

3. Korinchuk, D.M. (2017) Justification of energy consumption during the comminution stage in the technologies of biofuel production. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*, № 268, 90–100. (in Ukrainian)
4. Seredyn, M. Y. (2014) Rozrobka systemy keruvannya shvydkisnym rezhymom sushynnya v tekhnolohichnomu kom-pleksi vyhotovlennya tverdogo biopalyva. *Visnyk KHNTUS Petra Vasylenka. № 153*, 144–146.
5. Yliniemi, L., Koskinen, J., & Leiviskä, K. (1998). Advanced control of a rotary dryer. *IFAC Proceedings. Vol. 31*, № 23, 119–124.
6. Yanyuk, Y. V. (2004) Matematicheskoye modelirovaniye i optimizatsiya protsessov sushki sypuchikh materialov v sushil'noy ustanovke barabannogo tipa: Doctor's thesis. Petrozavodsk. (in Russian)
7. Petrovskiy, V. S., Safonov A. O. (2002) Issledovaniye zakonomernostey udaleniya vlagi iz drevesnykh chastits v pryamotochnykh barabannykh sushilkakh. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal. №6*, 42–48. (in Russian).
8. McCormick, P. Y. (1962) Gas velocity effects on heat transfer in direct heat rotary dryers. *Chemical Engineering Progress. Vol. 58*, №. 6, 57–61.
9. Sterlin, D. M. (1977) *Sushka v proizvodstve fanery i drevesnostruzhechnykh plit*. M.: Lesnaya promyshlennost. 334. (in Russian)
10. Orlova, A. A., Korchuk, Yu. A. (2013) Increase in drying efficiency of crushed wood for pellet production by Ekotoplivo company. *Systems. Methods. Technologies. № 4*. p. 148–152. (in Russian)
11. Biley P. V., Prystavskyy B. I. (2012) Analiz efektyvnosti konvektyvnoho sushynnya derevyny. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny. № 10*, 116–119. (in Ukrainian).
12. Khramov, A. N., Subbotin, M. Y. (2014) Improving bulky material drying efficiency due to convective heat transfer intensification. *Vestnik IGTU. № 6*, 161–165. (in Russian)

Отримано в редакцію 21.04.2018
Прийнято до друку 30.06.2018

Received 21.04.2018
Approved 30.06.2018

УДК 631.17

DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/swonaft.v82i1.1024>

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ІНФРАЧЕРВОНОГО СУШІННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВІБРОХВІЛЬОВИМ КОНВЕЄРОМ

Паламарчук І.П. д.т.н., професор¹, Кюрчев С.В. к.т.н., професор²,
Верхоланцева В.О. к.т.н., ст. викладач²

Національний університет біоресурсів та природокористування України, м.Київ¹
Таврійський державний агротехнологічний університет, м.Мелітополь²

Анотація. Проведений аналіз конвеєрних апаратів для забезпечення необхідного вологовидалення сипкої сільськогосподарської сировини дозволив обґрунтувати ефективність вібраційних конвеєрних схем. Класичні віброконвеєрні машини базуються на електромагнітному віброзбудженні та використанні жорсткого вантажонесучого органу, що вимагає значних витрат енергії та матеріалу. Дана проблема вирішується за рахунок використання механічного віброзбудження та недеформувального транспортуючого елемента, що притаманні віброхвильовим конвеєрним апаратам. Представлена принципова схема віброхвильової терморадіаційної сушарки, яка дозволяє ефективно вирішити проблеми достатньо інтенсивної та рівномірної обробки при мінімізації енерго- та матеріаловитрат, помірного термічного навантаження на шари продукції та максимального збереження її вихідних властивостей. На основі експериментальних досліджень розроблено дослідної моделі даної сушарки було складено критеріальне рівняння тепломасобміну, що дозволяє проектувати сушарки із заданими параметрами процесу.

Ключові слова: зберігання, параметри, продукція, зерно, інфрачервоне опромінювання, сушіння, вологість, віброхвильова інфрачервона сушарка.

RATIONALING OF PARAMETERS OF INFRARED DRYING OF GRAIN PRODUCTS WITH VIBROWAVING CONVEYOR

Palamarchuk I.P.¹, Dr. of Tech. Sci., prof., Kiurchev S.V.², PhD, prof., Verkholantseva V.O.², PhD

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

²Tavria State Agrotechnological University, Melitopol

Abstract. The analysis of conveyor devices to ensure the necessary moisture removal of loose agricultural raw materials allowed to substantiate the effectiveness of vibration conveyor circuits. Classic vibroconveyor machines are based on electromagnetic vibroexcitation and the use of a rigid carrier, which requires significant energy and material costs. This problem is solved by the use of mechanical vibration and undetectable transporter element inherent in vibrating conveyor devices. Mechanical vibrators are aggregated in the support bundles of the tape mechanism, providing with sufficiently compact performance of the standing or running

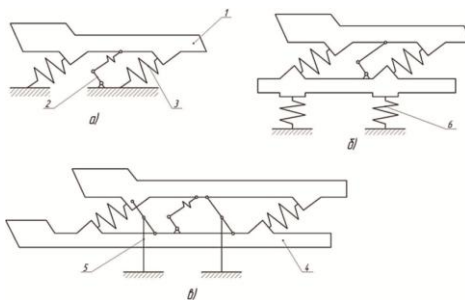
wave on the surface of the deformation carrier body. Necessary parameters of this wave for the appropriate promotion of bulk masses of grain products with a given speed are determined from experimental studies in the variation of angular frequencies and amplitudes of the oscillations of the drive shafts of the designated vibroscuders. The required speed of movement of products processed on a projected wave conveyor is determined by the condition of achieving the desired level of moisture content of the raw material during its single passage along the processing zone, which ensures the continuity of the dehydration cycle and the sufficiently high productivity of the dryer. The principal scheme of the vibratory thermo-radiation dryer is presented, which allows to effectively solve the problems of sufficiently intensive and uniform treatment with minimization of energy and material costs, the moderate thermal load on the product layers and maximal preservation of its initial properties. On the basis of experimental researches of the developed experimental model of this dryer, a criterial equation of the heat capacity was compiled, which allows the design of driers with the given parameters of the process. Among such parameters, the characteristics of the oscillation processes, which lead to the appearance of a wave on the surface of the tape, were used. This approach allows us to maximally approximate the results of mathematical modeling of this drying process to real conditions.

Keywords: storage, parameters, products, grain, infrared irradiation, drying, humidity, vibrating infrared dryers.

Вступ. На сучасному етапі, в умовах ринкової економіки на Україні з виникненням фермерських і орендних підприємств, виникли нові вимоги до техніки, яка використовується для післязбиральної обробки, і зокрема, сушки зернових та олійних культур. Загальні теоретичні і практичні основи сушки зерна базуються на фундаментальних наукових працях О.Г. Бурдо, А.С. Гінзбурга, А.А. Долінського, В.І. Жидко, О.В. Ликова, Л.А. Орлова, О. Кришера, Г.К. Філоненко та інших відомих вчених [1.2.3.4]. Проблемою створення високопродуктивного сушильного обладнання є забезпечення високої інтенсивності вологовидалення при мінімізації енерговитрат та максимальному збереженні вихідних властивостей сировини, що лежить в основі мети та відповідно задач даного дослідження.

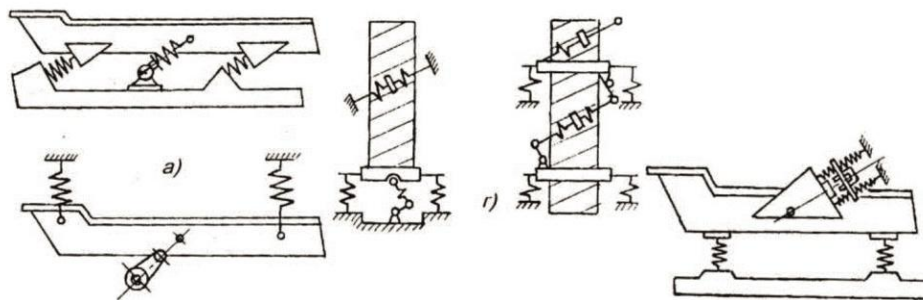
Аналіз проблематики та літературних джерел. Одним з найбільш розповсюджених та ефективних засобів інтенсифікації означених процесів є використання вібраційного поля. Внаслідок впливу такого технологічного фактору має місце інтенсивний як циркуляційний, так і відносний рух часток продукції в робочій камері по як завгодно складним траєкторіям, що зумовлює оптимальні умови для здійснення тепло- та масообміну [5,6,7]. Крім того, можливість регулювання параметрів вібрації в широких межах дозволяє впливати як на значні об'єми продукції, так і на дуже локалізовані її області.

Широке розповсюдження знайшли вібраційні конвеєрні технологічні машини, що мають спеціальні механізми для реалізації транспортної операції у вигляді відомих механічних транспортерів, серед яких перевагу надають стрічковим конвеєрам. Надалі реалізація та удосконалення віброконвеєрних установок відзначалося застосуванням недеформувального транспортуючого органу, режимами руху сипкої маси з підкидуванням при використанні електромагнітних віброзбудувачів. Саме удосконалення останніх визначало пріоритетний напрямок досліджень при проектуванні конвеєрних вібромашин. Математичне моделювання даних процесів, теоретичні та експериментальні дослідження закономірностей їх реалізації, розробка конструктивних схем хвильових та вібраційних транспортуючих машин наведені у фундаментальних працях А.О. Співаковського, І.Ф. Гончаревича, К.Ф. Фролова [8,9]. Одномасна вібраційна транспортуюча машина включає вантажонесучий орган 1 (рис. 1), що встановлюється на фундамент через пружний зв'язок 3. Коливання вантажонесучого органу передаються механічним приводом 2 з пружним шатуном. Установки даного типу відрізняються конструктивною простотою, але внаслідок невідповідності сил інерції коливаючих мас привід підлягає дії великих динамічних навантажень. Другим недоліком цих машин є підвищені витрати енергії на здолення шкідливих опорів, що діють в системі.



а) одномасна схема; б) двомасна схема; в) двомасна схема з ізолюваною реактивною масою.

Рис. 1. Схема вібраційних транспортуючих машин з механічним приводом.



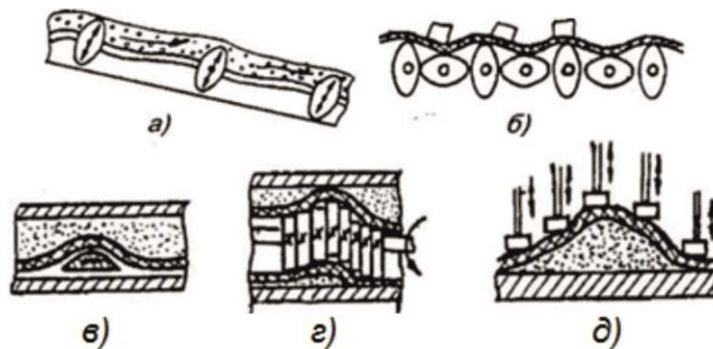
а) з кінематичним приводом; б) з інерційним приводом; в) з електромагнітним приводом; г) вібраційні підйомники з гвинтовим вантажонесучим органом та кінематичним приводом

Рис. 2. Схеми вібраційних конвеєрів із механічним та електромагнітним приводом.

Тому у двомасній системі передбачена наявність реактивної маси 4, яка може бути також ізольованою від опорних конструкцій через додаткові пружні елементи 6. Вібраційні конвеєрні машини різняться також типом приводу, що ілюстровано на рис. 2. Вібраційне переміщення з успіхом застосовується при транспортуванні як в горизонтальній, так і у вертикальній площині, при переміщенні як сипучих, пороховидних, так і рідких, липких та пластичних мас (рис. 3). Вібраційне транспортування може здійснюватися або при асиметрії сил інерції, або при асиметрії сил тертя, або при асиметрії як сил інерції, так і сил тертя, що діють на вантаж в процесі зворотньо-поступального руху вантажонесучого органа.

Найбільш близьким по сутності здійснення до вібраційного конвеєра є хвильовий конвеєр. Основним елементом цього типу машин є деформувальний вантажонесучий орган, в якому тим або іншим способом створюються хвильові рухи [10,11].

Хвильове переміщення є більш загальним випадком транспортування ніж вібраційне. Так, вібраційне переміщення являє собою приватний випадок хвильового транспортування, коли довжина вантажонесучого органа незначна по відношенню до довжини хвилі. Таким чином, можливості хвильових установок по різноманітності режимів транспортування набагато перевищують вібраційні транспортуючі машини. Хвильове переміщення досягається за рахунок поперечних і повздовжніх стоячих та біжучих хвиль на транспортувальній поверхні (рис. 2.29). При цьому мають вагу конфігурація хвилі та співвідношення швидкості транспортування та швидкості розповсюдження біжучих хвиль.



а) – схема процесу; б) – вантажонесучий орган хвильового конвеєру з обертальними кулачковими валами; в) – з шаблоном, що поступально рухається; г) – обертальним шаблоном; д) – з локальною деформацією.

Рис. 3. Схеми реалізації хвильового переміщення.

Подальший розвиток таких клас машин знайшов при застосуванні деформувального елемента при здійсненні транспортного руху, що має місце у розроблених віброхвильових конвеєрних системах, що дають унікальні ефекти при реалізації терморадіаційного сушіння, семіфлюїдизації та інших тепломасообмінних процесів за рахунок максимального збільшення поверхні контактної взаємодії з енергоносієм, рівномірності обробки при мінімізації енерговитрат та металоємкості конструкцій машин .

Серед особливостей хвильових конвеєрів можна виділити: наявність повздовжніх деформацій вантажу; повна врівноваженість приводного механізму, так як для них, на відміну від вібраційних, характе-

рна відсутність періодичного переміщення зосереджених мас за рахунок того, що при роботі хвильових конвеєрів відбувається лише періодична зміна форми деформувального робочого органу.

Поряд із хвильовим транспортером, в основу дії якого покладений ефект тиску хвиль, представляє інтерес хвильовий рушій, що переміщується за рахунок спрямованого випромінювання хвиль. Для реалізації цього руху по одновірній пружній напрямній необхідно, щоб рушій поєднував в собі одночасно два типи когерентних джерела коливань, один із яких збуджує хвилі в напрямній синфазно в обидві сторони, а другий – протифазно. В результаті інтерференції сумарне випромінювання спрямоване в одну сторону та під дією сил віддачі (реакції випромінювання) відбувається рух.

Проблему складає високе термічне навантаження на поверхневі шари сипкої продукції. Розроблена установка (рис.4) [11,12] з інфрачервоним опромінюванням зернового матеріалу дозволяє, по-перше, завдяки вібромеханічному приводу забезпечити об'єкту переробки необхідний рівень активності речовин і вологості; по-друге, при допомозі опромінювачів 8 реалізувати необхідну енергетичну і технологічну ефективність процесу; по-третє, від віброзбуджувачів 4,5 способом механічної дії утворити на поверхні стрічки 3 хвилю, що дає можливість здійснити одночасно транспортування і перемішування матеріалу 15.

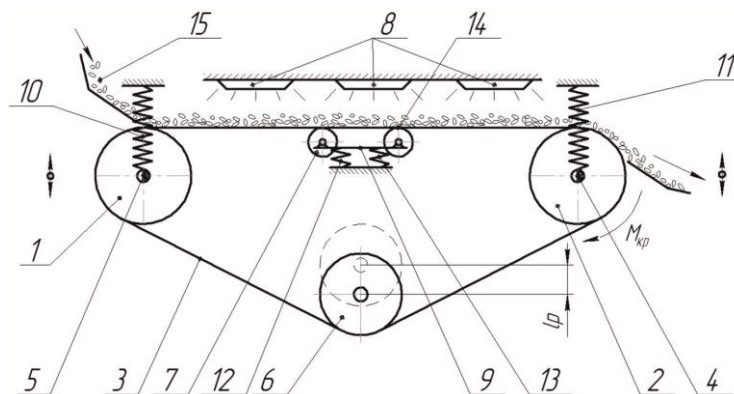


Рис. 4. Схема віброхвильової конвеєрної установки для терморадіаційного сушіння.

Аналіз віброхвильової коливальної системи проводимо за кінематичними, силовими та енергетичними критеріями оцінки. В якості кінематичних характеристик досліджуємо амплітуду коливань, кутову швидкість обертання приводних валів віброзбуджувачів, віброшвидкість та віброприскорення.

Синхронізацію роботи віброзбуджувачів в опорних котках машини проводимо з метою отримання таких параметрів хвилі на робочій частині трічки, щоб забезпечити як стійку подачу продукції, так і максимальну продуктивність машини. При цьому необхідно задовольнити умови досягнення потрібного вилучення вологи за один прохід продукції на хвильовому конвеєрі. Отримані експериментальні дані згідно з планом досліджень дозволять обґрунтувати режимні параметри розробленої віброхвильової інфрачервоної сушарки, провести її техніко-економічний та функціонально-вартісний аналіз, а також перевірити адекватність математичного моделювання досліджуваного процесу.

Для вивчення впливу технологічних, енергетичних і конструктивних параметрів при інфрачервоному опромінюванні на ефективність видалення вологи з продукту була створена експериментальна установка, схема якої представлена на рисунку 3. У процесі обробки на стрічку подається певна кількість цілого зерна ріпаку або сої, отримуючи значення питомого завантаження рівними відповідно 2,5; 3,5; 5 кг/м². Після цього приводимо до руху стрічку зі швидкістю 0,13; 0,33 або 0,54 см/с. Під час руху стрічки під інфрачервоними випромінювачами продукція сприймає вплив опромінення певної потужності 100, 200, 300 Вт. При цьому по ходу стрічки вмикаємо один, два або три випромінювачі. Потужність випромінювачів регулюється за допомогою зміни сили струму, що вимірюємо за допомогою струмових кліщів.

Використовуючи чисельні значення тепломасообмінних параметрів, що були отримані в ході експериментальних досліджень інфрачервоного сушіння у рухомому шарі зернової продукції, розраховуємо основні питомі показники досліджуваного процесу. Питомий потік променистої енергії на одиницю площі опромінення $S_{оп}$, маси оброблюваної продукції та маси видаленої вологи розраховуємо за формулами (1-16):

$$N_s = \frac{N_B}{S}, \text{ Вт/м}^2; \quad (1)$$

$$N_m = \frac{N_{on}}{m_n}, \text{ Вт/кг}; \quad (2)$$

$$N_B = \frac{N_{on}}{m_B}, \text{ Вт/кг} \quad (3)$$

Маса видаленої вологи складає $m_B = m_o + m_n - m_k$; де m_o – маса буюкса; m_n – маса наважки або продукції, що висушується; m_k – маса продукції в буюксі після сушіння.

Продуктивність за обробленою продукцією Π_m та за видаленою вологою Π_B визначаємо за формулами:

$$\Pi_m = \frac{m_{np}}{\tau} = \frac{m_n}{\tau}, \text{ кг/год}; \quad (4)$$

$$\Pi_B = \frac{m_B}{\tau}, \text{ кг/год}; \quad (5)$$

де τ – час обробки продукції.

Об'ємна продуктивність Π_V складає

$$\Pi_V = V_m \cdot \Pi_B, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

де $V_m = 1/\rho_B = 0,849 \text{ м}^3/\text{кг}$; $\rho_B = 1,178 \text{ кг/м}^3$ для вологи.

Відповідно питомі потоки енергії на одиницю маси вологи E_B та продукції E_m визначаємо за форму-

лами: $E_B = \frac{E_{on}}{m_B};$

$$E_m = \frac{E_{on}}{m_n}, \text{ Дж/кг} \quad (7)$$

Для визначення вологості продукції використовуємо вологомір для зерна AQUA-15.

Серед необхідних розрахункових даних відзначаємо наступні.

$$\Delta X = \frac{m_B}{m_{II}} = X_p - X_i, \text{ кг/кг}; \quad (8)$$

коефіцієнт масообміну $\beta = \frac{\Pi_V}{\Delta X \cdot S_3}, \text{ м/с}$

де S_3 – поверхня зернини, що опромінюється; $S_3 = 0,1413 \text{ м}^2$; m_{II} – маса повітряного теплоносія.

Враховуючи особливості досліджуваного процесу, використовуємо для подальшого математичного аналізу критерії Пекле, Стентона та Бурдо:

$$Pe = \frac{v_c \cdot d}{a}; \quad (9)$$

$$St = \frac{\beta}{v_c}; \quad (10)$$

$$Bu = \frac{E_o}{Q_B}; \quad (11)$$

де $a = 12,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт температуропровідності зернини; d – характерний діаметр зернини.

$$E_o = N_o \cdot \tau; \quad (12)$$

$$N_o = N_{on} + N_{np}; \quad (13)$$

$N_{np} = 300 \text{ Вт}$ – потужність приводного механізму. $Q_B = m_B \cdot r$ – кількість теплоти, що необхідна для випаровування маси вологи m_B ; r – питома теплота пароутворення, $r = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг (м}^2/\text{с}^2)$

Таким чином, $Bu = \frac{N_o \tau}{m_B r}$ та враховуючи, що

$$\Pi_V = \frac{m_B}{\rho_B \tau} \cdot \frac{N_0 r}{N_0 r} = \frac{N_0}{\rho_B r} \cdot \frac{1}{Bu} ; \quad (14)$$

$$Bu = \frac{N_0}{\Pi_V \rho_B r} ; \quad (15)$$

Використовуючи другу теорему подібності Федермана-Бекінгема та теорію «розмірностей», отримуємо шукане рівняння тепло масообміну у критеріальному вигляді:

$$\beta_{ef} = A P e^{1.08} B u^{1.2} \cdot \frac{1}{\nu} \left(\frac{\Pi_V r}{a^3} \right)^{1.2} \cdot \left(\frac{P_s d}{\rho} \right)^{1.56} \cdot \nu_c \quad (16)$$

Висновки. Розробка високопродуктивного та енергоощадного сушильного обладнання обґрунтовується необхідністю створення технологічних автоматизованих ліній з комплексною вібраційною обробкою продукції для досягнення вищих форм безперервності та пропорційності. Така тенденція відповідає конвеєрним установкам, у яких в якості інтенсифікуючих факторів виступають інфрачервоне опромінення та вібраційна технологія дія. Комбінування терморадіаційного впливу в умовах віброзв'язаного шару сировини дозволяє ефективно поєднувати інтенсивність обробки, енергоощадність процесу та максимальне збереження вихідних властивостей сировини. Дані фактори були покладені в основу розробленої віброхвильової конвеєрної сушарки та складеного критеріального рівняння тепло масообміну, що дозволить закласти означені якості у проєктовані конвеєрні машини даного типу.

Література:

1. Баум А. Е. Сушка зерна [Текст] / А. Е. Баум, В. А. Резников. – М. : Колос, 1983. – 223 с.
2. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств [Текст] / О.Г. Бурдо. – Одесса: Полиграф, 2008 – 244 с.
3. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок [Текст] / О.Г. Бурдо // Одесса: Полиграф, 2010 – 368 с.
4. Гинзбург, А.С. Основы теории и технологии сушки пищевых продуктов [Текст] / А.С. Гинзбург Пищевая промышленность. – 1973,- 528 с.
5. Паламарчук І.П., Застосування вібротехнологій у процесах зберігання сільськогосподарської продукції / І.П. Паламарчук, С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева // Матеріали ІV міжнародної науково-практичної конференції (17-18 травня 2018р., м.Умань). Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва.-с. 113-115.
6. Palamarchuk I. Hydrodynamic and diffusive parameters electro-osmotic drying of pectin containin grawmaterials [Текст] / I. Palamarchuk, O. Zozuliak, V. Palamarchuk // Ukrainian Journal of Food Science, 2014. Vol. 2. Issue 2. 318-325.
7. Паламарчук І.П. Обґрунтування робочих параметрів хвильового конвеєра для переміщення фаршу І.П. Паламарчук, І.Г. Липовий // Вібрації в техніці та технологіях, 1997.– С. 80-82.
8. Спиваковский А.О. Вибрационные машины [Текст] / А.О.Спиваковский, И.Ф.Гончаревич. – М.: Наука, 1983.– 288 с.
9. Гончаревич И.Ф. Теория вибрационной техники и технологий [Текст] / И.Ф.Гончаревич, К.В. Фролов. –М.: Наука, 1981 . –320 с.
10. Членов В. А. Виброкипящий слой [Текст] / В. А. Членов, Н. В. Михайлов. – М. : Наука, 1972. – 344 с.
11. Паламарчук, І.П. Обґрунтування конструктивної та технологічної схеми конвеєрної вібраційної сушарки / І.П. Паламарчук, В.М. Бандура, В.І. Паламарчук // Вібрації в техніці та технологіях. №2(66). Вінниця, 2012 - С.116-125.
12. Пат. №87767 України. Вібраційна конвеєрна сушарка з інфрачервоними випромінювачами / І.П. Паламарчук, В.М. Бандура, В.І. Паламарчук. – заявл. 28.02.2013 ; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4. — 4 с.

References

1. Baum A. E., Rezhykov V.A. (1983) Sushka zerna. M: Kolos, 223.
2. Burdo O.H. (2008) Enerhetichesky monytorynh pyshchevikh proyzvodstv.:Odessa: Polyhraf,244.
3. Burdo O.H. (2010) Evoliutsiya sushylnikh ustanovok : Odessa: Polyhraf, 368.
4. Hynzburh, A.C. (1973) Osnovi teoryy u tekhnolohyy sushky pyshchevikh produktov.: Pyshchevaia promishlennost.528.
5. Palamarchuk I.P., Kiurchev S.V., Verkhohantseva V.O. (17-18 travnia 2018) Zastosuvannya vibrotekhnolohii u protsesakh zberihannya silskohospodarskoi produktsii.:Materialy IV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m.Uman). Importozaminni tekhnolohii vyroshchuvannya, zberihannya i pererobky produktsii sadivnytstva ta roslynytstva.- 113-115.
6. Palamarchuk I. Zozuliak O., Palamarchuk V. (2014) Hydrodynamic and diffusive parameters electro-osmotic drying of pectin containin graw materials.: Ukrainian Journal of Food Science, Vol. 2. Issue 2. 318-325.
7. Palamarchuk I.P., Lypovyi I.H. (1997) Obgruntuvannya robochykh parametriv khvylovoho konveiera dlia peremishchennia farshu.: Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh, 80-82.
8. Spvyakovskiy A.O., Honcharevych Y.F. (1983) Vybratsyonnie mashyn. M.: Nauka, 288.
9. Honcharevych Y.F., Frolov K.V. (1981) Teoryia vybratsyonnoi tekhniky u tekhnolohiy. M.: Nauka, 320.
10. Chlenov, V. A., Mykhailov N. V.(1972) Vybrokypashchysloi. M. : Nauka,344 .
11. Palamarchuk I.P. Bandura V.M., Palamarchuk V.I. (2012)Obgruntuvannya konstruktivnoi ta tekhnolohichnoi skhemy konveiernoi vibratsiinoi susharky. Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh. №2(66). Vinnytsia, 116-125.
12. Pat. №87767 України. Vibratsiina konveierna susharka z infrachervonymy vyprominiuvachamy / I.P. Palamarchuk, V.M. Bandura, V.I. Palamarchuk. – zaiavl. 28.02.2013 ; opubl. 25.02.2014, Biul. № 4. — 4 с.

Отримано в редакцію 31.05.2018
Прийнято до друку 30.06.2018

Received 31.05.2018
Approved 30.06.2018