

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІБРАЦІЙНОГО ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА

О.А. Дениско, здобувач*
А.І. Ткачук, кандидат технічних наук

Встановлені залежності показників технологічного процесу вібраційного лущення зерна гречки від параметрів лущильної машини і вологості зерна. Підтверджена перспективність використання вібраційного лущення зерна плівчастих культур, що знижує втрати зерна і питомі витрати енергії.

Дискова лущильна машина вібраційної дії, експериментальні дослідження, показники лущення зерна, енергоємність.

Постановка проблеми. Існує багато способів і машин для лущення зерна під час переробки його на крупи. У спеціальній літературі розглянуті дослідження та методи розрахунку дискових лущильних машин традиційної конструкції з обертальним і нерухомим робочими дисками [1]. Проте вони за техніко-економічними показниками не повністю відповідають сучасним вимогам виробництва, зокрема, за витратами ресурсів (сировини, енергетичних, економічних). Використання робочих дисків із сталим зазором між ними сприяє вільному проходіві через робочу зону дрібних зерен і викликає надмірні динамічні навантаження крупного зерна та його здрібнення. Аналіз досліджень ротаційних робочих органів традиційних лущильних машин показав [2], що вони не відповідають вимогам якості виконання технологічного процесу, вихід крупи-ядриці занижений, завищені втрати зерна та енергії, мала продуктивність тощо.

Аналіз останніх досліджень. Перспективною є лущильна дискова машина вібраційної дії, в якій вібраційний диск здійснює вимушені вібрації відносно обертального диска, зерна між дисками циклічно деформуються [3]. При раціональних параметрах процесу динамічні деформації стиску і зсуву обумовлюють втоплення оболонки зерен, руйнівні навантаження яких менші навантажень ядер, що супроводить до збільшення виходу цілого ядра.

В даний час технологія вібраційного лущення зерна не перевірена на практиці. Відсутність експериментальних даних не дає можливості встановити оптимальні параметри і режими роботи лущильних машин даного типу під час їх створення та експлуатації, що суттєво знижує ефективність їх застосування.

*Науковий керівник – кандидат технічних наук О.В. Дацишин

© О.А. Дениско, А.І. Ткачук, 2012

Мета досліджень. Встановити залежності якісних показників та енергоємності процесу луцення від параметрів вібрації коливного диска, кутової швидкості обертального диска та вологості зерна.

Результати досліджень. Програма експериментів включала визначення ефективності вібраційного луцення зерна гречки при різних динамічних і кінематичних параметрах та режимах роботи, пропускної спроможності і питомої енергоємності робочого процесу та обґрунтування раціональних параметрів удосконаленої луцильної машини. Для оцінки процесу луцення зерна використовували загальноприйняті критерії [1]: узагальнений коефіцієнт технологічної ефективності луцильної машини $E_{\text{л}}$, коефіцієнти луцення $K_{\text{л}}$, цілісності ядра $K_{\text{цй}}$:

$$E_{\text{л}} = K_{\text{л}} K_{\text{цй}}, \quad K_{\text{л}} = (Z_1 - Z_2) / Z_1, \quad K_{\text{цй}} = \Delta k / (\Delta k + \Delta d + \Delta m), \quad (1)$$

питомі витрати енергії q і пропускну спроможність машини Q :

$$q = W / G, \quad Q = G / \tau, \quad (2)$$

де Z_1, Z_2 – вміст в зерні нелущених зернин на вході та на виході із машини; $\Delta k, \Delta d$ – кількість цілого і подрібненого зерна, отриманого в процесі луцення; Δm – кількість борошненця отриманого в процесі луцення; W, G – витрати енергії ($\text{кВт}\cdot\text{год}$) і маса переробленого зерна (кг) за час проведення експерименту τ (с).

Експериментальні дослідження проводились на установці (рис.1 і 2) із теоретично обґрунтованими динамічними параметрами підвіски вібраційного диска за схемою монтажу робочих органів (рис. 2) [4, 5], а також для варіанту монтажу з нерухомим верхнім і обертальним нижнім дисками (традиційна машина).

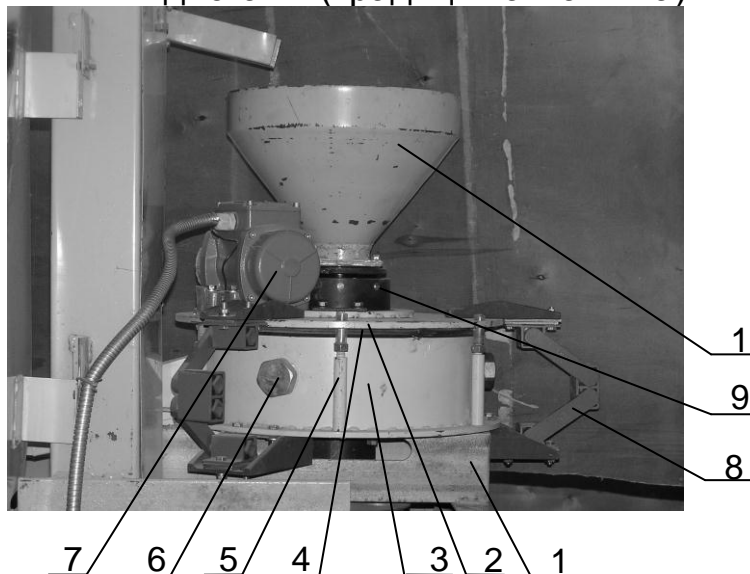


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки: 1 – рама; 2 – осцилююча частина; 3 – основа; 4 – еластичний рукав; 5 – обмежувач коливань; 6 – заглушка; 7 – вібратор; 8 – пружна опора; 9 – регулювальна гайка; 10 – бункер.

Методика експериментів включала попереднє сортування гречки на шість фракцій, установку вантажів мотор-вібраторів, зазору між дисками, гідротермічну обробку зерна та визначення вологості, луцення зерна з одночасним зняттям показників ватметра, визначення показників якості луценого зерна та продуктивності машини. Досліди проводились таким чином, що зміні піддавався лише один основний фактор, а всі інші залишались сталими в межах, в яких їх вплив на показники луцення були найменшими.

Масові частки цілого Δk і подрібненого ядра Δd , борошенця Δm і лузги Δm_n визначались ситовим аналізом на усталених режимах роботи машини із зразків луценого зерна масою $m_{\text{зразку}} \geq 200 \text{ г}$. Результати експериментів оброблялись за допомогою вбудованих статистичних функцій програми MathCad 14.0 та Statistica 5.0.

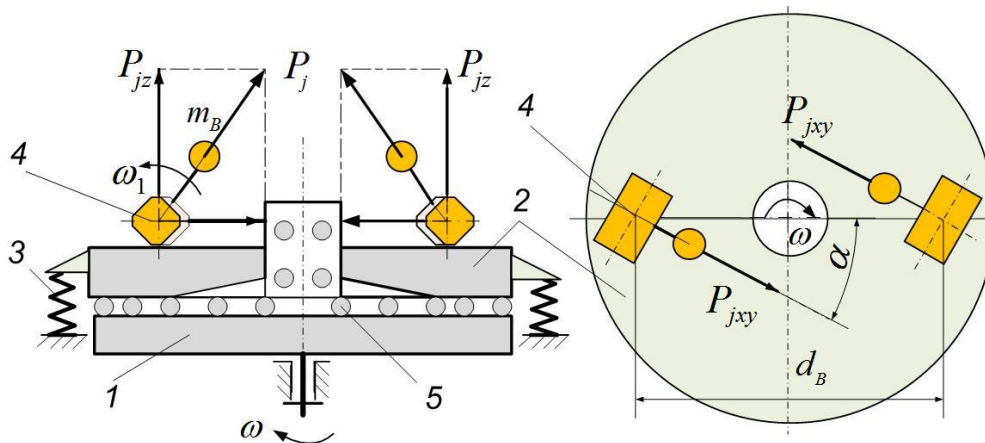


Рис. 2. Схема установки: 1 – обертальний диск; 2 – осцилюючий диск; 3 – пружна опора; 4 – вібратор; 5 – зерно.

При проведенні дослідів були використані такі прилади та обладнання: комплект вимірювальний К505 класу точності 0,5 для вимірювання споживаної потужності електропривода луцильної машини, лабораторні ваги ВЛТК-500 із точністю вимірювання 0,01 г для зважування наважок зерна та вологомір Supertech GM2500 Ver2.5 Датської фірми “Supertech Agroline” для поточного контролю вологості перероблюваної сировини під час проведення дослідів.

Амплітуда збурювальної сили P_j виразили залежністю:

$$P_j = A_p P_m, \quad (3)$$

де $A_p = \Delta_B / \pi$ – відносна амплітуда збурювальної сили, яку змінювали регульовальним пристроєм вібратора в межах 0 – 0,9 з кроком 0,3 (Δ – кут відносного розміщення секторних вантажів вібратора); P_m – максимальна сила інерції (брали з технічної

характеристики вібраторів: 180; 360Н). Кут дії збурювальної сили α змінювали в межах $0 - \pi/2$ з кроком $\pi/6$ закріпленням вібраторів в площині вібраційного диска, кутову швидкість ω обертового диска змінювали ступеневою клинопасовою передачею в межах 15–45 рад/с.

Для експериментів відбирались наважки зерна згідно ГОСТ 13586.3-83 та ГОСТ 10852-86 у ПП «Хоменко» с. Конела Жашківського району Черкаської обл. Зерно гречки мало такі показники: – вихідна вологість 12,4 %, маса 1000 зернин – 21,1 г, вміст зернової домішки – 3%, сміттевої – 3,5, в тому числі мінеральної – 0,013, вміст битих зерен – 0,6%. Вологість зерна встановлювали основним стандартним методом згідно ГОСТу 13586.5-85, суть якого полягає у визначенні масової частки води в зерні при висушуванні подрібненої наважки в повітряно-тепловій шафі при фіксованих значеннях температури і часу сушіння та експрес методом за допомогою вологоміра Supertech 2500 згідно методик [6]. Змінювали вологість зерна B межах 16 – 22% з кроком 2% зволоженням і сушінням в машині для термообробки зерна МТЗ-1 Київського заводу "Токмак". Лушили зерно при різних фіксованих значеннях параметрів A_p , α , ω , B і P_m при незмінних частоті вібратора $\omega_1 = 157 \text{ рад/с}$.

Визначили показники процесу луцення (1), (2) при циклічних нормальних коливаннях, які виникають при параметрах $A_p \neq 0$, $\alpha = 0$, (момент сил інерції вібраторів відносно вертикальної осі $P_{jy} \cdot d_B \sin \alpha = 0$) і одночасних нормальних і крутих коливаннях вібраційного диска ($A_p \neq 0$, $\alpha \neq 0$). При сумісних вертикальних і крутих коливаннях диска лушили зерно при вологості $B = 20\%$, яка була підібрана в експерименті за показниками якості луцення при циклічних нормальних коливаннях. За даними експериментів побудовані графіки залежностей $K_{\text{л}}$, $K_{\text{ця}}$, $E_{\text{л}}$, Q і q від варійованих параметрів машини (рис. 2 – рис. 6).

Максимальне значення $K_{\text{л}} = 0,825$ отримано при параметрах: $B = 22\%$, $\omega = 45$, $\omega_1 = 157 \text{ рад/с}$, $\alpha = 0$, $Q = 0,045 \text{ кг/с}$. З наведених графіків видно, що при циклічному навантаженні стиском зі збільшенням амплітуди збурювальної сили A_p до 0,8 збільшується коефіцієнт луцення $K_{\text{л}}$ приблизно в два рази, приріст від зміни вологості зерна практично сталий і склав близько 25%.

Із графіка (рис.4, а) видно, що коефіцієнт цілісності ядра $K_{\text{ця}}$ зменшується при збільшенні амплітуди збурювальної сили A_p і зростає при збільшенні вологості B . Інтенсивність зростання $K_{\text{ця}}$ при перевищенні вологості $B > 20\%$ суттєво знижується, тому нема підстави її збільшувати.

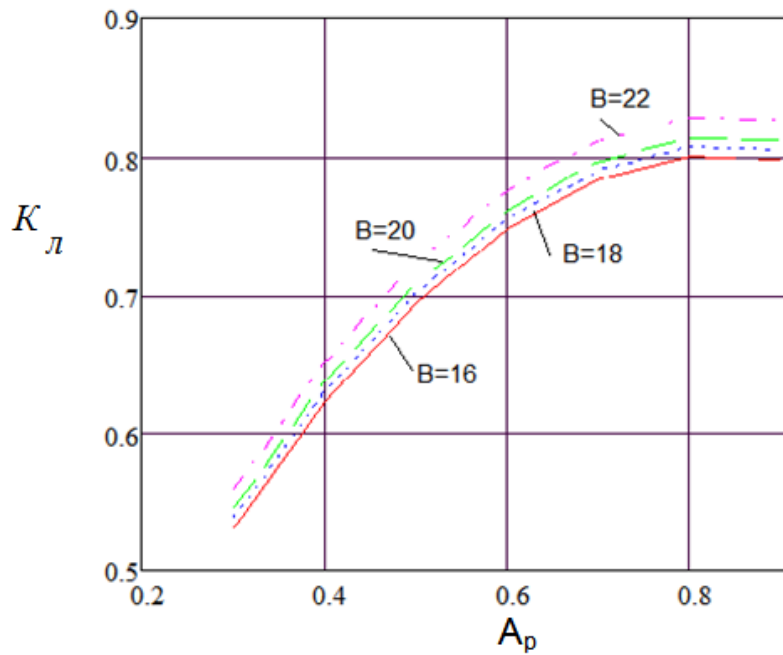


Рис. 3. Залежність коефіцієнта луцення K_L від амплітуди збурювальної сили A_p при різній вологості зерна: $\omega = 45 \text{ рад/с}$, $\omega_1 = 157 \text{ рад/с}$, $\alpha = 0$, $Q = 0,045 \text{ кг/с}$.

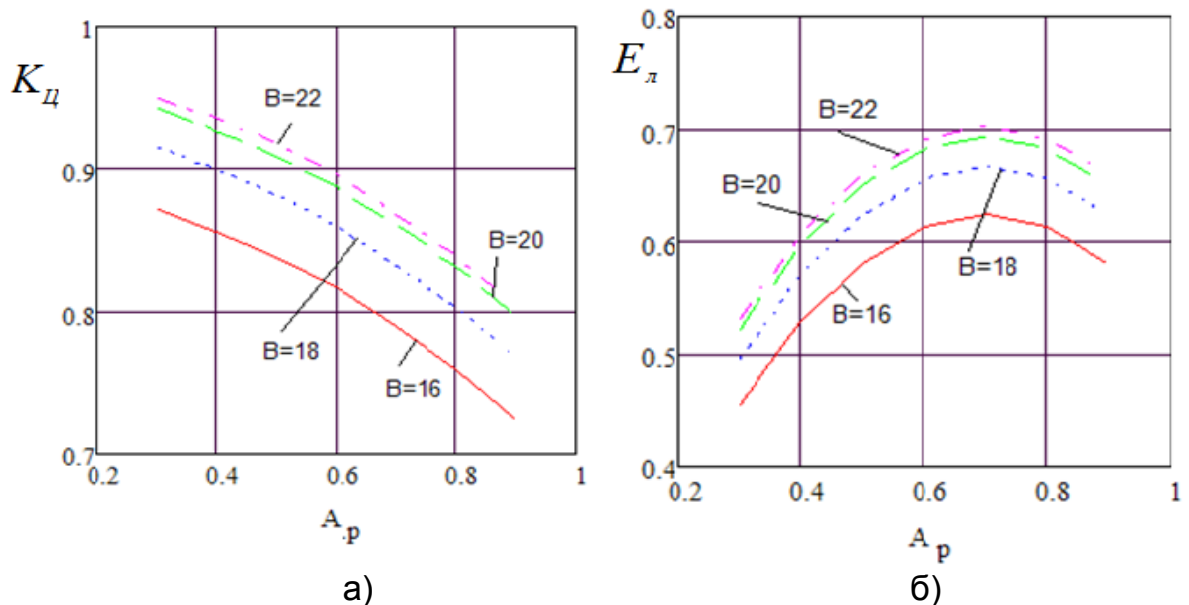


Рис. 4. Залежності коефіцієнтів цілісності ядра $K_{ця}$ (а) і ефективності луцення E_L (б) від амплітуди збурювальної сили A_p при різній вологості ядра: $\omega = 45 \text{ рад/с}$, $\omega_1 = 157 \text{ рад/с}$, $\alpha = 0$, $Q = 0,045 \text{ кг/с}$.

Найбільш інформативним є коефіцієнт ефективності луцення E_L (рис.4,б), який віддзеркалює вплив вібраційного навантаження і вологості на вихід лущеного зерна із максимальним вмістом цілого ядра.

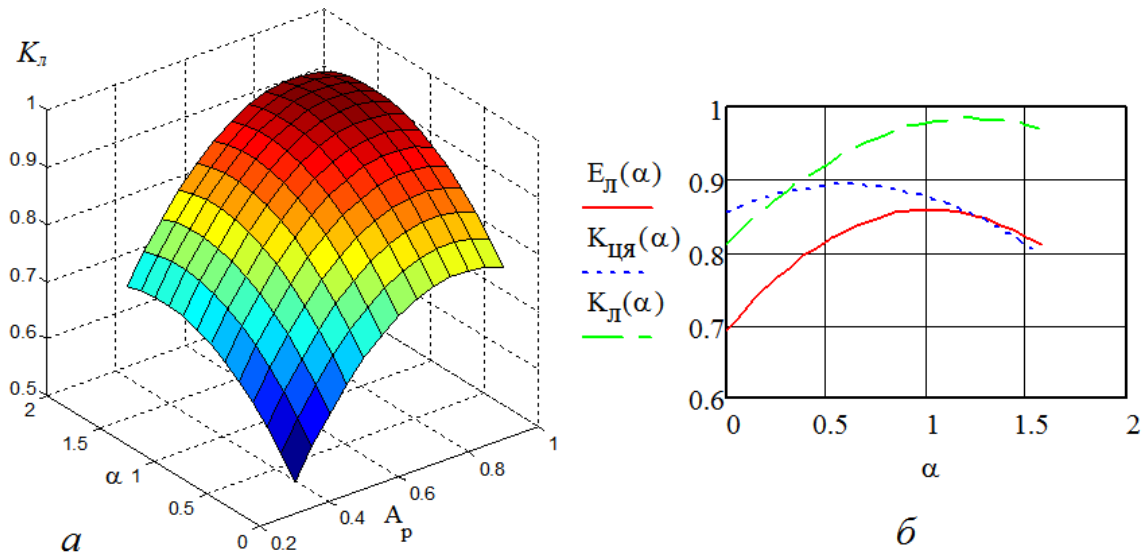


Рис. 5. Залежності коефіцієнтів $K_{\dot{E}}$, $K_{\dot{O}\beta}$, $\dot{A}_{\dot{E}}$ від кута установки α при оптимальному значенні амплітуди збурювальної сили: $A_p = 0,70$, $\omega = 45 \text{ рад/с}$, $\omega_1 = 157 \text{ рад/с}$, $\hat{A} = 20\%$, $Q = 0,045$.

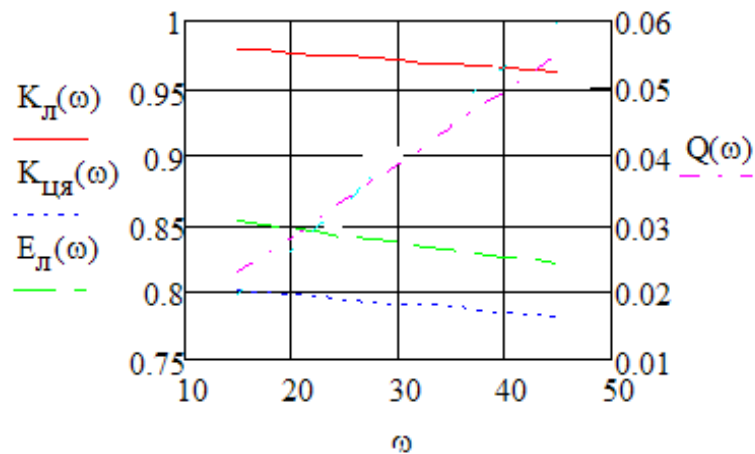


Рис. 6. Залежності коефіцієнтів K_L , K_{LIA} , E_L і продуктивності машини Q , (кг/с) від швидкості обертального диска ω (рад/с) при раціональних параметрах: $B = 20\%$, $\alpha = 1 \text{ рад}$.

Позитивно впливають на показники луцення кутові коливання осцилюючого диска (рис.5). Вони виникають при $0 \leq \alpha \leq \pi$ і породжують в стичних точках зерна з дисками змінні дотичні навантаження.

В межах зміни кута α від 0 до $\pi/2$, ці навантаження підвищують коефіцієнт луцення (рис.4, а), який досягає максимального значення 0,97 при $\alpha \approx \pi/4$. При амплітуді $A_p = 0,7$ коефіцієнт цілісності ядра K_{LIA} зростає до максимального значення

0,89 при $\alpha \approx 0,52$, коефіцієнт ефективності луцення – до 0,85 при $\alpha \approx 1$ (рис. 4, б).

Залежність коефіцієнтів ефективності процесу луцення і пропускної спроможності машини (продуктивності) від частоти обертального диска при вибраних з попередніх дослідів раціональних параметрах і режимів навантаження, подано у вигляді графіків на рис. 6.

Із залежностей $K_{\text{л}}$, $K_{\text{ця}}$, $E_{\text{л}}$ видно, що зменшення швидкості обертального диска призводить до незначного монотонного зростання показників технологічної ефективності луцення (приблизно на 3%) і до суттєвого зниження пропускної спроможності, що потрібно враховувати при проектуванні луцильної машини. Не доцільно вибирати швидкість обертального диска нижче 29-30 рад/с при нижній допустимій межі пропускної спроможності $Q - 0,04$ кг/с.

Експериментальні дослідження енергоємності процесу луцення від швидкості обертального диска показали, що при верхній допустимій межі пропускної спроможності $Q - 0,06$ кг/с і коефіцієнті ефективності луцення зерна $E_{\text{л}} = 0,825$, машина вібраційної дії відповідає сучасним вимогам за критерієм енергоємності, максимальна енергоємність складає 1,027 кВт·год/т (рис. 7).

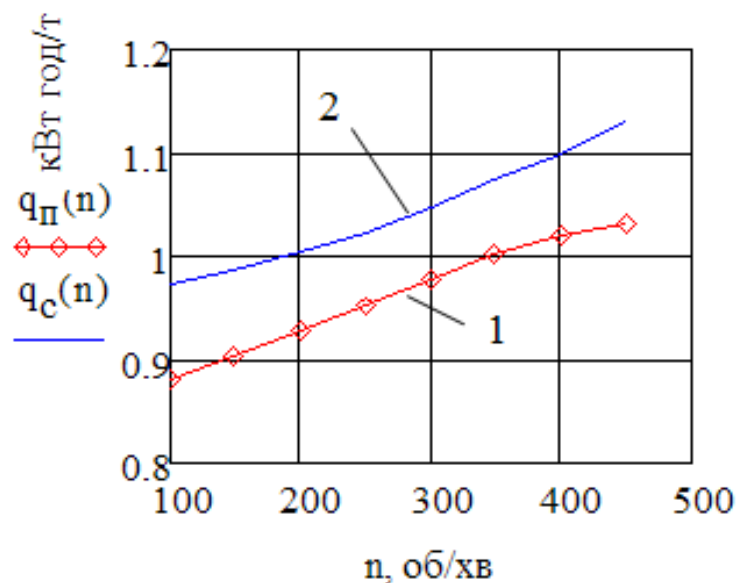


Рис. 7. Питомі витрати енергії: 1 – в машині вібраційної дії; 2 – серійній машині.

Енергоємність процесу луцення зерна машиною вібраційної дії менша від енергоємності серійної машини з пропускною спроможністю 0,027 кг/с і коефіцієнтом ефективності луцення 0,53 приблизно на 13 %.

Висновок. Аналіз експериментів показав, що максимальна величина коефіцієнта ефективності луцення забезпечується при сумісній дії нормальних і крутих коливань вібраційного диска з амплітудою збурювальної сили 0,70 від максимальної, напрямку дії збурювальної сили в площині диска під кутом приблизно 1 рад, частоті вібратора 157, кутовій швидкості обертального диска 30-45 рад/с і вологості зерна 18-20%, які є раціональними.

Список літератури

1. Гинзбург М.Е. Технология крупяного производства / М.Е. Гинзбург. – М.: Колос, 1981. – 256 с.
2. Дацишин О.В. Вибір пріоритетних напрямків дослідження для обґрунтування ресурсозберігаючого процесу переробки круп'яних культур/ О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, О. А. Ткачук // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – Вип. 9, т. 1. – С. 75–86.
3. Універсальний луцильний постав. Патент на корисну модель №41495 UA / Дацишин О.В., Ткачук О.А. Ткачук А.І. ; Заявлено 17.12.2008, Опубл. 25.05.2009, Бюл.№10, 2009р.
4. Ткачук А.І. Експериментальна установка для досліджень вібраційного луцення зерна / А.І. Ткачук, О.А. Дениско // Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 274–280.
5. Ткачук А.І. Параметрична оптимізація дискової луцильної машини з віброактивним диском / А.І. Ткачук, О.А. Дениско // Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 252–258.
6. Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна / Е.Д. Казаков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.

Установлены зависимости показателей вибрационного шелушения зерна гречихи от параметров луцильных машины и влажности зерна. Подтверждена перспективность использования вибрационного шелушения зерна пленчатых культур, что снижает потери зерна и удельные затраты энергии.

Дисковая шелушильная машина вибрационного воздействия, экспериментальные исследования, показатели шелушения зерна, энергоемкость.

Dependences indicators vibration shelling buckwheat on parameters hulling equipment and grain moisture. Confirmed promise of vibration peeling hulled grain crops, which reduces grain loss and unit cost of energy.

Shelling disk machine vibratory action, experimental studies, grain shelling performance, power consumption.