

## ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОНСТРУКЦІЇ ВІБРАЦІЙНОЇ СУШАРКИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

*Паламарчук Ігор Павлович д.т.н., професор*  
*Цуркан Олег Васильович к.т.н., доцент*  
*Сітарчук Олександр Леонідович аспірант*  
*Федорук Роман Андрійович магістрант*  
*Вінницький національний аграрний університет*  
***Palamarchuk I.***  
***Tsurkan O.***  
***Sitarchuk A.***  
***Fedoruk R.***  
*Vinnitsia national agrarian University*

**Анотація:** в статті проведено аналіз технологій та обладнання для післязбиральної обробки зернової сировини, зокрема операції сушіння. Розроблена класифікація вібраційних конвективних сушарок безперервної дії та принципові схеми вібраційних сушарок з U-подібною двоконтейнерною та торовидною формою робочої камери. Це дозволяє реалізувати переваги тепломасообмінної обробки в умовах псевдозрідженого шару продукції в безперервному режимі.

**Ключові слова:** сушіння, тепла обробка, вібрація, конвективна сушарка, безперервна дія, коливання, шар, післязбиральна обробка, сировина, зерно, насіння.

### **Вступ**

Метою роботи є обґрунтування технологічної та конструктивної схеми вібраційної сушарки безперервної дії, систематизація тепломасообмінних установок для післязбиральної обробки зернових культур шляхом аналізу існуючих технологій і конструкцій, закономірностей зміни фізико-технологічних властивостей сільськогосподарської сировини в процесі обробки.

### **Викладення основного матеріалу**

Об'єктом дослідження є процес сушіння зернових культур в установках віброзрідженого шару продукції. Така обробка зумовлює підвищення поверхні тепломасообміну та мінімізацію механічного впливу на сировину. Враховуючи наявність безпосереднього теплового контакту сільськогосподарської сировини були проведені дослідження граничних умов процесу та закономірностей зміни основних властивостей зернових культур в процесі обробки (табл. 1). Окрім цього, тривалість сушіння зерна залежить від температури теплоносія, яка обмежується допустимою температурою нагрівання зерна (табл. 1), за якої воно зберігає свої якості.

Температура теплоносія у зерносушарках для насіння зернових культур вологістю до 18% не повинна перевищувати 70 °С, а вологістю 18 – 20% - 65 °С. При сушінні продовольчого зерна вологістю до 26% температура теплоносія має бути в межах 80 – 90 °С.

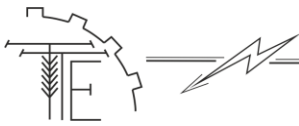
У барабанних сушарках при обробці насінневого зерна температура теплоносія не повинна перевищувати 145 – 165 °С, при сушінні продовольчого зерна 180 – 210 °С, а фуражного – 180 – 250 °С. Якщо не вказана температура теплоносія, процес сушіння проводять з поступовим збільшенням температури доти, поки нагрів насіння не досягне 45 – 50 °С.

У шахтних сушарках за один прохід зерна вологість зменшується на 6%, а в барабанних – на 5 – 8%.

В умовах сучасних виробничих агропідприємств операції сушіння та теплової обробки зернових здійснюють у спеціальних комплексах.

Для отримання кондиційного продовольчого і насінневого зерна з мінімальними затратами праці обробляють на зерносушильних агрегатах 2хА1-ДСП-50, СЗМ-540. Зерно з підвищеною вологістю пропускають через зерночисно-сушильні комплекси типу КЗС.

В умовах фермерських та невеликих сільськогосподарських підприємств, а також враховуючи проблеми географічного їх розташування для здійснення тепломасообмінної обробки зернової продукції найбільш поширеними є сушарки барабанного типу.



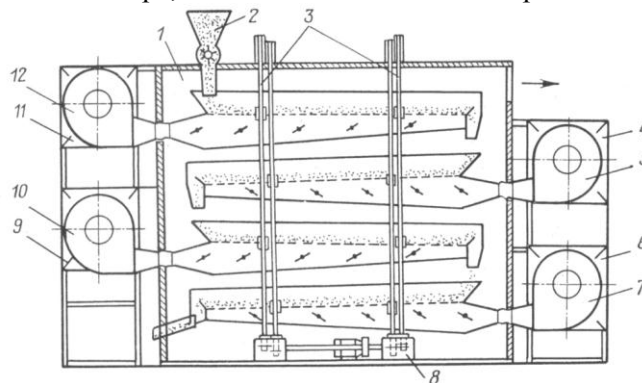
Підвищення продуктивності теплової обробки сільськогосподарської продукції ефективно реалізується у вібраційних сушарках.

Таблиця 1

**Гранична температура нагрівання зерна у зерносушарках**

Культура	Початкова вологість зерна, %	Гранична температура нагрівання зерна, °С	
		насінного	продовольчого і фуражного
Пшениця	до 18	45	55
	18 – 21	45	52
	22 – 27	43	50
Жито, ячмінь, овес	до 18	45	55
	18 – 21	45	55
	22 – 27	43	52
Горох, квасоля, вика, рис, люпин	18 – 21	45	–
	22 – 27	43	–
Просо	до 18	45	42
	18 – 21	45	40
	22 – 27	40	38
Гречка	до 18	45	50
	18 – 21	45	48
	22 – 27	40	45

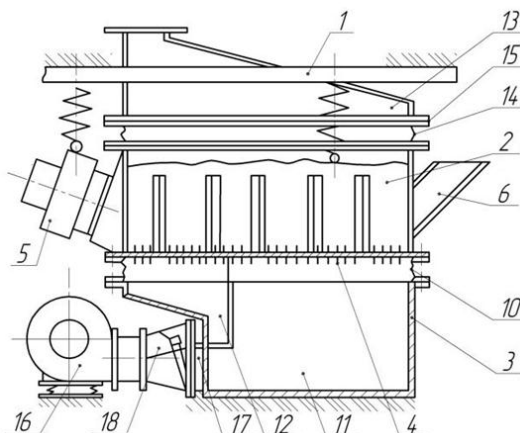
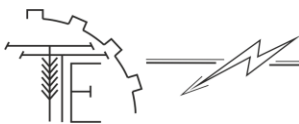
Для реалізації технологічного процесу сушіння відома установка з віброкиплячим шаром для сушіння сільськогосподарської продукції АІ-КВО (рис. 1), що містить камеру, в якій знаходяться чотири сушильні коробки, розташованих один під іншим і попарно з'єднаних вертикальними тягами, які пов'язані з ексцентриковим приводом і ресорами. Пари коробів коливаються за допомогою ексцентриків, перемішуючи та просушуючи при цьому матеріал, що знаходиться в коробах, продуваючи його сушильним агентом. Недоліком сушарки є велика металоємність, енергоємність, використання пари для нагрівання повітря, складність забезпечення герметизації камери сушіння.



**Рис. 1. Вібросушильна установка АІ-КВО: 1 – сушильна камера; 2 – завантажувальний бункер; 3 – вертикальні тяги; 4, 6, 9, 11 – парові калорифери; 5, 7, 10, 12 – вентилятори; 8 – ексцентриковий привод**

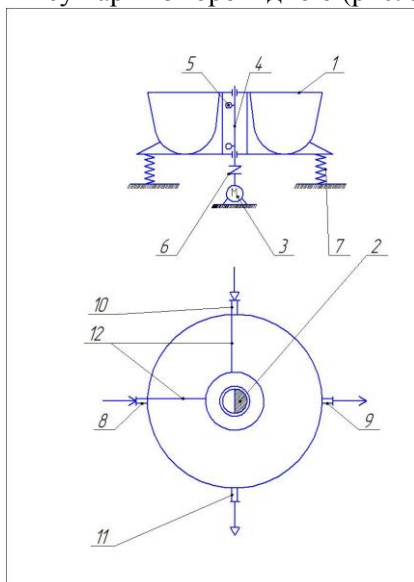
Відома також сушарка ВСБК для обробки зернобобових та олійних культур в віброкиплячому шарі (рис. 2), що являє собою сушильну ємність, з'єднану гнучкими елементами з напірною камерою.

Вібросушарка виконана як лабіринт, утворений ребрами, які встановлені перпендикулярно газорозподільній решітці і встановлені відносно один одного в шаховому порядку. Матеріал на решітці піддається псевдозрідженню і переміщується по лабіринту сушарки під дією віброколивань. Недоліком установки є складність конструкції, одноразове використання сушильного агента, застосування одноступінчастого сушіння, неоднорідний розподіл теплоносія по газорозподільних решетах і складність регулювання режимів технологічного процесу.

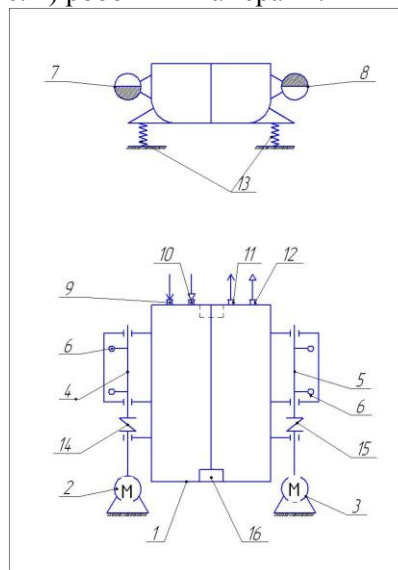


**Рис. 2. Вібросушарка для сипких матеріалів: 1 – рама; 2, 3 – сушильна і напірна камери; 4 – газорозподільна решітка; 5 – вібропривод; 6, 7 – завантажувальний і розвантажувальний лотки; 8 – ребра; 9 – стінки камери; 10, 14 – гнучкі елементи; 11, 12 – секції подачі теплоносія і подачі повітря; 13 – короб; 15 – пружний елемент; 16 – вентилятор; 17 – калорифер; 18 – система подачі повітря**

Для реалізації операції сушіння сипкої сільськогосподарської сировини в процесі післязбиральної обробки на базі кафедри процесів та обладнання переробних і харчових виробництв імені професора П.С. Берника Вінницького національного аграрного університету, були розроблені вібраційні сушарки з торовидною (рис. 3) і U-подібною (рис. 4) робочими камерами.

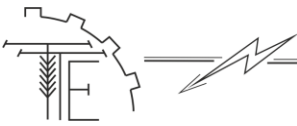


**Рис. 3. Принципова схема торовидної вібросушарки безперервної дії: 1-робоча камера; 2- вібробуджувач; 3- електродвигун; 4- приводний вал вібробуджувача; 5- дебаланси; 6- пружна муфта; 7- пружні елементи контейнера; 8, 9- впускний та випускний патрубки для продукції; 10, 11- впускний та випускний патрубки для теплоносія; 12- регульовані заслінки**



**Рис. 4. Принципова схема двоконтейнерної U-подібної конвективної вібросушарки безперервної дії: 1- U-подібна камера; 2, 3- електродвигуни вібробуджувачів відповідно 7 та 8; 4, 5 - приводні валі вібробуджувачів; 6- дебаланси; 9, 11- відповідно впускні та випускні патрубки для продукції; 10, 12- відповідно впускний та випускний патрубки для теплоносія; 13- пружні елементи камери сушарки; 14, 15- пружні муфти; 16- перехідний канал**

Вібраційна сушарка з торовидною камерою (рис. 3) забезпечує безперервний цикл обробки сипкої сільськогосподарської сировини. Вертикально встановлений дебалансний вібробуджувач 2 розміщений у центральній частині машини та забезпечує спіралевидний рух продукції вздовж



робочої зони. Патрубки 8, 9, 10, 11 дозволяють реалізувати прямо- або протитечійний рух теплоносія та оброблюваної сипкої маси. Регульовальними заслінками забезпечується потрібна кількість циклів обробки продукції всередині робочої ємності.

Вібраційна сушарка з U-подібною двосекційною камерою безперервної дії (рис. 4) містить два дебалансних вібробуджувачі 6 і 7, систему патрубків 9, 10, 11, 12 для подачі та виведення оброблюваної продукції та теплоносія. Камера сушарки встановлена на раму через пружні елементи 13. Пружні муфти 14, 15 служать для передачі крутного моменту від двигунів 2, 3. Двосекційна конструкція камери з перехідним каналом 16 дає можливість реалізувати замкнений контур обробки продукції. Наявність двох приводних дебалансних валів вібробуджувачів створює сприятливі умови для встановлення та регулювання рухом технологічного завантаження в робочій камері. Таким чином забезпечується переміщення продукції за спіралевидною траєкторією без застосування додаткового механічного пристрою, що дозволяє зменшити металоємність та витрати енергії при експлуатації машини. При цьому обробка відбувається у безперервному режимі за можливості регулювання кількості циклів технологічної дії.

На основі проведеного аналізу технологій та обладнання для теплової обробки сільськогосподарських культур була розроблена класифікація вібраційних сушарок для післязбиральної обробки зернових (рис. 5).

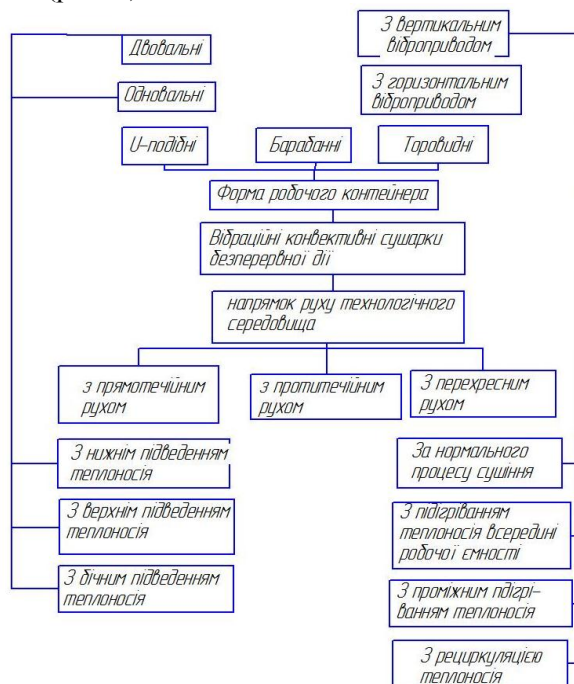


Рис. 5. Класифікація конвективних сушарок безперервної дії

### Висновки

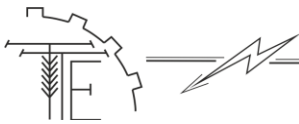
1. На основі проведеного аналізу технологій та обладнання для післязбиральної обробки зернової сировини, зокрема операції сушіння була розроблена класифікація вібраційних конвективних сушарок безперервної дії для реалізації означеного процесу.

2. Розроблені принципові схеми U-подібної двокамерної та тороподібної вібраційних сушарок дозволяють в безперервному режимі реалізувати переваги тепломасообмінної обробки в умовах псевдозрідженого шару продукції.

3. Конструкція розроблених вібраційних сушарок дозволяє виконувати сушіння сипкої сільськогосподарської сировини без застосування додаткових турбулізуючих елементів всередині робочої камери.

### Список літератури

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОНСТРУКЦИИ ВИБРАЦИОННОЙ



## СУШИЛКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация:** в статье проведен анализ технологий и оборудования для послеуборочной обработки зернового сырья, в частности операции сушки. Разработана классификация вибрационных конвективных сушилок непрерывного действия и принципиальные схемы вибрационных сушилок с U-образной двоконтейнерной и торовидной формой рабочей камеры. Это позволяет реализовать преимущества тепломассообменной обработки в условиях псевдозрительного слоя продукции в непрерывном режиме.

**Ключевые слова:** сушка, тепловая обработка, вибрация, конвективная сушилка, непрерывное воздействие, колебания, слой, послеуборочная обработка, сырье, зерно, семена.

## SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGY AND DESIGN, VIBRATORY DRYERS CONTINUOUS ACTION FOR POST-HARVEST HANDLING OF CROPS

**Summary:** in the article the analysis of technologies and equipment for postharvest processing of grain raw materials, in particular drying operation. The classification of vibrational convective dryers continuous operation and circuit diagram of vibrating dryers with U-shaped decontaminator and Carovigno form the working chamber. It allows to realize the benefits of thermal mass exchange processing in the conditions of pseudo-layer of products in a continuous mode.

**Keywords:** drying, thermal processing, vibration, convective dryer, continuous exposure to, fluctuations, layer, post-harvest processing, raw materials, grains, seeds.