



УДК 631.365:631.53.01

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-4-17

**АНАЛІЗ СТАНУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ГАРБУЗА В УКРАЇНІ**

**Цуркан Олег Васильович**, д.т.н., доцент  
**Присяжнюк Дмитро Володимирович**, к.т.н., викладач  
**Дідик Іван Олександрович**, викладач  
Відокремлений структурний підрозділ «Ладизинський фаховий коледж  
Вінницького національного аграрного університету»

**Oleh Tsurkan**, D.Eng.Sc., associate professor,  
**Dmytro Prysiazniuk**, Ph.D., teacher,  
**Ivan Didyk**, teacher,

Separate structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University»

*Одним із важливих етапів вирощування насіння сільськогосподарських культур є його післязбиральна обробка, яка включає в себе процес сушіння, що є основним і одним із ефективних методів зберігання і переробки сільськогосподарської сировини. Застосування вібраційного обладнання для сушіння особливо ефективно у високотехнологічних процесах, що мають місце у насінницькій галузі, де вологість продукту – найголовніша умова реалізації технології.*

*Об'єктом дослідження в даній статті був технологічний процес післязбиральної обробки високовологого насіння гарбуза, зокрема сушіння.*

*Мета роботи полягала у аналізі сучасного стану післязбиральної обробки високовологого насіння гарбуза та встановленні перспективних методів і засобів інтенсифікації даного процесу із одночасним підвищенням якості отриманої кінцевої сировини.*

*Завданням роботи передбачалось: здійснити огляд досліджень і публікацій щодо стану післязбиральної обробки насіння гарбуза в Україні, встановити особливості його післязбиральної обробки, зокрема сушіння, ознайомитись із технічними засобами та технологіями для виконання технологічного процесу сушіння насіння гарбуза, встановити основні недоліки існуючого сушильного обладнання, визначити за запропонувати нові перспективні технології та технічні рішення інтенсифікації процесу сушіння насіння гарбуза з одночасним підвищенням якості кінцевої сировини за мінімальних витратах енергії та втілити їх у розробленій моделі вібраційної сушарки, яка реалізує послідовно фільтраційний та конвективний етапи сушіння.*

*Методика дослідження ґрунтувалася на основі оглядового аналізу існуючих досліджень і публікацій щодо стану післязбиральної обробки насіння гарбуза в Україні та пошуку шляхів інтенсифікації даного процесу із одночасним підвищенням якості отриманої кінцевої сировини.*

*У науковій роботі за результатами дослідження встановлено, що існуюче зерносушильне обладнання не відповідає вимогам до сушіння високовологого насіння гарбуза, тому існує потреба в розробці, дослідженні та впровадженні енергоефективних схем та конструкцій. Існуючі зразки вітчизняного обладнання для післязбиральної обробки високовологого насіння гарбуза морально та фізично застарілі, не забезпечують гнучкості виконання технологічного процесу, є енерго- та металоємними і не можуть використовуватися у обробці партій насінневого матеріалу.*

*Запропоновано конструкцію вібраційної сушарки, яка реалізує послідовно фільтраційний та конвективний етапи сушіння насіння гарбуза. Розроблена установка забезпечує інтенсифікацію даного процесу за мінімальних витрат енергії із одночасним підвищенням якості отриманої кінцевої сировини.*

**Ключові слова:** *овоче-бажанні культури, гарбузи, високовологе насіння, післязбиральна обробка, сушіння, сушарки, вібраційні технології, фільтраційно-конвективне сушіння, якість, продуктивність, енергозатрати.*

**Рис. 10. Літ. 29.**

---

**1. Вступ**

Для забезпечення стабільного розвитку економічна політика України в сфері аграрного виробництва повинна спрямовуватися на технічне оновлення галузі, створення сприятливого



інвестиційного клімату, впровадження високопродуктивних та енергоощадних технологій і обладнання. Здійснення цих заходів передбачає необхідність розробки сучасної вітчизняної техніки з покращеними техніко-економічними показниками, що сприятиме підвищенню ефективності виробництва на макрорівні та розвитку галузевого машинобудування, дозволить вийти на якісно новий рівень виробництва та забезпечити економічне зростання в межах країни.

Основним технічним завданням аграрного виробництва в галузі насінництва є отримання кондиційного насіння, яке відповідає державним та міжнародним стандартам якості. Цього можливо досягти тільки за чіткого дотримання технологій і використання обладнання, яке їх забезпечить. Від ступеня досконалості проведення цього процесу залежать економічні показники виробництва, витрати енергетичних ресурсів і, як результат, продуктивність, товарна якість та собівартість насінницької продукції.

---

## 2. Постановка проблеми

У зв'язку з цим виникає необхідність в розробці нових способів сушіння, які забезпечили б високу якість готового продукту, створення умов для повної і своєчасної обробки зібраного урожаю, зменшення втрат, автоматизацію, механізацію та значну інтенсифікацію цього процесу, а також зменшення питомих енерговитрат.

Особливістю процесу сушіння є його значна тривалість, трудомісткість, енергоємність та металомісткість, що обумовлена складністю переміщення тепла і вологи всередині складних багатокомпонентних систем, яке супроводжується хімічними, біохімічними і структурно-механічними змінами, швидкість і характер протікання яких визначають якість насіння, зокрема його потенційну урожайність. Сушіння, як правило, здійснюється у барабанних і шахтних сушарках, жодна з яких не забезпечує поєднання високої якості, швидкості здійснення процесу і низьких енерговитрат.

Вплив низькочастотних коливань на дисперсні системи докорінно змінює їхні властивості, що призводить до зменшення в'язкості і тертя між частками технологічного завантаження, в залежності від режимів коливань, на один-два порядки. Відбувається інтенсивна взаємодія та послаблення зв'язків між частками на мікро- і макрорівнях. Така дія забезпечує складну траєкторію руху кожної частки з можливістю її регулювання, що, в свою чергу, забезпечує значне збільшення та інтенсивне оновлення поверхні насінини, пришвидшення дифузії під час сушіння.

---

## 3. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Удосконалення машин і обладнання при збереженні традиційної технології не може привести до радикального зниження капітальних, експлуатаційних, трудових затрат і енергозбереження. Тому важливим напрямком створення енергоефективних технологій і комплексів машин є максимальне зниження енергетичних витрат.

Найважливішою та найбільш енергозатратною операцією післязбиральної обробки високовологого насіння гарбуза є сушіння. Сушіння являється складним теплофізичним процесом переносу тепла і вологи, при якому змінюються структурно-механічні, технологічні і біохімічні властивості матеріалів.

Наукова теорія сушіння базується на вченні про зв'язок вологи з матеріалом, фізичній і колоїдній хімії, постулатах і теоремах невірноваженої термодинаміки, а також на фізико-хімічній механіці, засновником якої є академік Ребіндер П.А. [1]. Значний вклад у створення і розвиток науки про технологію і техніку сушіння внесли [2-24]. Наукові праці цих вчених є базовим підґрунтям для вибору раціональних режимів і методів сушіння, а також інженерних розрахунків параметрів сушильного обладнання, технологічних процесів та способів їх інтенсифікації.

---

## 4. Мета досліджень

Полягає у аналізі сучасного стану післязбиральної обробки високовологого насіння гарбуза та встановленні перспективних методів і засобів інтенсифікації даного процесу із одночасним підвищенням якості отриманої кінцевої сировини.

---

## 5. Викладення основного матеріалу

Протягом останніх п'яти років Україна і надалі зміцнює свої позиції на міжнародному аграрному ринку та впевнено перебуває в світовій десятці виробників зерна. Оскільки внутрішні потреби країни в зерні щороку становлять у межах 29 млн. т, то збільшення загального його виробництва позитивно впливає на зростання експортного потенціал України [25].



Звичайно, що з року в рік у структурі посівних площ сільськогосподарських культур переважають зернові культури, займаючи близько 55%, а на картоплю і овоче-баштанні культури припадає близько 8%. У виробничій структурі аграрного сектора серед продукції рослинництва переважають зернові культури із 26%, потім технічні культури – 20%, картопля та овоче-баштанні культури – 18% усього виробництва сільськогосподарської галузі України [26].

Серед овоче-баштанних культур зростають обсяги вирощування гарбуза за останні десять років вони сягають 600 тис. т. (рис. 1, 2). Лідерами з вирощування гарбузів в Україні є південні регіони, хоча із глобальним потеплінням і зміною кліматичних умов посівні площі цієї культури поступово збільшуються і у центральних областях України. Так, на теренах нашої держави успішно розвивають свій «баштанний» бізнес, в основному забезпечуючи потреби закордонних партнерів, такі агропідприємства, як: корпорація «Сварог Вест Груп» вирощує баштанні культури на площі 3,5 тис. га і має власний насінневий завод ТОВ «Лотівка Еліт», компанія «Голденкерн» (Австрія) домовляються із сільськогосподарськими підприємствами у Вінницькій, Житомирській, Полтавській, Рівненській, Хмельницькій областях, група із 16 агропідприємств «Агротрейд», ТОВ «Придонецьке» агрохолдингу «Landfort», який є структурним підрозділом ДК ВКВ Group, ТОВ «Лампка Агро», ФГ «Степове», компанія «Kasan».

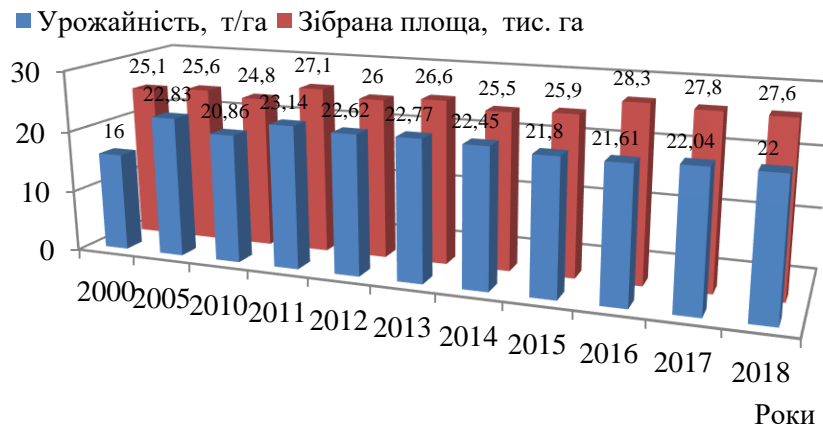


Рис. 1. Виробництво гарбуза в Україні

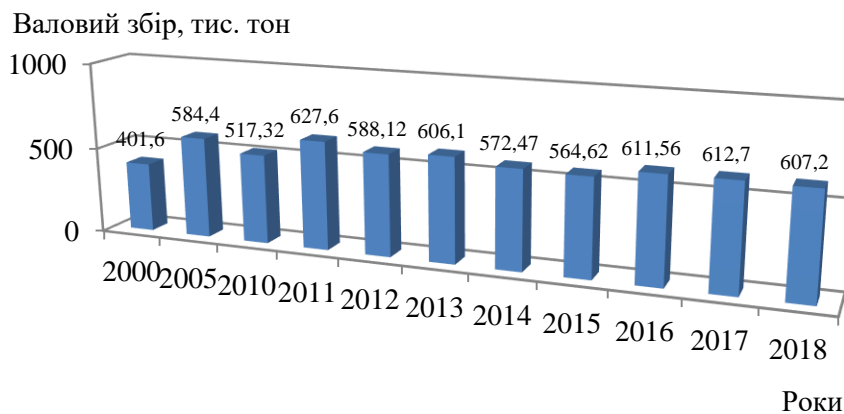


Рис. 2. Валовий збір гарбуза в Україні

Щороку площі під баштанними культурами зростають у всьому світі і на 2019 рік становили майже 2 млн. га, демонструючи щорічне зростання виробництва цих культур на 2,2% [27]. Враховуючи те, що стабільним залишається попит на гарбузове насіння в США, Китаї, Росії та Індії, де гарбуз вирощується у великих кількостях, а також на Близькому Сході і те, що він зростає на внутрішньому і європейському ринках, то до потенційних споживачів можуть приєднатися Австрія, Німеччина, Бельгія, Португалія і Нідерланди, які є важливими торговими центрами, що дозволить Україні успішно розвивати і більш віддалені напрямки [28].

Виробництвом займаються переважно великі агроформування, які мають змогу придбати відповідну техніку для збору та післязбиральної обробки. Хоча і невеликі господарства, які мають



незначні земельні ресурси, неабиякий інтерес проявляють до такої рентабельної культури, оскільки цей показник у середньому складає 30–35% [27].

Збереженість посівного матеріалу значною мірою залежить від його вологості. У більшості культур в умовах України вологість насіння не повинна перевищувати 15 %. Таке насіння добре зберігається протягом тривалого періоду без зниження якостей.

Сушіння насіння в зерносушарках із порушенням вимог до їх експлуатації, без урахування ботанічних і фізичних властивостей, початкової вологості насіння, типу зерносушарок та режимів сушіння є однією з причин зниження посівних якостей. Сушіння, яке виконується із врахуванням усіх факторів, сприяє дозріванню насіння у післязбиральний періоді підвищенню його життєздатності.

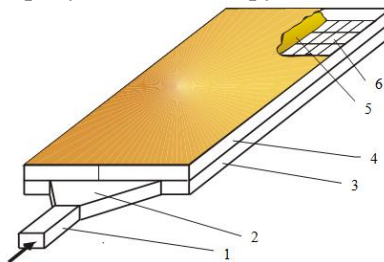
Знезараження насіння засобами хімічної дезінсекції у випадку їх неправильного застосування також супроводжується втратою схожості.

Незалежно від технології зберігання зерна та досконалості обладнання, що її реалізує, під дією сумісного впливу зовнішніх та внутрішніх факторів в окремих частинах зернового насипу можуть розвиватися випадкові джерела самозігрівання. Імовірність їх виникнення різко збільшується при підвищенні оптимального рівня вологості і засміченості зерна вологими домішками.

Основна вимога до процесу сушіння насіння як посівного матеріалу та харчового продукту – забезпечення стандартних якісних кінцевих показників. Правильно підібраний режим сушіння повинен забезпечити збереження кількості та якості високомолекулярних речовин – крохмалю та інших вуглеводів, а також білкових речовин, що визначають енергією проростання, схожість та смакові і харчові якості, хоча в процесі сушіння насіння змінюється його вологість, маса, теплофізичні властивості – теплоємність, теплопровідність та ін. Також є важливим збереження вітамінів, ензимів, специфічного запаху та кольору. Тому при організації процесу сушіння необхідно, в першу чергу, врахувати технологічні властивості продукції – біологічні, фізико-хімічні, структурно-механічні, теплофізичні, що має визначальний вплив на вибір методу і режимів сушіння, а також конструкції сушильного пристрою.

Сушильне обладнання повинно забезпечувати рівномірність сушіння по всьому об'єму продукції з різною вологістю, а також зміну основних параметрів процесу – температури та швидкості подачі сушильного агента, що дасть можливість застосовувати диференційні режими сушіння.

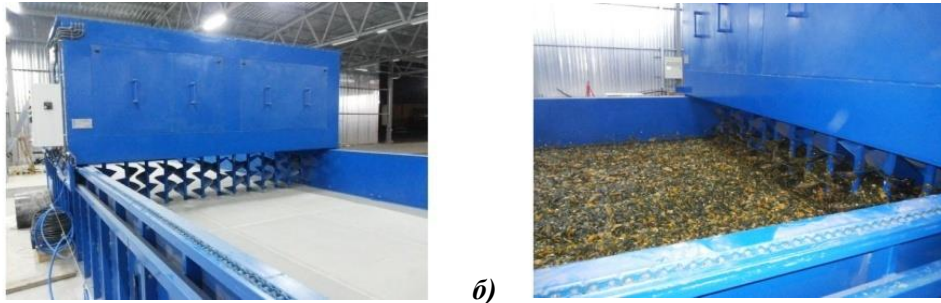
Ряд сільгоспідприємств, зокрема фермерських, які займаються виробництвом товарного та посівного насіння гарбузів, процес сушіння забезпечують власними силами, використовуючи засоби для сушіння в шарі, в яких насіння перебуває в стані нерухомого насипу (рис. 3).



**Рис. 3. Принципова схема установки для сушіння насіння гарбузів в нерухомому шарі:**  
**1 – вентиляційний короб; 2 – дифузор; 3 – основа, 4 – стінка; 5 – насіння гарбузів;**  
**6 – решітчасте днище**

Так як верхній шар насипу насіння висихає в останню чергу, якість нижнього шару погіршується через пересушування нижче оптимального значення. Це спричиняє значну неоднорідність за вологістю насінневої маси.

Одним із небагатьох українських підприємств, які освоїли випуск сушарок для насіння баштанних культур, є Каховський експериментальний механічний завод. Їх розробка – сушильний стіл V-KB 15/3 (рис. 4), який призначений для сушіння сипкої сировини, а саме: насіння гарбузів, горіхів, арахісу, сої, гороху, квасолі, кукурудзи, складається з рами, робочого полотна, каретки зі шнеками для перемішування і шибером для рівномірного розподілу зерна по столу та вивантаження, вентилятора високого тиску і теплогенератора.



**Рис. 4.** Загальний вигляд сушильного стола V-KB 15/3: а – сушильний стіл із шнековими перемішувачами; б – сушильний стіл із завантаженим насінням

Сушіння є досить енергоємним процесом, тому з метою покращення енергетичних параметрів широке застосування знаходять пристрої з активними гідродинамічними режимами, зокрема в киплячому шарі з його модифікаціями: аерокиплячому, віброкиплячому та аеровіброкиплячому шарі (АКШ, ВКШ та АВКШ відповідно).

Принцип киплячого шару дозволяє значно спростити і інтенсифікувати процес сушіння при значному зменшенні габаритів сушильного апарата порівняно, наприклад, зі стрічковими та насипними сушарками.

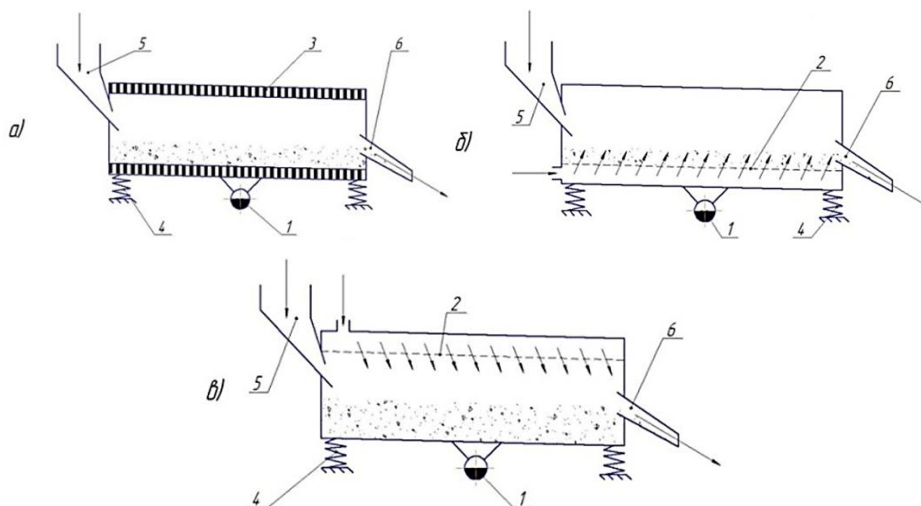
Можна виділити основні способи створення ВКШ матеріалу:

- унаслідок вібраційної дії на матеріал без продування газу через шар, що має місце при сушінні кондуктивним способом; з підводом тепла від нагрітої поверхні або в комбінації з іншими методами, зокрема з інфрачервоним опроміненням, а також в поєднанні з продуванням сушильного агента над шаром (рис. 5, а);

- у поєднанні з подаванням газу через перфороване днище сушильної камери під шар матеріалу, що дозволяє знизити швидкість руху газу нижче критичної, зменшити винесення часток і збільшити перепад температури сушильного агента, який проходить через шар (рис. 5, б);

- вібраційною дією в поєднанні з продуванням газу через шар матеріалу зверху-вниз, коли швидкість сушильного агента може бути значно вищою швидкості витання часток матеріалу, що дозволяє мінімізувати їх втрати внаслідок винесення і виключити використання додаткових циклонів (рис. 5, в).

Вібраційна дія на дисперсний матеріал крім покращення зовнішнього тепломасообміну сприяє також внутрішньому масопереносу – міграції вологи з внутрішніх шарів часток матеріалу до їх поверхні.



**Рис. 5.** Способи створення ВКШ: а – від віброуючої поверхні; б – від віброуючої поверхні з нижнім подаванням сушильного агента; в – від віброуючої поверхні з верхнім подаванням сушильного агента; 1 – вібробуджувач; 2 – перфороване днище; 3 – нагрівальний елемент; 4 – пружний елемент; 5 – завантажувальний бункер; 6 – вивантажувальний лоток

Для сушіння продукції, схильної до злипання, використовуються вібраційні установки з

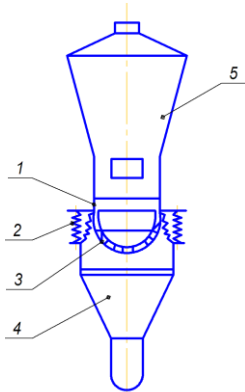


криволінійною формою поверхні в зоні контакту фаз. Завдяки обтічній формі таких поверхонь, не утворюються застійні зони, що виключає нерівномірний прогрів та перегрів матеріалу, частки матеріалу активно перемішуються, процес тепло масообміну інтенсифікується.

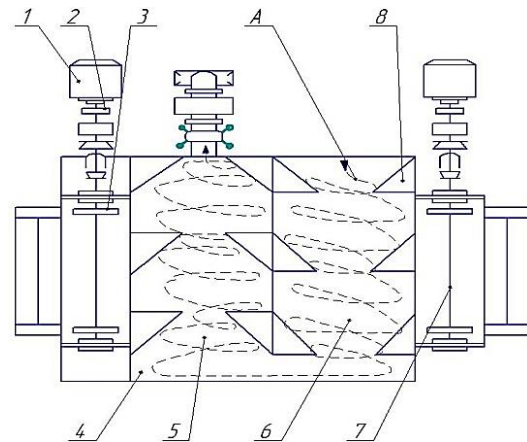
Прикладом сімейства таких сушарок може бути ряд пристроїв, розроблених львівськими вченими. Вібраційна сушарка, перфороване днище якої має U-подібну форму, представлена на рис. 6.

Решітчасте днище U-подібної форми обладнане інерційним дебалансним вібробуджувачем, який надає сушильній камері коливання за коловою траєкторією. Матеріал рухається по гвинтовій траєкторії максимально розпушуючись, виключається його травмування.

Вали вібробуджувачів лоткової сушарки розміщені на протилежних торцевих стінках робочого органа (рис. 7).

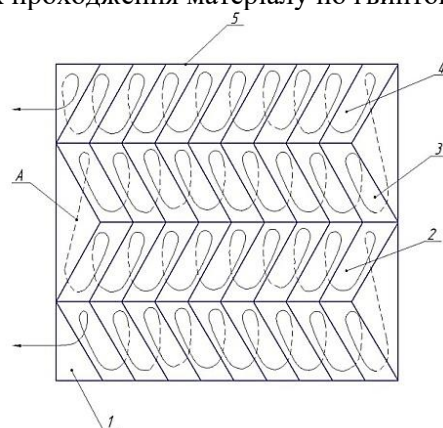


**Рис. 6. Схема лоткової конвективної вібраційної сушарки з U-подібним днищем:**  
1 – еластичне з'єднання; 2 – пружні елементи; 3 – перфорована решітка; 4 – дифузор; 5 – сушильна камера



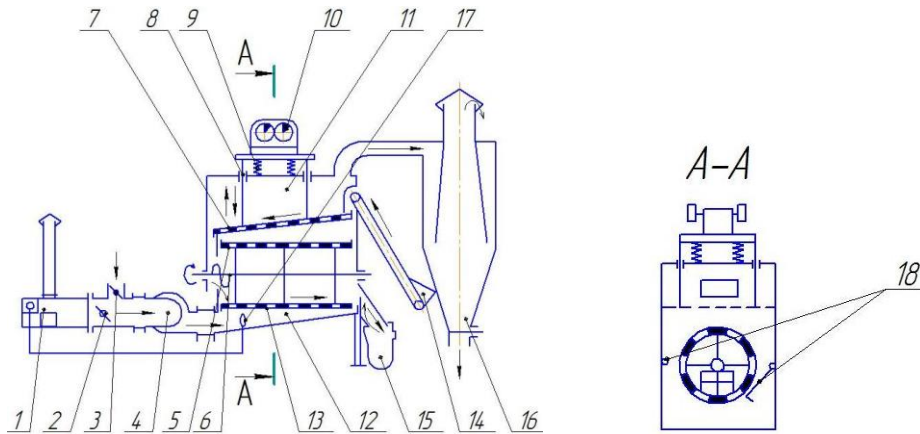
**Рис. 7. Схема вібраційної сушарки з валами вібробуджувачів, які розміщені вздовж сушильних камер із зовнішньої сторони:**  
1 – електродвигун; 2 – еластична муфта; 3 – дебаланси; 4 – сушильна камера; 5, 6 – контейнери робочого органа; 7 – вал вібропривода; 8 – направляючі перегородки

Сушильна камера наступної розробки розділена вертикальними перегородками на секції різного перерізу. Решітка складається з декількох паралельно розташованих перфорованих жолобів, завдяки чому подовжується шлях проходження матеріалу по гвинтовій траєкторії (рис. 8).



**Рис. 8. Траєкторія (A) руху матеріалу в контейнерах 1, 2, 3, 4 робочого органа**

У науково-виробничому об'єднанні «Дністр» розроблено установку безперервної дії для сушіння насіння баштанних культур [29], конструкційна схема якої приведена на рис. 9.



**Рис. 9. Сушильна установка безперервної дії для сушіння насіння овоче-бажанних культур у АВКШ:**  
1 – теплогенератор ТГ-1,5; 2 – заслонка регулювання виходу підігрітого повітря з теплогенератора; 3 – заслонка атмосферного повітря; 4 – напорний вентилятор Ц470 №8; 5 – сітчастий сушильний барабан; 7 – вібруюче решето; 8 – штанги; 9 – пружні елементи; 10 – вібратор інерційного типу; 11 – верхня сушильна камера вібраційного типу; 12 – нижня сушильна камера барабанного типу; 13 – шнек подавання насіння; 14 – завантажувальний конвеєр; 15 – вивантажувальний пристрій з мішкотримачем; 16 – пилоуловлювач; 17 – датчик підтримання заданої температури; 18 – напрямні теплоносія

Установка має дві сушильних камери, в яких відбувається сушіння насіння. Газорозподільча решітка верхньої сушильної камери, на яку потрапляє попередньо сушене насіння, з'єднана штангами з вібратором. Уся коливна маса з'єднана з каркасом установки через пружні елементи. Завдяки нахилу решітки насіння пересипається в нижню сушильну камеру – в середину сітчастого барабана. Підігрітий сушильний агент під дією напірного вентилятора проходить через два шари насіння: всередині барабана, а потім на верхній газорозподільчій решітці. За рахунок вібрації обертання барабана і руху теплоносія через нього відбувається перемішування матеріалу. Барабан обладнано ущільнювачами, які забезпечують направлене переміщення потоку сушильного агента через шар насіння.

Установка має складну конструкцію, спричинену необхідністю забезпечення герметизації шляхів проходження сушильного агента через частини обладнання, які обертаються та вібрують. Також після проходження сушильним агентом першої зони сушіння, заповненої високовологим насінням, його вологовбирна здатність суттєво знижується, що значно погіршує ефективність процесу, яка через занижену температуру сушильного агента подовжує експозицію процесу.

Існуюче обладнання не відповідає вимогам до сушіння високовологого насіння гарбуза, тому існує потреба в розробці, дослідженні та впровадженні енергоефективних схем та конструкцій.

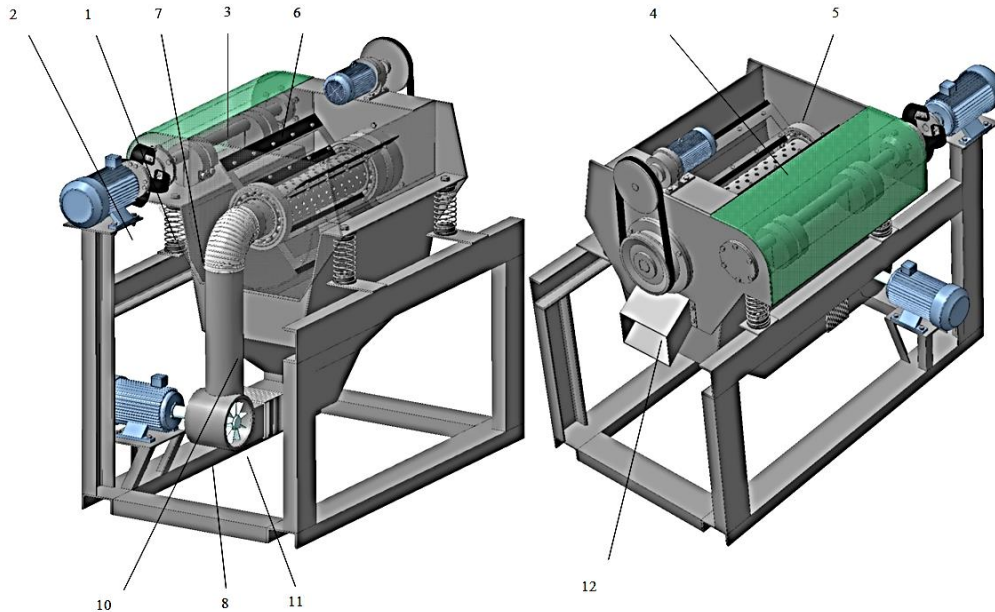
Аналізуючи все вище сказане нами пропонується конструкція вібраційної сушарки (рис. 10), яка реалізує послідовно фільтраційний та конвективний етапи сушіння насіння гарбуза.

Вібраційна установка складається з U-подібної робочої камери 1, яка за допомогою пружних елементів 2 встановлена на нерухомій основі і оснащена дебалансним вібробудувачем 3 та двома газорозподільчими решітками, одна з яких виконана у вигляді пустотілого циліндра 4 з перфорованою поверхнею, розміщеного по горизонтальній осі робочої камери 1 в шарі матеріалу, який висушується. Циліндр 4, на якому симетрично жорстко закріплено дві П-подібні лопаті 5 з еластичними скребками 6 з однієї (торцевої) сторони, яка виходить за межі робочої камери 1, за допомогою пружно-поворотного (еластичного) з'єднання 7 суміщений (з'єднаний) з системою подачі (відбору та формування) сушильного агента 8, а з іншої (протилежної) – з приводом, який забезпечує його обертальний рух.

Друга розподільча решітка є, власне, перфорованим днищем робочої камери 1, що жорстко з'єднане з газорозподільчим коробом – дифузором 10, який через пружне еластичне з'єднання 11 суміщений з системою подачі, відбору та формування сушильного агента 9. Робоча камера 1 у верхній панелі 13 має завантажувальний отвір 14, а на рівні днища – розвантажувальний лоток 15.

На першому етапі процесу підігрітий сушильний агент з системи (формування) подачі (та відбору) сушильного агента 9 через пружно-поворотне (еластичне) з'єднання 7 поступає у внутрішню частину пустотілого циліндра 4 з перфорованою боковою поверхнею, через яку подається в шар оброблюваного матеріалу 5, проходить через нього зверху вниз і проникає через перфороване днище

робочої камери 1 в дифузор 10, в якому створюється розрідження. Відпрацьований вологий охолоджений сушильний агент виводиться з дифузора 10 через пружне (еластичне) з'єднання 11 системою (формування) подачі (та відбору) сушильного агента 8.



**Рис. 10. 3-D модель вібраційної установки для фільтраційно-конвективного сушіння насіння гарбуза**

На другому етапі підігрітий сушильний агент з системи (формування) подачі (та відбору) сушильного агента 8 через дифузор 10, перфороване днище робочої камери 1 подається в шар оброблюваного матеріалу, проходить через нього знизу вгору і видаляється з робочої камери 1.

Матеріал завантажується в робочу камеру 1. Під дією віброзбуджувача 3, який створює коливання робочої камери 1 і потоку сушильного агента, матеріал переходить у віброкиплячий стан і рівномірним шаром заповнює сушильну камеру 1. За рахунок фільтраційних, гідродинамічних процесів, вібрації, взаємодії з рухомих підігрітим сушильним агентом та внаслідок розрідження в дифузори 10, яке створюється системою (формування) подачі (та відбору) сушильного агента 8, поверхнева волога з матеріалу інтенсивно видаляється разом з сушильним агентом через перфороване днище робочої камери 1. Дві П-подібні лопати з еластичними скребками, які приводяться в обертальний рух зовнішнім (окремим) приводом, забезпечують очищення перфорованих поверхонь робочої камери і циліндра 4 від залишків матеріалу, який висушується, та сприяють додатковому його перемішуванню.

Інтенсифікації процесу сушіння сприяє організоване в напрямку природного стікання «зверху-вниз» переміщення підігрітого сушильного агента, а також тепломасообмінні процеси та попередній нагрів насіння.

На другому етапі процесу після видалення поверхневої вологи відбувається конвективне сушіння попередньо підігрітого матеріалу в аеровіброкиплячому шарі шляхом продувки підігрітого сушильного агента через перфороване днище і матеріал, порозність якого внаслідок попередніх підготовчих операцій значно підвищується, а когезивно-адгезивні властивості знижуються. Це дає змогу збільшити температуру сушильного агента і, тим самим, значно інтенсифікувати тепломасообмінний процес при дотриманні кінцевих якісних показників продукції та суттєвому зниженню енергозатрат.

## 5. Висновки

Особливості сушіння високовологого насіння гарбуза, які полягають у морфологічній будові, високій початковій вологості, когезивно-адгезивних властивостях, вимагають швидкого виконання післязбиральної обробки, оскільки будь-яка затримка даного процесу призводить до різкого розмноження шкідників та бактерій, втрати харчових і органолептичних показників та посівних властивостей.





Існуюче зерносушильне обладнання не відповідає вимогам до сушіння високовологого насіння гарбуза, тому існує потреба в розробці, дослідженні та впровадженні енергоефективних схем та конструкцій.

Існуючі зразки вітчизняного обладнання для післязбиральної обробки високовологого насіння гарбуза морально та фізично застарілі, не забезпечують гнучкості виконання технологічного процесу, енерго- та металоємними і не можуть використовуватися у обробці партій насіннєвого матеріалу.

Запропоновано конструкцію вібраційної сушарки, яка реалізує послідовно фільтраційний та конвективний етапи сушіння насіння гарбуза. Розроблена установка забезпечує інтенсифікацію даного процесу за мінімальних витрат енергії із одночасним підвищенням якості отриманої кінцевої сировини.

#### Список використаних джерел

1. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика новая область науки. Москва, 1958. 63 с.
2. Голубкович А. В., Чижиков А. Г. Сушка высоковлажных семян и зерна. Москва, 1991. 235 с.
3. Павловский Г. Т., Птицын С. Д. Очистка, сушка и активное вентилирование зерна. Москва, 1972. 256 с.
4. Лыков А. В. Теплообмен. Москва, 1971. 560 с.
5. Гинзбург А. С. Сушка пищевых продуктов. Москва, 1960. 684 с.
6. Филоненко Г. К., Гришин М. А., Гольденберг Я. М. Сушка пищевых растительных материалов. Москва, 1971. 435 с.
7. Lewis W. K. The Rate of Drying of Solid Materials. *The Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 1921. Vol. 13. № 5. pp. 427-432.
8. Sherwood T. K. Adsorption and extraction. New York. 1937. 278 p.
9. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок. Москва, 1963. 320 с.
10. Котов Б. І., Степаненко С. П., Калініченко Р. А. Концептуальні основи створення технічних засобів первинної обробки зерна в умовах господарств АПК. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2017. Вип. 47. Ч. 1. С. 104-114.
11. Членов В. А., Михайлов Н. В. Виброкипящий слой. Москва, 1972. 340 с.
12. Шаповаленко О. І., Янюк Т. І. Мікрохвильова обробка пшеничних зародків і сушіння інфрачервоним випромінюванням. *Зерно і хліб*. 2000. № 4. С. 20-21.
13. Баум А. Е., Резчиков В. А. Сушка зерна. Москва, 1983. 223 с.
14. Долинский А. А., Малецкая К. Д. Распылительная сушка. Т. 2. Теплотехнологии и оборудование для получения порошковых материалов. Киев, 2015. 390 с.
15. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки. Москва, 1982. 239 с.
16. Дідух В. Ф. Науково-технологічні основи механізованого сушіння неоднорідних рослинних матеріалів: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Луцьк, 2003.
17. Максимов Г. А. Исследование процессов тепло- и массообмена при внутреннем источнике: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 1956. 35 с.
18. Чурсінов Ю. А. Порівняльний огляд технічних засобів сушіння зерна. *Пропозиція*. 2006. № 1. С. 122-124.
19. Станкевич Г. М., Страхова Т. В., Будюк Л. Ф. Дослідження пропускну здатності зерносушарок при різних способах та режимах сушіння зерна кукурудзи. *Наукові праці ОНАХТ*. 2014. Вип. 46 (1). С. 106-110.
20. Анискин В.И., Рыбарук В.А. Определение удельной поверхности зерна методом проницаемости слоя. *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства*. 1968. № 8. С. 20-24.
21. Гришин М. А., Атаназевич В. И., Семенов Ю. Г. Установки для сушки пищевых продуктов: Справочник. Москва, 1989. 215 с.
22. Атаманюк В. М. Гідродинаміка та масообмін в процесі фільтраційного сушіння хімічного волокна: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. Львів, 1995.
23. Снежкін Ю. Ф., Чалаєв Д. М., Шаврін В. С. Теплові насоси в системах теплохолодопостачання. Київ, 2009. 104 с.
24. Рудобашта С. П. Массоперенос в системах с твердой фазой. Москва, 1980. 248 с.
25. Ринок зерна врожаю 2018 року. Суми, 2018. URL: <http://www.propozitsiya.com/ua/rynok-zerna-vrozhayu-2016-goku> (дата звернення: 15.10.2020).
26. Врожай зернових-2018: встановлено історичний рекорд. Київ, 2018. URL: <http://www.landlord.ua/news/vrozhay-zernovih-2018-vstanovleno-istorichniy-rekord/> (дата звернення: 25.10.2020).
27. Гарбуз знову в моді. Київ, 2019. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/podiia/item/11521-harbus-znovu-v-modi.html> (дата звернення: 27.10.2020).
28. Гроші із гарбуза: інвестиції в виробництва гарбузового насіння окупляться за 4-5 місяців. Дніпро,



2017. URL: <http://chp.com.ua/ua/all-news/item/53226-groshi-iz-garbuza-investitsiji-v-virobnitstva-garbuзового-nasin-nya-okuplyatsya-za-4-5-misyatsiv> (дата звернення: 27.10.2020).
29. Анисимов И. Ф. Машины и поточные линии для производства семян овощеводческих культур. Кишинев, 1987. 300 с.

### References

- [1] Rebinder, P.A. (1958). *Fiziko-himicheskaya mehanika novaya oblast nauki*. Moskva. 63 s. [in Russian].
- [2] Golubkovich, A.V., Chizhikov, A.G. (1991). *Sushka vysokovlazhnyih semyan i zerna*. Moskva. 235 s. [in Russian].
- [3] Pavlovskiy, G.T., Ptitsyn, S.D. (1972). *Ochistka, sushka i aktivnoe ventilirovanie zerna*. Moskva. 256 s. [in Russian].
- [4] Lyikov, A.V. (1971). *Teplomassoobmen*. Moskva. 560 s. [in Russian].
- [5] Ginzburg, A.S. (1960). *Sushka pischevyih produktov*. Moskva. 684 s. [in Russian].
- [6] Filonenko, G.K., Grishin, M.A., Goldenberg, Ya.M. (1971). *Sushka pischevyih rastitelnyih materialov*. Moskva. 435 s. [in Russian].
- [7] Lewis, W.K. (1921). *The Rate of Drying of Solid Materials. The Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Vol. 13. № 5. pp. 427-432. [in English].
- [8] Sherwood, T.K. (1937). *Adsorption and extraction*. New York. 278 p. [in English].
- [9] Lebedev, P.D. (1963). *Raschet i proektirovanie sushilnyih ustanovok*. Moskva. 320 s. [in Russian].
- [10] Kotov, B.I., Stepanenko, S.P., Kalinichenko, R.A. (2017). *Kontseptualni osnovy stvorennia tekhnichnykh zasobiv pervynnoi obrobky zerna v umovakh hospodarstv APK. Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*. Vyp. 47. Ch. 1. S. 104-114. [in Ukrainian].
- [11] Chlenov, V.A., Mihaylov, N.V. (1972). *Vibrokipyaschiy sloy*. Moskva. 340 s. [in Russian].
- [12] Shapovalenko, O.I., Yaniuk, T.I. (2000). *Mikrokhvylova obrobka pshenychnykh zarodkiv i sushinnia infrachervonym vyprominiuvanniam. Zerno i khlib*. № 4. S. 20-21. [in Ukrainian].
- [13] Baum, A.E., Rezhnikov, V.A. (1983). *Sushka zerna*. Moskva. 223 s. [in Russian].
- [14] Dolinskiy, A.A., Maletskaya, K.D. (2015). *Raspylitelnaya sushka. T. 2. Teplotehnologii i oborudovanie dlya polucheniya poroshkovyih materialov*. Kiev. 390 s. [in Ukrainian].
- [15] Zhidko, V.I., Rezhnikov, V.A., Ukolov, V.S. (1982). *Zernosushenie i zernosushilki*. Moskva. 1982. 239 s. [in Russian].
- [16] Didukh, V.F. (2003). *Naukovo-tekhnologichni osnovy mekhanizovanoho sushinnia neodnorodnykh roslynnykh materialiv: dys. ... d-ra tekhn. nauk: 05.05.11*. Lutsk. [in Ukrainian].
- [17] Maksimov, G.A. (1956). *Issledovanie protsessov teplo- i massoobmena pri vnutrennem istochnike: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk*. Moskva. 35 s. [in Russian].
- [18] Chursinov, Yu.A. (2006). *Porivnialnyi ohliad tekhnichnykh zasobiv sushinnia zerna. Propozitsiia*. № 1. S. 122-124. [in Ukrainian].
- [19] Stankevych, H.M., Strakhova, T.V., Budiuk, L.F. (2014). *Doslidzhennia propusknoi zdatnosti zernosusharok pry riznykh sposobakh ta rezhymakh sushinnia zerna kukurudzy. Naukovi pratsi ONAKhT*. Vyp. 46 (1). S. 106-110. [in Russian].
- [20] Aniskin, V.I., Ryibaruk, V.A. (1968). *Opreделение udelnoy poverhnosti zerna metodom pronitsaemosti sloya. Mehanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo selskogo hozyaystva*. № 8. S. 20-24. [in Russian].
- [21] Grishin, M.A., Atanazevich, V.I., Semenov, Yu.G. (1989). *Ustanovki dlya sushki pischevyih produktov: Spravochnik*. Moskva. 215 s. [in Russian].
- [22] Atamaniuk, V.M. (1995). *Hidrodynamika ta masoobmin v protsesi filtratsiinoho sushinnia khimichnoho volokna: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.17.08*. Lviv. [in Ukrainian].
- [23] Sniezhkin, Yu.F., Chalaiev, D.M., Shavryn, V.S. (2009). *Teplovi nasosy v sistemakh teplokhodopostachannia*. Kyiv. 104 s. [in Ukrainian].
- [24] Rudobashta, S.P. (1980). *Massoperenos v sistemah s tverdoy fazoy*. Moskva. 248 s. [in Russian].
- [25] *Rynok zerna vrozhaiu 2018 roku*. Sumy, 2018. URL: <http://www.propozitsiya.com/ua/rynok-zerna-vrozhayu-2016-roku> (data zvernennia: 15.10.2020).
- [26] *Vrozhai zernovykh-2018: vstanovleno istorychnyi rekord*. Kyiv, 2018. URL: <http://www.landlord.ua/news/vrozhay-zernovykh-2018-vstanovleno-istorichniy-rekord/> (data zvernennia: 25.10.2020).
- [27] *Harbuz znovu v modi*. Kyiv, 2019. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/podiia/item/11521-harbuz-znovu-v-modi.html> (data zvernennia: 27.10.2020).
- [28] *Hroshi iz harbuza: investitsii v vyrobnytstva harbuzovoho nasinnia okupliatsia za 4-5 misiatsiv*. Dnipro, 2017. URL: <http://chp.com.ua/ua/all-news/item/53226-groshi-iz-garbuza-investitsiji-v-virobnitstva-garbuзового-nasin-nya-okuplyatsya-za-4-5-misyatsiv> (data zvernennia: 27.10.2020).



- [29] Anisimov, I.F. (1987). *Mashiny i potochnyie linii dlya proizvodstva semyan ovoshevodcheskih kultur*. Kishinev. 300 s. [in Russian].

### АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ТЫКВЫ В УКРАИНЕ

Одним из важных этапов выращивания семян сельскохозяйственных культур является его послеуборочная обработка, которая включает в себя процесс сушки, является основным и одним из эффективных методов хранения и переработки сельскохозяйственного сырья. Применение вибрационного оборудования для сушки особенно эффективно в высокотехнологичных процессах, имеющих место в семеноводческой отрасли, где влажность продукта - самое главное условие реализации технологии.

Объектом исследования в данной статье был технологический процесс послеуборочной обработки высоковлажных семян тыквы, в частности сушки.

Цель работы заключалась в анализе современного состояния послеуборочной обработки высоковлажных семян тыквы и установлении перспективных методов и средств интенсификации данного процесса с одновременным повышением качества полученного конечного сырья.

Задачей работы предполагалось: осуществить обзор исследований и публикаций о состоянии послеуборочной обработки семян тыквы в Украине, установить особенности его послеуборочной обработки, в частности сушки, ознакомиться с техническими средствами и технологиями для выполнения технологического процесса сушки семян тыквы, установить основные недостатки существующего сушильного оборудования, определить и предложить новые перспективные технологии и технические решения интенсификации процесса сушки семян тыквы с одновременным повышением качества конечного сырья при минимальных затратах энергии и воплотить их в разработанной модели вибрационной сушилки, которая реализует последовательно фильтрационный и конвективный этапы сушки.

Методика исследования основывалась на основе обзорного анализа существующих исследований и публикаций о состоянии послеуборочной обработки семян тыквы в Украине и поиска путей интенсификации данного процесса с одновременным повышением качества полученного конечного сырья.

В научной работе по результатам исследования установлено, что существующее зерносушильное оборудование не соответствует требованиям к сушке высоковлажных семян тыквы, поэтому существует потребность в разработке, исследовании и внедрении энергоэффективных схем и конструкций. Существующие образцы отечественного оборудования для послеуборочной обработки высоковлажных семян тыквы морально и физически устаревшие, не обеспечивают гибкости выполнения технологического процесса, являются энерго- и металлоемкими и не могут использоваться в обработке партий семенного материала.

Предложена конструкция вибрационной сушилки, которая реализует последовательно фильтрационный и конвективный этапы сушки семян тыквы. Разработанная установка обеспечивает интенсификацию этого процесса при минимальных затратах энергии с одновременным повышением качества полученной конечной сырья.

**Ключевые слова:** овоще-бахчевые культуры, тыквы, высоковлажные семена, послеуборочная обработка, сушка, сушилки, вибрационные технологии, фильтрационно-конвективная сушка, качество, производительность, энергозатраты.

**Рис. 10. Лит. 29.**

### ANALYSIS OF THE STATE OF POST-HARVEST PROCESSING OF PUMPKIN SEEDS IN UKRAINE

One of the important stages of growing seeds of agricultural crops is its post-harvest processing, which includes the drying process, is the main and one of the most effective methods for storing and processing agricultural raw materials. The use of vibration drying equipment is especially effective in high-tech processes taking place in the seed industry, where product moisture is the most important condition for the implementation of technology.

The object of research in this article was the technological process of post-harvest processing of high-moisture pumpkin seeds, in particular drying.

The purpose of the work was to analyze the current state of post-harvest processing of high-moisture pumpkin seeds and to establish promising methods and means for intensifying this process with a simultaneous increase in the quality of the final raw material obtained.

The task of the work was: to review research and publications on the state of post-harvest processing of pumpkin seeds in Ukraine, to establish the features of its post-harvest dues, in particular drying, to get acquainted with the technical means and technologies for performing the technological process of drying pumpkin seeds, to



establish the main disadvantages of the existing drying equipment, to determine and to propose new promising technologies and technical solutions for intensifying the drying process of pumpkin seeds with a simultaneous increase in the quality of the final raw material with minimal energy consumption and translate them into a developed model of a vibration dryer, which sequentially implements filtration and convection stages of drying.

The research methodology was based on a review analysis of existing studies and publications on the state of post-harvest treatment of pumpkin seeds in Ukraine and the search for ways to intensify this process with a simultaneous increase in the quality of the final raw material obtained.

In scientific work, based on the results of the study, it was found that the existing grain drying equipment does not meet the requirements for drying high-moisture pumpkin seeds, therefore there is a need for the development, research and implementation of energy-efficient schemes and structures. The existing samples of domestic equipment for post-harvest processing of high-moisture pumpkin seeds are morally and physically obsolete, do not provide flexibility in the execution of the technological process, are energy- and metal-intensive and cannot be used in processing lots of seed material.

The proposed design of a vibrating dryer, which sequentially implements filtration and convection stages of drying pumpkin seeds. The developed installation provides an intensification of this process with minimal energy consumption while increasing the quality of the final raw material obtained.

**Keywords:** vegetables and melons, pumpkins, high-moisture seeds, post-harvest processing, drying, dryers, vibration technologies, filtration and convection drying, quality, productivity, energy consumption.

**Fig. 10. Ref. 29.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Цуркан Олег Васильович** – доктор технічних наук, доцент кафедри «Технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв» Вінницького національного аграрного університету, директор Відокремленого структурного підрозділу «Ладижинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету» (вул. П. Кравчика, 5, м. Ладижин, Вінницька обл., 24321, Україна, e-mail: [tsurkan\\_ov76@ukr.net](mailto:tsurkan_ov76@ukr.net)).

**Присяжнюк Дмитро Володимирович** – кандидат технічних наук, викладач Відокремленого структурного підрозділу «Ладижинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету» (вул. П. Кравчика, 5, м. Ладижин, Вінницька обл., 24321, Україна, e-mail: [dima061992@yahoo.com](mailto:dima061992@yahoo.com)).

**Дідик Іван Олександрович** – викладач Відокремленого структурного підрозділу «Ладижинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету» (вул. П. Кравчика, 5, м. Ладижин, Вінницька обл., 24321, Україна, e-mail: [ivan.didyk1670@gmail.com](mailto:ivan.didyk1670@gmail.com)).

**Цуркан Олег Васильевич** – доктор технических наук, доцент кафедры «Технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств» Винницкого национального аграрного университета, директор Обособленного структурного подразделения «Ладыжинский профессиональный колледж Винницкого национального аграрного университета» (ул. П. Кравчика, 5, г. Ладыжин, Винницкая обл., 24321, Украина, e-mail: [tsurkan\\_ov76@ukr.net](mailto:tsurkan_ov76@ukr.net)).

**Присяжнюк Дмитрий Владимирович** – кандидат технических наук, преподаватель Обособленного структурного подразделения «Ладыжинский профессиональный колледж Винницкого национального аграрного университета» (ул. П. Кравчика, 5, г. Ладыжин, Винницкая обл., 24321, Украина, e-mail: [dima061992@yahoo.com](mailto:dima061992@yahoo.com)).

**Дидык Иван Александрович** – преподаватель Обособленного структурного подразделения «Ладыжинский профессиональный колледж Винницкого национального аграрного университета» (ул. П. Кравчика, 5, г. Ладыжин, Винницкая обл., 24321, Украина, e-mail: [ivan.didyk1670@gmail.com](mailto:ivan.didyk1670@gmail.com)).

**Tsurkan Oleh** – D.Eng.Sc., associate professor of the Department of «Technological processes and equipment of processing and food industries» of Vinnytsia National Agrarian University, director of Separate structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University» (5, P. Kravchyka St., Ladyzhyn, Vinnytsia region, 24321, Ukraine, e-mail: [tsurkan\\_ov76@ukr.net](mailto:tsurkan_ov76@ukr.net))

**Prysiazhniuk Dmytro** – Ph.D., teacher of Separate structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University» (5, P. Kravchyka St., Ladyzhyn, Vinnytsia region, 24321, Ukraine, e-mail: [dima061992@yahoo.com](mailto:dima061992@yahoo.com)).

**Didyk Ivan** – teacher of Separate structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University» (5, P. Kravchyka St., Ladyzhyn, Vinnytsia region, 24321, Ukraine, e-mail: [ivan.didyk1670@gmail.com](mailto:ivan.didyk1670@gmail.com)).