

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ЗБІРНИК ПРАЦЬ**

*XVII Міжнародної наукової конференції*  
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І  
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА  
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

*3-8 вересня 2018 р.*



**ОДЕСА  
2018**

Публікуються доповіді, представлені на XVII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (3 – 8 вересня 2018 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор  
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо  
Ю.О. Левтринська

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

<b>Єгоров</b> <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
<b>Бурдо</b> <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Атаманюк</b> <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
<b>Васильєв</b> <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
<b>Гавва</b> <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Гумницький</b> <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
<b>Долинський</b> <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
<b>Зав’ялов</b> <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Сукманов</b> <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
<b>Колтун</b> <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
<b>Корнієнко</b> <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
<b>Малежик</b> <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Михайлов</b> <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
<b>Паламарчук</b> <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
<b>Снежкін</b> <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України
<b>Сорока</b> <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
<b>Тасімов</b> <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
<b>Товажнянський</b> <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
<b>Ткаченко</b> <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
<b>Черевко</b> <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
<b>Шит</b> <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.
<b>Сухий</b> <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор

---

**СЕКЦІЯ 4.**

**ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ,  
ФАРМАЦЕВТИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ПАРФУМЕРНИХ  
ВИРОБНИЦТВ**

---

УДК 631.17

## INFRASTRUCTURE OF GRAIN PRODUCTION WITH VIBROWAVE CONVEYOR. BASIC STATEMENT OF PROCESS PARAMETERS

Паламарчук І.П. д.т.н., професор<sup>1</sup>, Кюрчев С.В. к.т.н., професор<sup>2</sup>, Верховланцева В.О. к.т.н., ст. викладач<sup>2</sup>

Національний університет біоресурсів та природокористування України, м. Київ<sup>1</sup>  
Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь<sup>2</sup>

## INFRASTRUCTURE OF GRAIN PRODUCTION WITH VIBROWAVE CONVEYOR. BASIC STATEMENT OF PROCESS PARAMETERS

Palamarchuk I.P., Kiurchev S.V., Verkholantseva V.A.

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine Kyiv

<sup>2</sup>Tavria State Agrotechnological University, Melitopol

### Анотація

Проведений аналіз конвеєрних апаратів для забезпечення необхідного вологовидалення сипкої сільськогосподарської сировини дозволив обґрунтувати ефективність вібраційних конвеєрних схем. Класичні віброконвеєрні машини базуються на електромагнітному вібробудженні та використанні жорсткого вантажнесучого органу, що вимагає значних витрат енергії та матеріалу. Дана проблема вирішується за рахунок використання механічного вібробудження та недеформувального транспоруючого 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.

### 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. 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.

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

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

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.

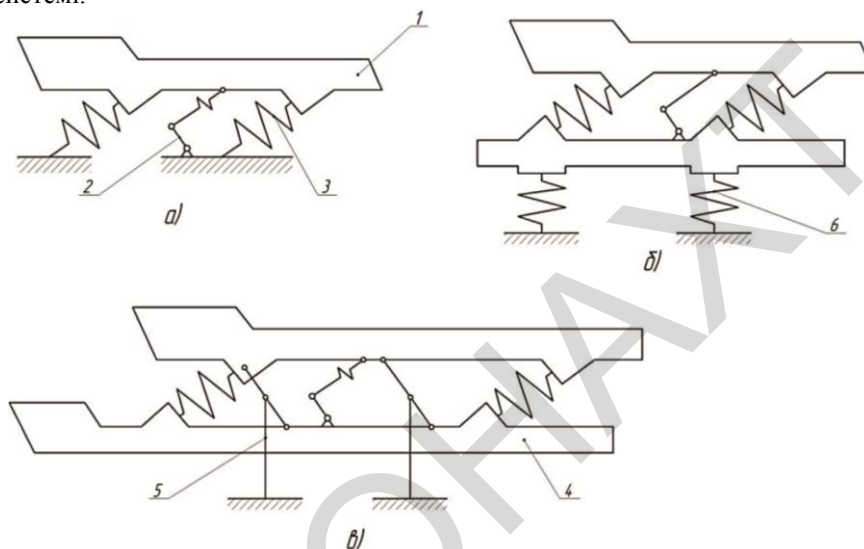
Одним з найбільш розповсюджених та ефективних засобів інтенсифікації означених процесів є використання вібраційного поля. Внаслідок впливу такого технологічного фактору має місце інтенсивний як циркуляційний, так і відносний рух часток продукції в робочій камері по як завгодно складним траєкторіям, що 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 вібробуджувачів. Саме удосконалення останніх визначало пріоритетний напрямок досліджень при проектуванні конвеєрних вібромашин.

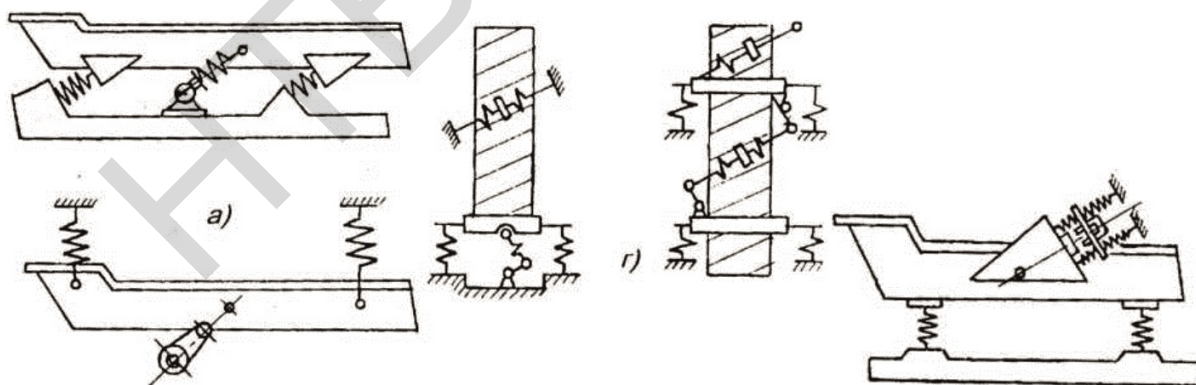
Математичне моделювання даних процесів, теоретичні та експериментальні дослідження закономірностей їх реалізації, розробка конструктивних схем хвильових та вібраційних транспортуючих машин наведені у фундаментальних працях А.О. Співаковського, І.Ф. Гончаревича, К.Ф. Фролова [8,9]

Одномасна вібраційна транспортуюча машина включає вантажонесучий орган 1 (рис. 1), що встановлюється на фундамент через пружний зв'язок 3. Коливання вантажонесучому органу передаються механічним приводом 2 з пружним шатуном. Установки даного типу відрізняються конструктивною простотою, але внаслідок невірноваженості сил інерції коливаючих мас привід підлягає дії великих динамічних навантажень. Другим недоліком цих машин є підвищені витрати енергії на здолаття шкідливих опорів, що діють в системі.



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

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



*a) 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**

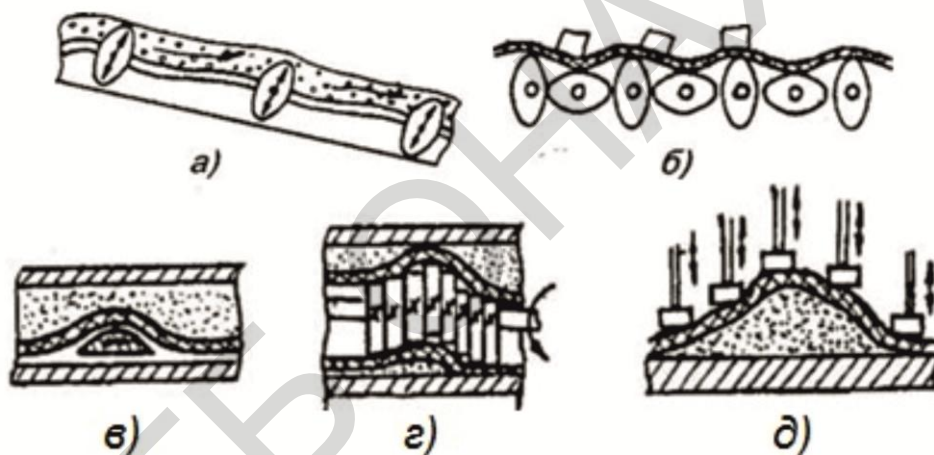
Тому у двомасній системі передбачена наявність реактивної маси 4, яка може бути також ізолюваною від опорних конструкцій через додаткові пружні елементи 6. Вібраційні конвеєрні машини різняться також типом приводу, що ілюстровано на рис. 2. Вібраційне переміщення з успіхом застосовується при транспортуванні 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].

Картина руху створюється в результаті коливань точок поверхні робочих органів відносно певного центру у повздовжньому та поперечному напрямках. При цьому кожна точка переміщується відносно сусідньої з деяким зсувом по фазі. При відсутності цього зсуву мав би місце вібраційний рух, що характерний для жорстких робочих органів, що не деформуються. В загальному випадку процес транспортування вантажу формується як поперечними, так і повздовжніми хвилями на транспортувальній поверхні. Поперечні хвилі керують взаємодією транспортувальної поверхні з вантажем за рахунок періодичної зміни тиску вантажа на опорну поверхню. Повздовжні хвилі формують швидкість переміщення. Конфігурація хвилі, її транспортні можливості визначаються параметрами повздовжніх та поперечних хвиль при їх взаємодії. Як привід для хвильових конвеєрів використовуються різні типи віброзбуджувачів, що можуть бути вмонтовані безпосередньо в стрічку. При цьому враховують, що частоти коливань пружної системи, яка утворюється під дією рівномірно рухомого гармонічного джерела, зміщені по відношенню до частоти джерела (ефект Доплера).

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

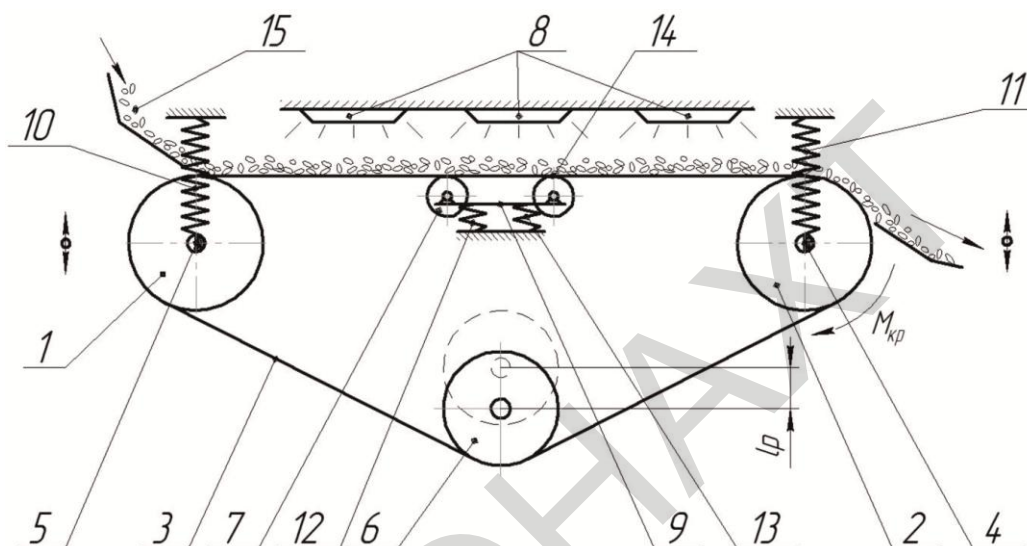
Поряд із хвильовим транспортером, в основу дії якого покладений ефект тиску хвиль, представляє інтерес хвильовий рушій, що переміщується за рахунок спрямованого випромінювання хвиль. Для реалізації цього руху по одновірній пружній напрямній необхідно, щоб рушій поєднував в собі одночасно два типи когерентних 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 вібробудувачів 4,5 способом механічної дії утворити на поверхні стрічки 3 хвилю, що дає можливість здійснити одночасно транспортування і перемішування матеріалу 15.

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

Силовий аналіз проводимо, досліджуючи параметри вібрації для альтернативних способів незрівноваженості коливальної системи при варіюванні інерційних зусиль, що виникають в опорних котках стрічки при роботі вібробудувачів. Серед енергетичних характеристик досліджуємо витрати потужності на привод, а також питомі витрати потужності на одиницю коливальної маси елементів системи.



1,2 – опорні робочі котки; 3 – стрічковий деформувальний транспортуючий елемент; 4,5 – механічні вібробудувачі; 6 – натяжний коток; 7,14 – підтримуючі котки; 8 – панелі інфрачервоних випромінювачів; 9 – опорна платформа; 10,11 – пружні підвіски; 12,13 – пружні елементи підтримуючого пристрою; 15 – сипка маса, що обробляється.

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

Синхронізацію роботи вібробудувачів 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.

Як правило, процес обробки в інфрачервоному обладнанні складається з двох етапів: перший етап – обробка продукту при максимальній температурі джерела інфрачервоного опромінювання до утворення на поверхні виробу скоринки підсмажування; другий етап – доведення продукту до повної готовності при зменшеній постійній температурі генераторів. Зменшення температури на другому етапі здійснюється за допомогою зменшення електричної потужності або збільшенням відстані продукту до джерела інфрачервоного опромінювання. Конструктивні рішення з компоновки блоку інфрачервоних ламп і самих генераторів забезпечують досягнення рівномірного опромінювання згідно вимог переробки відповідного зернового матеріалу.

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/м<sup>2</sup>. 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 опромінювання 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  $S_{on}$ , 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 бюкса;  $m_n$  – маса наважки або продукції, що висушується;  $m_k$  – маса продукції в бюксі після сушіння.

Продуктивність за обробленою продукцією  $\Pi_m$  та за видаленою вологою  $\Pi_B$  визначаємо за формулами:

$$\Pi_m = \frac{m_{np}}{\tau} = \frac{m_n}{\tau}, \quad (4)$$

кг/год;

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

де  $\tau$  – час обробки продукції.

Об'ємна продуктивність  $\Pi_V$  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 формулами:

$$E_B = \frac{E_{on}}{m_B};$$

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

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

Серед необхідних розрахункових даних відзначаємо наступні.

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

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

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,  $r = 2,3 \cdot 10^6$  Дж/кг ( $\text{м}^2/\text{с}^2$ )

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

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

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

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

$$\beta_{ef} = A P e^{1,08} Bu^{1,2} \cdot \frac{1}{v} \left( \frac{\Pi_V r}{a^3} \right)^{1,2} \cdot \left( \frac{P_s d}{\rho} \right)^{1,56} \cdot v_c \quad (16)$$

#### Висновок

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 технологічна 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. Резчиков. – 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 IV 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 of electro-osmotic drying of pectin containing raw materials [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.

МОДЕЛЮВАННЯ РЕАКТОРА НАСИЧЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКАТІВ	
<b>Гузьова І.О., Атаманюк В.М.</b> .....	78
УНИФИЦІРОВАННИЙ ПОДХОД К МОДЕЛІРОВАНИЮ КАВІТАЦІОННИХ РЕАКТОРОВ	
<b>Иваницкий Г.К., Недбайло А.Е., Коник А.В., Целень Б.Я., Гоженко Л.П.</b> .....	84
МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У АПАРАТІ З ПНЕВМАТИЧНИМ ПЕРЕМІШУВАННЯМ	
<b>Данилюк О. М., Атаманюк В.М., Гумницький Я.М.</b> .....	89
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УВАРЮВАННЯ СОКУ ТА ЙОГО ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ	
<b>Маяк О.А., Сардаров А.М., Костенко С.М., Гриценко О.Ю., Шершньов Г.Г.</b> .....	94
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ И ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ БИОМАССЫ	
<b>Сороковая Н.Н., Коринчук Д.Н.</b> .....	99

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ

КОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ АДСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ГЕЛПОУСТАНОВОК	
<b>Беляновська О.А., Пустовой Г. М., Суха І.В., Губинський М.В., Литовченко Р.Д., Сухий К.М.</b> .....	106
ЗАСТОСУВАННЯ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ВИЛУЧЕННІ БІЛКІВ ЗІ СТІЧНИХ ВОД ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ	
<b>Сабадаш В.В., Гумницький Я.М.</b> .....	111
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУШІННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ	
<b>Пазюк В.М.</b> .....	116
ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСА ТЕПЛООБМЕНА СОЛНЕЧНОЇ УСТАНОВКИ	
<b>Селихов Ю.А., Коцаренко В.А.</b> .....	120
ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК У ПРОЦЕСАХ КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ	
<b>Крусір Г.В., Сагдєєва О.А., Чернишова О.О., Мадані М.М., Гаркович О.Л.</b> .....	125
ПРО ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ТА ЗАОЩАДЖЕННЯ РЕСУРСІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ТОМАТІВ	
<b>Гаврилов О.В.</b> .....	131
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РЕЖИМИ РОБОТИ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ КОМПЛЕКСУ ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИЦІЙНОГО БІОПАЛИВА	
<b>Коринчук Д. М., Снєжкін Ю.Ф., Бунецький В. О.</b> .....	134
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ УТИЛІЗАЦІЇ-МОДИФІКАЦІЇ ПОЛІМЕРНОЇ ТАРИ ТА ПАКУВАННЯ	
<b>Бухкало С.І.</b> .....	140
ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ РІЗНОГО ТИПУ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ КОМПЛЕКСІВ	
<b>Ощипок І.М.</b> .....	143

## ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ, ФАРМАЦЕВТИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ПАРФУМЕРНИХ ВИРОБНИЦТВ

АНАЛІЗ СИРОВИНИ, ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ХАРЧОВИХ ПОРОШКІВ	
<b>Потапов В.О., Євлаш В.В., Педорич І.П.</b> .....	149
ІНФРАЧЕРВОНЕ СУШІННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВІБРОХВИЛЬОВИМ КОНВЕСРОМ. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ	
<b>Паламарчук І.П., Кюрчев С.В., Верхованцева В.О.</b> .....	153
РАЦІОНАЛЬНЕ КОМПОНУВАННЯ ФАЗНИХ РОЗДІЛЮВАЧІВ З МОДУЛЬНИМИ СЕПАРАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ	