демонструє крива сушіння?

1 залежність змінення вологовмісту продукту від температури сушильного агенту;

2 залежність змінення середньої (інтегральної) вологості від часу сушіння;

3 залежність змінення середньої (інтегральної) вологості від температури продукту, який висушується.

6) Вкажіть у яких координатах звичайно будується крива швидкості сушіння.

1 вісь абсцис – *вологість*, вісь ординат – *швидкість сушіння*;

2 вісь абсцис – *температура*, вісь ординат – *швидкість сушіння*;

3 вісь абсцис – *час*, вісь ординат – *швидкість сушіння*;

7) У якому напрямі проходить переміщення вологи при реалізації процесу сушіння?

1 з внутрішніх шарів до поверхневих шарів продукту;

2 з поверхневих шарів до внутрішніх шарів продукту;

3 при сушінні волога по шарах продукту не переміщується.

8) Який період процесу сушіння називають періодом зовнішньої дифузії?

1 перший період; 2 другий період; 3 третій період.

9) Як називають відношення маси вологи до загальної маси сухої речовини вологого матеріалу?

1 вологовміст; 2 вологість; 3 обидва терміни рівноцінні.

10) Яке явище називають першим критичним вологовмістом матеріалу $W_{к1}$?

1 початок зниження швидкості сушіння;

2 початок збільшення швидкості сушіння;

3 досягнення нульової швидкості сушіння.

Література

1 Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. – Учебник. / Г.Д. Кавецкий, Б.В. Васильев. М.: „Колос“, 1999, - 551 с.

2 Горбатюк В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. / В.И. Горбатюк. М.: „Колос“, 1999. - 335 с.

3 Процеси і апарати харчових виробництв. Під ред. І.Ф. Малежика. – Мін.освіти України, К.: 1997. - 276 с.

4 Стабников В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств. / В.Н. Стабников. М.: Пищевая промышленность, 1976, - 663 с.

5 Лебедев П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий. / П.Д. Лебедев, А.А.Щукин „Энергии“ М. 1970. - 408 с.