

УДК 631.361.022

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БАРАБАНА ЖНИВАРКИ ЗА УМОВ ПЕРЕМІЩЕННЯ НИМ ЗЕРНОСОЛОМИСТОЇ МАСИ

В. О. Шейченко<sup>1</sup>, І. А. Дудніков<sup>2</sup>, А. Я. Кузьмич<sup>2</sup>, М. В. Шевчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полтавська державна аграрна академія, Україна.

<sup>2</sup>Національний науковий центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства", Україна.

Кореспонденція авторів: vsheychenko@ukr.net, dudnikovigor17@gmail.com, akuzmich75@gmail.com, shevchuk\_m2011@ukr.net.

Історія статті: отримано – вересень 2018, акцентовано – листопад 2018.

Бібл. 13, рис. 4, табл. 0.

**Анотація.** Розроблено моделі технологічного процесу переміщення зерносоломистої маси (ЗСМ). Встановлено залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, висоти упорів барабану та відстані між упором барабану і підбарабанням, а також залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери та зазору між бічною поверхнею барабану та бічною поверхнею підбарабання. Складено нові диференціальні рівняння руху ЗСМ спільно із упорами барабану пристрою попереднього обмолоту зерна та отримано залежності кутового переміщення та кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабану та підбарабанням. Встановлено залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструкційних та кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери.

**Ключові слова:** зернозбиральний комбайн, жниварка, пристрій попереднього обмолоту зерна, зерносоломиста маса.

виробництва зернових. Внаслідок взаємодії ЗСМ із пристроєм попереднього обмолоту жниварки відбувається відділення зерна із ЗСМ. За таких умов важливим є встановлення раціональних параметрів обладнання, яке складає систему попереднього обмолоту зерна. Відмічена система повинна уможливити підвищення рівня відділення зерна за умов мінімального його травмування. Відомо, попередньо вимолочене зерно осідає в нижній частині потоку технологічної маси і не пошкоджується основним молотильним барабаном.

Актуальність досліджень обумовлена необхідністю підвищення продуктивності зернозбирального комбайну, зменшення нерівномірності подачі хлібної маси і травмування зернівок. Такі результати можливо досягти завдяки удосконаленню системи транспортування продукту, що обмолочується, від шнека жатки до транспортера похилої камери. Простір між шнеком жатки і транспортером зернозбирального комбайну оснащено обмолочуючо-транспортуємим пристроєм (пристроєм попереднього обмолоту зерна).

### Постановка проблеми

Розвиток систем виробництва зернових на сучасному етапі характеризується підвищенням продуктивності та якості роботи сільськогосподарських агрегатів, особливо ключового елемента, від якого залежить ефективність всіх робіт, пов'язаних із збиранням зернових культур – зернозбиральних комбайнів [1].

Сучасний розвиток комбайнобудування підтверджує встановлені переваги комбайнових технологій збирання зерна (дешеві, низька трудомісткість), як основного продукту рослинництва. Відзначимо, що економіка інших технологій комбайнового збирання всього біологічного врожаю в цілому визначається витратами на збір і складування НЧУ.

В основу досліджень покладено гіпотезу за якою інтенсифікація процесу відділення зерна із зерносоломистої маси (ЗСМ) на етапі його транспортування до молотильно-сепаруючої системи комбайну (МСС) сприяє відповідному зростанню ефективності систем

### Аналіз останніх досліджень

Відомо, що ефективність застосування зернозбирального комбайна залежить від узгодженості реалізації технологічних процесів обмолоту та сепарації зерна, що в свою чергу визначає рівень пошкодження зерен [2]. Саме тому забезпечення максимально ефективною сепарації зерна в МСС комбайну є необхідною і достатньою умовою зменшення навантаження на соломотряс. Реалізація таких процесів призводить до зменшення втрат зерна, що в сукупності створює умови підвищення продуктивності зернозбирального комбайну.

Дослідженнями з визначення впливу параметрів зернозбирального комбайну на розподіл зерна в МСС встановлено, що збільшення швидкості руху комбайна (завантаження МСС) призводить до перерозподілу обсягів сепарації зерна між барабанами [3].

Дослідженнями [4] запропоновано аналітичну модель показника втрат зерна за молотаркою зерноз-

бирального комбайна, які залежать від вологості соломи, подачі технологічної маси на обмолот, соломистості технологічного матеріалу та ефективної довжини комплексної системи сепарації зерна. Відмічено, що збільшення вологості соломи або соломистості обумовлює відповідне зростання втрат зерна в соломі [4].

У диференційній параметричній моделі розподіл зерна в МСС комбайна описується ймовірнісною функцією [5]. Для різних значень маси, що надходить в молотарку комбайну, побудовано функції розподілу.

У роботі [6] представлено стохастичну математичну модель процесів обмолочування і відділення зерна в молотильних апаратах тангенціального та аксіального типів. Отримані залежності описують частку необмолоченого, вільного та відділеного зерна в залежності від довжини МСС.

Моделює фізичне відокремлення зерна від рослинного матеріалу в МСС комбайну в залежності від швидкості потоку матеріалу, його насипної щільності, товщини розділювального шару та коефіцієнта дифузії. Дана модель встановлює значення коефіцієнта відокремлення зерна в залежності від поточного положення та довжини МСС комбайну.

Дослідженнями [8] запропоновано здійснювати прогнозування розділення зерна в МСС комбайну завдяки штучній нейронній мережі, яка уможливує визначення впливу на значення сепарації зерна зазору між барабаном та підбарабанням, швидкості обертання барабану, довжини стебел та подачі маси.

Переважає більшість фахівців характеризує процес обмолоту зернової маси таким, що відбувається тільки завдяки дії МСС зернозбирального комбайна. За таких умов не враховується динамічний вплив інших робочих органів жнивarki і комбайну на масу, що транспортується до МСС.

Проте на шляху до МСС взаємодія робочих органів із зерно-соломистою масою уможливує послаблення зв'язків зернівки із колоском, а іноді і повне його відділення [9]. Процес обмолоту зерна розпочинається з моменту початку взаємодії пальців мотовила жнивarki із стеблом. Ступінь відділення зерна від маси, яку транспортує жнивarka, залежить від багатьох чинників: фази розвитку культури, вологості, стиглості, сорту, динамічних складових впливу на рослину тощо.

У зернозбиральних комбайнах КЗС-9 «Славутич» між жнивarkою та корпусом похилої камери комбайна розміщена проставка. Проставка забезпечує вирівнювання потоку рослинної маси і спрощує процес монтажу жнивarki. Вона складається з корпусу і бітера, оснащеного ексцентриковим пальчиковим механізмом. Бітер проставки транспортує хлібну масу з жнивarki в похилу камеру. Функцію попереднього обмолочування на цей механізм у зернозбирального комбайна КЗС-9 «Славутич» не покладено.

На проставку покладають функцію зменшення нерівномірності подачі і травмування хлібної маси за рахунок поліпшення умов транспортування продукту, що обмолочується. Іноді на проставку, або вузол, який може бути розміщено замість неї, покладають задачу попереднього обмолоту зерна.

Зернозбиральні комбайни, жнивну частину яких обладнано пристроєм попереднього обмолоту зерна, за умов дослідження на збиранні пшениці, забезпечували підвищення пропускної здатності в середньому на 24% і мали практично однакові із серійними комбайнами показники подрібнення зерна [9].

До недоліків відомих пристроїв попереднього обмолоту зерна [10] варто віднести низьку технологічну надійність. Крім того, в переважній більшості із них робочі органи жнивної частини транспортують скошену масу в молотарку в такому стані, як вона була сформована на ріжучому апараті – порційно, нерівномірно, переплутано [11]. Це призводить до зменшення продуктивності МСС комбайну, а також погіршення якісних показників обмолоту [12]. Особливо істотно це спостерігається за умов збирання плутаних, довгостебельних хлібів [13].

Технологічні процеси збирання та первинної переробки зернових в умовах українського сільськогосподарського виробництва характеризуються високим рівнем пошкодженості насіння. За таких умов просування насіння на європейські та світові ринки обмежено. Питання оцінювання ефективності механізмів, які здійснюють відділення зерна від ЗСМ на етапах переміщення по похилій камері жнивarki, не достатньо висвітлено у публікаціях. Саме тому дослідження комбінованого обмолочуючо-транспортуючого технологічного процесу, який здійснюється завдяки пристрою попереднього обмолоту зерна, оцінювання ефективності його функціонування за умов мінімального рівня травмування зерна робочими органами жнивarki зернозбирального комбайну, є досить перспективними завданнями.

### Мета досліджень

Мета досліджень – підвищення ефективності функціонування зернозбирального комбайну, технологічних процесів, технічних засобів транспортування та обмолоту зерна жнивarkою завдяки обґрунтуванню раціональних параметрів барабану пристрою попереднього обмолоту зерна.

### Результати досліджень

Досліджено пристрій попереднього обмолоту хлібної маси жнивarki комбайна, який містить проміжний молотильний барабан та деку, що встановлена під ним. Барабан виконано у вигляді циліндра діаметром 330 мм із тангенційно закріпленими на його поверхні зубчастими планками. Глуха (без отворів) циліндрична дека з кутом охоплення 56° ексцентрично встановлена під барабаном з можливістю регулювання зазорів на вході та виході.

Технологічний процес транспортування ЗСМ по похилій камері жнивarki представлено у вигляді складного комбінованого процесу. Постійно, внаслідок відділення зернівок від колосу, відбуваються змінення характеристик шару ЗСМ. Частка зерна в загальному потоці маси збільшується, осідає у нижню частину маси, утворюючи власний потік із відділено-

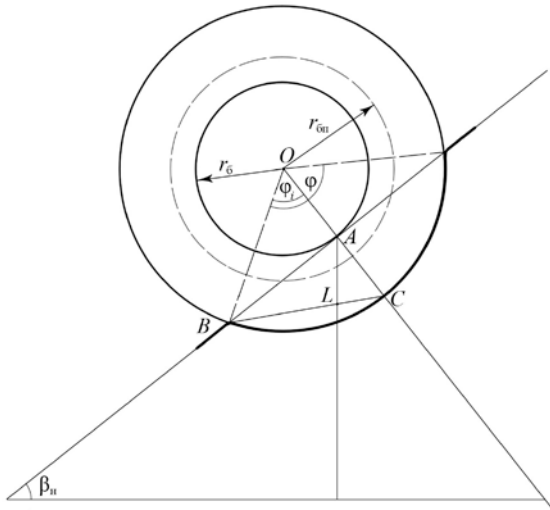
го зерна. Переміщення ЗСМ характеризується такими особливостями:

- відділення окремих зерняток, полови тощо із суцвіття зрізаних стебел, осідання в нижній частині потоку технологічної маси більш важчої за масою ніж солома фракції зернівок;

- формування із відділених зернівок окремого зернового потоку;

- травмування зернин вже на ранніх етапах його транспортування.

Дослідження проведено за припущень, що бічну поверхню підбарабання утворено внаслідок перетину площини дотичної до циліндричної поверхні барабана із концентричною циліндричною поверхнею (рис. 1). Кут нахилу дотичної площини  $\beta_H$ , зовнішній радіус барабану  $r_6$ , внутрішній радіус концентричного циліндра –  $r_6 + \delta_0$  (товщиною стінок циліндрів нехтуємо).



**Рис. 1.** Схема до аналізу утворення бічної поверхні підбарабання.

Радіус барабана  $OA = r_6$  (рис. 1).

$$AC = \delta_0 = h_{II} + \delta_{II} = h_{II} + \delta_3 + \delta_C.$$

$$BO = OC = r_6 + h_{II} + \delta_{II} = r_6 + h_{II} + \delta_3 + \delta_C.$$

$$\text{Із } \triangle BOA \Rightarrow \cos \varphi_i = \frac{OA}{OB} = \frac{r_6}{r_6 + h_{II} + \delta_{II}}.$$

Таким чином  $r_6 = \cos \varphi_i (r_6 + \delta_0)$ . Звідки

$$r_6 = \frac{\delta_0 \cos \varphi_i}{1 - \cos \varphi_i} = \frac{(h_{II} + \delta_{II})}{1 - \cos \varphi_i} \cos \varphi_i. \quad (1)$$

Вираз (1) встановлює залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання  $\varphi_i$  та зазору між бічною поверхнею барабана та бічною поверхнею підбарабання.

Згідно рис. 1

$$AL = \frac{LC \cos \frac{\varphi_i}{2}}{\sin \beta_H} \quad (2)$$

Так як

$$LB = BC - LC = \sqrt{\sin^2 \varphi_i (r_6 + \delta_0)^2 + \delta_0^2} - LC.$$

Тоді

$$\sin^2 \varphi_i \left( \sqrt{\sin^2 \varphi_i (r_6 + \delta_0)^2 + \delta_0^2} - LC \right) = AL \cos \beta_H.$$

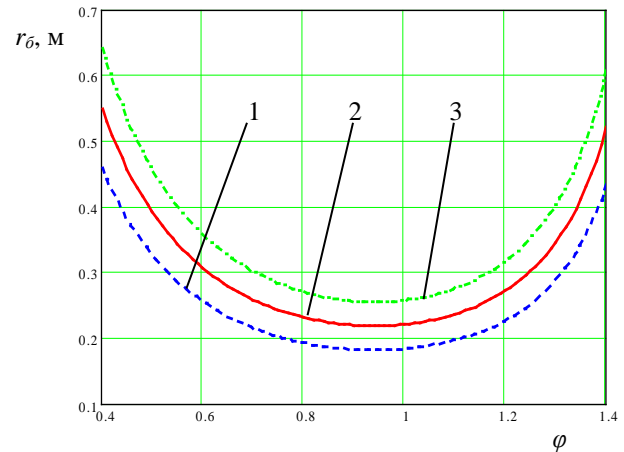
Звідки

$$AL = \frac{\sin^2 \varphi_i \left( \sqrt{\sin^2 \varphi_i (r_6 + \delta_0)^2 + \delta_0^2} - LC \right)}{\cos \beta_H}. \quad (3)$$

Після перетворень отримаємо:

$$r_6 = \frac{\delta_0}{\sin \varphi_i} \left( \sqrt{\frac{\cos^2 \left( \beta_H - \frac{\varphi_i}{2} \right)}{\cos^2 \left( \beta_H + \frac{\varphi_i}{2} \right)} \sin^2 \frac{\varphi_i}{2}} - 1 - \sin \varphi_i \right). \quad (4)$$

На рис. 2 наведено залежності радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери та зазору між бічними поверхнями барабана та підбарабання ( $\beta_H = \frac{\pi}{4}$ ):



**Рис. 2.** Залежності радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання: 1 –  $\delta_0 = 0,025$  м; 2 –  $\delta_0 = 0,03$  м; 3 –  $\delta_0 = 0,035$  м.

На рис. 3 наведено залежності радіуса барабана від зазору між бічними поверхнями барабана та підбарабання ( $\beta_H = \frac{\pi}{4}$ ).

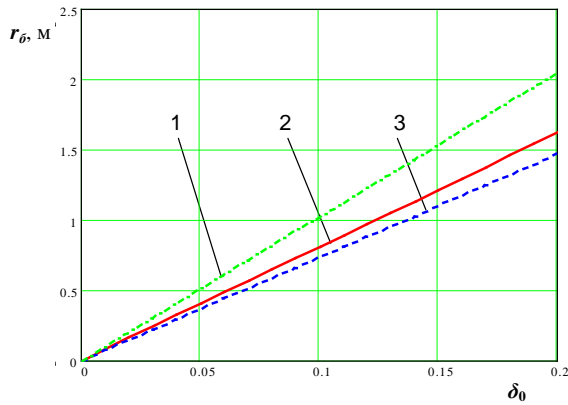
Проаналізувавши залежність (4) та побудовані за нею графіки (рис. 2) відмітимо існування екстремуму функції за значень половини кута охоплення  $\varphi_i = 0,94$  рад (кут охоплення  $\varphi \approx 108^\circ$ ). За таких умов

раціональне значення радіуса барабану при  $\beta_H = \frac{\pi}{4}$ :

для  $\delta_0 = 0,025$  буде  $r_6 \approx 0,182$  м; для  $\delta_0 = 0,03$  –  $r_6 \approx 0,219$  м;  $\delta_0 = 0,035$  м –  $r_6 \approx 0,255$  м відповідно.

Збільшення зазору між бічною поверхнею барабану та бічною поверхнею підбарабання призводить до зростання радіуса барабана для усіх значень половини кута охоплення  $\varphi_i$  (рис. 3). Причому меншому

куту охоплення відповідає більше значення радіуса барабану.



**Рис. 3.** Залежності радіуса барабану від зазору між бічними поверхнями барабану та підбарабання: 1 –  $\varphi_i = 0,6$ ; 2 –  $\varphi_i = 0,75$ ; 3 –  $\varphi_i = 0,9$ .

Встановлено залежність радіуса барабану від половини кута охоплення підбарабання  $\varphi_i$  та конструкційних параметрів (зазору між бічними поверхнями барабану та підбарабання) пристрою (1), а також залежність радіуса барабану від половини кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери та зазору між бічною поверхнею барабану та бічною поверхнею підбарабання (4).

Досліджено переміщення ЗСМ із проковзуванням по поверхні підбарабання. Складено математичну модель переміщення ЗСМ по поверхні підбарабання за умов, коли шар ЗСМ переміщується з кутовою швидкістю, яка співпадає із швидкістю обертання барабану. Спроекувавши сили, які діють на центр мас ЗСМ на вісь, що співпадає із напрямком швидкості, отримаємо:

$$\frac{m_{ЗСМ} dv_1}{dt} = -f_{ЗСМ} \frac{m_{ЗСМ} v_1^2}{r_δ + h_{II} + \frac{\delta_{II}}{2}} - m_{ЗСМ} g \cos \beta_H - \kappa_n m_{ЗСМ} v_1, \quad (5)$$

де  $v_1$  – швидкість переміщення центра мас ЗСМ;  $m_{ЗСМ}$  – маса ЗСМ;  $f_{ЗСМ}$  – коефіцієнт тертя ЗСМ по

підбарабанню;  $r_δ + h_{II} + \frac{\delta_{II}}{2}$  – відстань від віссі обер-

тання барабану до центра мас ЗСМ (тут прийнято припущення, що центр мас обертання ЗСМ розташований на однаковій відстані між упорами барабану та поверхнею підбарабання і шар ЗСМ представляє со-

бою однорідну масу). Скоротивши на  $m_{ЗСМ}$  та пред-

$$v_1 = \varphi_δ \left( r_δ + h_{II} + \frac{\delta_{II}}{2} \right),$$

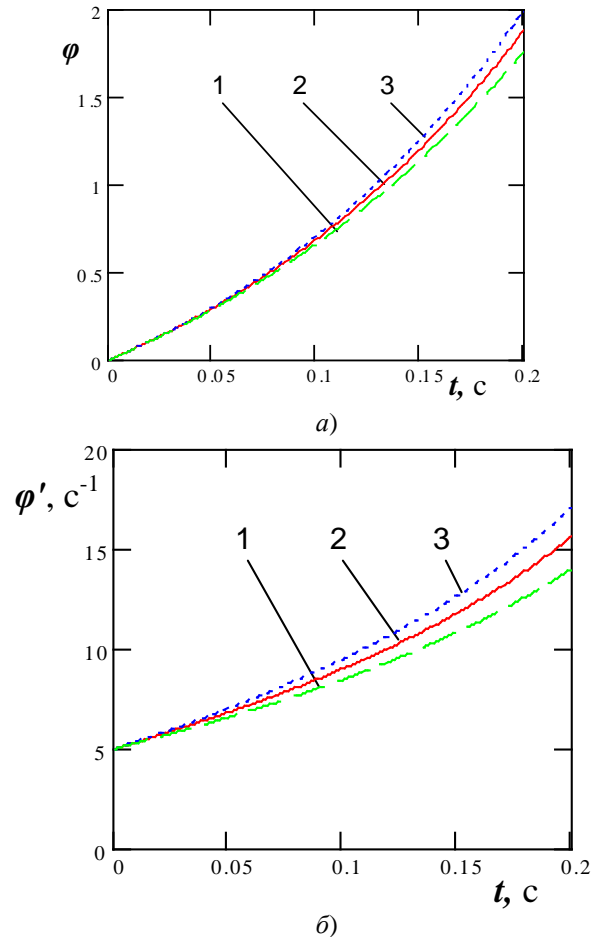
отримаємо:

$$\frac{d\varphi_δ}{dt} + f_{ЗСМ} \varphi_δ^2 + \kappa_n \varphi_δ + \frac{g \cos \beta_H}{\left( r_δ + h_{II} + \frac{\delta_{II}}{2} \right)} = 0 \quad (6)$$

Розв'язок цього диференційного рівняння здійснено чисельними методами за допомогою метода Рунге-Куты за умов:

$$f_{ЗСМ} = 0,25, \quad \beta_H = \pi/4, \quad h_{II} = 0,02 \text{ м}, \\ \delta_0 = 0,045 \text{ м}, \quad \kappa_n = 0,3.$$

На (рис. 4,а) наведено залежність кутового переміщення від часу, а на (рис. 4,б) – кутової швидкості матеріалу від часу.



**Рис. 4.** Залежність кутового переміщення (а) та кутової швидкості матеріалу (б) від часу за таких значень радіуса барабану: 1 –  $r_δ = 0,25$  м; 2 –  $r_δ = 0,225$  м; 3 –  $r_δ = 0,20$  м.

Відзначимо, що за час перебування ЗСМ у проміжку між упорами барабану та підбарабанням необхідно забезпечити умови стабільного переміщення цієї маси спільно із упорами барабану. Такі умови можуть бути реалізовані за умов, коли кутова швидкість обертання барабану по мірі просування маси (зростання кутового переміщення) буде збільшуватися. Аналізуючи отримані рішення (рис. 4,а; рис. 4,б) відзначимо, що вони адекватно відображають відмічені вище вимоги. Так, якщо на вході у підбарабання значення початкової швидкості обертання барабану (початкова швидкість входження ЗСМ у підбарабання) складало  $\varphi_δ = 5 \text{ с}^{-1}$ , то ділянці

$$t = 5 \cdot 10^{-3} c, \varphi_{\delta} = 5,169 c^{-1},$$

$$t = 0.01 c, \varphi_{\delta} = 5,341 c^{-1}, t = 0.015 c, \varphi_{\delta} = 5,516 c^{-1}.$$

Тобто за проміжок часу  $t = 0.015 c$  відбулося збільшення кутової швидкості переміщення ЗСМ на 10,3%.

Складено диференційні рівняння руху ЗСМ спільно із упорами барабану пристрою попереднього обмолоту зерна та отримано залежності кутового переміщення та кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабану та підбарабанням. Встановлено залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструкційних та кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери. Такі умови уможливають встановлення кінематичних параметрів переміщення ЗСМ по поверхні підбарабання за умов, коли шар ЗСМ переміщується з кутовою швидкістю, яка співпадає із швидкістю обертання барабану (рис. 4,а; рис. 4,б). Відмічені умови унеможливають забивання маси і забезпечують стабільне її переміщення по технологічному ланцюгу комбайну.

### Висновки

1. Запропоновано взаємодію ЗСМ із підбарабанням представляти як контакт двошарової основи із нерухомою поверхнею підбарабання за умов постійного змінення товщини шарів (ЗСМ і відділеного зерна).

Відмічено, що явище відриву міжшарових зв'язків спостерігається за умов утворення у нижній частині підбарабання шару відділеного зерна. Контакт ЗСМ із підбарабанням відбувається через шар зерна. Шар зерна не має постійних характеристик внаслідок змінення кількості зернівок, що його утворюють.

2. Встановлено залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, висоти упорів барабану та відстані між упором барабану і підбарабанням (1), а також залежність радіуса барабана від половини кута охоплення підбарабання, кута нахилу похилої камери та зазору між бічною поверхнею барабану та бічною поверхнею підбарабання (4), що уможливили встановити раціональні значення радіуса барабану ( $r_{\delta} \approx 0,18 - 0,25$  м) за значень кута нахилу похилої камери  $\beta_H = \frac{\pi}{4}$  та відповідного значення зазору між бічною поверхнею барабану та бічною поверхнею підбарабання  $\delta_0 = 0,025 - 0,035$  м.

3. Складено нові диференційні рівняння руху ЗСМ спільно із упорами барабану пристрою попереднього обмолоту зерна та отримано залежності кутового переміщення та кутової швидкості матеріалу від часу перебування ЗСМ у просторі між упорами барабану та підбарабанням. Встановлено залежності кутової швидкості переміщення ЗСМ від конструктивних та кінематичних параметрів пристрою попереднього обмолоту та параметрів похилої камери.

4. Сукупно розкрито причинно-наслідкові зв'язки між системно зумовленими подіями і механізованою операцією переміщення комбінованого шару ЗСМ і відділеного зерна як двох взаємно залежних процесів, своєчасність виконання яких зумовлює стабільність технологічної операції переміщення маси по технологічному ланцюгу комбайна.

### Список літератури

1. Шейченко В. О., Войтюк Д. О., Шульган І. М. Економічні аспекти підвищення надійності та якості виконання технологічного процесу машинними агрегатами. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2007. Вип. 51. С. 204–211.
2. Srivastava A., Georing C., Rohrbach R., Buckmaster D. Engineering principles of agricultural machinery. ASAE. Publication. 801M0206. 2006.
3. Шейченко В. О., Недовесов В. І., Грицака О. М. Дослідження обмолоту зерна трибарабанною молотаркою. Сільськогосподарські машини. Луцьк. 2015. Випуск 33. С. 149–155.
4. Занько М. Д., Недовесов В. І. Аналітичне моделювання втрат зерна за молотаркою в залежності від умов роботи зернозбирального комбайна. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха. 2013. Вип. 97. С. 483–488.
5. Trollope J. R. A mathematical model of the Threshing Process in a Conventional Combine Thresher. Journal of Agricultural Engineering Research. 1982. Vol. 27. No 2. P. 119–130.
6. Miu P. I., Kutzbach H. D. Modeling and simulation of grain threshing and separation in threshing units. Computers and Electronics in Agriculture. 2007. Vol. 60. P. 96–104.
7. Gregory J. M. Mathematical relationship prediction grain separation in combines. Transactions of the ASAE. 1988. Vol. 30(6). P. 1600–1604.
8. Mirzazadeh A., Abdollahpour S., Mahmoudi A., Ramazani Bukat A. Intelligent modeling of material separation in combine harvester's thresher by ANN. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 2012. Vol. 4 (23). P. 1767–1777.
9. Антипин В. Г., Коробицын В. М. О перемещении обмолачиваемой культуры по подбарабанию. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1979. № 8. С. 7–9.
10. Федорова О. А. Патент 2191237 RU, МПК А01F 12/18, А01F 12/20, А01F 12/22. Молотильно-сепарирующее устройство. 2000105020/13; заявл. 29.02.2000; опубл. 20.04.2002.
11. Цепляев А. Н., Ряднов А. И., Федорова О. А. Патент 2202165 RU, МПК А01D 41/00, А01D 41/02, А01D 41/12, А01F 12/18. Зерноуборочный комбайн. 2000109659/13; заявл. 17.04.2000; опубл. 20.04.2003.
12. Серый Г. Ф., Косилов Н. И., Ярмаш Ю. М., Русанов А. И. Зерноуборочные комбайны. Москва. Агропромиздат. 1986. 247 с.
13. Колесников А. В. Повышение эффективности технологического процесса обмолота зернобобовых культур путем усовершенствования молотильно-

сепарирующей части молотилки. Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Кримський агротехнологічний університет". Технічні науки. 2013. Вип. 153. С. 104–111.

### References

1. *Sheychenko, V. O., Voytyuk, D. O., Shulhan, I. M.* (2007). Economic aspects of improving the reliability and quality of performance of technological process of machine aggregates. Bulletin of Kharkov national technical University of agriculture named Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 51. 204-211.

2. *Srivastava, A., Georing, C., Rohrbach, R., Buckmaster, D.* (2006). Engineering principles of agricultural machinery (2nd ed). ASAE Publication 801M0206.

3. *Sheychenko, V. O., Nyedovyosov, V. I., Hrytsaka, O. M.* (2015). Study of threshing grain triparanol grind. Agricultural machines. Lutsk. Issue 33. 149-155.

4. *Zanko, M. D., Nyedovyosov, V. I.* (2013). Analytical modelling of grain losses behind the thresher depending on the working conditions of combine harvester. Mechanization and electrification of agriculture. Glevaha. 2013. Vol. 97. 483-488.

5. *Trollope, J. R.* (1982). A mathematical model of the Threshing Process in a Conventional Combine Thresher. Journal of Agricultural Engineering Research, 27(2), 119-130.

6. *Miu, P. I., Kutzbach, H. D.* (2007). Modeling and simulation of grain threshing and separation in threshing units. Computers and Electronics in Agriculture. 60. 96-104.

7. *Gregory, J. M.* (1988). Mathematical relationship prediction grain separation in combines. Transactions of the ASAE, 30(6), 1600-1604.

8. *Mirzazadehl, A., Abdollahpour, S., Mahmoudi, A., Ramazani Bukat, A.* (2012). Intelligent modeling of material separation in combine harvester's thresher by ANN. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4 (23). 1767-1777.

9. *Antypyn, V. H., Korobytsyn, V. M.* (1979). About moving oborachivaemost culture under barabanu. Mechanization and electrification of agriculture. Vol. 8. 7-9.

10. *Fedorova, O. A.* (2002) Threshing and separating device. Patent RU, No 2191237.

11. *Tseplyaev, A. N., Ryadnov, A. I., Fedorova, O. A.* (2003). Combine harvester. Patent RU, No. 2202165.

12. *Seryy, H. F., Kosylov, N. I., Yarmash, Yu. M., Rusanov, A. I.* (1986). Combine harvester. Moscow. Ahropromyzzdat. 247.

13. *Kolesnykov, A. V.* (2013). Improving the efficiency of the technological process of threshing legumes through improved threshing and separating part of the grind. Scientific papers of the southern branch of National University of life and environmental Sciences of Ukraine Crimean agrotechnological University. Technical Sciences. Vol. 153. 104-111.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАНА ЖАТКИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НИМ ЗЕРНОСОЛОМИСТОЙ МАССЫ

*В. А. Шейченко, І. А. Дудніков, А. Я. Кузьмич, М. В. Шевчук*

**Аннотация.** Разработаны модели технологического процесса перемещения зерносоромистой массы (ЗСМ). Установлена зависимость радиуса барабана от половины угла охвата подбарабанья, высоты упоров барабана и расстояния между упором барабана и подбарабаньем, а также зависимость радиуса барабана от половины угла охвата подбарабанья, угла наклона наклонной камеры и зазора между боковой поверхностью барабана и боковой поверхностью подбарабанья. Составлены новые дифференциальные уравнения движения ЗСМ совместно с упорами барабана устройства предварительного обмолота зерна и получены зависимости углового перемещения и угловой скорости материала от времени пребывания ЗСМ в пространстве между упорами барабана и подбарабаньем. Установлены зависимости угловой скорости перемещения ЗСМ от конструкционных и кинематических параметров устройства предварительного обмолота и параметров наклонной камеры.

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, жатка, устройство предварительного обмолота зерна, зерносоромистая масса.

### RESEARCH OF PARAMETERS OF COMBINE HEADER DRUM IN CONDITIONS WITH MOVEMENT OF GRAIN AND STRAW MASS

*Sheychenko V. O., Dudnikov I. A., Kuzmich A. Ya., Shevchuk M. V.*

**Abstract.** The models of the technological process of grain and straw mass (GSM) transfer is developed. The dependence of the radius of the drum on the half-angle of the concave, the height of the drum stops and the distance between the drum stop and the concave is established. Also the dependence of the radius of the drum on the half-angle of the coverage of the concave, the angle of inclination of the feeder house and the gap between the side surface of the drum and the side surface of the concave is established. New differential equations of motion of the GSM together with the stops of the drum of the preliminary grain threshing device is constructed and the dependences of the angular displacement and the angular velocity of the material on the residence time of the GSM in the space between the drum stops and the concave are obtained. The dependence of the angular velocity of the displacement of the GSM on the structural and kinematics parameters of the preliminary threshing device and the parameters of the feeder house were determined.

**Key words:** combine harvester, header, device for preliminary threshing of grain, grain and straw mass.