

further operation of the aggregate, for detecting cracks in the responsible parts of the tractors, combines and cars.

In this work, approaches for the implementation of operational control of the technical condition of agricultural machinery to prevent of accidents during their operation are presented. The advantages of using a portable pulsed eddy current flaw detectors for detecting small operational cracks in the details and structural elements of agricultural aggregates are determined.

The used flaw detector allows identifying such defects as cracks and discontinuities in the surface layers of electrically conductive ferromagnetic materials, regardless of the presence of paint and varnish or other coating. The permissible clearance between the sensor and the monitored surface is no more than 3-5 mm.

Data on the presence of cracks in the details and structural elements of mobile agricultural machinery can be used to determine the risk of its further exploitation, as required by the Technical Regulations on Machine Safety (2013).

Key words: *agriculture, mechanized processes, accidents, machine safety regulations, defectoscopy*

УДК 631.363.636

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НИЗХІДНОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ НА ПОЄДНАНІ ПРОЦЕСИ ІЧ-ТЕРМООБРОБКИ І ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ВІБРОТРАНСПОРТЕРІ

***Р. А. Калініченко, кандидат технічних наук
e-mail: lovvs@ukr.net***

Анотація. Теплова обробка зерноматеріалів широко використовується для підсушування, знезараження, підвищення інтенсивності масопереносу при підготовці до зберігання, згодовування, видалення олії з олійних матеріалів і продуктів. Особливе місце в новітніх технологіях зернопереробки належить термообробці інфрачервоним випромінюванням. Оскільки, крім видалення вологи і абсолютно нешкідливого знезараження шкідливої мікрофлори підвищуються кормові якості зернового матеріалу. Це відбувається внаслідок фізико-хімічних змін матеріалу, що обробляється, та інактивації антипоживних речовин. Але за високо інтенсивних процесів ІЧ-термообробки енергетичні показники на одиницю готового продукту різко підвищуються. Тому визначення режимів і параметрів проведення

© Р. А. Калініченко, 2017

процесу для енергетичної оптимізації є актуальною задачею. В статті проаналізовані схеми й особливості радіаційно-конвективного підведення енергії до зерноматеріалу в процесі інтенсивної ІЧ-термообробки. На основі теорії тепло- і масообміну отримано математичний опис динамічних режимів теплової обробки зернових матеріалів при комбінованому підведенні енергії. Визначено вплив низхідного повітряного потоку на швидкість вібраційного переміщення зерноматеріалу й експозицію термообробки ІЧ-випромінюванням. Отримані математичні моделі можна використовувати для аналізу процесу й оптимізації режимних параметрів установок для ІЧ-термообробки при відомих значеннях конструктивних параметрів.

Ключові слова: *термообробка; мікронізації, математична модель; вібраційне переміщення*

Постановка проблеми. Останнім часом велике значення приділяється вивченню і впровадженню різних методів теплової обробки зерна, як одному зі шляхів підвищення ефективності використання зернопродуктів. Серед різних способів термічної обробки зернових кормових матеріалів процес мікронізації належить до числа найбільш ефективних [1]. При мікронізації підвищується поживність і смакові властивості зерна, скорочуються витрати організму на перетравність кормів, відбувається дезінсекція зерна та інактивація грибної та бактеріальної мікрофлори поверхні зерна. Однак, одним із стримуючих чинників впровадження цього способу є висока енергоємність процесу мікронізації (150 кВт·ч/т і більше) [2]. Тому для вдосконалення процесу високоінтенсивної термообробки з метою зниження питомих енерговитрат необхідний адекватний математичний опис динамічних режимів процесу.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження впливу визначальних технологічних параметрів на процес ІЧ-термообробки зерноматеріалу відображено в роботах [3–6]. У роботі [3] основними методами дослідження процесу ІЧ-термообробки є експериментальні методи, які спрямовані на удосконалення режимних параметрів процесу на вже існуючих установках. У дослідженнях [4] застосовуються найбільш прийнятні методи аналітичного математичного моделювання, проте розроблені моделі не враховують деякі визначальні параметри, які суттєво можуть впливати на процес ІЧ-термообробки зерна. Термообробка зерна у віброкиплячому шарі дозволяє рівномірно розподіляти променисту енергію в шарі зерноматеріалу, що обґрунтовано в роботі [5], але не враховується вплив конвективного теплопереносу на процес. У роботі [6] обґрунтований енергоефективний радіаційно-конвективно-

вакуумний спосіб термообробки, але не розкриті його можливості і межі застосування при обробці зерна у віброкиплячому шарі.

Мета досліджень. Розробка математичних моделей динамічних режимів роботи установок для ІЧ-термообробки з урахуванням низхідного повітряного потоку на вібраційне переміщення й експозицію термообробки.

Результати досліджень. У більшості існуючих установок для ІЧ-термообробки зерноматеріалу тепло Q_1 від ІЧ-ламп витрачається на радіаційний нагрів оброблюваного матеріалу Q_M і решта розсіюється у навколишнє середовищі Q_2 (рис. 1).

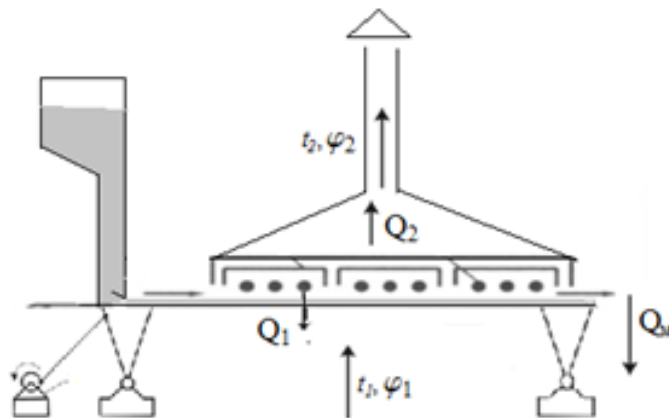


Рис. 1. Схема ІЧ-термообробки зерна.

Відповідно, рівняння енергетичного балансу будуть такі:

$$\begin{aligned}
 dQ_1 &= dQ_M + dQ_2 \\
 dQ_M &= dQ_{p.n} + dQ_{m.o.n} + dQ_{вun.} \\
 dQ_2 &= dQ_{p.n.y} + dQ_{к.o.n} \\
 -dM &= \frac{1}{r} dQ_{вun.}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де: $dQ_{p.n}$ – кількість теплоти, що поглинається матеріалом від радіаційного нагріву, $dQ_{m.o.n}$ – теплообмін конвекцією зерноматеріалу з оточуючим повітрям, нагрів зерноматеріалу, $dQ_{вun.}$ – кількість теплоти, що витрачається на випаровування вологи в матеріалі, $dQ_{p.n.y}$ – радіаційний нагрів установки, $dQ_{к.o.n}$ – конвекційний нагрів оточуючого повітря.

За такої схеми енергія від ІЧ-ламп продуктивно передається зерноматеріалу тільки радіаційним способом.

Для підвищення енергоефективності установок нагріте повітря від ІЧ-ламп в деяких установках використовують для попереднього нагріву зерноматеріалу (рис. 2).

Співвідношення енергетичного балансу для даної схеми можна записати так:

$$\begin{aligned}
 dQ_1 &= dQ_M + dQ_2 \\
 dQ_M &= dQ_{p.n} + dQ_{к.н} + dQ_{м.о.с.} + dQ_{вун.} \\
 dQ_2 &= dQ_{p.n.y} + dQ_{к.о.н} - dQ_{к.н} \\
 -dM &= \frac{1}{r} dQ_{вун}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

За такої схеми основний спосіб нагріву зерноматеріалу – радіаційний, але для підвищення ККД установки конвекційний нагрів – $dQ_{к.н}$ повітря від ІЧ-ламп використовується для попереднього підігріву зерна.

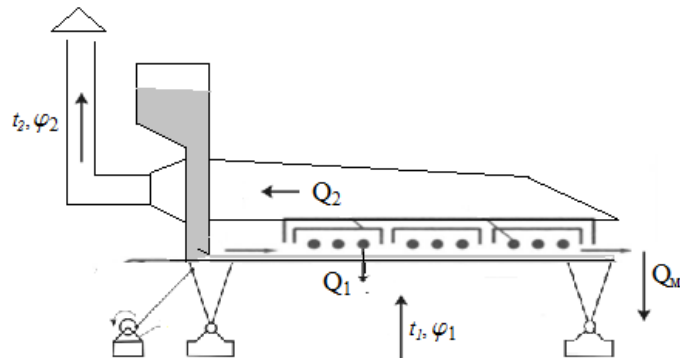


Рис. 2. Схема ІЧ-термообробки з попереднім підігрівом зерна.

За дослідженнями [6], ІЧ-термообробку рослинних зерноматеріалів для підвищення енергоефективності процесу доцільно проводити радіаційно-конвективно-вакуумним способом. Такий спосіб термообробки реалізується в установці, структурна схема якої представлена на рис. 3.

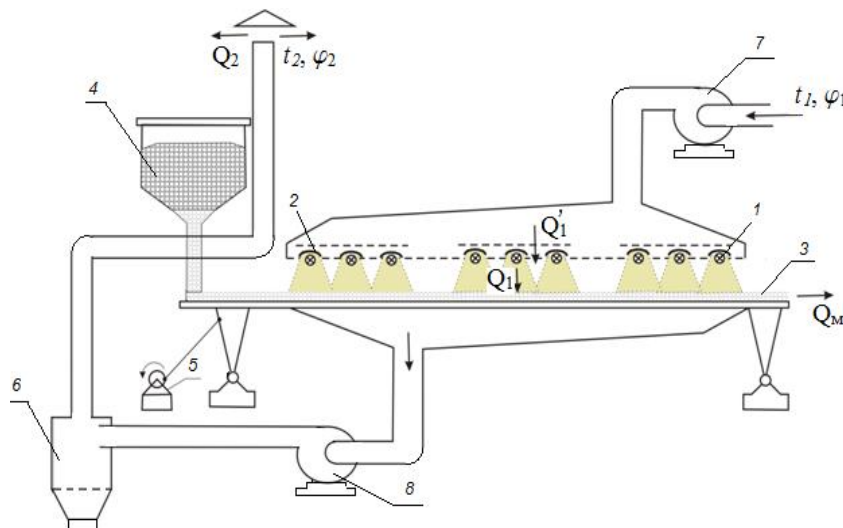


Рис. 3. Структурна схема ІЧ-термообробки радіаційно-конвективно-вакуумним способом: 1 – ІК-лампа, 2 – відбивач, 3 – віброкиплячий шар зерна, 4 – зерновий бункер, 5 – вібратор, 6 – циклон, 7 і 8 – вентилятори.

Найбільшу інтенсивність термообробки за такої схеми можна пояснити тим, що цей режим поєднує комбінацію двох способів підведення теплоти: радіаційного та конвективного. Розріджене середовище в зоні термообробки, що створює витяжний вентилятор 8 інтенсифікує процес випаровування вологи із зерноматеріалу, а також знепильює процес. Інфрачервоні промені забезпечують інтенсивність теплопередачі, а низхідний повітряний потік, направлений узгоджено з радіаційним потоком, сприяє рівномірному розподілу теплоти по всій товщині зерноматеріалу.

Наявність низхідного потоку повітря, що пронизує шар зерна, запобігає підгорянню поверхні зерна, це дозволяє інтенсифікувати процес термообробки зменшенням відстані від ІЧ-нагрівачів до шару зерна і збільшенням теплового напору.

Математичну модель радіаційно-конвективної термообробки шару зерноматеріалу можна записати на основі рівнянь енергетичного балансу (2):

$$\begin{aligned} m_3 c_3 \frac{d\theta}{d\tau} &= P_e + \alpha_3 F_3 (t - \theta) - r \cdot m_0 \frac{dU}{d\tau} \\ m_n c_n \frac{dt}{d\tau} &= m_n c_n (t_1 - t) + \alpha_n F_n (\bar{\theta}_n - t) + \alpha_3 F_3 (\theta - t), \\ \frac{dU}{d\tau} &= K(t, \theta)(U - U_r) \end{aligned} \quad (3)$$

де: θ, t, θ_e – температури зерна, повітря, ІЧ-нагрівача, °С; P_e – ефективна потужність випромінювача; α_3, α_n – коефіцієнти теплообміну повітря із зерном і лампами, відповідно; m_3 – маса зерна в шарі, кг; m_n – маса повітря, кг; r – питома теплота пароутворення, Дж/кг; m_0 – кількість випареної вологи, кг; F_3, F_n – поверхні конвективного теплообміну із зерном та ІЧ-нагрівачем; U, U_r – вологовміст матеріалу і рівноважний вологовміст, кг/кг; $K(t, \theta)$ – коефіцієнт сушіння, що залежить від температури зерна і сушильного агента (повітря).

На рис. 4 і рис. 5 представлені графічні інтерпретації чисельного розв'язку математичної моделі (3) процесу мікронізації зерна й експериментальні дані.

Для такої схеми проведення процесу потрібно визначити вплив сили тиску низхідного повітряного потоку на швидкість переміщення зерноматеріалу і відповідно, на час його термообробки ІЧ-випромінюванням. У своїх теоретичних дослідженнях питань вібропереміщення зерна скористаємося методикою І. І. Блехмана і Г. Ю. Джанелідзе [7]. Диференціальні рівняння відносного руху матеріальної частинки з наведеними параметрами по площині, що гармонійно коливається, в проекціях на рухомі осі запишуться в наступному вигляді:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = mA\omega^2 \cdot \cos \beta \sin \omega t - mg \sin \alpha - F; \\ m\ddot{y} = mA\omega^2 \cdot \sin \beta \sin \omega t - mg \cos \alpha + N. \end{cases} \quad (4) \text{ і } (5)$$

де: m – маса зернівки, mg – сила тяжіння, сила інерції $I = mA\omega^2 \sin \omega t$ (A – амплітуда коливань, m ; ω – кутова частота коливань, с^{-1} ; t – час), F – сила тертя, N – нормальна реакція, α – кут нахилу поверхні решета, β – кут коливань.

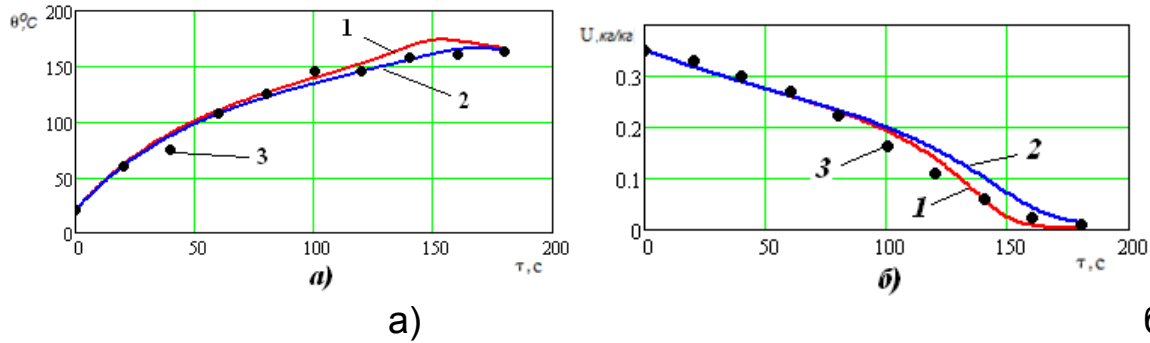


Рис. 4. Кінетики нагріву – (а) і зневоднення – (б) зерна при мікронізації зерна (1 – розрахунок з низхідним потоком повітря, 2 – розрахунок без низхідного потоку повітря; 3 – експериментальні дані, енергетична освітленість – $E=25 \text{ кВт/м}^2$).

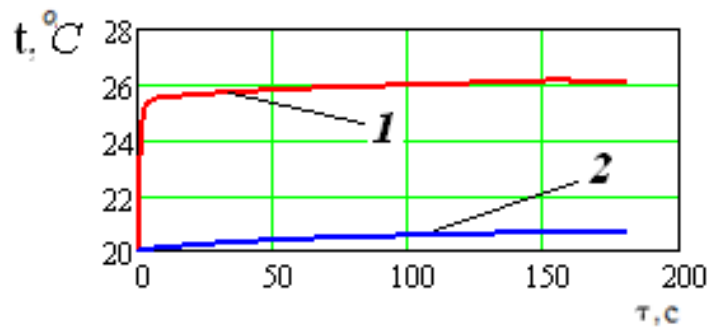


Рис. 5. Зміна температури повітря (1 – у низхідному повітряному потоці при омиванні ІЧ-нагрівачів, 2 – без повітряного потоку).

За умов впливу на зернівку низхідного повітряного потоку (рис. 6) та прийнявши, що сила тиску повітряного потоку не змінюється від напрямку руху зернівки, диференціальні рівняння відносного руху плоскої матеріальної частинки по площині, що гармонійно коливається, запишуться в наступному вигляді:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = mA\omega^2 \cdot \cos \beta \sin \omega t - mg \sin \alpha - P_v \sin \alpha - fN; \\ m\ddot{y} = mA\omega^2 \cdot \sin \beta \sin \omega t - mg \cos \alpha - P_v \cos \alpha + N. \end{cases} \quad (6) \text{ і } (7)$$

де: f – коефіцієнт тертя, P_v – сила тиску повітряного потоку, що визначається із залежності:

$$P_v = C_x \frac{\rho_v S}{2} V_v^2, \quad (8)$$

де: C_x – коефіцієнт форми, ρ_v – густина повітря, S – площа мідельового перетину зернівки, V_v – швидкість повітряного потоку.

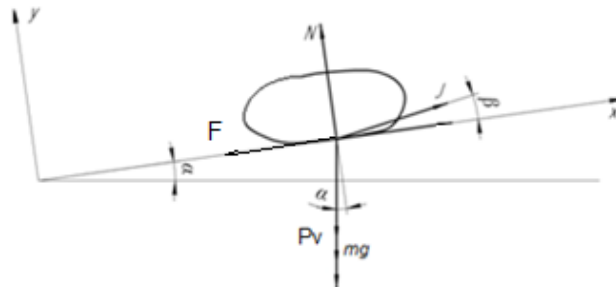


Рис. 6. Схема сил, що діють на зернівку на вібраційному транспортері.

Розглянемо режими руху зернівки по поверхні без відриву. Рівняння руху зернівки отримаємо з (6) і (7) для відносного руху без відриву зернівки $y = const$, тоді $\ddot{y} = 0$ з (7) визначаємо N і підставляємо в (6) після перетворень, отримаємо:

$$\ddot{x} = A\omega^2 \sin \omega t (\cos \beta + f \sin \beta) - g(1 + bV_v^2) (\sin \alpha + f \cos \alpha), \quad (9)$$

де: $b = \frac{C_x \frac{\rho_v S}{2}}{mg} = \frac{C_x \rho_v \pi R_z^2}{2g \frac{4}{3} \pi R_z^3 \rho_z} = \frac{3C_x \rho_v}{8g \rho_z R_z}$, R_z – еквівалентний радіус зернівки,

ρ_z – густина зернівки, ρ_v – густина повітря.

Коефіцієнт форми C_x для зернівки залежить від швидкості повітряного потоку. Для його визначення апроксимували дані досліджень [8] і отримали залежність:

$$C_x = 0.371 + \exp(-0.117 - 0.66V_v). \quad (10)$$

Коефіцієнт множинної кореляції залежності (10) – $R=0.99$.

Зробимо заміну $f = \tan \rho$, після перетворень отримаємо:

$$\ddot{x} = \frac{A\omega^2 \cos(\beta - \rho)}{\cos \rho} \left(\sin \omega t - \frac{g(1 + bV_v^2) \sin(\rho + \alpha)}{A\omega^2 \cos(\beta - \rho)} \right). \quad (11)$$

Рівняння (11) можна звести до вигляду:

$$\ddot{x}_{\pm} = a_{\pm} (\sin \delta - z_{\pm}), \quad (12)$$

де: $a_{\pm} = A\omega^2 \frac{\cos(\beta \mp \rho)}{\cos \rho}$, $z_{\pm} = \frac{g}{A\omega^2} \cdot \frac{(1 \pm bV_v^2) \cdot \sin(\rho \pm \alpha)}{\cos(\beta \mp \rho)}$, ρ – кут тертя, $f = \tan \rho$ –

коефіцієнт тертя, $\delta = \sin \omega t$.

В індексах a і z верхні знаки відносяться до позитивного напрямку відносно швидкості зернівки (рух вгору), а нижні – до

негативного напрямку (рух вниз) – в рівнянні (6) змінюється знак "-" перед доданком $f \cdot N$ на знак "+".

Для того, щоб урахувати збільшення коефіцієнта тертя під дією низхідного повітряного потоку, скористаємося поняттям «приведеного коефіцієнта тертя» [9]:

$$f_{np} = f \sqrt{1 + \frac{b \cdot V_v^2}{\cos \alpha}} . \quad (13)$$

Середню швидкість для безвідривного режиму визначаємо за залежністю [10]:

$$v_c = \frac{(S_+ + S_-) \omega}{2\pi} , \quad (14)$$

де:

$$S_+ = \frac{2a_+}{\omega^2} \left(1 - \frac{\varepsilon}{\operatorname{tg} \varepsilon} \right) \sqrt{\sin^2 \varepsilon - (\varepsilon \cdot z_+)^2} ; \quad (15)$$

$$S_- = -\frac{2a_-}{\omega^2} \left(1 + \frac{\pi - \varepsilon}{\operatorname{tg} \varepsilon} \right) \sqrt{\sin^2 \varepsilon - (\varepsilon \cdot z_+)^2} . \quad (16)$$

Величину ε знаходимо із залежності:

$$\varepsilon = \pi \frac{k}{k-1} \quad (17)$$

де: $k = \frac{z_-}{z_+}$.

Графічна ілюстрація впливу швидкості низхідного повітряного потоку і кутової частоти коливань на швидкість переміщення зернівки, що розрахована за залежностями (9)–(17), представлена на рис. 7.

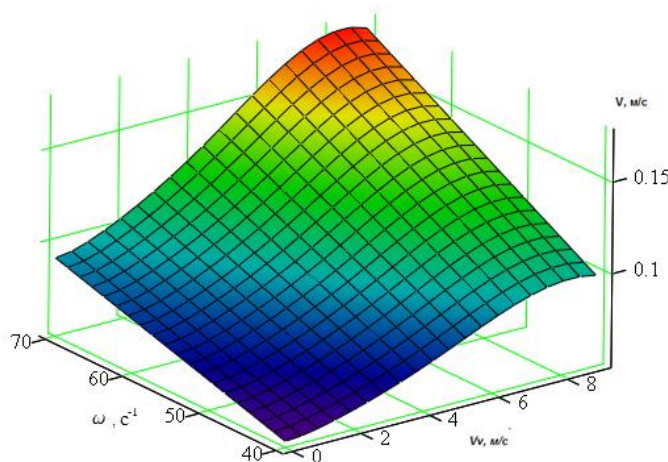


Рис. 7. Залежність швидкості переміщення зернівки від визначальних параметрів процесу ($\alpha = \beta = 11^\circ$).

Висновки

Застосування низхідного повітряного потоку повітря дозволяє підвищити енергетичну ефективність термообробки зернового

матеріалу за рахунок збільшення теплового напору і зменшення непродуктивних втрат теплоти.

Отримана математична модель для визначення впливу параметрів вібраційного транспортеру на швидкість переміщення зерна в низхідному повітряному потоці дозволяє визначати експозицію ІЧ-термообробки на вібротранспортері.

Список літератури

1. *Котов Б. І., Калініченко Р. А., Кифяк В. В.* Математичне моделювання динамічних режимів мікронізації зерна при зміні потужності випромінювачів за координатою // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. 2014. Вип. 148. С. 388—394.
2. *Котов Б. І., Калініченко Р. А., Кифяк В. В.* Математична модель динамічних режимів електротермічної установки для обробки зерноматеріалів імпульсними потоками інфрачервоного випромінювання // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. 2014. Вип. 152. С. 181—191.
3. *Поперечний А. М., Миронова Н. О.* Кінетика процесу сушіння плодovих кісточок у віброкиплячому шарі при інфрачервоному нагріванні // Вісник ХНТУСГ. 2007. Вип. 58. С. 122—129.
4. *Беляев М. И., Пахомов П. Л.* Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов. Харьков. ХИОП. 1991. 157 с.
5. *Кочанов Д. С.* Научное обеспечение процесса микронизации зерновых культур и разработка технологии производства комбикормов из микронизированного зерна: автореф. дис. канд. техн. наук. 05.18.12. ФГБОУВПО «ВГУИТ». Воронеж. 2014. 24 с.
6. *Худоногов Е. Г., Худоногов И. А., Худоногов А. М.* Влияние инфракрасно-конвективно-вакуумного способа сушки на содержание биологически активных веществ в лекарственном растительном сырье // Вестник КрасГАУ. 2012. №5. С. 343—346.
7. *Блехман И. И., Джанелидзе Г. Ю.* Вибрационное перемещение. Москва. Наука. 1964. 410 с.
8. *Бабуха Г. Л., Рабинович М. И.* Механика и теплообмен потоков полидисперсной газозвеси. Київ. Наукова думка. 1969. 218 с.
9. *Гортинский В. В., Демский А. Б., Борискин М. А.* Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. Москва. Колос. 1980. 304 с.
10. *Заика П. М.* Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах. Киев. УСХА. 1998. 625 с.

References

1. *Kotov B. I., Kalinichenko R. A., Kyfiak V. V.* (2014). Matematychnе modeliuвання dynamichnykh rezhymiv mikronizatsii zerna pry zmini potuzhnosti vyprominiuvachiv za koordynatou [Mathematical modeling of dynamic modes micronization of grain in the change of power emitters coordinates]. Visnyk KHNTUSH. 148. 388-394.
2. *Kotov B. I., Kalinichenko R. A., Kyfiak V. V.* (2014). Matematychna model dynamichnykh rezhymiv elektrotermichnoi ustanovky dlia obrobky zernomaterialiv impulsnyu potokamy infrachervonoho vyprominiuvannia [Mathematical model of dynamic modes electro installations for processing grain material flow pulse of infrared radiation]. Visnyk KHNTUSH. 152. 181-191.
3. *Poperechnyi A. M., Myronova N. O.* (2007). Kinetyka protsesu sushinnia plodovykh kistochok u vibrokypliachomu shari pry infrachervonomu nahrivanni

[Kinetics of drying fruit seed in vibration boiling layer with infrared heat]. Visnyk KHNTUSH. 58. 122-129.

4. *Beliaiev M. Y., Pakhomov P. L.* (1991). Teorietycheskyie osnovy kombynyrovanykh sposobov teplovoi obrabotky pyshchevykh produktov. [Theoretical foundations of combined heat treatment of food products]. Kharkov. KHYOP. 157.

5. *Kochanov D. S.* (2014). Nauchnoe obespechenye protsessa mykronyzatsyy zernovykh kultur y razrobotka tekhnolohyy proyzvodstva kombykormov yz mykronyzyrovanooho zerna. [Scientific support of the process of micronization of cereals and the development of technology for the production of mixed fodders from micronized grain]. FHBOUVPO «VHUYT». Voronezh. 24.

6. *Khudonohov E. H., Khudonohov Y. A.* (2012). Vliyanye ynfrakrasno-konvektyvno-vakuumnoho sposoba sushky na sodержanye byolohychesky aktyvnykh veshchestv v lekarstvennom rastytelnom syre [Influence of the infrared-convective-vacuum method of drying on the content of biologically active substances in medicinal plant raw materials]. Vestnyk KrasHAU. 5. 343-346.

7. *Blekhman Y. Y., Dzhanelydze H. lu.* (1964). Vybratsyonnoe peremeshchenye [Vibrational movement]. Moskva. Nauka. 410.

8. *Babukha H. L., Rabynovych M. Y.* (1969). Mekhanyka y teploobmen potokov polydispersnoi hazovzvesy [Mechanics and heat exchange of polydisperse gas suspension flows]. Kyev. Naukova dumka. 218.

9. *Hortynskiy V. V., Demskiy A. B., Boryskyn M. A.* (1980). Protsessy sepanyrovanyia na zernopererabatyvaiushchykh predpriyatiakh [Separating processes at grain processing enterprises]. Moskva. Kolos. 304.

10. *Zayka P. M.* (1998). Vybratsyonnoe peremeshchenye tverdykh y sypuchykh tel v selskokhoziaistvennykh mashynakh [Vibrational movement of solid and loose bodies in agricultural machines]. Kyev. Yzdatelstvo USKHA. 625.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИСХОДЯЩЕГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА СОВМЕЩЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ИК-ТЕРМООБРАБОТКИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ВИБРОТРАНСПОРТЕРЕ

Р. А. Калиниченко

Аннотация. *Тепловая обработка зерноматериалов широко используется для подсушивания, обеззараживания, повышения интенсивности массопереноса при подготовке к хранению, скармливанию, удалению масла из масличных материалов и продуктов. Особое место в новейших технологиях зернопереработки принадлежит термообработке инфракрасным излучением. Поскольку, кроме удаления влаги и абсолютно безвредного обеззараживания вредной микрофлоры, повышаются кормовые качества зернового материала. Это происходит вследствие физико-химических изменений обрабатываемого материала и инактивации антипитательных веществ. Но при высокоинтенсивных процессах ИК-термообработки энергетические показатели на единицу готового продукта резко повышаются. Поэтому, определение режимов и параметров проведения процесса для энергетической оптимизации является*

актуальной задачей. В статье проанализированы схемы и особенности радиационно-конвективного подвода энергии к зерноматериалу в процессе интенсивной ИК-термообработки. На основе теории тепло- и массообмена получено математическое описание динамических режимов тепловой обработки зерновых материалов при комбинированном энергоподводе. Определено влияние нисходящего воздушного потока на скорость вибрационного перемещения зерноматериала и экспозицию термообработки ИК-излучением. Полученные математические модели можно использовать для анализа процесса и оптимизации режимных параметров установок для ИК-термообработки при известных значениях конструктивных параметров.

Ключевые слова: термообработка, микронизации, математическая модель, вибрационное перемещение

RESEARCH INFLUENCE OF DESCENDING AIR CURRENT FOR COMBINED PROCESSES INFRARED HEAT TREATMENT AND MOVING GRAIN MATERIALS ON VIBRATORY CONVEYOR

R. A. Kalinichenko

Abstract. *Thermal processing grain material is widely used for drying, decontamination, increasing the intensity of mass transfer in preparation for storage, feeding, removal of oil from oil-bearing materials and products. A special place in the latest technologies of grain processing takes heat treatment by infrared radiation. Because, in addition to removing moisture and completely harmless disinfection of harmful microorganisms, feed grain quality material is increased. This is due to physical and chemical changes in the material and inactivation of anti-nutrients. But the energy performance per unit of finished product is dramatically increased during high-intensity processes of the IR heat treatment. Therefore, defining modes and parameters of the energy optimization process is the actual problem. The schemes and features of supply of radiative-convective energy to grain material in the process of intense IR heat treatment are discussed in this paper. Mathematical description of dynamic regimes of heat treatment of grain materials under combined supply of energy based on the theory of heat and mass transfer is obtained. The effect of the air-down flow to the speed vibration displacement of the grain material and exposure of heat treatment by infrared radiation is defined. The obtained mathematical models can be used to analyze process and of optimize operating parameters settings for infrared heat treatment with known values of structural constants.*

Key words: *heat treatment, micronizations, mathematical model, vibration displacement*