**Полевода Ю. А.**

К. Т. Н., доцент

**Вінницький національний  
аграрний університет****Polievoda Y.****Vinnitsia National Agrarian  
University****УДК 631.361****DOI: 10.37128/2306-8744-2019-4-12****Особливості реалізації процесу  
луцення шкарлупи горіха між  
пластиною та сферичною  
вставкою**

В роботі була досліджена рентабельність вирощування та переробки волоського горіха, як на малих присадибних господарствах, так і на великих агропідприємствах. Досліджувався попит волоського горіха в Україні та за кордоном. Було проведено теоретичні дослідження динаміки зростання врожаїв горіха на території нашої держави. Встановлено тенденцію до збільшення вітчизняного виробництва волоських горіхів в майбутньому.

Серед найбільш ваговим ділянок організації процесу очистки даної сировини відзначено процес сколювання (дроблення) її шкаралупи. Застосувавши конструктивну реалізацію вібраційної машини «ГМК-350» для процесу механічного сколювання шкаралупи волоського горіха були проведені дослідження впливу робочого органу (пластина та сферична вставка) на технологічні та енергетичні параметри процесу із врахуванням показників якості обробленого продукту (цілісність самого ядра).

В статті проведений аналіз процесу луцення волоських горіхів між пластиною та сферичною вставкою. Проаналізовано графічні кореляції між розміром деформації шкаралупи і динамікою зміни рушійної сили зміни при різній вологості горіха і товщині шкаралупи.

Складено і проаналізовано схему рушійних сил в зоні контакту між горіхом і кільцем.

Представлено графічні залежності максимальної сили дроблення від скосу кільця відповідно до різної товщини шкаралупи; варіації максимальної сили дроблення залежно від вологості горіхів для різних товщин шкаралупи горіха.

Встановлено, що теоретично із збільшенням кута скосу кільця, збільшується і коефіцієнт тертя. Встановлено, що сила дроблення шкаралупи волоського горіха менше залежить від коефіцієнта тертя, а більше від поверхні контакту.

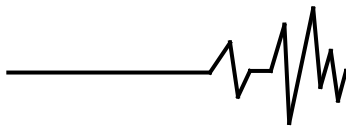
**Ключові слова:** дроблення, внутрішня поверхня кільця, кільце зі скосом, максимальної енергії дроблення, коефіцієнт тертя, деформація шкаралупи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними аналітиків рентабельність у майже 300% можна отримати у разі налагодження виробництва з продуктивністю 5 тонн за зміну [1].

В Україні 75% вітчизняного врожаю відправляється на експорт, і тільки 25% споживається українцями. Волоські горіхи, вирощені на нашій землі, мають настільки високі якісні показники, що, наприклад, китайці готові купувати їх у великих обсягах, незважаючи на те,

що самі є світовими лідерами в цій галузі. Крім того, є куди розвиватися і на внутрішньому ринку. Середній українець на сьогоднішній день в 2-3 рази відстає по споживанню волоських горіхів від інших «європейців».

За даними фахівців компаній та господарств, наразі існує тенденція до збільшення виробництва волоських горіхів в Україні. Спад спостерігався у 2014-2015 роках, а до цього ще й в 2012-му. У 2016 році зростання врожаю горіхів збільшилось. У 2017-му їх валовий



збір склав 113 тис. тонн і впритул наблизився до рекорду 2013 року, тоді було зібрано 116 тис. тонн.

Тенденція до збільшення вітчизняного виробництва волоських горіхів буде продовжена і в майбутньому. У 2018 році площа їх насаджень збільшилася на 18%, у порівнянні з 2016 р і досягла 16,3 тис. гектарів.

Звичайно, сучасному сукупному розміру горіхових садів в нашій країні далеко до показників 1980-х років. З тих пір їх загальна площа скоротилася на 24 тис. га або на 247%. Але слід зазначити, що продуктивність сучасних сортів горіхів, культивованих в Україні, на 65% вище, ніж була в 1990-му».

У роботах [2-8] було обґрунтовано вибір вібраційного горіхокола та проаналізований процес сколювання волоського горіха між двома паралельними пластинами.

#### Формулювання мети досліджень.

Метою наукової роботи є дослідження робочого органу горіхокола (пластини та сферичної вставки) на технологічні та енергетичні показники процесу дроблення волоського горіха.

#### Виклад основного матеріалу дослідження.

**Кінетичні особливості процесу.** Як було визначено, процес дроблення горіхів між двома паралельними пластинами привів до відносно низької якості ядер горіхів [3]. На нашу думку, причина низької якості ядер це саме через малу площу контакту між пластинами і горіхами. Для того щоб збільшити поверхню контакту, пропонується використати кільце, внутрішній діаметр якого менший, ніж діаметр горіха. Якість серцевини багато в чому залежить не тільки від фізико-механічних властивостей шкаралупи, але й від правильно вибраного співвідношення між внутрішнім діаметром кільця і зовнішнім діаметром горіха. Для встановлення раціональної кореляції між діаметрами і досліджень споживання енергії для процесу, були зроблені кільця з різними внутрішніми діаметрами. Розмір внутрішнього діаметра кільця коливається в межах від 20-30 мм. Контакт між шкаралупою горіха і контуром внутрішнього діаметра кільця може створити певні тріщини в шкаралупі горіха. Цей характер розриву може привести до того, що шкаралупа не дробиться до кінця для отримання ядра високої якості. Щоб виключити цей недолік, були зроблені скоси (фаски) на внутрішній поверхні кільця. У той же час ці скоси зроблені з різними кутами 15°, 30°, 45°, 60°. Це дало можливість збільшити поверхню контакту в процесі дроблення. Схема процесу дроблення горіха між пластиною і кільцем представлена на рис. 1

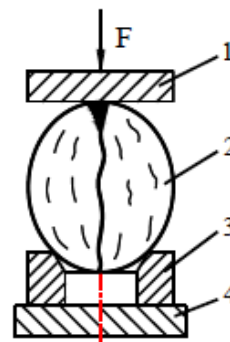


Рисунок 1 – Схема процесу дроблення горіха між пластиною і кільцем: 1, 4 – пластины; 2 – горіх; 3 – кільце

В результаті проведення дослідів, були отримані графічні кореляції між розміром деформації шкаралупи і динамікою зміни рушійної сили зміни при вологості горіха  $W = 5\%$  і товщині шкаралупи  $\delta = 2,5$  мм (рис. 2).

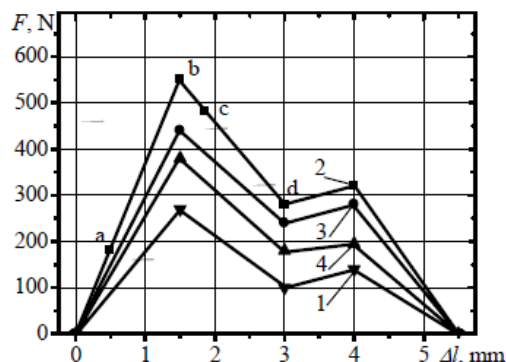


Рисунок 2 – Варіація сили ( $F$ ) в залежності від деформації ( $\Delta l$ ) шкаралупи горіха: скіс (фаска) кільця: 1 – 15°; 2 – 30°; 3 – 45°; 4 – 60°; товщина шкаралупи горіха – 2,5 мм; вологість – 5%

Для пояснення значення отриманої сили, будемо розкладати сили, які існують на поверхні контакту між горіхом і кільцем рис. 3.

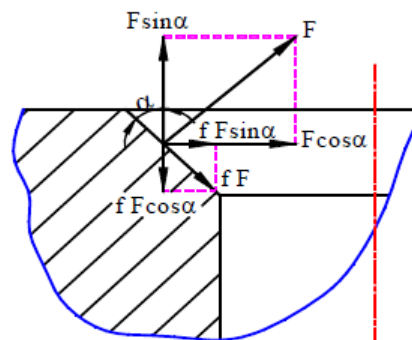
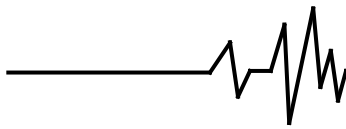


Рисунок 3 – Схема рушійних сил в зоні контакту між горіхом і кільцем:  $F \sin \alpha$  – сила



дроблення горіха, N;  $fF$  – сила тертя, N;  $f$  – коефіцієнт тертя,  $\alpha$  – кут скосу кільця, °.

Теоретично із збільшенням кута  $\alpha$ , збільшується і коефіцієнт тертя. Але сила дроблення менше залежить від коефіцієнта тертя й більше від поверхні контакту.

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.

Таким чином, були отримані наступні максимальні сили дроблення: у випадку використання кільця з  $\alpha = 30^\circ$ , максимальна сила дроблення становить 555 Н; коли  $\alpha = 45^\circ$ ,  $F_{max} = 455$  Н;  $\alpha = 60^\circ$ ,  $F_{max} = 380$  Н;  $\alpha = 15^\circ$ ,  $F_{max} = 275$  Н.

У той же час ми бачимо, що розрив шкаралупи горіха проходить через ті ж етапи, як і в процесі дроблення між двома паралельними пластинами.

Варіація максимальної сили дроблення залежно від товщини шкаралупи горіха для різних скосів кільця показано на рис. 4.

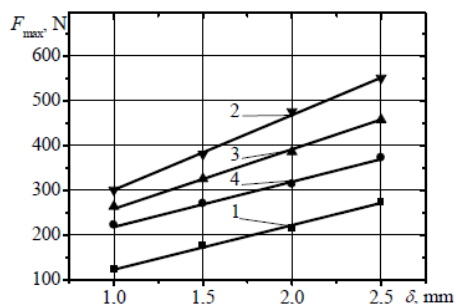


Рисунок 4 – Варіація максимальної сили дроблення в залежності від товщини шкаралупи горіха для різних скосів кільця  $\alpha$ : 1 – 15°  $F_{max} = 111,1 \cdot \delta + 8,9$ ; 2 – 30°  $F_{max} = 166,6 \cdot \delta + 133,4$ ; 3 – 45°  $F_{max} = 125,0 \cdot \delta + 235,0$ ; 4 – 60°  $F_{max} = 111,1 \cdot \delta + 108,9$

Як показано на рис. 4, зі збільшенням товщини шкаралупи горіха зростає і необхідна сила для дроблення. Наприклад, у випадку використання кільця з конусністю  $\alpha = 15^\circ$  максимальна сила дроблення для товщини шкаралупи у 1,0 мм становитиме 120 Н, а для товщини у 2,5 мм – 270 Н.

Графік залежностей максимальної сили дроблення скосу кільця відповідно до різної товщини шкаралупи відображений на рис. 5.

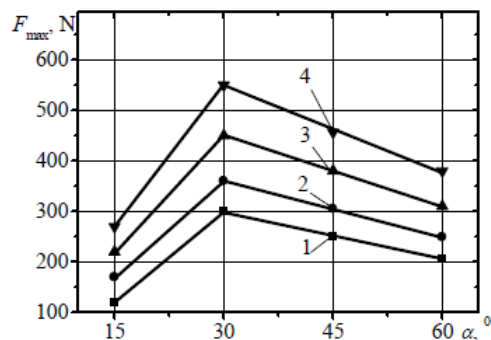


Рисунок 5 – Залежність максимальної сили дроблення в залежності від скосу кільця для різної товщини шкаралупи горіхів  $\delta$ : 1 – 1,0 мм; 2 – 1,5 мм; 3 – 2,0 мм; 4 – 2,5 мм

Досліди проводилися над горіхами з різною товщиною шкаралупи горіха – 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 мм. Таким чином, при скосі кільця у 30° і товщині шкаралупи 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 мм, максимальні сили дроблення становитимуть 300, 370, 450 і 560 Н.

Встановлено графічну кореляцію між максимальною силою дроблення і вологістю горіха при розміщенні горіха між кільцями з різними скосами. На рис. 6. представлено графік залежності максимальної сили дроблення і вологості при розміщенні горіха між кільцем із скосом у 15°.

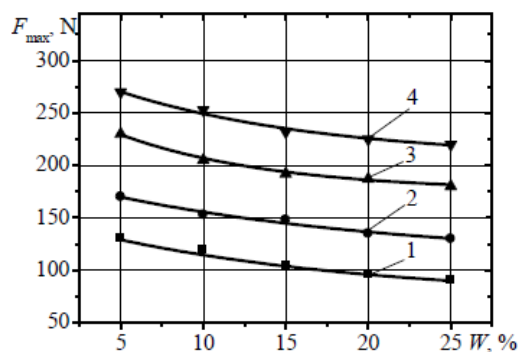


Рисунок 6 – Варіація максимальної сили дроблення в залежності від вологості горіхів для різної товщини шкаралупи горіха  $\delta$ : 1 – 1,0 мм

$F_{max} = 72,81 + 75,67 \cdot e^{-W/16,80}$ ; 2 – 1,5 мм  $F_{max} = 110,60 + 77,90 \cdot e^{-W/18,15}$ ; 3 – 2,0 мм  $F_{max} = 175,26 + 92,50 \cdot e^{-W/9,34}$ ; 4 – 2,5 мм  $F_{max} = 206,44 + 94,96 \cdot e^{-W/12,56}$

З представлених нами кореляцій графіків, можемо підтвердити, що наприклад для товщини шкаралупи  $\delta = 1,0$  мм при 5% вологості, максимальна сила дроблення – 120 Н, а при 25% вологості – 90 Н.

На рис. 7 представлений графік кореляції між максимальною силою дроблення і вологості при розташуванні горіха в кільці зі скосом 30°.

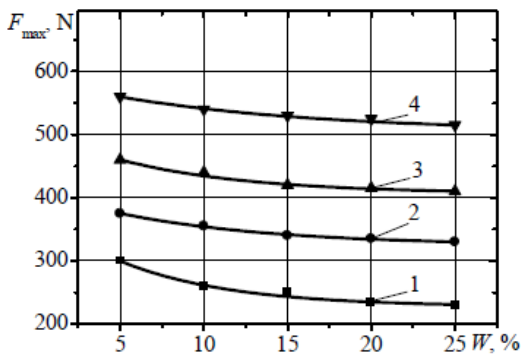


Рисунок 7 – Варіація максимальної сили дроблення в залежності від вологості горіхів для різних товщини шкаралупи горіха  $\delta$ : 1 – 1,0 мм  $F_{\max} = 227,20 + 153,77 \cdot e^{-W/6,64}$ ; 2 – 1,5 мм  $F_{\max} = 324,06 + 87,599 \cdot e^{-W/9,30}$ ; 3 – 2,0 мм  $F_{\max} = 406,24 + 102,60 \cdot e^{-W/7,75}$ ; 4 – 2,5 мм  $F_{\max} = 504,40 + 83,529 \cdot e^{-W/12,13}$

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.

На рис. 8 представлений графік залежності максимальної сили дроблення і вологості при розташуванні горіха в кільці зі скосом  $45^\circ$ .

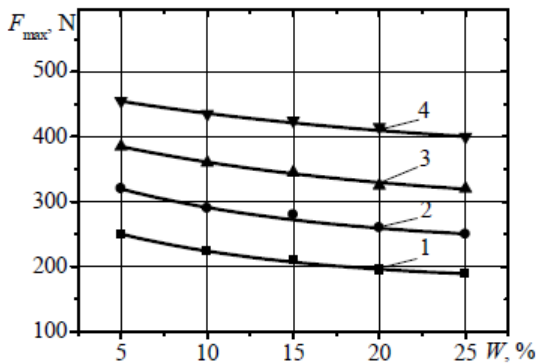


Рисунок 8 – Варіація максимальної сили дроблення в залежності від вологості горіхів для різної товщини шкаралупи горіха  $\delta$ : 1 – 1,0 мм  $F_{\max} = 176,16 + 114,60 \cdot e^{-W/11,48}$ ; 2 – 1,5 мм  $F_{\max} = 232,83 + 128,89 \cdot e^{-W/12,63}$ ; 3 – 2,0 мм  $F_{\max} = 288,75 + 127,70 \cdot e^{-W/17,55}$ ; 4 – 2,5 мм  $F_{\max} = 364,87 + 113,19 \cdot e^{-W/21,55}$

Наприклад, для товщини шкаралупи  $\delta = 2,0$  мм, при вологості 5% максимальна сила дроблення становитиме – 380 Н, а при 25% вологості – 320 Н.

На рис. 9 представлений графік залежності максимальної сили дроблення і

вологості при розташуванні горіха в кільці зі скосом  $60^\circ$ .

Для товщини шкаралупи 1,5 мм при 5% вологості, максимальна сила дроблення становить 250 Н, а при 25% вологості – 200 Н. Для товщини шкаралупи 2,5 мм при 5% вологості, максимальна сила дроблення 380 Н, а при 25% вологості – 320 Н.

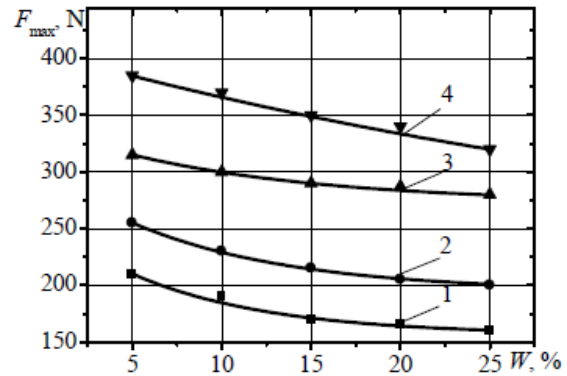


Рисунок 9 – Варіація максимальної сили дроблення в залежності від вологості горіхів для різної товщини шкаралупи горіха  $\delta$ : 1 – 1,0 мм  $F_{\max} = 156,24 + 102,60 \cdot e^{-W/7,75}$ ; 2 – 1,5 мм  $F_{\max} = 194,42 + 106,37 \cdot e^{-W/8,91}$ ; 3 – 2,0 мм  $F_{\max} = 272,48 + 66,638 \cdot e^{-W/11,18}$ ; 4 – 2,5 мм  $F_{\max} = 197,95 + 207,88 \cdot e^{-W/46,88}$

На підставі експериментально визначеної сили було розраховано витрачену енергію в процесі дроблення при розташуванні горіха між пластиною і кільцем з різними скосами.

Таким чином, представлено варіацію максимальної енергії дроблення в залежності від товщини шкаралупи горіха при розташуванні між пластиною і кільцем з різними скосами.

Досліди проводилися з різною товщиною шкаралупи горіхів, а саме 1,0; 1,5; 2,0 і 2,5 мм. Графіки були отримані при дробленні горіхів з вологістю у 5%.

Аналіз графіків показує, що споживання енергії в процесі дроблення зростає зі збільшенням товщини шкаралупи волоського горіха. У той же час енергія, яка споживається в процесі дроблення залежить і від нахилу кута кільця. Отже, у випадку розташування горіха між пластиною і кільцем зі скосом  $30^\circ$ , максимальна енергія при товщині шкаралупи 1,0 мм складає 1,55 Дж, а при товщині у 2,5 мм – 2,75 Дж. При використанні кільця зі скосом у  $15^\circ$ , енергія дроблення зростає від 0,6 Дж при товщині оболонки 1,0 мм і до 1,3 Дж за товщини 2,5 мм. При розміщенні горіха між пластиною і кільцем зі скосом  $45^\circ$ , максимальна енергія при товщині шкаралупи у 1,0 мм – 1,4 Дж, а при товщині у 2,5 мм – 2,3 Дж.

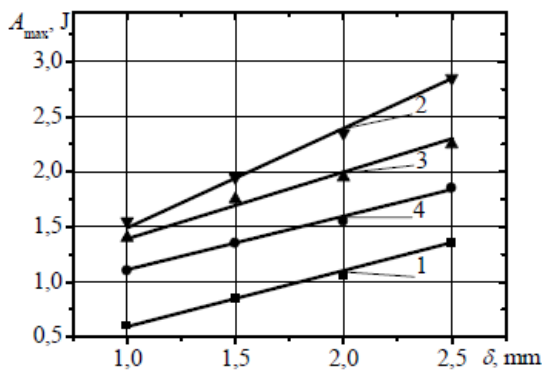
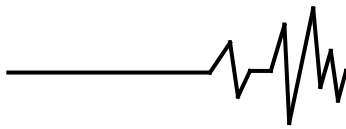


Рисунок 10 – Варіація максимальної енергії дроблення ( $A_{max}$ , J) в залежності від товщини шкаралупи горіха для розміщення горіха між кільцями з різними скосами  $\alpha$ : 1 –  $15^\circ$   $A_{max} = 0,53 \cdot \delta + 0,07$ ; 2 –  $30^\circ$   $A_{max} = 0,87 \cdot \delta + 0,63$ ; 3 –  $45^\circ$   $A_{max} = 0,63 \cdot \delta + 0,77$ ; 4 –  $60^\circ$   $A_{max} = 0,48 \cdot \delta + 0,62$

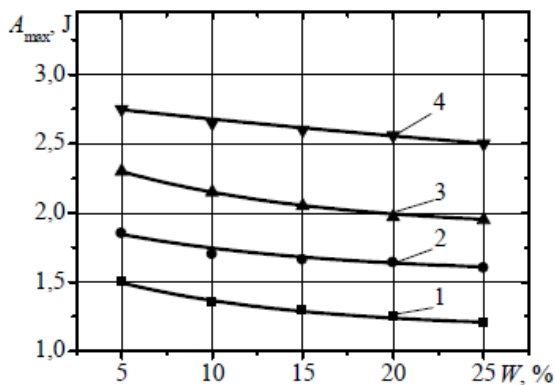


Рисунок 11 – Варіація максимальної енергії дроблення в залежності від вологості горіхів для різної товщини шкаралупи горіха  $\delta$ : 1 – 1,0 мм  $A_{max} = 1,16 + 0,54 \cdot e^{-W/10,18}$ ; 2 – 1,5 мм  $A_{max} = 1,55 + 0,43 \cdot e^{-W/11,86}$ ; 3 – 2,0 мм  $A_{max} = 1,88 + 0,64 \cdot e^{-W/11,20}$ ; 4 – 2,5 мм  $A_{max} = 1,80 + 1,01 \cdot e^{-W/66,38}$

На рис. 12 представлений графік залежності максимальної сили дроблення і вологості при розташуванні горіха в кільці зі скосом  $45^\circ$ .

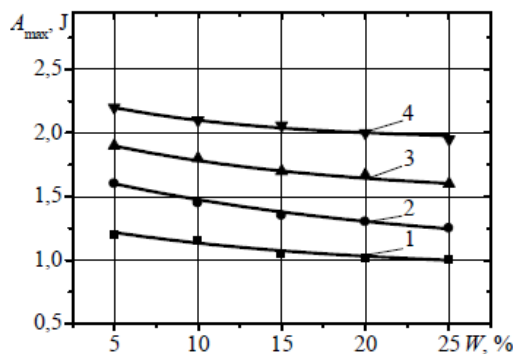


Рисунок 12 – Варіація максимальної енергії дроблення в залежності від вологості горіхів для різної товщини шкаралупи горіха  $\delta$ : 1 – 1,0 мм  $A_{max} = 0,92 + 0,41 \cdot e^{-W/15,05}$ ; 2 – 1,5 мм  $A_{max} = 1,04 + 0,71 \cdot e^{-W/19,53}$ ; 3 – 2,0 мм  $A_{max} = 1,50 + 0,55 \cdot e^{-W/14,15}$ ; 4 – 2,5 мм  $A_{max} = 1,94 + 0,42 \cdot e^{-W/10,11}$

Отже, для товщини шкаралупи у 2,0 мм енергія дроблення зменшується від 1,8 Дж при 5% вологості до 1,6 Дж при 25% вологості.

На рис. 13 представлено кореляцію максимальної сили дроблення і вологості при розташуванні горіха в кільці зі скосом  $60^\circ$ .

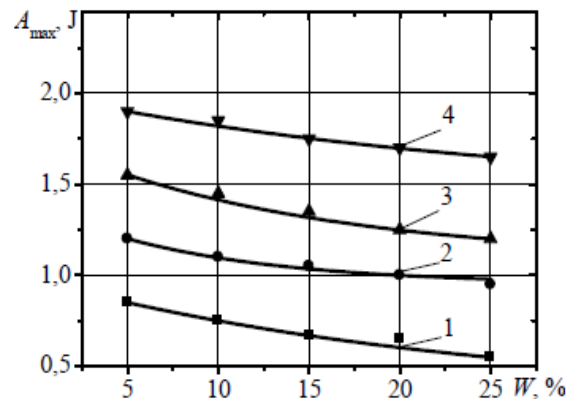
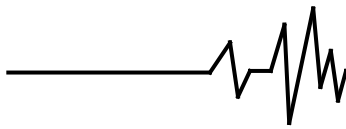


Рисунок 13 – Варіація максимальної енергії дроблення залежно від вологості горіхів для різної товщини шкаралупи  $\delta$ : 1 – 1,0 мм  $A_{max} = 0,31 + 0,65 \cdot e^{-W/23,88}$ ; 2 – 1,5 мм  $A_{max} = 0,95 + 0,43 \cdot e^{-W/9,18}$ ; 3 – 2,0 мм  $A_{max} = 1,08 + 0,66 \cdot e^{-W/14,41}$ ; 4 – 2,5 мм  $A_{max} = 1,42 + 0,56 \cdot e^{-W/26,68}$

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

Аналізуючи отримані графічні кореляції, слід зазначити, що для товщини шкаралупи у 2,0 мм енергія дроблення зменшується від 1,6 Дж при вологості 5% і до 1,4 Дж при вологості 25%. В той же час максимальна енергія дроблення варіює від 1,2 Дж при вологості 5% до 0,95 Дж при вологості 25%. Представлені дані дійсні для товщини шкаралупи горіха у 1,5 мм.

**Список використаних джерел**



1. Переробка волоських горіхів рентабельна на 300%. Режим доступу: <https://agroreview.com/news/pererobka-voloskyhhorihiv-rentabelna-na-300>.

2. 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) Том 1. С.136-139.

3. Полевода Ю.А. Дослідження процесу лущення волоських горіхів між двома паралельними пластинами. Вібрації в техніці та технологіях. Всеукр. наук. техн. журнал. Вінниця. Вип. 3 (94), 2019. С. 110-117.

4. Полевода Ю.А., Твердохліб І.В. Визначення фізико-механічних параметрів шкаралупи волоського горіха. Вібрації в техніці та технологіях. Всеукр. наук. техн. журнал. Вінниця. Вип. 2 (93), 2019. С. 12-17.

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

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

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

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

#### Список джерел у транслітерації

1. Pererobka voloskykh horikhiv rentabelna na 300% [Walnut processing is cost effective by 300%]. *Rezhym dostupu-Access mode*: <https://agroreview.com/news/pererobka-voloskyhhorihiv-rentabelna-na-300>.

2. Yanovych V.P. (2015). Obgruntuvannia tekhnologii ta obladnannia dlia pererobky voloskykh horikhiv [Rationale for the technology and equipment for processing walnuts]. *Zbirnyk naukovykh prats vinnytskoho natsionalnogo ahrarnoho universytetu, seriia tekhnichni nauky-Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University, series of technical sciences*. VNAU, 1(89), 1, 136-139. [in Ukrainian].

3. 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-Vibrations in technology and technology. All-*

*Ukrainian. Sciences. tech. magazine*. 3 (94), 110-117 [in Ukrainian].

4. Polievoda Y.A. (2019). Vyznachennia fizyko-mekhanichnykh parametriv shkaralupy voloskoho horikha [Визначення фізико-механічних параметрів шкаралупи волоського горіха]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh. Vseukr. nauk. tekhn. Zhurnal-Vibrations in technology and technology. All-Ukrainian. Sciences. tech. magazine*. 2 (93), 12-17 [in Ukrainian].

5. Yanovych V.P., Honcharuk I.V. [та ін.]. (2018). Rozrobka kompleksu tekhnolohichnykh mashyn dlia hlybokoi pererobky voloskoho horikha. [Development of a complex of technological machines for deep processing of walnut] *Zvit pro naukovo-doslidnu robotu-Report on research work*, VNAU, 82. [in Ukrainian].

6. Pat. КМ 137018 Україна. (2019). Obladnannia dlia lushchennia voloskykh horikhiv [Equipment for shelling of walnuts]. *Publ.* 25.09.2019. [in Ukrainian].

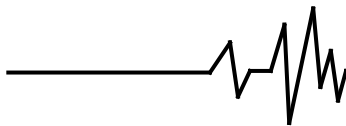
7. Pat. КМ 137176 Україна. (2019). Obladnannia dlia lushchennia voloskykh horikhiv [Equipment for shelling of walnuts]. *Publ.* 10.10.2019. [in Ukrainian].

8. Pat. КМ 137177 Україна. (2019). Obladnannia dlia lushchennia voloskykh horikhiv [Equipment for shelling of walnuts]. *Publ.* 10.10.2019. [in Ukrainian].

#### Особенности реализации процесса шелушения скорлупы ореха между пластиной и сферической вставкой

В работе была исследована рентабельность выращивания и переработки грецкого ореха, как на малых приусадебных хозяйствах, так и на крупных агропредприятиях. Исследовался спрос грецкого ореха в Украине и за рубежом. Было проведены теоретические исследования динамики роста урожая ореха на территории нашего государства. Установлена тенденция к увеличению отечественного производства грецких орехов в будущем.

Среди наиболее весомых участков организации процесса очистки данного сырья отмечено процесс скалывания (дробление) ее скорлупы. Применив конструктивную реализацию вибрационной машины «ГМК-350» для процесса механического скалывания скорлупы грецкого ореха были проведены исследования влияния рабочего органа (пластина и сферическая вставка) на технологические и энергетические параметры процесса с учетом показателей качества обработанного продукта (целостность самого ядра).



В статье проведен анализ процесса шелушение грецких орехов между пластиной и сферической вставкой. Проанализированы графические корреляции между размером деформации скорлупы и динамикой изменения движущей силы изменения при разной влажности ореха и толщине скорлупы.

Составлено и проанализировано схему движущих сил в зоне контакта между орехом и кольцом.

Представлены графические зависимости максимальной силы дробления от скоса колец в соответствии с различной толщины скорлупы; вариации максимальной силы дробления в зависимости от влажности орехов для различных толщин скорлупы ореха.

Установлено, что теоретически с увеличением угла скоса кольца, увеличивается и коэффициент трения. Установлено, что сила дробления скорлупы грецкого ореха меньше зависит от коэффициента трения, а больше от поверхности контакта.

**Ключевые слова:** дробления, внутренняя поверхность кольца, кольцо со скосом, максимальной энергии дробления, коэффициент трения, деформация скорлупы.

#### **Features of realization of process of peeling of a nut shell between a plate and a spherical insert**

The profitability of walnut cultivation and processing was investigated in the paper, both on small farms and large agricultural enterprises. The demand for walnuts in Ukraine and abroad was investigated. Theoretical studies of the dynamics of nut crop growth in the territory of our country were conducted. The tendency to increase domestic production of walnuts in the future is established.

Among the most important areas of the organization of the process of purification of this raw material is noted the process of chopping (crushing) of its shell. Applying a constructive implementation of a vibrating machine «GMK-350» for the process of mechanical cleavage of the shell of a walnut were carried out studies of the influence of the working body (plate and spherical insert) on the technological and energy parameters of the process taking into account the quality of the processed product (the integrity of the core).

The article analyzes the process of shelling of walnuts between the plate and the spherical insert. Graphical correlations between the size of the shell deformation and the dynamics of change of the driving force of change at different nut humidity and shell thickness are analyzed.

The scheme of driving forces in the area of contact between the nut and the ring is drawn up and analyzed.

The graphical dependences of the maximum crushing force on the bevel of the rings according to different shell thickness are presented; variations of the maximum crushing force depending on the humidity of the nuts for different thicknesses of the nut shell.

It is established that, theoretically, the coefficient of friction increases as the angle of inclination of the ring increases. It is established that the crushing force of a walnut shell depends less on the friction coefficient and more on the contact surface.

**Keywords:** crushing, inner surface of the ring, ring with bevel, maximum crushing energy, coefficient of friction, deformation of the shell.

#### **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, ВНАУ, 21008, e-mail: [vinyura36@gmail.com](mailto:vinyura36@gmail.com).

**Полевода Юрий Аликович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств Винницкого национального аграрного университета г. Винница, ул. Солнечная 3, ВНАУ, 21008, email: [vinyura36@gmail.com](mailto:vinyura36@gmail.com).

**Polievoda Yuri** – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technological processes and equipment for processing and food production, Vinnytsia National Agrarian University: Vinnitsia, st. Sonyachna 3, VNAU, 21008, e-mail: [vinyura36@gmail.com](mailto:vinyura36@gmail.com).