Відсутність досліджень в даній сфері, наукової літератури з новим обладнанням, яке суттєво відрізняється від застарілих форм і методів сприйняття, значно ускладнює процес і збільшує час на проведення необхідних дослідів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник по овощеводству. Под ред.В.А.Брызгалова. –Л.: Колос, 1971. –472с.
2. Довідник по овочівництву і баштанництву. Під ред. В.П. Голяна – К.: Урожай, 1981. – 295 с.
3. Г.А. Хайліс, та інші. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Навчальний посібник. – Луцьк, 1998.
4. Н.Ф. Сахарный. Курс теоретической механики. – Ярославль: Высшая школа, 1964.- 845 с.

УДК 631.361.43:664.788

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛУЩИЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

***Ф.Ю.Ялпачик**, кандидат технічних наук, доцент*
***Н.О.Фучаджи**, аспірант*
Таврійська державна агротехнічна академія

Постанова проблеми. У літературі відображено широкий спектр технічного вирішення питання зняття квіткової (плодової) оболонки із насіння круп'яних та олійних культур як самої технологічної операції, так і конструкції лущильних машин. Круп'яні культури настільки відрізняються між собою за анатомічною будовою, по міцності зв'язків оболонок з ядром, структурно-механічними властивостями, що для ефективного лущення кожної культури необхідно застосовувати певну механічну дію на зерно, яка викликає в плівках такі деформації, в результаті яких вони відокремлюються від ядра при мінімальному його пошкодженні [2, 4].

Аналіз останніх досліджень. Лущильні машини, за способом дії робочих органів на зерно (деформації, руйнуючі оболонки) розділяються на групи і підгрупи, які відрізняються різновидністю будови робочих органів і способом дії на зерно [1, 2].

До однієї з груп належать машини, в яких зерна лущаться з а допомогою удару, або бичами, що обертаються, відкидаючи зерно на тверду поверхню, в результаті чого відбувається руйнування оболонок, або, розганяючись за допомогою ротора, ударяється об нерухому чи рухому кільцеву обичайку [3]. До машин такого типу належать бичеві та відцентрові лущильні машини. Недоліками бичевої лущильної машини типу МРН є можливе повторне лущення (при другому ударі об деку); через залежності питомої роботи лущення від розміру насіння, машину не можна відрегулювати так, щоб лущилось все насіння, оскільки насічка на внутрішній поверхні деки створює неоднакові удари насіння об неї, наявність неупорядкованого руху насінин в машині, ненормоване число повторних ударів об деку та бичі (від 8 до 20), неоднакова сила удару бичів по насінинам, що визначає відносно низькі якісні показники її роботи і робить процес лущення не керованим. У зв'язку з вказаними недоліками ведеться пошук конструкцій бичевих лущильних машин із нормованим числом ударів.

Важливим фактором, що впливає на якість лущення відцентрових лущильних машин, є напрямок удару зернівки об деку. Експериментально встановлено, що найменше енергії витрачається на руйнування оболонки, при збереженні цілим ядра, при прямому ударі зернівки об деку.

В усіх розглянутих вище конструкціях машин енергія надається зерну до лущення, а лущення відбувається за рахунок удару попередньо прискореної зернівки о нерухомий робочий орган. Цей спосіб недостатньо ефективний, оскільки необхідно використання додаткових робочих органів, які надають енергію зерну, що призводить до збільшення метало- та енергоємності. Збільшення енергоємності також пов'язано із збільшенням енергії, що використовується на руйнування оболонки при забезпеченні цілісності ядра.

Постановка задачі. Метою цієї роботи є вдосконалення способу лущення зерна ударом, шляхом зниження часу лущення та зменшення дроблення та недолущення зерна, що забезпечує збільшення виходу цілого ядра та зниження виходу неолущеного, подрібненого зерна та борошенця, а також зниження енергоємності технологічного процесу.

Основна частина. Згідно з розробленим способом лущення зерна відбувається прямим ударом при його вільному падінні, а кінетичну енергію, що виникає при лущенні, спрямовують на видалення продуктів лущення.

При вільному падінні завжди можливе забезпечення прямого удару робочим органом, який обертається в площині перпендикулярній напрямку падіння, при цьому кінетичну енергію, яка виникає під час лущення, спрямовують на видалення продуктів лущення. Як наслідок, збільшується вихід цілого ядра та знижується вихід неолущеного, подрібненого зерна та борошенця. У зв'язку із реалізацією однократного прямого удару знижується енергоємність процесу лущення.

Розроблений спосіб реалізується наступним чином.

Попередньо очищене та гідротермічно оброблене зерно без сортування на фракції за розміром направляють на лущення. Лущення зерна відбувається в робочій зоні при вільному його падінні за рахунок однократного прямого удару, після чого продуктам лущення за рахунок відцентрового прискорення надається кінетична енергія, яку спрямовують на їх видалення.

Для реалізації запропонованого способу було розроблено пристрій, який має ряд переваг у порівнянні із машинами аналогічного типу.

При роботі відомих лущильного пристрою неможливе забезпечення постійного прямого удару робочого органа о зернівку, що призводить до збільшення енергії, яка необхідна для руйнування оболонки, при збереженні цілісності ядра, а це призводить до збільшення енергоємності пристрою. Саме через це було покладено задачу вдосконалення пристрою для лущення зерна прямим ударом шляхом зміни конструкції робочих органів, що дозволяє забезпечити постійність прямого удару, нормувати число ударів, знизити металоємність пристрою та, як наслідок, енергоємності процесу лущення.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для лущення зерна, що містить живильний бункер, корпус, розташований в його порожнині диск, який встановлено на валу. Згідно з винаходом, над диском встановлена струна, одним кінцем радіально

закріплена на валу, а іншим — у струноутримачі, який розташовано на периферії диску та відокремлено від живильного бункеру перегородкою, а живильний бункер виконано у вигляді двох конусів, звернених основами до диску.

Такі робочі органи дозволяють забезпечити постійність однократного прямого удару, а саме струна, що жорстко встановлена у площині, яка перпендикулярна площині падіння зерна. Енергія, яка виникає при попаданні продуктів лущення на диск, спрямовується на їх видалення. Внаслідок однократного прямого удару зменшується енергія, яка витрачається на руйнування оболонки, при збереженні цілого ядра, що призводить до зменшення енергоємності пристрою.

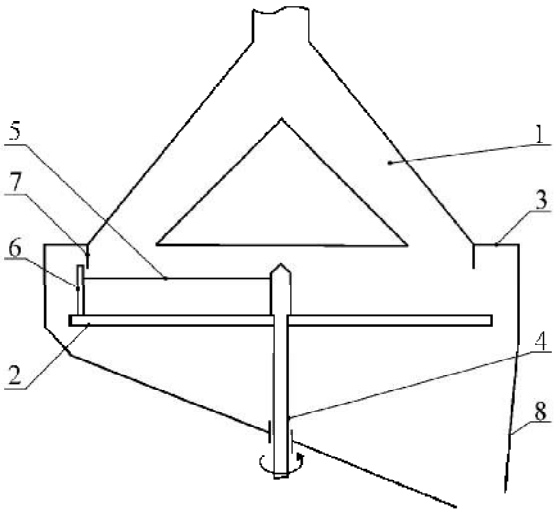

Рис. 1. Схема пристрою для лущення за допомогою удару

Як показано на рис. 1, пристрій для лущення зерна містить живильний бункер 1, який виконано у вигляді двох звернених основами до диску 2 конусів. Така конструкція живильного бункеру забезпечує подавання зерна до периферії диску 2, тим самим реалізується однократний прямий удар для всього зерна, що подається. Диск 2 розташовано в порожнині корпусу 3 та жорстко

закріплено в горизонтальному положенні на валу 4. Над диском 2 встановлена струна 5, одним кінцем радіально закріплена на валу 4, а іншим — у струноутримачі 6. Струноутримач 6 розташовано на периферії диску 2 та відокремлено від зовнішнього конусу живильного бункеру 1 перегородкою 7, яка перешкоджає виникненню ефекту молоткової дробарки. Продукти лущення видаляються за допомогою вихідного патрубку 8.

Пристрій працює таким чином.

Попередньо очищене та гідротермічно оброблене зерно без сортування на фракції за розміром надходить до живильного бункеру 1 та, проходячи по каналу, створеному двома конусами, попадає до робочої зони, яка створюється диском 2, закріпленим жорстко в горизонтальній площині на валу 4, та корпусом 3. Таке подавання забезпечує надходження зерна до периферії диску 2, тим самим реалізується однократний прямий удар струною 5 для всього зерна, що подається. Струна 5 обертається в площині перпендикулярній площині падіння зерна, що забезпечує постійність однократного прямого удару. Для забезпечення відсутності дроблення зерна струноутримач 6 розташовано на периферії диску 2 та відокремлено від живильного бункеру 1 перегородкою 7. Далі продуктам лущення за рахунок відцентрового прискорення, яке виникає при обертанні диску 2, надається кінетична енергія, яку спрямовують на їх видалення з зони лущення. Потім продукти лущення посипаються у зазор, який створюється диском 2 та корпусом 3, після чого попадають до вихідного патрубку 8 та направляються на подальшу переробку.

Конструкція бункерного пристрою передбачає невільне витікання зерна з бункеру. У нашому випадку бункерний пристрій містить у собі бункер та напрямний конус, призначення якого складається у спрямуванні зернового потоку до робочої зони лущильної машини.

Необхідно виявити вплив напрямного конусу на загальну продуктивність бункерного пристрою, що проектується. Це пов'язано із значним впливом розташування напрямного конусу відносно бункеру, кута нахилу утворюючої до горизонту та інших факторів, які спроможні спричинити зниження продуктивності бункерного пристрою навіть до повної його зупинки [6].

Розглянемо вплив напрямного конуса на продуктивність роботи бункерного пристрою та швидкість сходу зерна з напрямного конусу у момент його потрапляння до робочої зони лущильної машини.

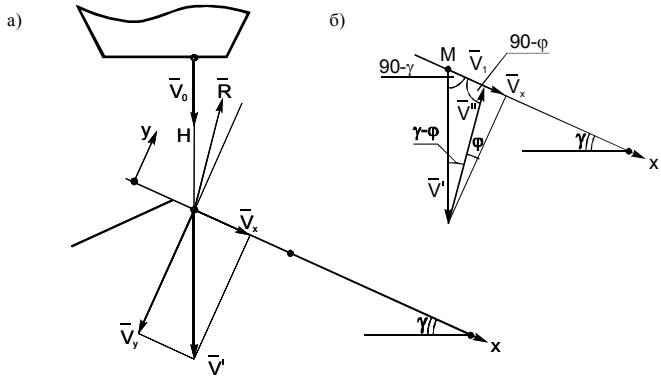

Рис. 2. До визначення швидкості зісковзування зерна по розподільчому конусу

а) – взаємне розташування бункера та розподільчого конусу;
б) – вектори швидкостей зернівок у момент падіння на похилу площину.

Використовуючи теорему про зміну кінетичної енергії

$$\frac{m \cdot V'^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2} = m \cdot g \cdot H \,, \qquad (1)$$

де m – маса зернівки;
V' – швидкість падіння зерна з бункера;
V_0 – швидкість витікання зерна з бункера;
H – висота падіння зерна з бункера на напрямний конус;
g – прискорення вільного падіння.

Визначимо швидкість падіння зерна з бункера

$$V' = \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot g \cdot H} \,. \qquad (2)$$

Проекціями швидкості V' на нерухомі вісі OX та OY, які пов'язані із похилою площиною напрямного конусу, є

$$V_x' = V' \cdot \sin\gamma, \tag{3}$$

$$V_y' = V' \cdot \cos\gamma. \tag{4}$$

Точка, на яку відбувається падіння зернівки A, має складову швидкості V_y', яка спрямовується донизу вздовж утворюючої напрямного конуса, у зв'язку з цим реакція $\overline{R}$ площини, яка виникає у момент удару, буде відхилена в бік від нормалі до площини на кут, який буде дорівнювати куту тертя о площину, та спрямована у зворотньому напрямку відносно швидкості сковзання.

Враховуючи вище викладене робимо висновок, що результативна швидкість сковзання у момент падіння зернівки на площину $\overline{V_1'}$ буде дорівнювати геометричній сумі двох складових швидкостей

$$\overline{V_1'} = \overline{V'} - \overline{V''}, \tag{5}$$

де $\overline{V''}$ — швидкість, яку втрачає зернівка у зв'язку із впливом реакції площини сковзання.

Виходячи з трикутника швидкостей та виразу (2) отримаємо

$$V_1 = \frac{\sin(\gamma - \varphi)}{\cos\varphi} \cdot \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot g \cdot H}. \tag{7}$$

Для визначення швидкості сковзання зернівки у функції пройденого нею шляху S використовуємо теорему про зміну кінетичної енергії

$$\frac{m \cdot V^2}{2} - \frac{m \cdot V_1^2}{2} = m \cdot g \cdot (\sin\gamma - f \cdot \cos\gamma) \cdot S, \tag{8}$$

звідси

$$V = \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \gamma)}{\cos\varphi} \cdot \left[\left(V_0^2 + 2 \cdot g \cdot H \right) \cdot \frac{\sin(\gamma - \varphi)}{\cos\varphi} + 2 \cdot g \cdot S \right]}. \tag{9}$$

Перейдемо до визначення товщини шару зерна h при сході з напрямного конуса. При розрахунку приймаємо припущення, що продуктивність бункеру є величина стала

$$q = F_0 \cdot V_0 = const\,, \qquad (10)$$

де F_0 – площа отвору бункеру;

V_0 – максимальна швидкість витікання зерна з бункера.

Товщина шару зерна у момент сходу потоку з напрямного конуса має прямуватися до товщини однієї зернівки, у наших розрахунках приймаємо за розрахунковий усереднений розмір зернівки.

Оскільки площа перетину напрямного конусу у його верхньому та нижньому перетині неоднакова, тоді, якщо подавання зерна на напрямний конус відбувається рівномірно по всій довжині перетину, то товщина шару буде дорівнювати

$$h = \frac{F}{\pi \cdot D}\,, \qquad (11)$$

де F – площа поперечного перетину потоку;

D – діаметр нижньої основи напрямного конусу.

Виходячи з (9), (10) та (11)

$$h = \frac{F_0 \cdot V_0}{\pi \cdot D} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{\sin(\gamma-\varphi)}{\cos\varphi} \cdot \left[\left(V_0^2 + 2 \cdot g \cdot H\right) \cdot \frac{\sin(\gamma-\varphi)}{\cos\varphi} + 2 \cdot g \cdot S\right]}}\,. \qquad (12)$$

З отриманого виразу можна зробити висновок, що вздовж шляху S, який проходе зернівка, товщина шару зерна зменшується. Тобто найбільшу товщину h_0 шар має у початковому перетині $S=0$, у точці, де відбувається первинний контакт зернового потоку з напрямним конусом.

$$h_0 = \frac{F_0 \cdot V_0 \cdot \cos\varphi}{\pi \cdot D \cdot \sin(\gamma - \varphi) \cdot \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot g \cdot H}}\,. \qquad (13)$$

Оскільки напрямний конус є допоміжним елементом у живильному вузлі, необхідною умовою є незалежна робота бункеру та напрямного конусу, а саме, напрямний конус має не обмежувати продуктивність бункеру. Найменша висота H розташування живильного бункеру над найвищою точкою напрямного конусу залежить від найбільшої товщини шару h_0.

З рисунку 3 видно, що при

$$H \geq \frac{d_Б}{tg(\gamma - \varphi)}, \qquad (14)$$

продуктивність живильного бункеру теоретично не пов'язана із продуктивністю напрямного конусу.

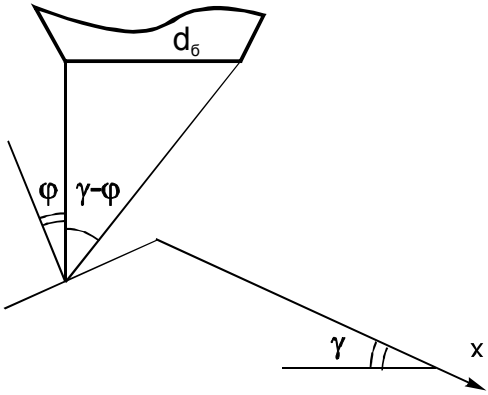

Рис. 3. До визначення найменшої висоти розташування бункеру

Виходячи з (10) та (13), продуктивність бункеру можна визначити за формулою

$$q = \frac{h_0 \cdot \pi \cdot D \cdot sin(\gamma - \varphi) \cdot \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot g \cdot H}}{cos\,\varphi}. \qquad (15)$$

При виконанні умови незалежної роботи бункеру та напрямного конусу та умови зниження габаритних розмірів (тобто металоємності) $H=min$

$$q = \frac{h_0 \cdot \pi \cdot D \cdot sin(\gamma - \varphi) \cdot \sqrt{V_0^2 + \frac{2 \cdot g \cdot d_Б}{tg(\gamma - \varphi)}}}{cos\,\varphi}. \qquad (16)$$

Виходячи з рисунку 3 та формули (14), бічна поверхня напрямного конусу буде дорівнювати

$$q = \frac{h_0 \cdot \pi \cdot D \cdot sin(\gamma - \varphi) \cdot \sqrt{V_0^2 + \frac{2 \cdot g \cdot d_Б}{tg(\gamma - \varphi)}}}{cos\,\varphi}. \qquad (17)$$

Висновки. Для покращання ефективності лущення зернової сировини та зниження енергоємності процесу розроблено спосіб для здійснення цієї технологічної операції, відповідно до якого розроблено пристрій, що забезпечує постійний прямий удар, що дозволяє знизити енергоємність процесу лущення, а також збільшити вихід цілого ядра та знизити вихід неолущеного, подрібненого зерна та борошенця.

Виявлено вплив напрямного конусу на загальну продуктивність бункерного пристрою, що пов'язано із розташуванням напрямного конусу відносно бункеру, кута нахилу утворюючої до горизонту та інших факторів, які спроможні спричинити зниження продуктивності бункерного пристрою навіть до повної його зупинки. Використовуючи умову незалежної роботи бункеру та напрямного конусу, запропоновано методику розрахунку конструкційних параметрів живильного вузлу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гринберг Е.Н. Шелушильно-шлифовальные машины крупяного производства. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 59 с.

2. Жислин Я.М. Технология и оборудование крупяного производства. – М.: Колос, 1966. – 263 с.

3. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел. 2-е перераб. и допол. изд. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 428 с.

4. Capital goods in oilseeds processing and grain milling industries / Sectoral Studies and Research of UNIDO. – Vienna: UNIDO, 1986. – IV. – 63 p.

5. Пат. №61505А Україна МПК7 Україна, B02B3/02. Спосіб лущення зерна та пристрій для його здійснення./ Ялпачик Ф.Ю., Фучаджи Н.О., Гвоздєв О.В. (Україна). – №2003021399; Заявлено 17.02.2003.; Опубл. 17.11.2003; Бюл.№11

6. Гячев Л.В. Основы теории бункеров и силосов: Учебное пособие / Алт. политехн. ин-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: Б. и, 1986. – 84 с.