

Расчет, проведенный для спор, показал, что, вследствие их низкого влагосодержания, микроволновое поле в режимах биостимуляции не оказывает на них губительное действие. Поэтому обработка семян, зараженных черной головней, не приводила к одновременной дезинфекции. Склеротии, влагосодержание которых значительно выше, могут получать повреждающий эффект.

Выводы

Представленная методика расчета допустимого времени выдержки семян в микроволновом поле позволяет количественно оценить длительность предпосевной обработки семян с целью их биостимуляции. Результаты расчета подтверждают предположение, что микроволновая биостимуляция сопровождается одновременной дезинсекцией зараженного зерна.

Литература

1. Nelson S.O. Use of microwave and lower frequency RF energy for improving Alfalfa seeds germination/ S.O. Nelson // J. Of Microwave Power, 1976. -Vol.11.- No.3.-P 271-277.
2. Предпосевная обработка микроволновым полем здоровых и зараженных фитопатогенами семян озимой пшеницы как фактор повышения урожайности / [Л.Г. Калинин, В.П. Тучный, Е.А. Левченко и др.] // Ж-л Хранение и переработка зерна, 2001. - № 8. -С. 23-28.
3. Калинин Л.Г. Физическая модель отклика растительной ткани на воздействие микроволнового электромагнитного поля / Л.Г. Калинин, И.Л. Бошкова // Биофизика, 2003. - Т.48, вып.1. - С.122-124.
4. Атлас ультраструктуры растительных клеток. / Под ред. Козубова Г.М. и Даниловой М.Ф. Петрозаводск.: изд-во АН СССР Карельский филиал, 1972. 296 с.
5. Использование микроволнового поля для повышения урожайности полевых культур и защиты семян от вредителей и болезней / [Л.Г. Калинин, В.П. Тучный, Е.А. Левченко и др.] // Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. -Одесса, 2002. -Вып. 4.-С. 8-35.

УДК 631.365:633.85

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІБРАЦІЙНОГО СУШІННЯ СОНЯШНИКУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ

Бандура В.М., канд. техн. наук, професор, Зозуляк І. А., асистент, Зозуляк О.В., асистент
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

У статті були використані основні положення теорії подібності для тепломасообмінних процесів, динаміки руху віброзрізженого шару сипкої продукції, методи теплофізичного експерименту. Складене критеріальне рівняння в узагальнених змінних процесу сушіння насіння соняшнику дозволяє більш точно врахувати вібраційні ефекти при реалізації тепломасообмінних процесів, зокрема збільшення поверхні тепломасообміну, зменшення коефіцієнта внутрішнього тертя та відповідно сухої в'язкості технологічного середовища. Останні чинники створюють сприятливі умови для потенційного зменшення енерговитрат при транспортуванні та тепловій обробці сипкої продукції.

The article used the basic tenets of the theory of similarity for heat and mass transfer processes, driving dynamics vibrozridzhenoho layer of bulk products, methods of thermal experiment. Composite criterion equation in generalized variables sunflower seeds drying process can more accurately take into account the effects of vibration in the implementation of heat and mass transfer processes, including increased heat transfer surface, reducing internal friction coefficient under dry and viscosity technological environment. Last factors create favorable conditions for the potential reduction of power transportation and heat treatment of bulk products.

Ключові слова: сушарка, вібрація, константа, критерії подібності.

При вивченні різних фізичних явищ використовують два методи досліджень, які дозволяють одержати кількісні закономірності. В першому методі використовується експериментальне дослідження конкретних властивостей одиничного явища, в другому – виходять з теоретичного дослідження даної проблеми. Перевагою експериментального методу дослідження є достовірність одержаних результатів.

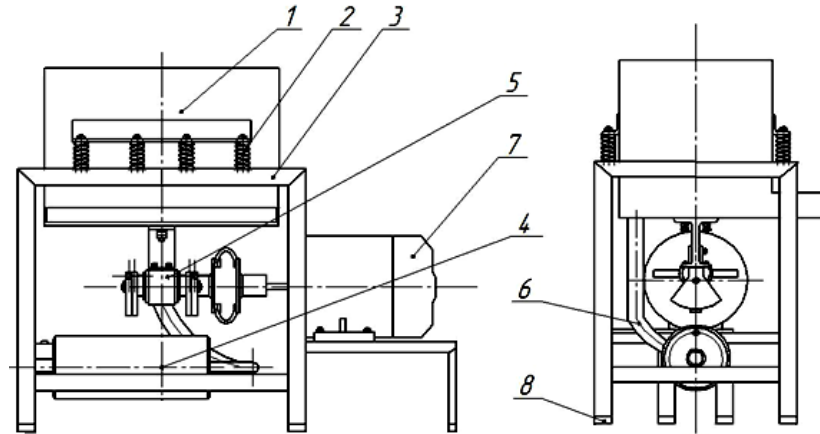
В контейнері сушарки (рис. 1) за рахунок вібраційних коливань створюється віброкиплячий шар. Тому можна вважати, що загальну гідродинамічну ситуацію в апараті (рух частинок) може характеризувати сумарна середня швидкість потоку та число, яке їй відповідає критерій Рейнольдса (Re).

Тому, запис числа Рейнольдса слід модифікувати, привівши його до характерних параметрів процесу сушіння в вібраційному полі.

Прийнявши в якості характерного розміру системи – діаметр оброблюваного матеріалу (зернини), а за характерну швидкість – частоту вібрації, модифіковане вібраційне (хвильове) число Рейнольдса набуде вигляду:

$$Re_B = \frac{\rho d^2 f}{\mu} \quad (1)$$

де ρ – щільність зерна;
 d – діаметр зернівки;
 f – частота вібрації;
 μ – динамічна в'язкість.



1 – контейнер; 2 – пружна підвіска; 3 – рама; 4 – компресор; 5 – вібропривід;
 6 – газопідвідний патрубок; 7 – електродвигун; 8 – віброопора

Рис. 1 – Одноконтейнерна експериментальна вібраційна сушарка

Співвідношення між конвективними та молекулярними процесами переноса тепла характеризується числом Пекле (Pe). Також дане число являється критерієм подібності для процесів конвективного теплообміну.

$$Pe_B = Re_B \cdot Sc \quad (2)$$

де Sc – число Шмідта;

$$Sc = \frac{\nu}{D}; \quad (3)$$

де D – коефіцієнт дифузії (волога – повітря); $D = 0,216 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$;
 ν – кінематична в'язкість,

$$Pe_B = \frac{\rho d^2 f}{\mu} \cdot \frac{\nu}{D}, \quad (4)$$

$$Pe_B = \frac{\rho d^2}{D}. \quad (5)$$

Модифіковане вібраційне число Стентона – число подібності

$$St = \frac{\beta}{df}, \quad (6)$$

де β – коефіцієнт масовіддачі при сушінні

Видалення вологи при сушінні за проміжок часу:

$$M = \beta F (C_H - C_\tau), \quad (7)$$

де F – площа поверхні зернини;

C_H – концентрація вологи в повітрі в умовах насичення при температурі повітря;

C_τ – поточне значення концентрації вологи в повітрі

Шукане рівняння, число Стантона, в узагальнених змінних набуде вигляду:

$$St_B = ARe_B^n \Pi^m T^k. \quad (8)$$

де Π – безрозмірний параметричний комплекс завантаження;

$$\Pi = \frac{V_3}{V_{\Pi}}, \quad (9)$$

де V_3 – об'єм завантаження;

V_{Π} – об'єм контейнера;

T – безрозмірна температура;

$$T = \frac{T_3}{T_{\Pi}}, \quad (10)$$

де T_3 – температура зерна під час сушіння;

T_{Π} – початкова температура зерна.

A, n, m, k – константи визначення яких здійснюється на основі бази експериментальних даних.

Експерименти проводились при зміні:

– об'єму продукції в контейнері: $\Pi=0,67$, $\Pi=0,5$ та $\Pi=0,33$

– частоти вібрації $f=80, 100$ та 120 c^{-1} ;

Площа поверхні зернини $F_{\text{зер}}$ визначали за виразом:

$$F_{\text{зер}} = 4\pi R(l + 3R) \quad (11)$$

де: R – приведений радіус зернини

$$R = \frac{5a + 6b}{60} \quad (12)$$

a – товщина зернини, мм;

b – ширина зернини, мм;

l – довжина зернини, мм.

Визначення модифікованого вібраційного числа Пекле здійснюємо за формулою (4).

Модифіковане вібраційне число Пекле при $f=80, 100, 120 \text{ c}^{-1}$ буде становити $Pe = 1,3, 1,67, 2$

З формули (7) коефіцієнт масовіддачі при сушінні:

$$\beta = \frac{M}{F(C_H - C_{\tau})}$$

де: M – видалення вологи при сушінні за проміжок часу, $\left[\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right]$

F – площа поверхні зернини, м^2 ;

C_H – концентрація вологи в повітрі в умовах насичення при температурі повітря, кг/м^3 ;

C_{τ} – текуче значення концентрації вологи в повітрі, $C_{\tau} = 13,764 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$.

Використовуючи i-d діаграму визначаємо значення C_H та заносимо в таблицю. Також в таблицю заносимо розраховані значення M та β .

Модифіковане вібраційне число Стантона – число подібності визначаємо за формулою:

$$St_B = \frac{\beta}{df} \quad (13)$$

В зв'язку з малим діапазоном вимірюваних величин та відповідно великою розбіжністю числа Стантона, визначаємо узагальнені числа Стантона при різних завантаженнях робочого контейнера, побудувавши графіки залежності модифікованого вібраційного числа Стантона від модифікованого вібраційного числа Пекле. Також будемо враховувати лише завантаження $\Pi=0,67$ та $\Pi=0,5$. При $\Pi=0,33$ процес сушіння ускладнюється в зв'язку з конструктивними особливостями контейнера та недостатньою кількістю зерна в самому контейнері

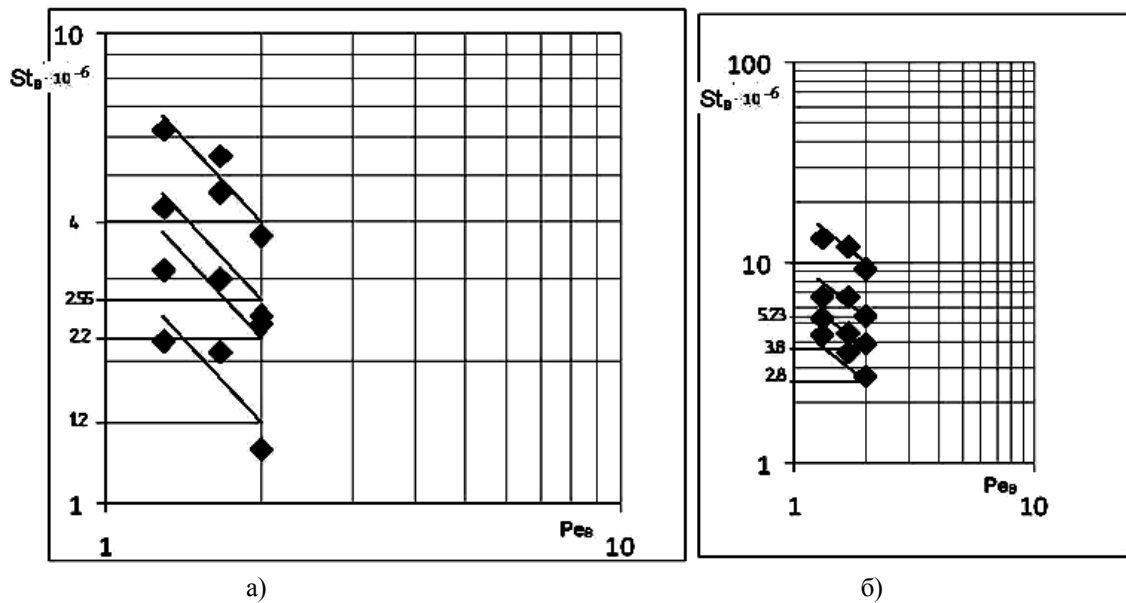


Рис. 2 – Графік залежності модифікованого вібраційного числа Стантона від модифікованого вібраційного числа Пекле; а) завантаження контейнера $\Pi=0,67$; б) завантаження контейнера $\Pi=0,5$

Для визначення константи k будемо графік залежності модифікованого вібраційного числа Стантона від температури заправки в логарифмічній координатній сітці.

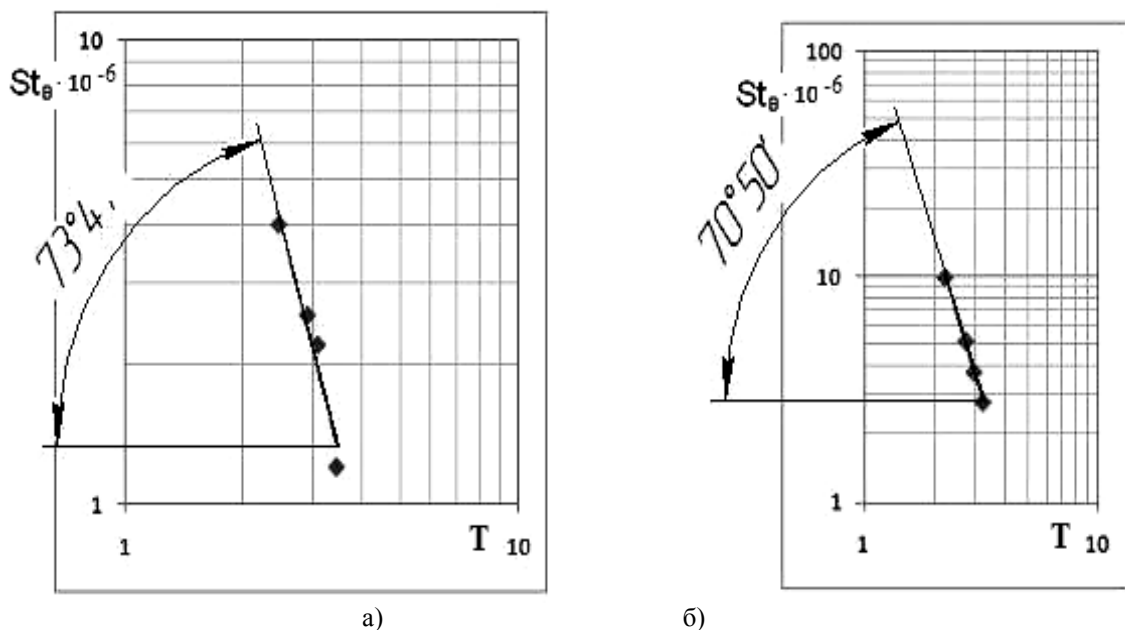


Рис. 3 – Графік залежності модифікованого вібраційного числа Стантона від безрозмірної температури ($T=T_n/T_o$); а) завантаження контейнера $\Pi=0,67$; б) завантаження контейнера $\Pi=0,5$

Значення константи k_1 при завантаженні контейнера $\Pi=0,67$ відповідає $k_1 = \tan 73^\circ 47' = 3,37$, при завантаженні контейнера $\Pi=0,5$ константа $k_2 = \tan 70^\circ = 2,82$. Середнє арифметичне значення констант k_1 та k_2 буде відповідати шуканому значенню k

$$k = (k_1 + k_2) / 2 = 3,1$$

Для визначення константи m узагальнюємо значення St_B / T^k побудувавши графік залежності St_B / T^k від числа Пекле в логарифмічній координатній сітці.

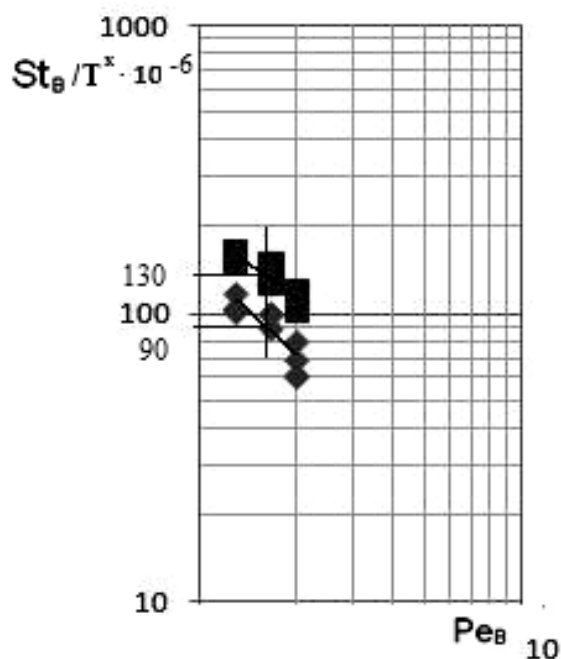


Рис. 4 – Графік залежності St_B / T^k від числа Пекле

Знайшовши дані значення будуємо графік залежності St_B / T^k від степеня завантаження контейнера Π та знаходимо шукане значення константи m

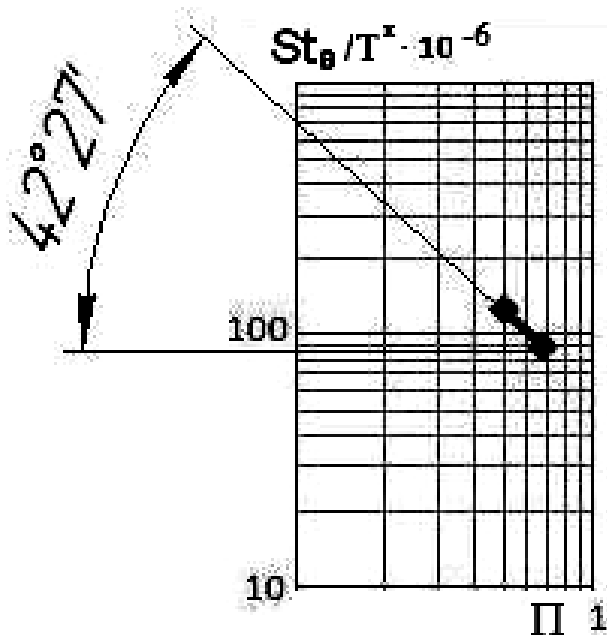
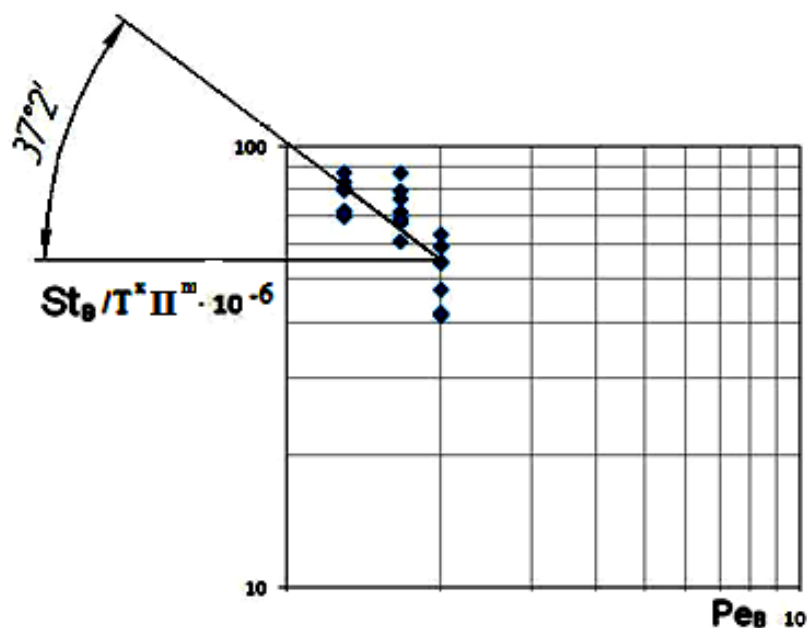


Рис. 5 – Графік залежності St_B / T^k від степеня завантаження контейнера Π

З графіка (рис. 5) знаходимо $m = \tan 42^\circ 27' = 0.91$

Для визначення константи n та A будуємо графік залежності $St_B / T^k \Pi^m$ від числа Пекле в логарифмічній координатній сітці.

Рис. 6 – Графік залежності $St_B / T^k \Pi^m$ від числа Пекле;

З графіка (6) знаходимо $n = \tan 37^\circ 2' = 0.76$ та $A = 97.4$

Провівши експериментальне моделювання шукане рівняння прийме вид

$$St_B = 97.4 Re_B^{0.76} \Pi^{0.91} T^{3.1} \quad (14)$$

Рівняння (4) рекомендується для розрахунку кінетики сушіння насіння соняшника в діапазоні $1.3 < Pe < 2$, $0.33 < \Pi < 0.67$ та $2.2 < T < 3.4$.

Висновки: Дане рівняння рекомендується для розрахунку кінетики сушіння насіння соняшника в діапазоні числа Пекле $1.3 < Pe < 2$, для степені завантаження робочого контейнера $0.33 < \Pi < 0.67$ та при відношенні температур зерна під час сушіння та його початкового значення в межах $2.2 < T < 3.4$, що дає можливість обґрунтувати параметри робочого режиму при вібрисушінні.

Реалізація вібраційного псевдозрідженого шару при сушінні сипкої продукції дає можливість у 2,5...3 рази зменшити енерговитрати та створює умови для рівномірного розподілу та розсіювання теплової енергії у масі технологічного середовища.

Література

1. Бурдо О.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах // О.Г. Бурдо, Л.Г. Калинин. – Учебник. – Одесса: Друк, 2008. – 348 с.
2. Куватов Д.М. Проектирование технологических процессов, сушки зерна / Д.М. Куватов, Т.М. Зубкова, В.Л. Каспорович. – Уфа, 2000. – 186 с.
3. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна / Н.И. Малин. – М.: Колос, 2004. – 238 с.
4. Царенко О.М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.