

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2020-4

Вібрації в техніці та технологіях



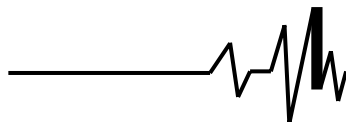
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 4 (99)

Вінниця 2020

**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,
2020. – 4 (99) – 113 с.**

**Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного
університету (протокол № від 18.12.2020 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)**

Головний редактор

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

**Заступник головного
редактора**

Адамчук В.В. – д.т.н., проф., акад. НААН,
Національний науковий центр “Інститут
механізації та електрифікації сільського
господарства”

Відповідальний секретар

Солоня О.В. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

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

Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф.,
Вінницький національний аграрний
університет

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

Зіньковський А.П. – д.т.н., проф., Інститут
проблем міцності імені Г. С. Писаренка
НАН України

Іскович-Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф.,
Вінницький національний технічний
університет

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

Надутьий В.П. – д.т.н., проф., Інститут
геотехнічної механіки імені М.С. Полякова
НАН України

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

Ольшанський В.П. – д.ф.-м.н., проф.,
Харківський національний технічний
університет сільського господарства імені
Петра Василенка

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

Спірін А.В. – 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. доц., Вінницький
національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

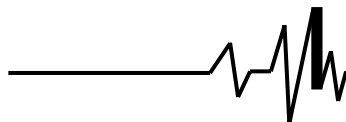
Джордан Тодоров Максимов – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

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****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

Надутьий В.П., Сухарев В.В., Костыря С. В.
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА ВИБРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ5
Солона О. В.
КЕРОВАНІЙ ВІБРАЦІЙНИЙ МЛИН ДЛЯ ПОМОЛУ СИПКОВОГО СЕРЕДОВИЩА.....11
Дудніков А. А., Дудник В. В., Бурлака О. А., Канівець О. В.
ЗМІНА ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ЗМІЦНЕННІ.....21
Ольшанський В. П., Сліпченко М. В., Спольнік О. І., Токарчук О. А.
ПІСЛЯУДАРНІ КОЛИВАННЯ КВАДРАТИЧНОГО НЕЛІНІЙНОГО ДИСИПАТИВНОГО ОСЦИЛЯТОРА.....29
Солона О. В., Купчук І. М., Гонтар В. Г., Дідик А. М.
ОЦІНКА ВПЛИВУ ШВИДКІСНИХ РЕЖИМІВ РОТОРА НА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИВОДОМ ВІБРАЦІЙНОЇ ДИСКОВОЇ ДРОБАРКИ.....40
Омельянов О. М., Замрїй М. А.
НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН.....49

2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

Іскович-Лотоцький Р.Д., Веселовська Н.Р., Іванчук Я. В., Гнатюк О. Ф.
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБОТАХ НА МОБІЛЬНОМУ АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ.....59
Sereda L., Trukhanska O., Shvets L.
INVESTIGATION OF THE HYDRAULIC DRIVE OF THE UNIT FOR STRIP TILLAGE WITH SIMULTANEOUS APPLICATION OF LIQUID FERTILIZERS.....67
Паладійчук Ю. Б., Кордонський В. А.
ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ СТРУЖКИ ПРИ ПРОТЯГУВАННІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ З ПРИПУСКОМ.....73
Музичук В. І.
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ КІЛЬЦЕВИХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ З КВАДРАТНОЇ ЗАГОТОВКИ.....85

3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА

Полевода Ю.А.
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМАЦІЇ ШКАРАЛУПИ ГОРІХА94

4. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

Штуць А.А.
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТА ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ DEFORM – 3D 101

**Полевода Ю. А**

к.т.н., доцент

**Вінницький національний
аграрний університет****Polievoda Y.****Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 631.361****DOI: 10.37128/2306-8744-2020-4-11****ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ПРОЦЕСУ ДЕФОРМАЦІЇ
ШКАРАЛУПИ ГОРІХА**

В статті представлені результати, які отримані після обробки певних досліджень за допомогою програми SolidWorks. Представлені схеми завантаження горіха з тиском і модуль опору на кільці, також представлено вигляд горіха з розподілом в двомірних скінчених елементах. Було встановлено графіки кореляцій між напруженнями і деформаціями, що з'являються в шкаралупі горіха залежно від сили, яка діє. Показано накладання деформованої і недеформованої шкаралупи горіха і було виявлено, що початкова тріщина з'являється на стику половинок шкаралупи горіха.

На сьогодні, волоський горіх є однією з нішових сільськогосподарських культур. Лише 7% суходолу на планеті придатні для вирощування горіхоплідних культур, а Україна належить до тих небагатьох країн, де для культивування цієї культури придатна вся територія. За статистичними даними у 2019 році площа насаджень горіха волоського в Україні склала 15,8 тис. га, з яких 85,4% зосереджені у приватних господарствах населення і вони забезпечують 99,2% обсягу виробництва даної продукції. Але цей фактор впливає на нестабільну пропозицію даної культури, оскільки складно формувати товарні партії із різних сортів горіхів, а також зважає асортимент і здешевлює його вартість. Річне споживання горіхів у країнах Європи й Перської затоки становить 4,2-5,6 кг на людину, тоді як в Україні показники більш ніж скромні – усього 1,8-2,4 кг, при нормі (за даними Інституту харчування української академії наук) від 1,5-3,6 кг.

Волоські горіхи на сьогоднішній день є дуже популярним продуктом. Вони не лише дуже смачні, але й дуже корисні. Завдяки вмісту в'язучих речовин, горіх є хорошим протизапальним засобом. Витяжки та горіхові препарати діють антитоксично, виводять з організму людини різні отрутні речовини.

Дослідження, що пов'язані із проведенням процесу моделювання деформації шкаралупи горіха, дуже актуальні. Отримані результати можна інтегрувати у роботу автоматизованих горіхоколів для їх більшої ефективності в роботі, що дозволить отримати вихідний продукт кращої якості.

Ключові слова: моделювання, модуль опору, розколювання, шкаралупа, модуль пружності (напруженості).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні горіхівництво, як окрема галузь почало розвиватися останні 7-9 років. Концепція розвитку горіхівництва в Україні та продуктів переробки горіхоплідних культур, яка розроблена на період до 2025 р., передбачає збільшення виробництва горіхів та продуктів переробки горіхоплідних культур (заморожених та консервованих горіхів, борошна, емульсії, напоїв, технічної та ароматичної олій, лаків, фарб,



мастил, олифи, парфумерних товарів; фармацевтичних препаратів, лікарських настоїв і витяжок; меблевої та іншої технологічної деревини). Великий внесок у популяризацію волоських горіхів серед населення зробила Українська горіхова асоціація.

Завдання луцнення волоських горіхів має принципову відмінність порівняно з процесами дроблення матеріалів. У випадку луцнення руйнуванню підлягає оболонка горіха при збереженні цілісності ядра. Це означає необхідність визначення критичних рівнів деформацій у результаті силових впливів стискання. Збереження ядер цілими слід оцінювати головним завданням процесу на відміну від енергетичних витрат, на основі яких будуються теорії дроблення матеріалів [1].

Формулювання мети досліджень.

Метою досліджень було проведення імітаційного моделювання процесу деформації шкаралупи горіха для отримання оптимальних робочих параметрів роботи машини для розколковування волоських горіхів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Імітаційне моделювання – числові розрахунки для отримання статистичної вибірки на математичній моделі для оцінки імовірних характеристик шуканих величин. В імітаційному моделюванні особливого значення набуває точність моделі. Зайве підвищення точності може призвести до труднощів в разі її реалізації на комп'ютері. Якщо вважати, що досліджуваний об'єкт є складною системою і взаємодії між її елементами характеризують стан системи, то цей стан може бути зафіксований упорядкованим набором чисел, в іншому випадку – вектором. У деяких випадках під імітаційною моделлю розуміють формальний математичний спосіб опису зміни станів у часі [2].

Для моделювання було використано близько 720 деталей (приблизно 720 скінчених елементів типу пластини), з 6 ступенями вільності на вузол. Було визначено діаметр горіха, що становить 25 мм, висота – 30 мм, товщина шкаралупи – 2 мм, товщина краю – 2 мм. Край змінюється в залежності від висоти від 2 мм на екваторі горіха до полюсів 0. Було використано елементи у вигляді трикутників і чотирикутників.

Для виконання моделювання необхідно знати модуль пружності матеріалу і коефіцієнт Пуассона, відповідно, які були прийняті $E=400$ МПа і $\nu=0,4$ [2].

Передбачалося, що конусність кільця будучи жорсткою, блокує всі трансляції контактних точок з горіхом, але дає можливість їхньому обертанню. Таким чином, граничними умовами будуть наступними: $T_x=T_y=T_z=0$, а обертання R_x , R_y і R_z – вільні.

Горіх вимагає сили осьового стиснення, опираючись в одне кільце в нижній частині і в

пластині в зовнішній стороні. Вважається, що сила не є концентруючим вектором вершини горіха (не реальний випадок), а є розподіленим на місці з діаметром у 6 мм.

Перепад тиску також досягається шляхом розташування горіхів у камері, яку вакуумують, потім заповнюють вибуховою газовою сумішшю і створюють перепад тиску шляхом займання сумішей. Перепад тиску можливо здійснити, якщо горіхи помістити в камеру, де під тиском 0,4...0,6 МПа вони утримуються протягом 10-15 хвилин. За цей час тиск проникає через мікропори всередину горіха, а потім тиск різко скидається і за рахунок його перепаду шкаралупа тріскається. Деякі установки використовують принцип попереднього просочення горіхів у камері зрідженим газом. Зріджений газ вбирається в шкаралупу горіхів через пори їх міжклітинних структур, а також по місцях мікротріщин шкаралупи, що утворилися в процесі дозрівання, збору, транспортування і зберігання горіхів. Після завершення просочення зріджений газ зливають з місткості, а камеру розгерметизовують, тобто здійснюють миттєве скидання тиску до атмосферного.

Відомі також методики динамічного руйнування шкаралупи горіхів шляхом використання кінетичної енергії. Горіхи заздалегідь охолоджують до -45°C , поміщують у повітряний потік, який направляють на тверду поверхню. В результаті зіткнення шкаралупа горіхів руйнується. Цей же процес можна також здійснити, якщо спочатку помістити горіхи в камеру, де створюється високий тиск, при цьому тиск усередині горіхів за рахунок мікропор у шкаралупі порівнюється з зовнішнім, потім проводять швидке скидання тиску, при цьому формується струменевий потік з горіхами, який направляють на тверду поверхню [3].

Моделювання процесу деформації шкаралупи горіха проводилося за допомогою програми SolidWorks. Отже на рис. 1 представлена схема горіха в 3D моделюванні

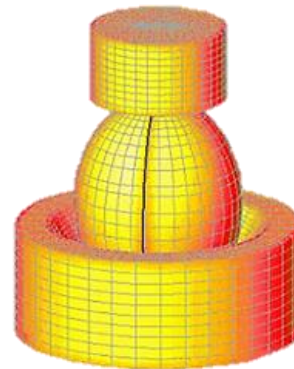


Рис. 1. Схема горіха між двома сферичними вставками в 3D моделюванні



Аналіз теорій міцності опору матеріалів показує доцільність пошуків впливів у формі складних напружених станів. Це раціонально, оскільки ідеальним рішенням задачі було б руйнування тільки оболонки з помітно обмеженою попередньою деформацією і формозміною. Проте пряме використання теорій подрібнення і умов міцності практично нівелюється анізотропними властивостями оболонок горіхів. Це означає, що єдиною можливістю у пошуках теорії і практики лущення горіхів залишаються експериментальні дослідження з визначення умов руйнування.

Загальний огляд горіха де напруженість прикладена на верхньому кінці представлено на рис. 2. Також можна побачити зміну краю від 2 мм до 0.

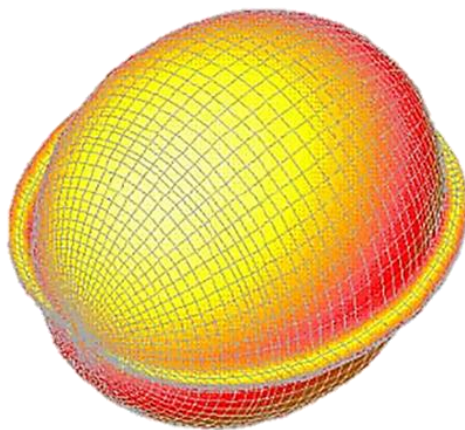


Рис. 2. Загальний огляд горіха де напруженість прикладена у верхній частині

До факторів впливу на результат процесів лущення відносяться такі механічні характеристики, як пружність, текучість, міцність, пластичність, модуль пружності. Важливою можна вважати інформацію щодо співвідношень між силовими діями, напруженнями і деформаціями, а нестабільні значення вологості оболонок призводять до очікування реакцій системи на рівнях крихкості або пластичності. Для крихкого руйнування характерною є відсутність площадки текучості на діаграмі залежності між силовою дією і величиною деформації. У випадках пластичних матеріалів має місце зона текучості. В дослідженнях подібних систем корисним є застосування енергетичних співвідношень, оскільки саме на їхній основі часто вдається поглибити рівень інформації щодо фізики явищ. Так, вважається, що за руйнування крихких матеріалів пластична деформація відсутня, а разом з нею і відповідні енергетичні витрати. За пластичних деформацій робота зовнішніх сил трансформується в теплову енергію. Оскільки крихкість і пластичність

оболонок горіхів залежать від вологості, то в першому наближенні слід зробити висновок про доцільність вибору на користь технології з меншим рівнем вологості [4].

Навантаження горіха з тиском (напруженням), модуль опору на кільці зображено на рисунку 3. В нижній частині горіха представлені контактні точки кільця з горіхом.

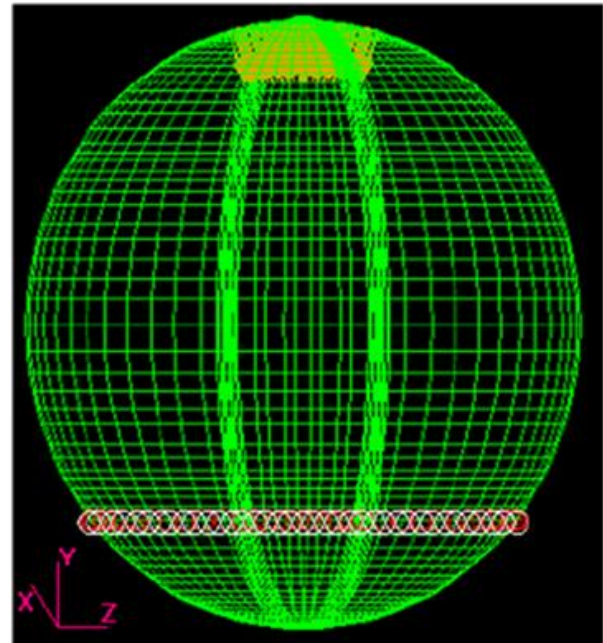
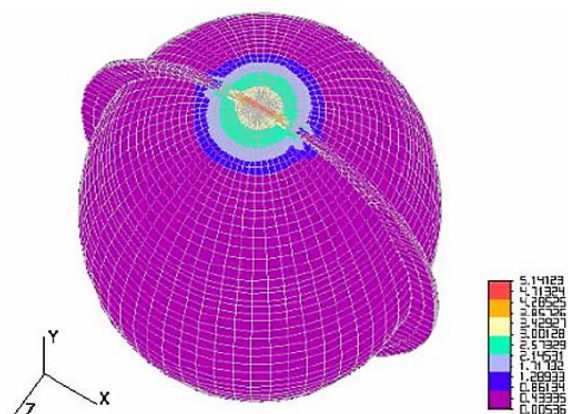


Рис. 3. Навантаження горіха тиском (напруженням) і модуль опору на кільці

На рис. 4 представлений широкий огляд горіха навантаженого силою 300 Н. За допомогою заданих кольорів, наведені напруженості в МПа, які з'являються в різних зонах шкаралупи горіха. Можна побачити, що максимальна напруженість 5,1 МПа виникає при вершині горіха в зоні контакту з пластиною. Щоб отримати більш чітке уявлення про виникаючі напруги представлений збільшений рисунок вершини горіха.



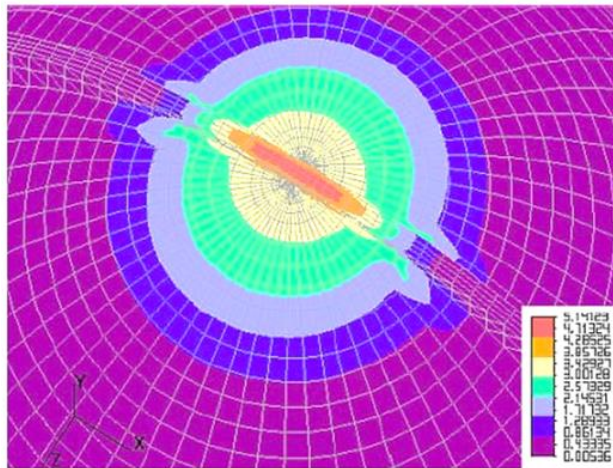


Рис. 4. Приближений вид горіха під тиском 300 Н (зокрема збільшена вершина горіха)

Слід зазначити той факт, що для вирішення процесу дроблення волоських горіхів з методом скінчених елементів і для розширення програми обчислення були прийняті наступні спрощені гіпотези, які зробили відмінності між експериментальними і розрахунковими результатами. Ці гіпотези є наступні:

- розгляд матеріалу горіха, як однорідний і як ізотропний;
- наближення горіха з вдосконаленим еліпсоїдом;
- наближення форми і розміру країв горіха;
- наближення опорного модуля;
- наближення модуля завантаження;
- похибки, викликані еластичним модулем дерев'яного матеріалу і стиком половинок шкаралупи горіха [5].

На рис. 5 представлений загальний вигляд горіха із застосованою силою – у 300 Н. Шляхом відповідних кольорів, окреслені деформації, які з'являються в шкаралупі горіха в різних ділянках (зонах). Слід зазначити, що максимальна деформація близько 0,48 мм з'являється в зоні контакту горіха з пластиною.

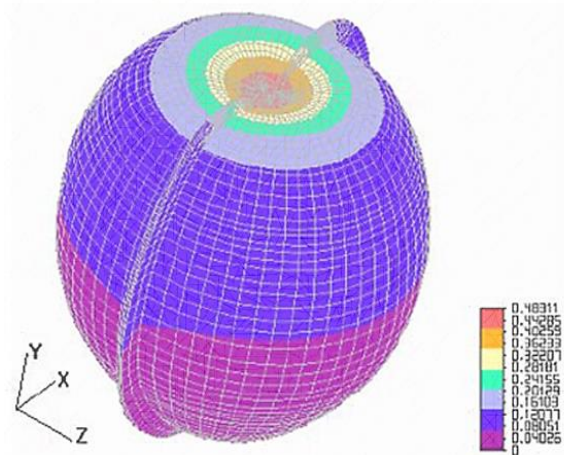


Рис. 5. Значення деформації (мм) при застосуванні сили 300 Н

У звичайній імітаційній моделі для відображення реальних подій використовують випадкові величини. Для реалізації моделі на комп'ютері виникає потреба у відтворенні випадкових процесів з високою точністю. Для цього використовують низку процедур для генерації випадкових величин – машинні алгоритми, які є модифікацією мультиплікативного конгруентного методу. Отримана таким чином послідовність рівномірного розподілу випадкових чисел може призвести до появи послідовності випадкових величин, підпорядкованих іншим законам розподілу. Такими методами є перетворення, композиція, пряма вибірка, компенсація тощо.

Для наглядної демонстрації зміни форми шкаралупи горіха були накладені зображення деформованої і недеформованої шкаралупи (рис. 6). Відомо, що рушійна сила прямо пропорційна площі контакту. При використанні кільця із скосом 30° контактна поверхня більша, тому що в цьому випадку, завдяки своїй формі, горіх входить в тісний контакт з кільцем [6-11].

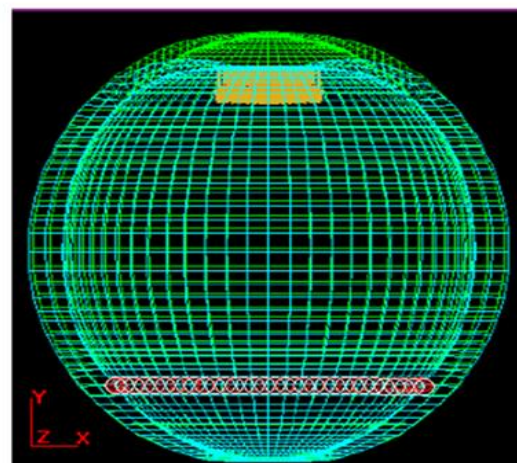


Рис. 6. Накладання деформованої і недеформованої шкаралупи



На рис. 7 можна побачити як переміщуються відносно половинки шкаралупи горіха. Це не показано на рисунках вище, тому що їхнє відносне переміщення є значно меншим ніж їхнє комбіноване переміщення в напрямку руху сили. Відносне переміщення половинок шкаралупи пояснює розрив, а саме з передбачуваної точки (вершини шкаралупи).

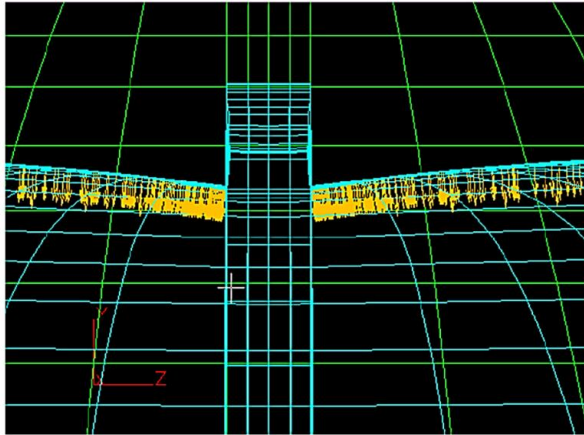


Рис. 7. Відносне переміщення (рух) половинок горіха

Значення напруженості для різних зусиль представлені у формі наступним графіком (рис. 8).

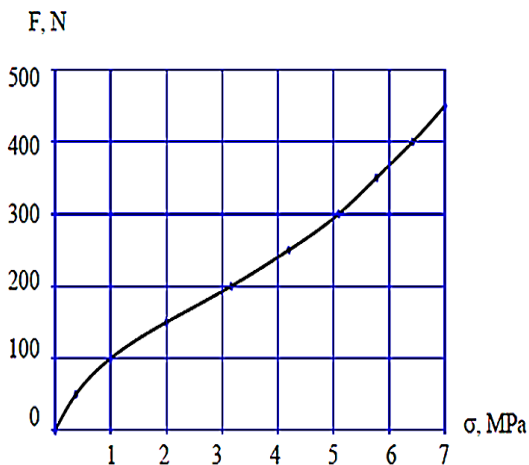


Рис. 8. Зміна (варіація) напруженості у верхній частині горіха залежно від застосованої сили

Як видно, зі збільшенням застосування сили зростає і напруженість. При 100 Н напруженість при вершині горіха становить 1 МПа, а при 400 Н – 6,3 МПа.

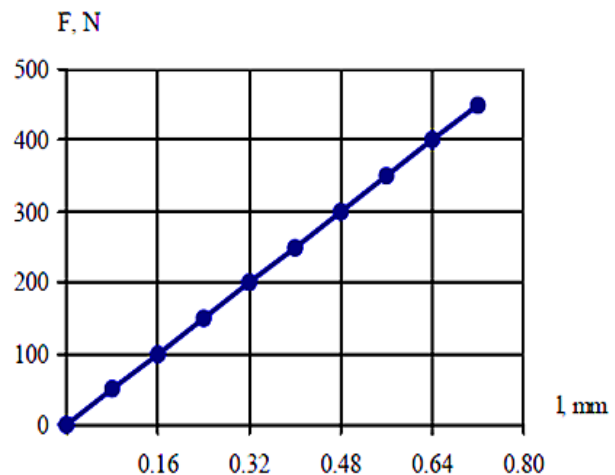


Рис. 9. Варіація деформації вершини горіха залежно від застосованої сили

Аналізуючи отримані графічні кореляції слід зазначити, що максимальна сила дроблення волоських горіхів зменшується з підвищенням вологості. Для товщини шкаралупи у 2,5 мм при 5% вологості максимальна сила дроблення складає 560 Н і при 25% вологості – 510 Н.

Значення деформацій для різних прикладених зусиль представлені графіком на рис. 9. Як показано на графіку, зі збільшенням сили зростає і деформація шкаралупи горіха. При силі у 100 Н, деформація вершини горіха складає 0,18 мм, а при 400 Н – 0,65 мм.

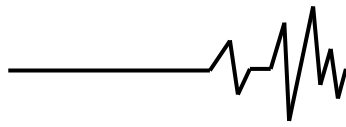
Висновок. Обчислювальний процес дроблення горіхів демонструє, що розрив і поява тріщин має місце при стику між половинками шкаралупи горіха, що було продемонстровано шляхом експериментальних досліджень.

Доведено, що рушійна сила прямо пропорційна площі контакту. При використанні кільця із скосом 30° контактна поверхня більша, тому що в цьому випадку, завдяки своїй формі, горіх входить в тісний контакт з кільцем.

Також було проведено імітаційне моделювання технологічної системи горішсколючий пристрій, яке дозволило встановити фізичний перебіг досліджуваного процесу. Так при дії сили у 100 Н, деформація вершини горіха складає 0,18 мм, а при 400 Н – 0,65 мм після чого спостерігається різке зростання величини початкової тріщини шкаралупи горіха, а як наслідок її повне руйнування.

Список використаних джерел

1. Пахно В. Концепція розвитку горіхівництва в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukr-nuts.org/ru/articles-and-news/articles/konczepcz%D1%96ya.html>.
2. Економічна енциклопедія : У трьох томах. Т. 1. / Редкол. С. В. Мочерний та ін. К.: Видавничий центр «Академія», 2000. 864 с.



3. Янович В. П., Купчук І. М., Корольчук В. С. Обґрунтування технології та обладнання для переробки волоських горіхів. *Збірник наукових праць вінницького національного аграрного університету, серія технічні науки*. 2015. №1(89) Том1. С.136–139.

4. Полевода Ю. А. Дослідження процесу лущення волоських горіхів між двома паралельними пластинами. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях»*. 2019. № 3 (94), С. 110–117.

5. Полевода Ю. А., Твердохліб І. В. Визначення фізико-механічних параметрів шкаралупи волоського горіха. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях»*. 2019. № 2 (93), С. 12–17.

6. Полевода Ю. А. Особливості реалізації процесу лущення шкаралупи горіха між пластиною та сферичною вставкою. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях»*. 2019. № 4(95). С. 69–75.

7. Полевода Ю. А. Дослідження процесу сколювання шкаралупи горіха в результаті силової дії напівсферичних поверхонь. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях»*. 2020. № 3, (99). С.111–119.

8. Розробка комплексу технологічних машин для глибокої переробки волоського горіха / Звіт про науково-дослідну роботу № держреєстрації 0118U001421. В. П. Янович, І. В. Гончарук [та ін.]; Вінницький національний аграрний університет. Вінниця, 2018. 82 с.

9. Пат. КМ 137018 Україна. Обладнання для лущення волоських горіхів. Опубл. 25.09.2019.

10. Пат. КМ 137176 Україна. Обладнання для лущення волоських горіхів. Опубл. 10.10.2019.

11. Пат. КМ 137177 Україна. Обладнання для лущення волоських горіхів. Опубл. 10.10.2019.

References

1. Pakhno, V. Kontseptsiia rozvytku horikhivnytstva v Ukraini [Concept of development of nuts in Ukraine], available at: <http://ukr-nuts.org/ru/articlesand-news/articles/konczepcz%D1%96ya.html>.

2. Mochernyi, S. V. (2000). *Ekonomichna entsyklopediia* [Economic encyclopedia] : U trokh tomakh. T. 1. K.: Vydavnychi tseentr «Akademiia». 864 s. [in Ukrainian].

3. Yanovych, V. P. [ta in.] (2015). *Obgruntuvannia tekhnolohii ta obladdannia dlia pererobky voloskykh horikhiv*. [Substantiation of technology and equipment for processing walnuts.] *Zbirnyk naukovykh prats vinnyskoho natsionalnoho*

ahrarnoho universytetu, serii tekhnichni nauky. Vinnytsia [in Ukrainian].

4. Polievoda, Y. A. (2019). *Doslidzhennia protsesu lushchennia voloskykh horikhiv mizh dvoma paralelnymy plastynamy*. [Investigation of the process of peeling walnuts between two parallel plates] *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. *Vseukr. nauk. tekhn. zhurnal*. Vinnytsia [in Ukrainian].

5. Polievoda, Y. A., Tverdokhlib I. V. (2019). *Vyznachennia fizyko-mekhanichnykh parametriv shkaralupy voloskoho horikha*. [Determination of physical and mechanical parameters of walnut shell.] *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. *Vseukr. nauk. tekhn. zhurnal*. Vinnytsia [in Ukrainian].

6. Polievoda, Y. A. (2019). *Osoblyvosti realizatsii protsesu lushchennia shkaralupy horikha mizh plastynoiu ta sferychnoiu vstavkoiu*. [Features of realization of process of peeling of a shell of a nut between a plate and a spherical insert]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. *Vseukr. nauk. tekhn. zhurnal*. Vinnytsia [in Ukrainian].

7. Polievoda, Y. A. (2020). *Doslidzhennia protsesu skoliuvannia shkaralupy horikha v rezultati sylovoi dii napivsferychnykh poverkhon*. [Investigation of the process of splitting the nut shell as a result of the force of hemispherical surfaces]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. *Vseukr. nauk. tekhn. zhurnal*. Vinnytsia [in Ukrainian].

8. Yanovych, V. P., Honcharuk I. V. [ta in.] (2018). *Rozrobka kompleksu tekhnolohichnykh mashyn dlia hlybokoї pererobky voloskoho horikha*. *Zvit pro naukovo-doslidnu robotu № derzhreiestratsii 0118U001421*, *Vinnyskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet*. Vinnytsia [in Ukrainian].

9. Pat. КМ 137018 Ukraina. (2019). *Obladdannia dlia lushchennia voloskykh horikhiv*. *Opubl. 25.09.2019*. [in Ukrainian].

10. Pat. КМ 137176 Ukraina. (2019). *Obladdannia dlia lushchennia voloskykh horikhiv*. *Opubl. 10.10.2019*. [in Ukrainian].

11. Pat. КМ 137177 Ukraina. (2019). *Obladdannia dlia lushchennia voloskykh horikhiv*. *Opubl. 10.10.2019*. [in Ukrainian].

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ СКОРЛУПЫ ОРЕХА

В работе представлены результаты, полученные после обработки отдельных исследований с помощью программы SolidWorks. Представлены схемы загрузки ореха с давлением и модуль сопротивления на кольцо, также представлены вид ореха с распределением в двумерных конечных элементах. Было установлено графики корреляций между напряжениями и деформациями, появляющиеся в скорлупе ореха в зависимости от силы, действующей. Показано наложение деформированной и



недеформированной скорлупы ореха и было обнаружено, что начальная трещина появляется на стыке половинок скорлупы ореха.

На сегодня, грецкий орех является одной из нишевых сельскохозяйственных культур. Лишь 7% суши на планете пригодны для выращивания орехоплодных культур, а Украина принадлежит к тем немногим странам, где для культивирования этой культуры пригодна вся территория. По статистическим данным в 2019 году площадь насаждений ореха грецкого в Украине составила 15,8 тыс. га, из которых 85,4% сосредоточены в частных хозяйствах населения и они обеспечивают 99,2% объема производства данной продукции. Но этот фактор влияет на нестабильность предложенной культуры, поскольку сложно формировать товарные партии из разных сортов орехов, а также сужает ассортимент и удешевляет его стоимость. Годовое потребление орехов в странах Европе и Персидского залива составляет 4,2-5,6 кг на человека, тогда как в Украине показатели более чем скромные – всего 1,8- 2,4 кг, при норме (по данным Института питания украинской академии наук) от 1,5-3,6 кг.

Грецкие орехи на сегодняшний день является очень популярным продуктом. Они не только очень вкусные, но и очень полезны. Благодаря содержанию вяжущих веществ, орех является хорошим противовоспалительным средством. Вытяжки и ореховые препараты действуют антиоксидантным способом, выводят из организма различные ядовитые вещества.

Исследования, связанные с проведением процесса моделирования деформации скорлупы ореха, очень актуальны. Полученные результаты можно интегрировать в работу автоматизированных орехоколов для их эффективности в работе, что позволит получить исходный продукт лучшего качества.

Ключевые слова: моделирование, модуль сопротивления, раскалывания, скорлупа, модуль упругости (напряженности).

SIMULATION MODELING OF THE PROCESS OF NUT SHELL DEFORMATION

This section presents the results obtained after processing the provisions using SolidWorks. Schemes of loading of a nut with pressure and the modulus of resistance on a ring are presented, the general kind of a nut with its distribution in two-dimensional finite elements is presented, graphs of correlations between the stresses and strains appearing in a nut shell depending on force acting are established. and undeformed walnut shell and it was presented that the initial crack appears at the junction of the halves of the nut shell.

Today, walnut is one of the niche crops. Only 7% of the land on the planet is suitable for growing nuts, and Ukraine is one of the few countries where the entire territory is suitable for cultivating this crop. According to statistics, in 2019 the area of walnut plantations in Ukraine amounted to 15.8 thousand hectares, of which 85.4% are concentrated in private households and they provide 99.2% of the production of this product. But this factor affects the unstable supply of this crop, as it is difficult to form commodity batches of different varieties of nuts, as well as narrows the range and reduces its cost. The annual consumption of nuts in Europe and the Persian Gulf is 4.2-5.6 kg per person, while in Ukraine the figures are more than modest - only 1.8-2.4 kg, at normal (according to the Institute of Nutrition of the Ukrainian Academy of Sciences) from 1.5-3.6 kg.

Walnuts are the most popular and beloved. They are not only very tasty, but also very useful. Due to the content of binders, walnut is a good anti-inflammatory agent. Extracts and nut preparations have antitoxic effects, remove various toxins from the body, as they say, cleanse the blood.

The work related to the process of modeling the deformation of the nut shell is very relevant. The obtained results can be integrated into the work of the nutcracker for greater efficiency, which will allow to obtain a better quality product

Keywords: modeling, modulus of resistance, splitting, shell, modulus of tension.

Відомості про авторів

Полевода Юрій Алікович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету: м. Вінниця, вул. Сонячна 3, 21008, e-mail: vinyura36@gmail.com.

Полевода Юрій Алікович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств Винницкого национального аграрного университета г. Винница, ул. Солнечная 3, 21008, email: vinyura36@gmail.com.

Polievoda Yurii – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technological processes and equipment for processing and food production, Vinnytsia National Agrarian University: Vinnytsia, st. Sonyachna 3, 21008, e-mail: vinyura36@gmail.com.