

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2024-2

Вібрації в техніці та технологіях



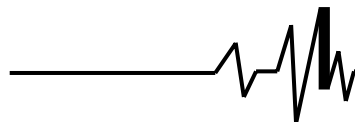
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 2 (113)

Вінниця 2024

**ВІБРАЦІЇ В
ТЕХНІЦІ ТА
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального
спрямування Видавець: Вінницький національний
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та
технологіях”

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової
інформації

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2023. – 2 (113) – 134 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 2 від 30.08.2024 р.)

Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 р. № 886)

Згідно рішення Національної ради України з питань телебачення та радіомовлення від 25.04.2024 р. № 1337 науковому журналу «Вібрації в техніці та технологіях» присвоєно ідентифікатор медіа R30-05172.

*- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);
- індексується в CrossRef, Google Scholar;
- індексується в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus Value з 2018 року.*

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., професор,
академік НААН України, Вінницький
національний аграрний університет

**Заступник головного
редактора**

Адамчук В.В. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Інститут механіки та
автоматики агропромислового виробництва
НААН України

Відповідальний секретар

Солона О.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Національний університет
біоресурсів і природокористування України

Деревенько І. А. – к.т.н., доцент,
Національний університет «Львівська
політехніка»

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Матвеев В.В. – д.ф.-м.н., професор,
академік НАН, Інститут проблем міцності
імені Г.С. Писаренка НАН України

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Твердохліб І.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Цуркан О.В. – д.т.н. професор, Вінницький
національний аграрний університет

Яропуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

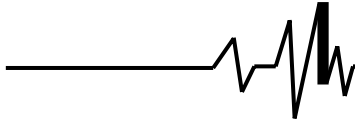
Зарубіжні члени редакційної колегії

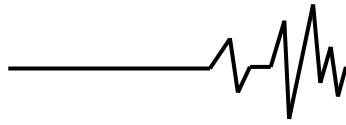
Максімов Джордан Тодоров – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Замрій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/> Електронна адреса: vibration.vin@ukr.net

**З М І С Т****I. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН***Калетнік Г.М., Цуркан О.В., Спірін А.В., Дідик А.М.***ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ5***Волик Д.А., Степаненко С.П., Котов Б.І., Мельник В.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУХУ ТА РОЗДІЛЕННЯ КОМПОНЕНТІВ НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ
У ВІБРОПНЕВМАТИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....14***Solona O., Polievoda Y., Tverdokhlib I., Kuzemskyi V.***PRACTICAL RECOMMENDATIONS REGARDING OPERATION
OF THE COMPLEX OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPLY OF ENERGY AND
RESOURCE-SAVING PRODUCTION OF LIVESTOCK PRODUCTS AT THE ENTERPRISES OF
THE AGRICULTURAL COMPLEX.....24***Солона О.В., Лісовий Д.Р.***ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГ ЗДОРОВ'Я ТВАРИН ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО
ІНТЕЛЕКТУ.....33****II. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Алієв Є.Б., Дудін В.Ю., Безверхній П.Є., Шаповал О. М.***ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАСПОКОЮВАЧА НАСІННЯ
ВИСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ.....43***Яропуд В.М.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ПОБІЧНО-
ВИПАРНОГО ТИПУ55***Штуць А.А.***АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕРТИКАЛЬНО-
СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА.....66****III. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА***Твердохліб І.В., Ковальчук О.О., Спірін А.В., Павленко В.К.***ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА В ПРОЦЕСІ ЙОГО ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ
ОБРОБКИ.....75***Гуць В.С., Волинець Є.О.***ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ М'ЯСНОГО ВИРОБНИЦТВА НА КОРМА ДЛЯ ТВАРИН.....83***Возняк О.М., Штуць А.А., Казіміров О.М., Литвиненко Н.В.***РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ БОРОШНА НА
ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ПІДПРИЄМСТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ SCADA.....88***Коляновська Л.М., Нистеренко І.О.***ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ СОЇ У ВИРОБНИЦТВІ ПРОДУКТІВ
ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....97***Піддубний В.А., Осокіна М.Н., Ткаченко Г.В.***ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТІВ ДРОБЛЕННЯ НАСІННЯ
СОЇ ОЛІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА.....110****IV. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО***Lysenko R.***MATHEMATICAL SIMULATION OF THE WORKING PROCESS OF THE GAS-DIESEL CYCLE IN
THE CYLINDERS OF THE POWERTECH 6068HF250 ENGINE.....119***Кудрявцев І.М.***ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ВІДХОДІВ НАСІННЄВОЇ СУМІШІ
СОЛЯШНИКУ В КАМЕРІ РОЗРІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА.....124**

**Калетнік Г.М.**академік НААН України, д.е.н.,
професор**Вінницький національний
аграрний університет****Цуркан О.В.**

д.т.н., професор

Спірін А.В.

к.т.н., доцент

**Відокремлений
структурний підрозділ
«Ладжинський фаховий
коледж ВНАУ»****Дідик А.М.**

аспірант

**Вінницький національний
аграрний університет****Kaletnik G.**Academician of NAAS of Ukraine,
Doctor of Economic Sciences,
Professor**Vinnitsia National Agrarian
University****Tsurkan O.**Doctor of Technical Sciences,
Professor**Spirin A.**Ph.D. of Engineering, Associate
Professor**Separated structural unit
«Ladyzhyn Professional
College of Vinnitsia
National Agrarian****Didyk A.**

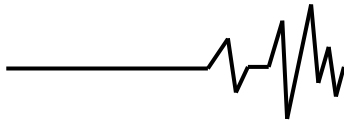
postgraduate student

**Vinnitsia National Agrarian
University****УДК: 66.047.45****DOI: 10.37128/2306-8744-2024-2-1**

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

Волоські горіхи наразі є унікальним продуктом компоненти якого використовуються в харчовій промисловості, виробництві медичних та косметичних препаратів, виробництві будівельних матеріалів, як енергетичний засіб та в інших сферах діяльності. Україна є одним з провідних виробників волоського горіху, але більшість його пропонується саме в шкаралупі. Максимальна економічна ефективність технології переробки волоського горіху досягається шляхом застосування повного циклу переробки та використання всіх компонентів: перикарпія, ядра, шкаралупи, перетинки. Тому розробка енергоефективної лінії для повного циклу переробки волоських горіхів наразі є дуже актуальним для цієї перспективної галузі сільського господарства. Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить що увага дослідників та практиків у більшості випадків направлена на вирішення окремих завдань які виникають перед ними, тобто досліджувались окремі технологічні процеси і операції. А саме повна переробка горіхів забезпечує максимальний прибуток від їх вирощування. В даній роботі автори поставили за мету розробити технологію переробки волоських горіхів яка б забезпечила максимально повний цикл їх переробки, що забезпечить, відповідно, максимальний прибуток від її реалізації. Технологія повної переробки волоських горіхів передбачає використання значної кількості різноманітних машин які використовують різні види енергії. Для більш ефективного використання енергії рекомендується застосовувати заходи та засоби які інтенсифікують технологічні процеси. Зокрема, дієвим засобом інтенсифікації технологічних процесів є вібраційний вплив на матеріал що обробляється. Це особливо актуально для операції сушіння, тому що для реалізації даної операції потрібна майже половина всієї енергії що витрачається в технології. Також в технології передбачається використання нетрадиційних джерел енергії.

Ключові слова: волоські горіхи, технологія, переробка, сушіння, калібрування, розколювання, шкаралупа.



Постановка завдання. В умовах повномасштабної війни значно зросла роль волоських горіхів як експортноорієнтованого продукту. Адже під час війни попередні «лідери» аграрного експорту – зернові, олійні культури, продукція тваринництва – значно знизили свій експортний потенціал, в основному через логістичні проблеми. З цього погляду значно зростає роль волоських горіхів як експортного продукту, особливо продуктів повної переробки, та інших аналогічних товарів. Горіхи споживають в чистому виді та в ролі компонентів препаратів для лікування різноманітних хвороб, та як профілактичний засіб. Як харчовий продукт волоський горіх використовується в м'ясних та рибних стравах, салатах, соусах, випічці тощо [1].

Україна є одним з провідних виробників волоського горіху, в сезоні 2021-22 року вона була четвертою серед країн-експортерів цієї продукції [2]. Але волоський горіх, який пропонують українські експортери, на жаль, є переважно не сортовим і постачається в шкаралупі. Для наближення до якості сортового волоського горіху преміальної якості, необхідно приділяти увагу саме його переробці та сортуванню.

Потрібно відмітити що максимальна економічна ефективність технології переробки волоського горіху досягається шляхом застосування повного циклу переробки та використання всіх компонентів – перикарпія, ядра, шкаралупи, перетинки.

Отримання горіху високої якості, безумовно, залежить від всіх технологічних операцій процесу його переробки. Але чи не найважливішу роль відіграє процес його сушіння. Адже при збиранні вологість горіхів досягає 45%, тоді як кондиційний горіх згідно ДСТУ 8900:2019 повинен мати вологість 10% [3]. Несвоєчасне проведення операції сушіння може сприяти створенню умов для розвитку мікробіологічних та ферментативних процесів, що призведуть до зниження якості продукції. Окрім того, вчасне та якісне проведення операції сушіння забезпечує високоєфективне проведення наступної технологічної операції – лущення, та подальших дій з метою отримання ядра волоського горіха необхідної якості.

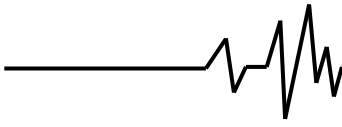
Наразі в Україні не існує достатньої кількості високоєфективних ліній для промислової переробки волоських горіхів. Основною проблемою є саме відсутність високопродуктивного, енергоефективного сушильного обладнання. Саме високоєфективне сушильне обладнання повинно стати основою технологічної лінії для повного циклу переробки волоських горіхів. Адже операція сушіння є найбільш енергозатратною з усіх технологічних операцій

переробки не тільки горіхів, але й всіх продуктів рослинництва і садівництва.

Тому розробка енергоефективної лінії для повного циклу переробки волоських горіхів наразі є дуже актуальним для цієї перспективної галузі сільського господарства. Саме вирішенню цього питання і присвячена ця стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо переробки горіхів показує що більшість з них присвячені дослідженню окремих технологічних процесів. Причому лівова частка з них описує найбільш енергоємні процеси, а саме сушіння і розколювання горіхів. Так, в роботі [4] автори досліджували процес сушіння волоських горіхів гарячим повітрям. За результатами досліджень визначені значення ефективного дифузії вологи для шкаралупи та ядра. На основі метода кінцевих елементів розроблена математична модель процесу сушіння горіха в шкаралупі. Робота [5] також присвячена сушінню горіхів. Автори дослідили вплив температури сушильного агента при його фіксованій швидкості на енергозатрати та якість висушених горіхів. Сушіння при зменшеній температурі скоротило час перебігу процесу і споживання енергії при збереженні високої якості продукту. Автори стверджують що результати досліджень мають велике практичне значення для розробки ефективних та енергоощадних методів сушіння в переробній галузі. Автори цієї роботи також досліджували процес сушіння волоських горіхів [6]. За результатами досліджень запропоновано для сушіння горіхів використовувати конвективно-вібраційну сушарку оригінальної конструкції. Застосування вібраційного впливу дозволяє створити в сушильній камері квазікиплячий шар матеріалу, що значно зменшує його аеродинамічний опір. Запропонована конструктивна схема конвективно-вібраційної сушарки дозволяє органічно поєднати в собі переваги конвективного способу сушіння з можливістю інтенсифікації процесу шляхом вібраційного впливу на шар матеріалу. Конструкція сушильної установки дозволяє легко керувати основними режимними параметрами її роботи: витратою та температурою сушильного агента, а також параметрами вібраційного впливу – частотою та амплітудою коливання сушильного контейнера.

В роботі [7] проводили дослідження по розробці пристрою для очищення горіхів макадамії. Було розроблено новий тип лущильної машини на основі подвійної спіралі. Були проведені дослідження з визначення фізико-механічних властивостей горіхів у



лушпинні та без нього як об'єктів процесу очищення. Відзначено, що діаметри горіхів у трьох напрямках розподіляються за нормальним законом. На основі цих досліджень були визначені конструктивні параметри луцильного пристрою. Робота [8] присвячена дослідженню механічних властивостей і процесу руйнування шкаралупи волоського горіха під односпрямованим впливом. Було оцінено швидкість розширення тріщин на поверхні оболонки. Експерименти підтвердили, що при односпрямованому ударі злам шкаралупи відбувається по більшому діаметру. Автори роботи [9] проводили дослідження з метою створення машини для подрібнення оболонок горіхоподібних плодів. Була сконструйована та випробувана машина пульсуючої дії для реалізації даної операції. Оболонки плодів після подрібнення та відповідної обробки можуть бути використані в ролі джерела відновлювальної енергії. В роботі [10] дослідили процеси розколу шкаралупи волоських горіхів. Експериментально доведено, що найвищі значення сили, енергії та потужності, які необхідні для розлому волоських горіхів, виникають, коли сила прикладена по довжині оболонки. Деформація оболонки горіха зростає при збільшенні навантаження, незалежно від вологості та напрямку навантаження.

Аналіз наведених праць свідчить що увага дослідників та практиків у більшості випадків направлена на вирішення окремих завдань які виникають перед ними. Практично ніхто з них не задавався метою створити та дослідити комплекс який би забезпечував повну переробку волоських горіхів. А саме повна переробка горіхів забезпечує максимальний прибуток від їх вирощування. Це загальновідома істина, практично всі погоджуються з нею, але не завжди вистачає обігових коштів на розвиток технології, або виникають якісь інші проблеми.

Мета роботи. У цій роботі автори ставили за мету розробити технологію переробки волоських горіхів яка б забезпечила максимально повний цикл їх переробки, що забезпечить, відповідно, максимальний прибуток від її реалізації.

Результати досліджень. В рамках прикладного наукового дослідження «Підвищення конкурентоспроможності аграрного сектора України у воєнний час шляхом інноваційного розвитку виробництва експортноорієнтованих видів продукції» (державний реєстраційний номер 0124U000303), розроблена технологічна лінія для повної переробки волоських горіхів. Істотною відмінністю від багатьох наявних технологій переробки волоських горіхів у цьому

випадку переробці підлягають всі чотири компоненти горіха: перикарпій, ядро, перетинка і шкаралупа. Потрібно відзначити, що у волоського горіха певну цінність мають всі ці чотири складові. Про користь і сфери застосування ядра волоського горіха сказано багато, наприклад в [1]. Зупинимось більш докладно на інших складових горіха.

Перикарпій волоського горіха у момент його досягання містить біологічно цінні компоненти: пектинові речовини – 0,522 %, фенольні речовини – 5175 мг/100 г, вітамін С – 243 мг/100 г. Горіховий перикарпій збирають при заготівлі плодів у серпні-вересні, розрізають його навпіл, відокремлюють пошкоджені і почорнілі частини і сушать у сушарках або печях при температурі 30-40° С. Сухий перикарпій волоських горіхів пакують у мішки і зберігають у сухих, добре провітрюваних приміщеннях на стелажах. Використовують перикарпій в медицині, кулінарії, харчовій промисловості.

Найбільше в перетинках йоду. Він обумовлює приємний темно-коричневий колір і гіркий смак. Саме через високий вміст йоду цей продукт і цінують. Також до його складу входять такі мікроелементи, як калій, магній, цинк. Вітамінний склад перегоронок багатий: в них містяться каротин, нікотинова і аскорбінова кислоти, вітаміни групи В і вітамін РР. Багато в перегорках амінокислот, дубильних речовин і ефірних олій, які зумовлюють їх користь для людського організму. Високий вміст йоду робить перегорки корисним продуктом для тих, хто страждає від захворювань щитовидної залози, хронічної втоми, має слабкий імунітет і схильність до неврологічних проблем. Лікарські препарати, що включають цей натуральний продукт, лікують захворювання кишкового тракту, серцево-судинної системи, позбавляють від проблем зі сном і полегшують перебіг цукрового діабету. Перегородки волоського горіха рекомендується застосовувати тим, хто відновлюється після інфекційного захворювання або постійно знаходиться під впливом стресів.

Чільне місце в продукції переробки волоського горіха належить його шкаралупі. По-перше, шкаралупа є найбільшою масовою часткою горіха, адже до 60% його маси припадає саме на шкаралупу. По-друге, дуже широкий діапазон використання цього продукту. Шкаралупа горіха багата корисними речовинами для рослин, а також, через свою структуру, вона відмінно відводить зайву вологу. Використовувати шкаралупу для дренажу можна як на відкритому ґрунті, так і в теплиці або навіть на дні горщика для вазонів. Вона використовується в медицині і косметології як складова різних препаратів, як



декоративний матеріал при створенні сучасних інтер'єрів тощо. Особливої уваги заслуговує використання шкаралупи волоських горіхів у ролі палива. Адже брикети зі шкаралупи волоських горіхів мають теплотворну здатність 6 Мкал/кг при вмісті золи всього 0,5%. Для порівняння: найкращі паливні брикети з дерева мають теплотворну здатність 4,9 Мкал/кг при зольності до 1,0%. Зважаючи на приємний

запах продуктів згоряння, горіхові брикети доцільно використовувати як паливо для камінів, барбекю тощо.

Зважаючи на значну економічну доцільність повної переробки волоських горіхів, була розроблена технологія яка передбачає її реалізацію. Схема технологічної лінії переробки волоських горіхів представлена на рис.1.

Технологічна лінія переробки волоських горіхів

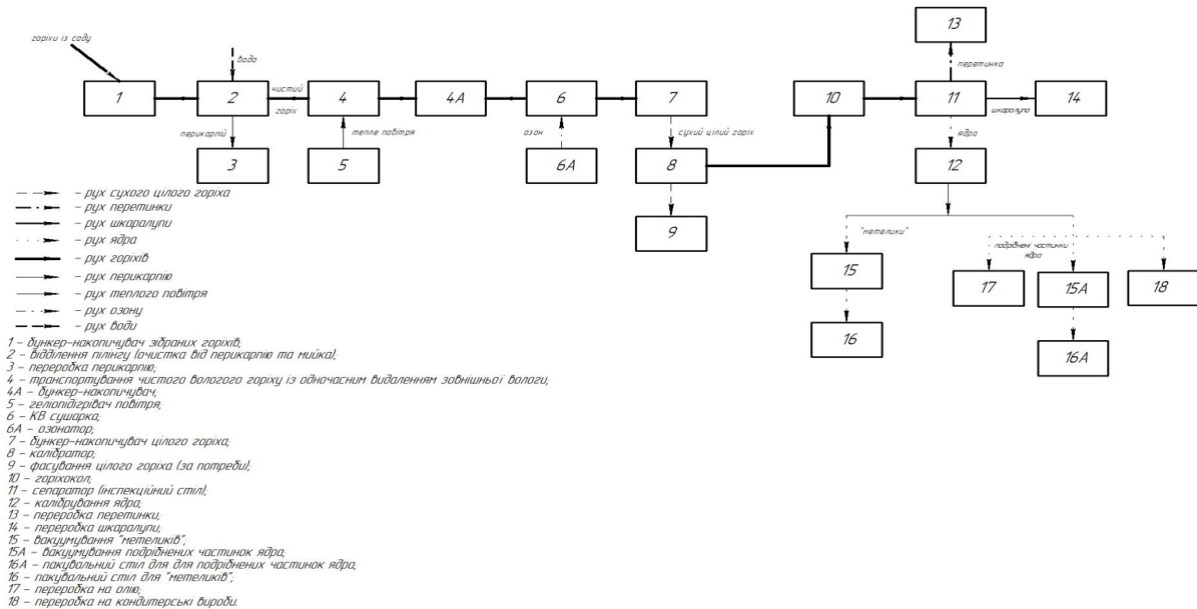


Рис.1 Схема технологічної лінії переробки волоських горіхів

На цій схемі кожна позиція відображає відповідну технологічну операцію з машиною для її реалізації, або технологічний процес який включає декілька технологічних операцій. Наприклад, позиція 10 – це процес розколювання горіхів що реалізується відповідною машиною, а позиція 14 – це технологічний процес переробки горіхової шкаралупи, що включає декілька технологічних операцій які реалізуються відповідними машинами. Технологічні процеси, які є складовими частинами даної технології, в даній роботі не розкриваються, вони потребують окремого дослідження що виходить за рамки даного дослідження.

Побудова технологічних ліній потребує дотримання певних правил і закономірностей, зокрема повинно витримуватись правило що продуктивність машин в технологічній лінії не повинна зменшуватись при проходженні матеріалу від початкової до завершальної операції. На практиці, при проектуванні технологічних ліній реальними машинами не завжди вдається дотриматись цієї вимоги. З метою нівелювання різниці в продуктивності машин для забезпечення безперервної роботи всієї лінії, в її складі передбачена наявність

декількох бункерів-накопичувачів (позиції 1, 4А, 7).

Розглянемо більш детально роботу технологічної лінії з переробки волоських горіхів. Із саду горіхи поступають на стаціонарний пункт де змонтована технологічна лінія і накопичуються в бункері 1 для зібраних горіхів. У ролі цієї ємності може бути використаний регульований бункер-накопичувач TREMIE представлений на рис.2.



Рис.2 Регульований бункер-накопичувач TREMIE

В бункері 1 знаходяться горіхи підвищеної вологості, на шкаралупі



знаходяться частинки ґрунту, перикарпію, інших органічних домішок. Для проведення подальшої обробки потрібно очистити горіх від цих частинок. Ця процедура проводиться у відділенню пілінгу та мийки 2. Зразок обладнання для очищення та мийки горіха представлений на рис.3.



Рис.3 Очищувач волоського горіха від перикарпію

Позиція 3 на схемі – обладнання для подальшої переробки перикарпію що може включати операції його очищення, сушіння фасування тощо. Вище було сказано, що на цій схемі деякі технологічні процеси представлені в згорнутому вигляді, без детального опису операцій і машин. У цьому випадку і технологічний процес переробки перикарпію представлений саме таким чином.

Після відділення пілінгу чистий вологий горіх надходить в бункер-накопичувач 4А для подальшого направлення на основне сушіння. З відділення пілінгу 2 до бункера-накопичувача 4А горіхи подаються транспортером 4 який одночасно служить пристроєм для зняття поверхневої вологи з горіхів. Це досягається шляхом подачі теплого повітря на транспортер. Підігрів повітря відбувається в геліопідігрівачі 5. Зразки обладнання для транспортування горіхів 4 та підігріву повітря 5 представлені, відповідно, на рис. 4 і 5.



Рис.4 Транспортер для подачі горіхів

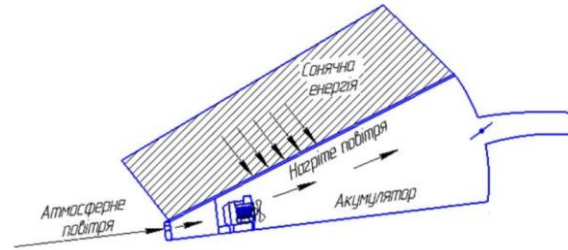


Рис.5 Геліопідігрівач повітря

Після відділення пілінгу де відбувається зняття залишків зеленої оболонки і миття горіхів, вони направляються на операцію основного сушіння, яка відбувається на конвективно-вібраційній сушарці 6. Загальний вигляд конвективно-вібраційної сушарки представлений на рис. 6.



Рис.6 Конвективно-вібраційна сушарка

Конвективно-вібраційна сушарка 6 має періодичний режим роботи. Для нівелювання різниці в продуктивності обладнання даної технологічної лінії перед сушаркою встановлений бункер-накопичувач 4А. В залежності від обсягів продукції він може мати відповідний об'єм, конструкція цього обладнання аналогічна бункеру-накопичувачу позиції 1.

Процес сушіння здійснюється шляхом подачі підігрітого повітря у вібраційну сушильну камеру. При необхідності даний процес може супроводжуватись подачею озону в потік теплоносія. Застосування озону збільшує швидкість процесу сушіння, запобігає розвитку шкідливих мікроорганізмів на шкаралупі горіха. Подача озону в потік теплоносія здійснюється озонатором 6А. Загальний вид озонатора представлений на рис.7.

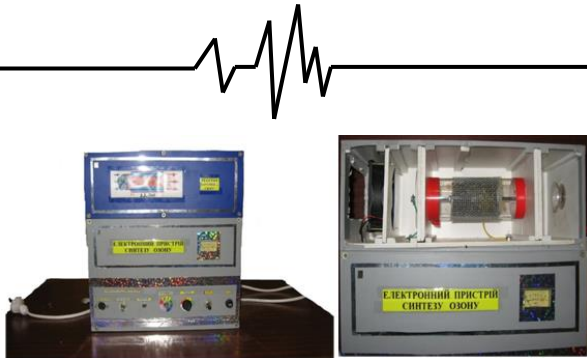


Рис.7 Загальний вигляд озонатора

Після доведення вологості горіхів до кондиційної (приблизно 10%), вони надходять в бункер-накопичувач цілого сухого горіха 7. Залежно від поставлених конкретних завдань далі можливі декілька варіантів подальшої переробки горіха. Якщо кінцевою метою технології переробки є виробництво цілого горіха в шкаралупі, то горіхи направляються на лінію фасування 9. Зразок обладнання для фасування горіхів у пакети представлена на рис.8.



Рис.8. Обладнання для пакування цілих горіхів в шкаралупі в поліетиленові пакети

Як уже зазначалось, величина прибутку залежить від глибини переробки горіхів. На жаль, наразі в Україні більша частину урожаю горіхів переробляється саме на таку глибину, тобто вихідним продуктом технології переробки є цілий горіх. Звичайно, цей варіант технології також має право на існування, але значно привабливішим є варіант з подальшою переробкою горіха. Саме цей варіант технології ми розглянемо далі.

Для повної переробки горіха потрібно відділити його ядро від шкаралупи і перетинки. Тому наступною операцією після калібрування буде розколювання горіха на горіхоколі 10. Зразок обладнання для виконання даної операції представлений на рис. 9.



Рис.9 Горіхокол для волоського горіха

Після операції розколювання горіхів на обладнанні 10 отримують три основні фракції: ядро і його подрібнені частинки, перетинки і шкаралупа. Розділення цих фракцій відбувається на інспекційному столі 11 зразок якого представлений на рис.10.



Рис.10 Сепаратор фракцій волоського горіха (інспекційний стіл)

Подальша переробка цих фракцій є темою окремих досліджень. Зокрема, як ми вже відзначали, перетинки і шкаралупа заслуговують наразі значно більшої уваги, ніж їм приділяється в теперішніх технологіях переробки волоського горіха. Ці технологічні



процеси позначені на нашій схемі 1 відповідно позиціями 13 і 14.

Ці технологічні процеси вимагають окремих ґрунтовних досліджень. Зокрема, наприклад, перетинку волоських горіхів можна використовувати для настоювання при виробництві елітних алкогольних та лікарняних засобів. Але тут можливі різні варіанти її використання, зокрема, можна настоювати на розчині на сухій перетинці, а можна робити екстракт для подальшого використання в ролі корисної добавки. Аналогічно і з подальшим використанням шкаралупи. Вище ми вже відмічали різноманіття варіантів її використання. В цій статті ми не розкриваємо детально подальші варіанти переробки шкаралупи та перетинки. Ці технологічні процеси будуть детально розкриті в подальших дослідженнях.

Ядро горіха потрапляє на калібрувальний стіл 12 де відбувається його фракціонування на цілі половинки (так звані «метелики») і подрібнені частинки. Цілі половинки в більшості випадків пакуються у вакуумну тару на обладнанні 15 і формуються в партії придатні до транспортування на обладнанні 16. Приклад такого обладнання представлений на рис.8.

Подрібнені частинки ядра, залежно від бізнесових та технологічних вимог, можуть мати декілька варіантів переробки. Вони можуть направлятися безпосередньо на продаж (на схемі позиції 15А і 16А). В цьому випадку використовується обладнання як і для цілих половинок. Інший шлях використання дроблених частинок – виготовлення горіхової олії (позиція 17) і використання їх в кондитерській справі (позиція 18). Ці шляхи є самостійними технологічними процесами і підлягають детальному вивченню в окремих роботах.

В цій роботі автори ще раз хотіли підкреслити наскільки складною і важливою для економіки України є система «волоський горіх і технологія його переробки». Успішність функціонування цієї системи, звичайно, залежить від всіх елементів що входять до її складу. Але хотілось би відзначити одну з них, на нашу думку, найбільш важливу. Це технологічна операція сушіння волоських горіхів. По-перше, успішність проведення цієї операції істотно впливає на якість кінцевих продуктів, по-друге, операція сушіння є найбільш енергозатратною серед всіх процесів і операцій цієї технології, і проведення її з мінімальними затратами енергії істотно впливає на енергоефективність всієї технології. Саме тому в своїй практичній діяльності автори використовують засоби інтенсифікації процесу сушіння, зокрема,

вібраційний вплив на шар горіхів. Більш детально дане питання висвітлено, зокрема, в праці [6] авторів і даної роботи. Вібраційний вплив на продукт можна використовувати і в інших операціях, наприклад, при розколюванні горіхів, сепарації після розколювання, при переробці шкаралупи та інших.

Висновки:

1. На сьогодні волоський горіх став одним найбільш перспективним продуктом експорту сільського господарства завдяки більшій, ніж у інших продуктів, ціні за одиницю маси, а також можливістю використовувати автомобілі для виконання транспортних операцій.

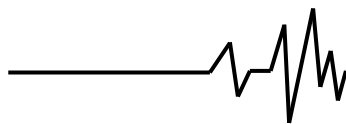
2. Не зважаючи на те що Україна наразі є одним з провідних виробників волоських горіхів у світі, прибутки від їх реалізації набагато менше від потенційно можливих. Це пояснюється тим що левову частку імпорту складають цілі горіхи.

3. Прибуток від реалізації волоських горіхів можна і потрібно збільшити шляхом поглиблення повноти їх переробки. Адже горіх є унікальною культурою в якій можна використовувати зі значним ефектом всі його складові: перикарпій, шкаралупу, перетинку і ядро.

4. Технологія повної переробки волоських горіхів передбачає використання значної кількості різноманітних машин які використовують різні види енергії. Для більш ефективного використання енергії рекомендується застосовувати заходи та засоби які інтенсифікують технологічні процеси. Зокрема, дієвим засобом інтенсифікації технологічних процесів є вібраційний вплив на матеріал що обробляється.

Список використаних джерел

1. Користь горіхів [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://delikatto.com.ua/korust-horihiv> (дата звернення 25.04.2023)
2. Руткевич В., Дідик А. Огляд методів та засобів для сушіння волоського горіха в шкарлупі. *Вісник Хмельницького національного університету Серія: Технічні науки*. 2023. № 1 (317). С. 230-236.
3. ДСТУ 8900:2019 Горіхи волоські. Технічні умови [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc> (дата звернення 26.04.2023)
4. Chen C., Venkitasamy C., Zhang W., Khir R., Upadhyaya S., Pan Z. Effective moisture diffusivity and drying simulation of walnuts under hot air. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020. Vol. 150 (1). P. 119283



5. Chen C., Pan Z. Processing of Tree Nuts. Postharvest Technology - Recent Advances, New Perspectives and Applications. IntechOpen, 2022. P. 1-25

6. Цуркан О.В., Спірін А.В., Твердохліб І.В., Дідик А.М. Обґрунтування способу сушіння волоських горіхів. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2021. № 2 (109). С. 5-11.

7. Chen C., Venkitasamy C., Zhang W., Deng L., Meng X., Pan Z. Effect of step-down temperature drying on energy consumption and product quality of walnuts. *Journal of Food Engineering*. 2020. Vol. 285 (8). 110105.

8. Chena C., Weipeng Z., Venkitasamya C., Khira R., McHughc T., Pan Z. Walnut structure and its influence on the hydration and drying characteristics. *Drying Technology*. 2019. Vol. 38 (8). P. 975-986.

9. Onipede E., Bashiru F., Oyebanre, O. Design and Fabrication of Thevetia Peruviana Nut Cracking Machine. *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Neural Network*. 2023. Vol. 3 (4). 46-53.

10. Українець А.І., Негрей О.В. Процеси лущення волоських горіхів. *Механічна та електрична інженерія*. 2019. №. 3 (25). С. 135-144.

References

1. Benefits of nuts [Electronic resource].- Access mode: <http://delikatto.com.ua/korust-horihiv> (access date 25/04/2023)

2. Rutkevich V., Didyk A. Review of methods and means for drying walnut in shell. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University Series: Technical Sciences*. 2023. No. 1 (317). P. 230-236.

3. DSTU 8900:2019 Hair nuts. Technical conditions [Electronic resource]. - Access mode: <http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc> (access date 04/26/2023)

4. Chen C., Venkitasamy C., Zhang W., Khir R., Upadhyaya S., Pan Z. Effective moisture diffusivity and drying simulation of walnuts under hot air. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020. Vol. 150 (1). P. 119283

5. Chen C., Pan Z. Processing of Tree Nuts. Postharvest Technology - Recent Advances, New Perspectives and Applications. IntechOpen, 2022. P. 1-25

6. Tsurkan O., Spirin A., Tverdokhlib I., Didyk A. Justification of the method of drying walnuts. *Vibrations in Engineering and Technology*. 2021. No. 2 (109). P. 5-11.

7. Chen C., Venkitasamy C., Zhang W., Deng L., Meng X., Pan Z. Effect of step-down temperature drying on energy consumption and

product quality of walnuts. *Journal of Food Engineering*. 2020. Vol. 285 (8). 110105.

8. Chena C., Weipeng Z., Venkitasamya C., Khira R., McHughc T., Pan Z. Walnut structure and its influence on the hydration and drying characteristics. *Drying Technology*. 2019. Vol. 38 (8). P. 975-986.

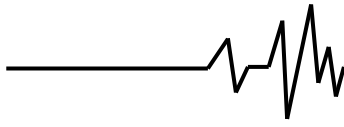
9. Onipede E., Bashiru F., Oyebanre, O. Design and Fabrication of Thevetia Peruviana Nut Cracking Machine. *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Neural Network*. 2023. Vol. 3 (4). 46-53.

10. Ukrainets A.I., Negrei O.V. Processes of shelling walnuts. *Mechanical and electrical engineering*. 2019. No. 3 (25). P. 135-144.

WALNUT PROCESSING TECHNOLOGY

Walnuts are currently a unique product, the components of which are used in the food industry, the production of medical and cosmetic products, the production of building materials, as an energy product and in other areas of activity. Ukraine is one of the leading producers of walnuts, but most of them are offered in the shell. The maximum economic efficiency of walnut processing technology is achieved through the use of a full cycle of processing and the use of all components: pericarp, kernels, shells, membranes. Therefore, the development of an energy-efficient line for a full cycle of walnut processing is currently very relevant for this promising branch of agriculture. Analysis of recent studies and publications shows that the attention of researchers and practitioners in most cases is directed to solving individual problems that arise before them, that is, individual technological processes and operations have been studied. Namely, the complete processing of nuts ensures the maximum profit from their cultivation. In this work, the authors set a goal to develop a technology for processing walnuts that would provide the most complete cycle of their processing, which will provide, accordingly, the maximum profit from its implementation. The technology of complete processing of walnuts involves the use of a significant number of different machines that use different types of energy. For more efficient use of energy, it is recommended to use measures and means that intensify technological processes. In particular, an effective means of intensifying technological processes is the vibration effect on the processed material. This is especially true for the drying operation, because the implementation of this operation requires almost half of all the energy consumed in the technology. The technology also involves the use of non-traditional energy sources.

Ключові слова: walnuts, technology, processing, drying, calibration, splitting, shelling.

**Відомості про авторів**

Калетнік Григорій Миколайович – академік НААН України, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: rector@vsau.org, <https://orcid.org/0000-0002-4848-2796>).

Цуркан Олег Васильович – доктор технічних наук, професор кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв інженерно-технологічного факультету 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, <https://orcid.org/0000-0002-7218-0026>).

Спірін Анатолій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент викладач Відокремленого структурного підрозділу «Ладижинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету», e-mail: spirinanatoly16@gmail.com.

Дідик Андрій Михайлович – аспірант кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, +380972830537, anddidyk99@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0524-0017>).

Kaletnik Grygorii – Academician of the NAAS of Ukraine, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Administrative Management and Alternative Energy Sources of Vinnitsa National Agrarian University (Soniachna Str., 3, Vinnitsa, Ukraine, 21008, e-mail: rector@vsau.org, <https://orcid.org/0000-0002-4848-2796>).

Tsurkan Oleh – D.Eng.Sc., professor of the Department of technological processes and equipment of processing and food industries of Faculty of Engineering and Technology of Vinnytsia National Agrarian University, director of Separated structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University» (5, P. Kravchyka St., Ladyzhyn, Vinnytsia region, 24321

Spirin Anatoly - candidate of technical sciences, associate professor, teacher of Separate structural subdivision «Ladyzhyn vocational college of Vinnytsia National Agrarian University» (Kravchik Petro St., 5, Ladyzhyn, Vinnytsia Region, Ukraine, 24321, e-mail: spirinanatoly16@gmail.com).

Didyk Andrii – postgraduate student of the Department of bioengineering, bio- and food technologies of Vinnytsia National Agrarian University (3 Sunny Street, Vinnytsia, 21008, Ukraine, +380972830537, anddidyk99@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0524-0017>)