

**Полєвода Ю. А.**

к.т.н., доцент

Твердохліб І. В.

к.т.н., доцент

*Вінницький національний
аграрний університет***Polievoda Y.****Tverdokhlib I.***Vinnitsia National Agrarian
University***УДК 631.361****DOI: 10.37128/2306-8744-2019-2-2**

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО- МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШКАРАЛУПИ ВОЛОСЬКОГО ГОРІХА

Наведена інформація про вирощування та переробку волоського горіха в Європі та Україні. Встановлено актуальність реалізації саме лущених, максимально збережених плодів горіха.

На основі проведених досліджень, визначено фізико-механічні властивості шкаралупи волоського горіха. Знайдені раціональні енергетичні показники процесу лущення горіха при максимальному збереженні плода.

Запропоновано використання розробленого обладнання для попереднього лущення горіха з метою отримання мікротріщин в шкаралупі

Ключові слова: процес деформації, процес дроблення, вологість, мікротріщини, вібропривод, сушіння, щільність..

Постановка проблеми. Грецькі горіхи у світі цінуються за поживні і лікувальні властивості плодів та різнобічний характер їх застосування. Зокрема, вони широко використовуються у кондитерській, оліє-жировій, борошномельній, фармацевтичній, хімічній, кормовій, лакофарбовій та інших галузях. Через що рослину часто називають «деревом-комбінатом» [1, 2, 3, 6].

Ареал горіха грецького у світі надто звужений. Україна вирізняється значним поширенням цієї культури і посідає перше місце за обсягами виробництва плодів у Європі, а саме 21% валових зборів. Разом з тим, рівень внутрішньої пропозиції не задовольняє потреб країни – на одну особу в рік виробляється лише 0,4-0,9 кг горіхів, або 12-25% до стандартів харчування. Основною причиною такого стану є недостатній рівень розвитку промислової культури. Товарні насадження майже повністю зосереджені в дрібних господарствах населення. Це зумовлює стихійність пропозиції, низьку якість плодів, складність їх заготівлі, нерозвиненість оптової торгівлі та промислової переробки, звужує асортимент вітчизняної продукції і сповільнює розвиток експорту [1, 3].

Сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, позитивний досвід ряду країн у влаштуванні промислового виробництва горіхів, успіхи

господарств населення, значна місткість внутрішнього ринку і динаміка попиту на зовнішньому, свідчать про актуальність та своєчасність досліджень природно-економічного потенціалу України для розвитку промислової культури горіха волоського (грецького) [4]. Питання переробки, економіки та організації розвитку промислової культури волоського горіха в Україні досліджені недостатньо. Це й зумовило вибір тематики дослідження.

Формулювання мети досліджень. В основі проведення теоретичних та експериментальних досліджень було поставлено завдання щодо визначення фізико-механічних властивостей шкаралупи волоського горіха, що дасть змогу встановити раціональні енергетичні характеристики перебігу досліджуваного процесу за умови максимального збереження цілісності ядра плода.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відомо, що енергія, яка споживається в процесі лущення шкаралупи горіха є прямо пропорційною силі, яка на нього діє. Для встановлення граничних умов руйнування шкаралупи було розроблено тензометричний пристрій, принципова сема якого представлена на рис. 1.

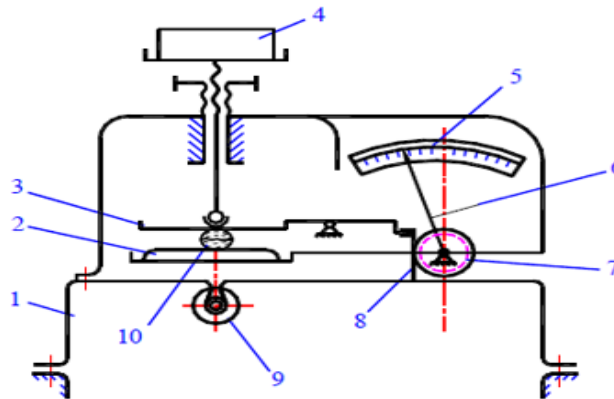


Рис. 1. Схема пристрою для вимірювання деформації шкаралупи горіха за умови осевого стиснення між двома паралельними пластинами:

1 – корпус; 2 – нижня пластина; 3 – верхня пластина; 4 – терези; 5 – шкала;

6 – індикатор (показник); 7 – зубчасте колесо; 8 – кремальєра; 9 – ексцентрик; 10 – горіх

Пристрій містить відповідно шкалу та індикатор, який показує зміну сили в процесі деформації. Індикатор знаходиться на тій же осі циліндричної шестерні. Під корпусом знаходиться ексцентричний механізм, який налаштовує відстань між пластинами за допомогою рукоятки. Над корпусом розташовані терези для підтримки контакту між пластиною і продуктом. Пластина з'єднана з кремальєрою. При наближенні пластин, індикатор рухається по шкалі вказуючи величину затраченої сили. Даний прилад дозволяє вимірювати сили стиснення в оперативному режимі від 0 до 1000 N.

Для реєстрації деформації шкаралупи горіха в процесі дроблення, прилад був оснащений індикатором типу IC-10. В процесі здійснення різних дослідів, горіх поміщається між пластинами. За допомогою механізму, верхня пластина наближається до нижньої подрібнюючи горіх. Одночасно індикатор вказує на деформацію в процесі дроблення волоських горіхів [6].

В таблиці 1 представлені зміни фізико-механічних властивостей в процесі сушіння шкаралупи горіхів.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості шкаралупи волоського горіха в процесі його термічної обробки

Вологість, W, %	Щільність, ρ , кг/м ³	Опір розриву, $\sigma_r \cdot 10^{-6} Pa$	Відносна деформація, ϵ , %	Модуль пружності, $E \cdot 10^{-8} Pa$
10	720	70,1-70,7	9,0-9,8	8,66-8,65
15	800	65,2-65,7	12,0-12,4	6,10-6,00
20	820	58,3-58,7	15,0-15,6	4,57-4,47
25	860	45,6-45,8	18,0-19,0	3,16-3,00

Аналізуючи значення в таблиці 1 спостерігається, що з підвищенням вологості опір розриву і модуль еластичності зменшується, а відносна деформація збільшується [6]. При 15% вологості горіха опір розриву і модуль еластичності становили близько 65,2 і 6,1 МПа, а відносна деформація становила близько 12,0%. Крім того, було встановлено, що при підвищенні вологості горіха, збільшується відповідно і щільність його шкаралупи. Таким чином, при 10% вологості щільність шкаралупи становить 720 кг/м³ а при 25% вологості – 860 кг/м³.

На рис. 2 представлені діаграми стиснення шкаралупи при різній вологості: 10, 15, 20 і 25%.

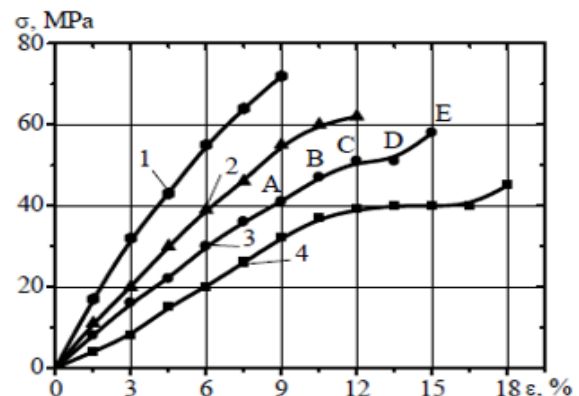


Рис. 2. Діаграми стиснення шкаралупи при різних вологостях:

1 – 10%; 2 – 15%, 3 – 20% і 4 – 25%

Методика здійснення дослідів полягає в тому, що з шкаралупи горіха було вирізано частинку, яка була поміщена між пластинами,



які представлені на рис. 1 [6]. Реєстрація деформації цього зразка шкаралупи в процесі стиснення проводилось також за допомогою індикатора типу ІС – 10. Значення напружень були визначені шляхом розподілення зазначеної сили обладнання при площі поперечного перерізу зразка дослідженої шкаралупи.

Досліджуючи сектори і характерні точки діаграми стиснення (рис. 2) можна визначити, що на початку до певної величини стиснення має місце пропорційне співвідношення між стисненням зразка і сили. Дане співвідношення виражається прямою АО. На цьому етапі стиснення діє закон Гука.

Точка В на діаграмі відповідає максимальному значенні сили для якої зразок продукту, при розрядженні, ще не отримує залишкову деформацію. Після точки А при подальшому стисненні зразка, крива стиснення стає криволінійною і плавно піднімається до точки С де спостерігається перехід до горизонтального сектора CD. Цей процес деформації названий потоком матеріалу, що супроводжений залишковим стисненням (пластиковим), яке не зникає після розряду. Точка Е відповідає максимальним зусиллям, для яких може бути підібраний зразком. Тиск який відповідає максимальній силі представляє силу розриву σ_r .

Аналізуючи діаграми стиснення можемо зазначити, що горіхи в сухому стані можуть бути віднесені до еластично-крихких матеріалів, а у вологому стані більше 15% – до еластично-пластичних. Дана особливість зумовлена тим що саме при вологості 15% з'являється горизонтальний сектор CD, характерний для пластичних матеріалів. Беручи до уваги встановлені міркування, можна сформулювати теорію крихкого або пластичного розриву.

На рис. 3 представлено варіацію опору та модуль розриву шкаралупи горіха залежності від його вологості.

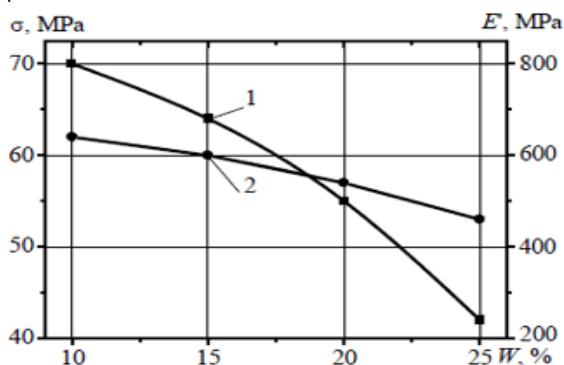


Рис. 3. Зміна опору розриву σ_r (1) і модуля пружності E' (2) шкаралупи волоських горіхів залежно від вологості W: $\sigma = 65,16 \cdot 1,23 \cdot e^{w/10,58}$; $E = 1104,84 - 155,74 \cdot e^{w/14,60}$

Дані, отримані в процесі здійснення досліду для опору розриву і еластичного модуля при стисканні можуть мати в багатьох випадках порівнянні різні цінності. Це пояснюється тим, що показники залежать від факторів, які в різних ситуаціях можуть бути різними. Один з найважливіших факторів, які визначають значення опору розриву і еластичного модуля при стисканні горіха можуть бути структурні дефекти, як наприклад мікротріщини.

Досліджувані процеси та обладнання дозволяють стверджувати доцільність проведення попереднього луцення (для утворення мікротріщин) волоського горіха на розробленому обладнанні із використанням окремого вібропривода дебалансного типу [5] рис. 4.

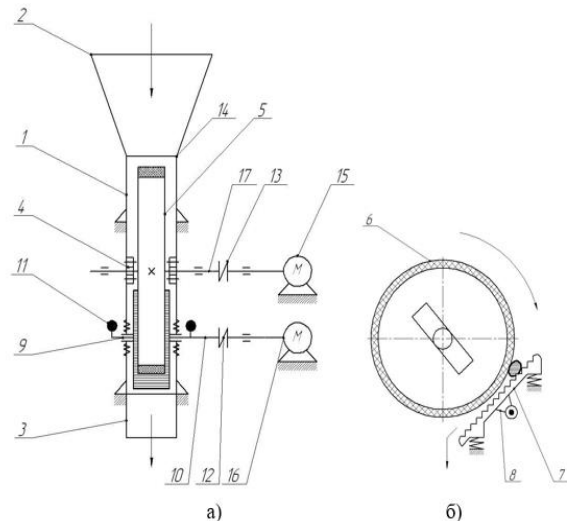


Рис. 4, а) – принципова схема вібраційного обладнання для луцення волоського горіха з окремим дебалансним віброприводом, б) – робочі органи обладнання: 1 – корпус; 2 – завантажувальний бункер; 3 – розвантажувальна горловина; 4 – варіативний механізм; 5 – дробильне колесо; 6 – гумове покриття; 7 – підпружинене рифлене деко; 8 – опори; 9 – підшипникові вузли; 10 – приводний вал; 11 – дебаланси; 12, 13 – еластичні муфти; 14 – шиберна заслінка, 15, 16 – електродвигуни; 17 – приводний вал дробильного колеса

На рисунку 5 представлено модифікацію вібраційного обладнання із кінематичним віброзбуджувачем [5, 7]. Недоліком даної машини являється довготривале та не зручне налаштування технологічних та конструктивних параметрів обладнання.

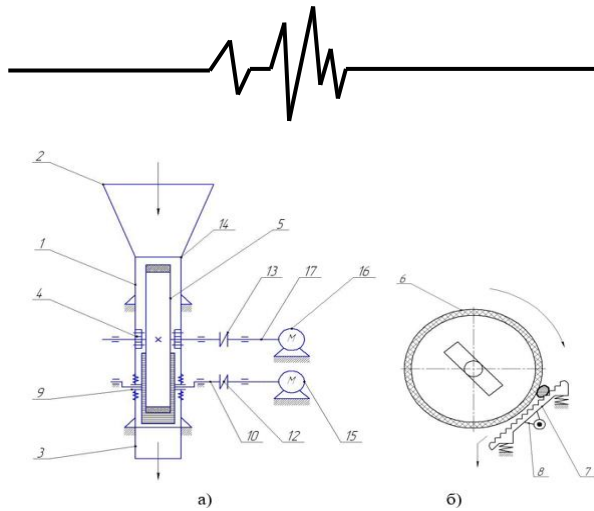


Рис. 5, а) – принципова схема вібраційного обладнання для лущення волоського горіха з кінематичним віброприводом, б) – робочі органи обладнання: 1 – корпус; 2 – завантажувальний бункер; 3 – розвантажувальна горловина; 4 – варіативний механізм; 5 – дробильне колесо; 6 – гумове покриття; 7 – підпружинене рифлене деко; 8 – опори; 9, 11 – підшипникові вузли; 10 – кінематичний вібробудувач; 12, 13 – еластичні муфти; 14 – шиберна заслінка, 15, 16 – електродвигуни; 17 – приводний вал дробильного колеса

Фізико-механічні властивості, які були визначені в дослідженнях, це вологість і щільність горіха. Після збирання врожаю, зважувалось 200 г волоських горіхів. Після їхнього дроблення окремо зважувались їх компоненти. Таким чином, маса шкаралупи становила 120 г, що складає 60% від маси горіхів, маса ядер – 77 г, що становить 38,5% і маса серцевин – 7 г – 1,5%. Початковий вміст вологості компонентів був визначений завдяки методу сушіння до константної маси [6].

Таким чином, в результаті розрахунків були отримані наступні дані: вологість шкаралупи становила 35%, вологість ядра – 27% і вологість серцевини – 25%.

На рис. 6. представлені графічні кореляції між щільністю і вологістю компонентів горіха.

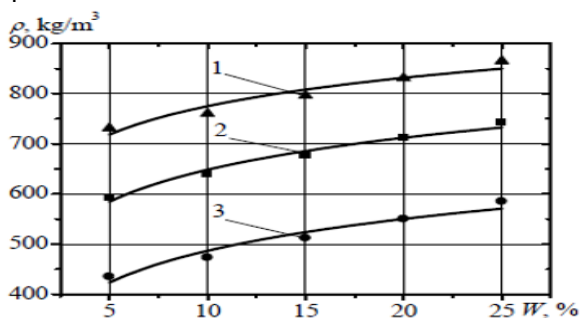


Рис. 6. Варіація щільності компонентів горіха в залежності від вологості: 1 – шкаралупа; 2 – ядро; 3 – серцевина: $\rho = 587,23 + 81,56 \cdot \ln W$; $\rho = 436,55 + 91,85 \cdot \ln W$; $\rho = 275,91 + 91,56 \cdot \ln W$

Також було обчислено щільність компонентів горіха до і після сушіння. Щільність шкаралупи до і після сушіння склали відповідно 860 і 720 кг/м³, щільність ядра 740 і 595 кг/м³ і щільність серцевини – 590 і 440 кг/м³. Як ми бачимо з розрахованих зазначень щільність шкаралупи і ядра не відрізняються дуже сильно.

Велике значення при розрахунках споживання енергії в процесі дроблення горіхів має коефіцієнт тертя. В результаті здійснення розрахунків коефіцієнта тертя між шкаралупою і сталі 45 з шорсткістю $R_z = 1,25$ становило $f = 0,6$.

Висновок. Отримані структурно-механічні характеристики волоських горіхів, які в процесі переробки мають вагомим значенням для визначення технологічних параметрів, зокрема при виявленні спожитої енергії дробильної установки. Доведено доцільність проведення попереднього лущення горіхів з метою отримання мікротріщин. Запропоновано конструкцію обладнання для реалізації досліджуваного процесу.

Список використаних джерел

1. Сатіна Г. М. Потенціал промислового виробництва грецьких горіхів в Україні та шляхи його ефективного використання : Автореф. дис. канд. екон. наук : 08.07.02 / Г. М. Сатіна; Нац. наук. центр «Ін-т аграр. економіки» УААН. – К., 2005. – 19 с.

2. Сатіна Г. М. Формування внутрішнього і зовнішнього ринку волоських горіхів // Матеріали шостих річних зборів Всеукраїнського конгресу вчених економістів-аграрників. – Київ: ННЦ ІАЕ, 2004. – С. 299 – 303.

3. Шестопаль О.М., Сатіна Г.М. Природно-економічні передумови промислового вирощування горіха грецького в Україні // Зб. наук. праць Луганського державного аграрного університету. – Луганськ: Вид-во «Елтон», 2002. – №14 (26). – С. 392 – 396.

4. Сатіна Г.М. Питання організації виробництва волоського горіха в господарствах населення // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: ПП «Ірена», 2002. – Вип. 51 – С. 111 – 113.

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

6. 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.

7. Пат. КМ 91325 Україна. Вібраційне обладнання для лушення волоських горіхів. Опубл. 25.06.2014.

References

1. Satina H.M. (2005). Potentsial promysloвого vyrobnytstva hrets'kykh horikhiv v Ukraini ta shliakhy yoho efektyvnoho vykorystannia. *Avtoref. dys. kand. ekon. nauk : 08.07.02. Nats. nauk. tsentr «In-t ahrar. Ekonomiky» UAAN.* Kyiv [in Ukraine].

2. Satina H.M. (2004). Formuvannia vnutrishnoho i zovnishnoho rynku volos'kykh horikhiv. *Materialy shostykh richnykh zboriv Vseukrains'koho konhresu vchenykh ekonomistiv-ahraryiv.* Kyiv [in Ukraine].

3. Shestopal O.M., Satina H.M. (2002). Pryrodno-ekonomichni peredumovy promysloвого vyroshchuvannia horikha hrets'koho v Ukraini. *Zb. nauk. prats Luhanskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu.* Lugansk [in Ukraine].

4. Satina H.M. (2002). Pytannia orhanizatsii vyrobnytstva volos'koho horikha v hospodarstvakh naselennia. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarnoho universytetu.* Kyiv [in Ukraine].

5. Yanovych V.P. (2015). Obgruntuvannia tekhnologii ta obladnannia dlia pererobky volos'kykh horikhiv. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnyts'koho natsionalnoho ahrarnoho universytetu, seriia tekhnichni nauky.* Vinnytsia [in Ukraine].

6. Yanovych V.P., Honcharuk I.V. [ta in.]. (2018). Rozrobka kompleksu tekhnolohichnykh mashyn dlia hlybokoi pererobky volos'koho horikha. *Zvit pro naukovo-doslidnu robotu № derzhreiestratsii 0118U001421, Vinnytskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet.* Vinnytsia [in Ukraine].

7. Pat. КМ 91325 Ukraina. (2017). Vibratsiine obladnannia dlia lushchennia volos'kykh horikhiv. Opubl. 25.06.2014. [in Ukraine].

ОРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СКОРЛУПЫ ВОЛОШСКИХ ОРЕХОВ

Приведенная информация о выращивании и переработке грецкого ореха в Европе и Украине. Установлено актуальность реализации лушенных, максимально сохранившихся плодов волошского ореха.

На основе проведенных исследований, определены физико-механические свойства скорлупы волошского. Найденные рациональные энергетические показатели процесса шелушения ореха при максимальном сохранении плода.

Предложено использование разработанного оборудования для предварительного лушения ореха с целью получения микротрещин.

Ключевые слова: процесс деформации, процесс дробления, влажность, микротрещины, вибропривод, сушка, плотность.

DETERMINATION OF PHYSICAL-MECHANICAL PARAMETERS OF WALNUTS

The information about growing and processing of walnut in Europe and Ukraine is given. The actuality of the implementation of peeling, maximally preserved nuts is established.

Based on the conducted research, the physical and mechanical properties of walnut shell are determined. The rational energy indices of the peeling process are found at maximum preservation of the fetus.

The use of the developed equipment for preliminary peeling of the walnut in order to get microcracks is proposed.

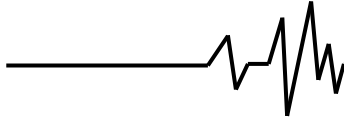
Keywords: deformation process, crushing process, moisture, microcracks, vibration drive, drying, density.

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.

Твердохліб Ігор Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету: м. Вінниця, вул. Сонячна 3, ВНАУ, 21008, e-mail: igor_tverdokhlib@yahoo.com.

Полевода Юрій Алікович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств



Винницького національного аграрного університета г. Винница, ул. Солнечная 3, ВНАУ, 21008, e-mail: vinyura36@gmail.com.

Твердохлеб Игорь Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин и охраны труда Винницкого национального аграрного университета: г. Винница, ул. Солнечная 3, ВНАУ, 21008, e-mail: igor_tverdokhlib@yahoo.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: Vinnitsia, st. Sonyachna 3, VNAU, 21008, e-mail: vinyura36@gmail.com.

Tverdokhlib Igor – candidate of technical sciences, associate professor of the department of general technical disciplines and occupational safety, Vinnytsia National Agrarian University: Vinniytsia, st. Sonyachna 3, VNAU, 21008, e-mail: igor_tverdokhlib@yahoo.com.