

УДК 631.361.022

Теоретичні дослідження процесу обмолоту і сепарації маси багатобарабанною молотаркою

Шейченко В. О., д.т.н., Полтавська державна аграрна академія
Анеляк М. М., к.т.н., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
Кузьміч А. Я., к.т.н., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
Грицака О. М., н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: sgricaka.88@ukr.net, тел.: 0988770765

Анотація

Мета. Підвищення ефективності технологічного процесу обмолоту і сепарації зернового вороху в багатобарабанному молотильно-сепаруючому пристрої за рахунок обґрунтування технологічних режимів роботи молотильних барабанів.

Методи. Моделювання технологічного процесу обмолоту та сепарації зерна багатобарабанним МСП. Аналіз, синтез розподілу потоків технологічного матеріалу кожним молотильним барабаном.

Результати. За результатами досліджень отримано рівняння руху матеріалу в трибарабанній молотарці, виходячи із того, що молотильний ба-

рабан захвачує масу порціями і протягує її в робочому зазорі барабана та деки, де одночасно з переміщенням матеріалу відбувається обмолот маси.

Висновки. Проведений теоретичний аналіз багатобарабанної молотарки дозволяє встановити кількість й якість маси, яку обмолотив кожен із трьох барабанів окремо. Приведений метод теоретичного визначення може служити для розрахунку обмолоту та сепарації маси трибарабанною молотильно-сепарувальною системою в залежності від налаштування молотарки.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, молотильно-сепарувальний пристрій, рівень обмолоту, маса, технологічний процес, зерновий матеріал.

UDC 631.361.022

Theoretical studies of the process of threshing and mass separation with a multi-drum threshing machine

Sheychenko V. O., Doctor of Tech. Sciences, Poltava State Agrarian Academy
Anelak M. M., Ph.D. tech. sciences, National Science Center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification"
Kuzmich A. Ya., Ph.D. tech. sciences, National Science Center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification"
Gritsaka O. M., r.w, National Science Center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification", e-mail: sgricaka.88@ukr.net, tel.: 0988770765

Annotation

Purpose. Improving the efficiency of the technological process of threshing and separating the

grain pile in a multi-drum threshing-separating device due to the substantiation of the technological modes of the work of threshing drums.

Methods. Modeling the technological process of threshing and separating the grain of multi-drum SMEs. Analysis, synthesis of the distribution of flows of technological material with each threshing drum.

Results. According to the results of the research, the equation of motion of the material in a three-drum thresher was obtained, based on the fact that the mass of the threshing drum captures in portions and stretches it in the working gap of the drum and the deck, where simultaneously with the movement of the material there is a threshing mass.

Conclusions. The theoretical analysis of the multibar drill hammer allows to establish quantity, quality of the mass, which is thawed each of the three drums separately. The resulted method of theoretical determination can serve for the calculation of threshing and mass separation with a tribarabonnoy thrust-boring system, depending on the setting of the thresher.

Keywords: grain harvester, threshing-separating device, level of threshing, mass, technological process, grain material.

УДК 631.361.022.

Теоретические исследования процесса обмолота и сепарации массы многобарабанной молотилкой

Шейченко В. А., д.т.н., Полтавская государственная аграрная академия

Анеляк М. М., к.т.н., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

Кузьмич А. Я., к.т.н., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

Грицака А. Н., н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: sgricaka.88@ukr.net, тел.: 0988770765,

Аннотация

Цель. Повышение эффективности технологического процесса обмолота и сепарации зернового вороха многобарабанным молотильно-сепарирующим устройством за счет обоснования технологических режимов работы молотильного барабана.

Методы. Моделирование технологического процесса обмолота и сепарации зерна многобарабанным МСП. Анализ, синтез распределения потоков технологического материала каждым молотильным барабаном.

Результаты. По результатам исследований получено уравнение движения материала в трибарабанной молотилке, исходя из того, что молотильный барабан захватывает массу порциями и протягивает ее в рабочем зазоре барабана и деки, где одновременно с перемещением материала происходит обмолот массы.

Выводы. Проведенный теоретический анализ многобарабанной молотилки позволяет установить количество и качество массы, которую обмолотил каждый из трех барабанов отдельно. Приведенный метод теоретического определения может служить для расчета обмолота и сепарации

массы трибарабанной молотильно-сепарирующей системой в зависимости от настройки молотилки.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, молотильно-сепарирующее устройство, уровень обмолота, масса, технологический процесс, зерновой материал.

Постановка проблеми. Нині вибір або вдосконалення тієї чи іншої конструкції молотарки комбайна йде в основному по шляху використання результатів експериментальних досліджень і випробувань різних варіантів нових моделей МСП (молотильно-сепарувальний пристрій). Такий шлях створення комбайна займає тривалий час і вимагає великих витрат праці та коштів. Певну допомогу в обґрунтуванні параметрів робочих органів молотарки комбайна та раціонального їх використання можуть надати теоретичні розрахунки, що виконані за допомогою математичних моделей процесів обмолоту та сепарації.

Розробка різних конструкцій МСП викликана прагненням зменшити пошко-

дження зерна. Дослідження показали, що кількість пошкоджених зерен при обмолоті знижується приблизно в 4 рази, а мікропошкодження – в 10 разів [1, 2]. При цьому підвищується схожість насіння й, особливо, якість їх проростання. Зберігається якість зерна при тривалому зберіганні.

Нині спостерігається тенденція до використання роторних, багатобарабаних, комбінованих, молотильних пристроїв, які зменшують травмування зерна та дозволяють збільшити пропускну здатність комбайна в цілому. Це завдання може бути вирішене, так як такі молотильні пристрої при відповідному режимі мають підвищену сепаруючу здатність і розвантажують один з найбільш чутливих до перевантаження органів комбайна – соломотряс.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На збиранні зернових культур використовується найбільш складна та дорога техніка. У зв'язку з цим основними тенденціями розвитку зернозбиральної техніки є підвищення її продуктивності, покращення показників якості роботи, зменшення витрат робочого часу та коштів на збирання врожаю [3, 4]. Аналіз сучасних тенденцій світового комбайнобудування демонструє, що подальше підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів можливе завдяки:

- підвищення пропускну здатності за рахунок розвитку конструктивно-технологічних схем молотарок;
- застосування широкозахватних жаток;
- покращення умов роботи обслуговуючого персоналу та ряду інших факторів.

Сьогодні конструкція комбайна зазнала революційних змін. Особливо кардинальних змін зазнала конструкція систем молотарок, у тому числі основна її частина – молотильно-сепаруюча. Так, для обмолочування хлібної маси, ця система оснащена новими та вдосконаленими додатковими сучасними робочими елементами.

Робота барабанної системи обмолочування свідчить, що використання в її складі додаткових барабанів [3–5], які мають різне функціональне призначення: сепарувального, ротаційного, прискорювального, обумовлює інтенсифікацію процесів обмолочування та сепарації зерна. Система із двох-трьох барабанів у технологічному плані є більш потужною та продуктивною за інші системи. Їхні розміщення в ряд один за одним та режим роботи обумовлюють прискорення та рівномірне подавання хлібної маси до молотильних барабанів, рівномірність та стабільність переміщення її в робочій зоні молотильного барабана і барабанної деки та високий ступінь сепарації зерна крізь підбарабання. У кінцевому результаті така конструкція системи обмолоту сприяє значному зменшенню кількості зерна (менше 10%) [6], що надходить на соломотряс разом із соломною (зниження рівня втрат із відходами). Ефективність та якість роботи такої молотарки особливо проявляється під час обмолочування зернових колосових культур із високою соломистістю (1:1,3–1,5) [6], та за вмісту в соломі значної кількості зелених рослин бур'янів, які є характерними для дощового сезону збирання хлібів.

Мета дослідження: підвищення ефективності технологічного процесу обмолоту і сепарації зернового вороху в багатобарабанному молотильно-сепаруючому пристрої за рахунок обґрунтування технологічних режимів роботи молотильних барабанів.

Результати досліджень. Розглянемо рух матеріалу в трибарабанній молотарці, виходячи із того, що масу молотильний барабан захвачує порціями і протягує його в робочому зазорі барабана – деки, де одночасно з переміщенням матеріалу відбувається обмолот маси.

Для отримання даної математичної моделі розглянемо технологічний процес роботи молотарки (рис. 1.).

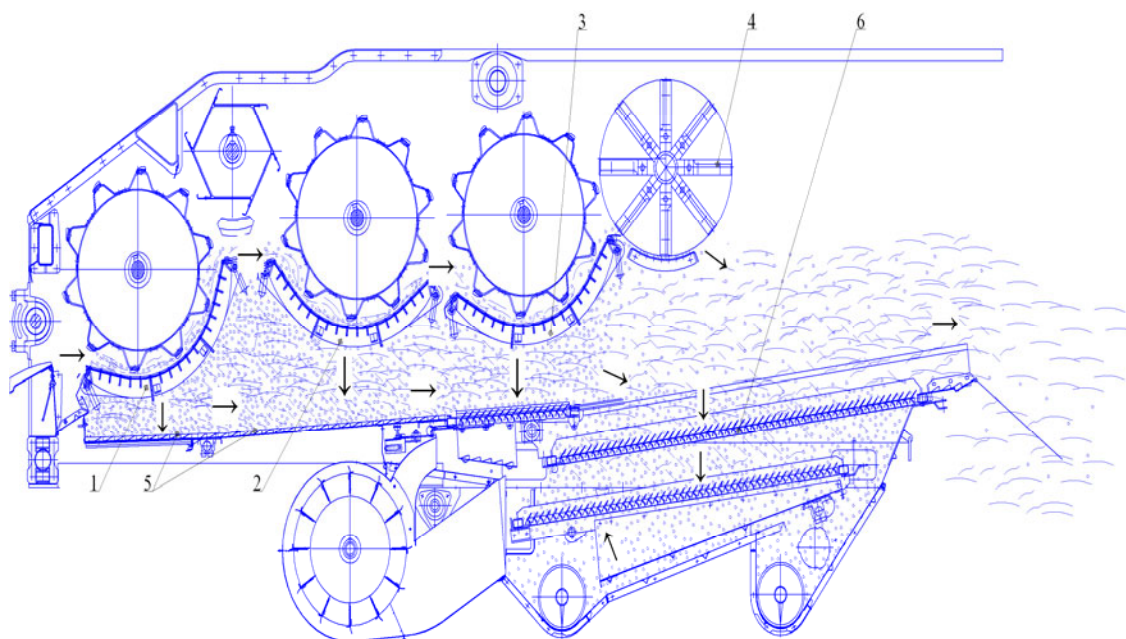


Рис. 1. Схема роботи МСП комбайна з трибарабанною системою обмолоту – технологічна:

1, 2, 3 – підбарабання молотильного пристрою; 4 – подрібнювач;

5 – страсна дошка (транспортёр); 6 – повітряно-решітна очистка

Fig. 1. Scheme of the work of the SME combine with tribarabnoy system of threshing – technological:

1, 2, 3 – podrabatka threshing device; 4 – shredder;

5 – a straw board (conveyor); 6 – air-conditioning cleaning

У кожену секунду часу зрізані стебла врожаю масою Q подаються жаткою в похилий транспортёр і далі на підбарабання молотильного пристрою 1 (рис. 2.).

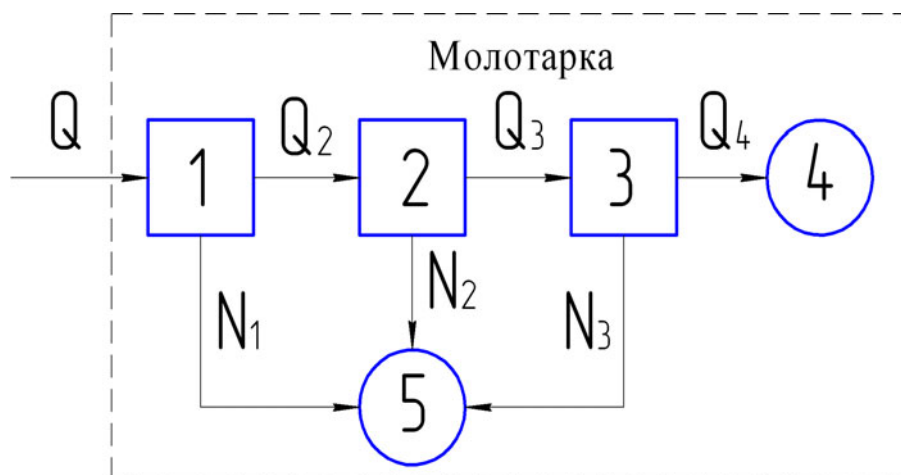


Рис. 2. Структурна схема молотарки комбайна з трибарабанною системою обмолоту

Fig. 2. The block diagram of a combine harvester with a three-drum threshing system is structural

Символом Q з індексом позначимо масу, яка подається на обмолот і сепарацію. При сталому режимі роботи комбайна з трибарабанною системою обмолоту потік хлібної маси Q подається на обмолот.

При обмолоті значна частина маси Q просіюється через підбарабання 1, потрапляє на стрясну дошку 5 і направляється на решета очистки. Частина маси Q_2 , яка не вимолотилась на першому барабані, подається на другий барабан, де відбувається обмолот і сепарація. Частина маси Q_2 просіюється через підбарабання 2, потрапляє на стрясну дошку 5 і направляється на решета очистки. Частина маси, що залишилась, Q_3 , яка не вимолотилась на першому і другому барабані, подається на третій барабан, відбувається обмолот і сепарація маси Q_3 , просіюється через підбарабання 3 і потрапляє на стрясну дошку 5, направляється на решета очистки 6.

Незернова частина (солома) після обмолоту в МСП подається на подрібнювач 4, подрібнюється і розкидається по полі.

Технологічний режим роботи молотарки умовно можна виразити в наступному вигляді:

$$J = Q_{об1} + N_1 + Q_{об2} + N_2 + Q_{об3} + N_3, \quad (1)$$

де $Q_{об1}$, $Q_{об2}$, $Q_{об3}$ – кількість зерна обмолоченого першим, другим та третім барабанами, кг;

N_1 , N_2 , N_3 , – сепарація кожного із трьох барабанів, кг.

Знайдемо значення цих величин.

Вимолот колосків залежить від колової швидкості барабана, або, іншими словами, від сили удару, і підпорядковується нормальному закону розподілу [1]. Тоді кількість обмолочених зерен $N_{об1}$ знайдемо за формулою (2):

$$Q_{об1} = Q e^{-c(V_{макс}-V_{об1})^2}, \quad (2)$$

де Q – загальна кількість маси, що поступила на обмолот, кг;

c – коефіцієнт інтенсивності обмолоту, який обумовлений фізико-механічними властивостями культури;

$V_{макс}$ – колова швидкість, при якій все зерно вимолочується ударом, м/с;

$V_{об1}$ – колова швидкість першого барабана, м/с.

Кількість зерен $Q_{об1}$, виділених першим барабаном, визначиться:

$$N_1 = Q_{об1}(1 - e^{-p_1 Q_{об1} t_1}), \quad (3)$$

де p_1 – ймовірність виділення зерен з підбарабання першого молотильного барабана, кг;

t_1 – час знаходження (експозиція) порції хлібної маси в підбарабанні, с.

Після часткового обмолоту та часткової сепарації зернова маса надходить на другий барабан.

Кількість зерна Q_2 , що надійшла на другий барабан, визначиться виразом (4):

$$Q_2 = Q - N_1 = Q - Q_{об1}(1 - e^{-p_1 Q_{об1} t_1}), \quad (4)$$

а кількість зерен, виділених другим барабаном, складе:

$$Q_{об2} = Q[1 - e^{-c(V_{макс}-V_{об1})^2}] \cdot e^{-c(V_{макс}-V_{об2})^2}. \quad (5)$$

Другий барабан може відсепарувати N_2 зерен:

$$N_2 = (Q - N_1)[1 - e^{-p_2(Q-N_1)t_2}], \quad (6)$$

де p_2 – ймовірність виділення зерна із зернової маси на другому молотильному барабані;

t_2 – час знаходження (експозиція) зернової маси в другому молотильному барабані, с.

Кількість маси Q_3 , що надійшла на третій барабан, визначиться виразом (7):

$$Q_3 = Q - N_1 - N_2 = Q - Q_{об1}(1 - e^{-p_1 Q_{об1} t_1}) - Q_2 - Q_{об2}(1 - e^{-p_2 Q_{об2} t_2}), \quad (7)$$

а кількість зерен, виділених третім барабаном, складе:

$$Q_{об3} = Q [1 - e^{-c(V_{макс} - V_{б1})^2}] \cdot [1 - e^{-c_1(V_{макс} - V_{б2})^2}] \cdot e^{-c_1(V_{макс} - V_{б3})^2}. \quad (8)$$

Третій барабан може відсепарувати N_3 зерен:

$$N_3 = (Q - N_1)(Q_2 - N_2)[1 - e^{-p_3(Q - N_1)(Q_2 - N_2)t_3}], \quad (9)$$

де p_3 – ймовірність виділення зерна із зернової маси на третьому молотильному барабані;
 t_3 – час знаходження (експозиція) зернової маси в третьому молотильному барабані, с.

Маса Q_4 , що надійшла на подрібнювач, визначиться виразом:

$$Q_4 = Q - N_1 - N_2 - N_3 = Q - Q_{об1}(1 - e^{-p_1 Q_{об1} t_1}) - Q_2 - Q_{об2}(1 - e^{-p_2 Q_{об2} t_2}) - Q_3 - Q_{об3}(1 - e^{-p_3 Q_{об3} t_3}). \quad (10)$$

Загальна кількість зерна, вимолоченого багатобарабанним (трибарабанним) молотильно-сепарувальним пристроєм, складе:

$$N_{1,2,3} = N_1 + N_2 + N_3 = Q_{об1}(1 - e^{-p_1 Q_{об1} t_1}) + (Q - N_1)[1 - e^{-p_2(Q - N_1)t_2}] + (Q_2 - N_2)[1 - e^{-p_3(Q_2 - N_2)t_3}] + (Q_3 - N_3)[1 - e^{-(Q_3 - N_3)t_3}]. \quad (11)$$

Загальна кількість зерна, вимолоченого багатобарабанним молотильно-сепарувальним пристроєм, складе:

$$N_{заг.} = \left\{ Q - \left[N_1 + \left(1 - \frac{N_1}{100} \right) \right] \right\} + \left\{ Q_2 - \left[N_2 + \left(1 - \frac{N_2}{100} \right) \right] \right\} + \left\{ Q_3 - \left[N_3 + \left(1 - \frac{N_3}{100} \right) \right] \right\}. \quad (12)$$

Висновки

Проведений теоретичний аналіз багатобарабанної молотарки дозволяє встановити кількість й якість маси, яку обмолотив кожен із трьох барабанів окремо. Приведений метод теоретичного визначення може служити для розрахунку обмолоту та сепарації маси трибарабанною молотильно-сепарувальною системою в залежності від налаштування молотарки.

Бібліографія

1. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2015 році: статистичний бюлетень / відповідальний за випуск: О. М. Прокопенко. К.: ДССУ, 2016. 43 с.
2. Ломакин С. Г. Зерноуборочные комбайны: потребности покупателей, предложения производителей. *Аграрное обозрение*. М.: «Независимая аграрная пресса», 2010. № 3.
3. Бондар О. М. Зернозбиральний голод. *Пропозиція*. К., 2006. № 4. с. 108.
4. Кононенко М. П., Марченко В. В. Техніко-економічні аспекти використання

зернозбиральних комбайнів. *Агроном*. К.: ТОВ «АгроМедіа», 2006. № 3. С. 46–48.

5. Травмирование семян и его предупреждение / под. общей ред. И. Г. Строны. М.: Колос, 1972. 159 с.

6. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

7. Програма «Зерно України – 2015». К.: ДІА, 2011. 48 с.

8. Коваль С., Іваненко І., Макушин Г. Альтернативний напрямок поновлення парку зернозбиральних комбайнів, як подвоїти їх продуктивність? *Техніка АПК*. К., 2000. № 10. С. 111–112.

Bibliohrafiia

1. Nayavnist silskohospodarskoyi tekhniki ta enerhetychnykh potuzhnostey u silskomu gospodarstvi u 2015 rotsi: statystychnyy byuletен / vidpovidalnyy za vypusk: O. M. Prokopenko. K.: DSSU, 2016. 43 s.
2. Lomakin S. G. Zernouborochnyye kombayni: potrebnosti pokupateley, predlo-

zheniya proizvoditeley. *Agrarnoye obozreniya*. M.: «Nezavysyamaia ahrarnaia pressa», 2010. # 3.

3. Bondar O. M. Zernozyralnyy holod. *Propozytsiya*. K., 2006. № 4. S. 108.

4. Kononenko M. P., Marchenko V. V. Tekhniko-ekonomichni aspekty vykorystannya zernozyralnykh kombayniv. *Ahronom*. K., 2006. № 3. S. 46–48.

5. Travmirovaniye semyan i yego pre-duprezhdeniye / pod. obshchey red. I. G. Strony. M.: Kolos, 1972. 59 s.

6. DSTU 4138-2002. Nasinnya silsko-hospodarskykh kultur. Metody vyznachannya yakosti. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 173 s.

7. Prohrama «Zerno Ukrainy–2015». K.: DIA, 2011. 48 s.

8. Koval S., Ivanenko I., Makushyn H. Alternatyvnyy napryamok ponovlennya parku zernozyralnykh kombayniv, yak podvoyity yikh produktyvnist? *Tekhnika APK*. K., 2000. № 10. S. 111–112.

Bibliography

1. Availability of agricultural machinery and power capacities in agriculture in 2015:

statistical bulletin / charge release A. Prokopenko. K.: DSSU, 2016. 43 p.

2. Lomakin S. Combine harvesters: customer needs, proposals of producers. *Agrarian Review*. M., 2010. № 3.

3. Bondar O. Grain-harvesting famine. *Proposal*. K., 2006. № 4. P. 108.

4. Kononenko M. P., Marchenko V. V. Technical and economic aspects of the use of combine harvesters. *Agronomy*. K., 2006. No. 3. P. 46–48.

5. Injury of seeds and its prevention / pod. general ed. I. Strony. Moscow: Kolos, 1972. 159 p.

6. ISO 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determination of quality. K.: State Committee of Ukraine, 2003. 173 p.

7. "Grain of Ukraine – 2015" program. K.: DIA, 2011. 48 p.

8. Koval S., Ivanenko I., Makushin G. Alternative direction of renewal of the park of combine harvesters, how to double their productivity? *Engineering of agroindustrial complex*. K., 2000. No. 10. P. 111–112.