

УДК 631.561.6

Дослідження впливу пропускної здатності комбайна на якість зерна, відокремленого пристроєм попереднього обмолоту

Шейченко В. О.,

д.т.н., с.н.с., Полтавська державна аграрна академія

Кузьмич А. Я.,

к.т.н., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Дудніков І. А.,

к.т.н., доцент, Полтавська державна аграрна академія

Шевчук М. В.,

аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Анотація

Мета. Підвищення ефективності функціонування зернозбирального комбайна завдяки встановленню впливу його пропускної здатності (завантаження молотарки) на показники якості зерна, відокремленого пристроєм попереднього обмолоту.

Методи. Експериментальні дослідження проведено з використанням методу планування та проведення однофакторних експериментів. Обробку результатів експериментальних досліджень здійснювали з урахуванням методів регресійного аналізу. Апроксимація експериментальних залежностей математичною моделлю виконана за допомогою методу найменших квадратів із використанням статистичного програмного пакету STATISTIKA-6.5.

Результати. Розроблено комбінований технологічний процес транспортування та обмолоту зерно-соломистої маси (ЗСМ), що базується на пристрої попереднього обмолоту і враховує відмінності взаємодії ЗСМ із планками барабана пристрою.

Відмічено ідентичність процесів змінення показника енергії проростання та схожості насіння культури залежно від рівня завантаження для всіх розглянутих варіантів пристроїв. Для кожного

варіанта пристрою встановлено раціональне значення пропускної здатності, якому відповідає найвищий рівень енергії проростання.

Висновки. Найвищий рівень енергії проростання зібраного зерна 99% встановлено для жнивварки, барабан якої містить чотири планки, коли завантаження молотарки комбайна на рівні 7,5 кг/с. Для серійної жнивварки найвищий рівень енергії проростання 92% встановлено, коли завантаження молотарки на рівні 8,5–9,5 кг/с; для жнивварки з пристроєм попереднього обмолоту з бичем під барабаном – на рівні 97%, коли завантаження 6–7 кг/с; для жнивварки з гладким барабаном – 94,0–94,5%, коли завантаження молотарки 8–9 кг/с; для жнивварки, барабан якої містить дві планки – близько 95%, коли завантаження молотарки 3–4 кг/с, відповідно.

Порівнюючи із серійною, для жнивварки, барабан якої містить чотири планки, встановлено вищий на 7% рівень енергії проростання зерна за незначного (1,0–1,5 кг/с) зменшення пропускної здатності (завантаження) комбайна.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, жнивварка, пристрій попереднього обмолоту зерна, зерно-соломиста маса, енергія проростання, схожість насіння.

UDC 631.561.6

Investigation effect of the throughput combine on the quality of grain separated by a preliminary threshing device

Sheychenko V. O.,

Dr. Tech. Sc., Senior Researcher, Poltava State Agrarian Academy

Kuzmich A. Y.,

Ph.D., National Science Center “Institute of agricultural engineering and electrification”

Dudnikov I. A.,

Ph.D., associate professor, Poltava State Agrarian Academy

Shevchuk M. V.,

Postgraduate Student, National Science Center "Institute of agricultural engineering and electrification"

Annotation

Purpose. Improving the efficiency of the combine harvester by establishing the effect its throughput (thresher loading) on the quality indicators of the grain separated by a preliminary threshing device.

Methods. Experimental researches were carried out using the method planning and conducting single-factor experiments. The processing of experimental results was carried out taking into account the methods by regression analysis. The approximation of the experimental dependencies by the mathematical model was performed using the least squares method using the statistical software package STATISTIKA-6.5.

Results. A combined technological process transportation and threshing of grain-straw mass (GSM) was developed, which is based on a preliminary threshing device and takes into account the differences in the interaction of GSM with the device drum bars.

The identity the processes change in the energy of germination and seed germination culture germination depending on the level loading

for all the considered device options is noted. For each device option, a rational value throughput is established, which corresponds to a high level of germination energy.

Conclusions. The highest germination energy level harvested grain is 99% set for a header, the drum of which contains four strips, when the combine thresher is loaded at 7.5 kg/s. For a serial header, a high germination rate of 92% is set when the thresher is loaded at 8.5–9.5 kg/s; for a header with a preliminary threshing device with a whip under the drum at 97% when loading 6–7 kg/s; for a header with a smooth drum 94.0–94.5% with a threshing load of 8–9 kg/s; for the reaper, the drum of which contains two strips about 95% when loading the thresher 3–4 kg/s, respectively.

Comparing with the serial, for a header with the four slats drum, a higher 7% level of seed germination has been noted with a slight (1.0–1.5 kg/s) reduction in the capacity of the combine.

Keywords: combine harvester, header, device for preliminary threshing of grain, grain-straw mass, germination energy, seed germination.

УДК 631.561.6

Исследование влияния пропускной способности комбайна на качество зерна, отделенного устройством предварительного обмолота

Шейченко В. А.,

д.т.н., с.н.с., Полтавская государственная аграрная академия

Кузьмич А. Я.,

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

Дудников И. А.,

к.т.н., доцент, Полтавская государственная аграрная академия

Шевчук М. В.,

аспирант, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

Аннотация

Цель. Повышение эффективности функционирования зерноуборочного комбайна благодаря установлению влияния его пропускной способности (загрузка молотилки) на показатели качества зерна, отделенного устройством предварительного обмолота.

Методы. Экспериментальные исследования проведены с использованием метода плани-

рования и проведения однофакторных экспериментов. Обработку результатов экспериментальных исследований осуществляли с учетом методов регрессионного анализа. Аппроксимация экспериментальных зависимостей математической моделью выполнена с помощью метода наименьших квадратов с использованием статистического программного пакета STATISTIKA-6.5.

Результати. Розробтан комбінований технологічний процес транспортування і обмолота зерно-соломистої маси (ЗСМ), який базується на устроїстві попереднього обмолота і враховує відмінності взаємодії ЗСМ з планками барабана устроїства.

Відзначено ідентичність процесів змінення показателя енергії проростання і всхожості насіння в залежності від рівня завантаження для всіх розглянутих варіантів устроїств. Для кожного варіанта устроїства встановлено раціональне значення пропускної здатності, котрому відповідає високий рівень енергії проростання.

Висновки. Найвищий рівень енергії проростання зібраного зерна 99% встановлено для жатки, барабан котрої містить чотири планки, при завантаженні молотилки комбайна на рівні 7,5 кг/с. Для серійної жатки високий рівень енергії проростання 92% встановлено при завантаженні молотилки на рівні 8,5–9,5 кг/с; для жатки з устроїством попереднього обмолота з бичом під барабаном – на рівні 97% при завантаженні 6–7 кг/с; для жатки з гладким барабаном – 94,0–94,5% при завантаженні молотилки 8–9 кг/с; для жатки, барабан котрої містить дві планки – близько 95% при завантаженні молотилки 3–4 кг/с, відповідно.

Порівнявши з серійною, для жатки, барабан котрої містить чотири планки, встановлено вищий на 7% рівень енергії проростання зерна при незначителі (1,0–1,5 кг/с) зменшенні пропускної здатності комбайна.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, жатка, устроїство попереднього обмолота зерна, зерно-соломиста маса, енергія проростання, всхожість насіння.

Постановка проблеми. Дослідження базуються на гіпотезі про можливість інтенсифікації процесу відокремлення зерна від зерно-соломистої маси (ЗСМ) на ранніх етапах її транспортування до молотильно-сепаруючої системи (МСС) комбайна. Вважаємо, що раніше обмолочене зерно осідає (концентрується) в нижній частині технологічного потоку і не пошкоджується молотильним барабаном. Це, як відомо, сприяє зменшенню втрат зерна в соломі після комбайна. До переваг попереднього обмолоту зерна також відносять перспективи підвищення його якісних характеристик. Завдяки цьому відкриваються додаткові резерви підвищення ефективності систем виробництва зернових через використання зерна як насіннєвого матеріалу.

Актуальність досліджень обумовлена необхідністю підвищення ефективності сис-

тем виробництва зерна, зменшення нерівномірності подачі хлібної маси і травмування зернівок. Такі результати можливо досягти завдяки встановленню впливу пропускної здатності комбайна (завантаження молотарки) на показники якості насіння пшениці (енергія проростання, схожість), відокремленого розробленим пристроєм попереднього обмолоту зерна. Такі дії уможливають встановити раціональні значення пропускної здатності комбайна, за яких показники якості набудуть максимального значення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Рівень пошкодження насіння є інтегральним показником, що дозволяє оцінити ефективність ряду рішень (факторів), які використовуються для реалізації технологічного процесу. Ступінь пошкодження насіння залежить від коригування робочих органів і агрегатів комбайна, біологічної фази розвитку рослин, сорту і типу культур. Шкідливими є мікропошкодження в зоні ембріона зерна, механічне пошкодження зародків і ендосперму [1, 2]. Високий рівень мікропошкодження насіння є однією з причин, що перешкоджають його просуванню на європейські та світові ринки.

Механічне пошкодження зерна призводить до погіршення його якості та зберігання, зниження хлібопекарських, технологічних, посівних якостей та ін. [3].

Низька якість вітчизняного насіння обумовлена значними пошкодженнями в умовах його збирання та первинної переробки. Саме тому аграрії збільшують норму висіву на 20–25%, порівнюючи із сівбою кондиційним насінням [4, 5].

Показники якості насіння залежать від багатьох чинників [6, 7]. До основних чинників відносять:

- фізико-механічні властивості технологічного матеріалу, який обмолочується (визначаються вологістю зерна і незернової частини, співвідношенням маси зерна і соломи, формою і структурою зерна, сортовими характеристиками тощо);
- фактори, що обумовлені конструкцією зернозбиральних машин та обладнання для післязбиральної обробки зерна (види та параметри робочих органів, їхнє розташування);
- технологічні регламенти та умови експлуатації основних механізмів комбайна, особливо молотильного пристрою (швидкість барабана, молотарки, подачі, тощо);

- технічний стан деталей, вузлів та агрегатів.

Відомі машини і механізми, що використовуються для збирання зерна, не запобігають пошкодженню насіння. Слід зазначити, що рівень пошкодження насіння значною мірою залежить від вологості [8].

За результатами проведених досліджень [9] встановлено:

- у молотильного апарата аксіально-роторного типу збільшення частоти обертання ротора від 520 хв^{-1} до 810 хв^{-1} призводить до відповідного зростання мікропошкодження зерна від 25–30% до 45–50%;

- у молотильного апарата барабанно-декового типу збільшення частоти обертання барабана від $700\text{--}760 \text{ хв}^{-1}$ до 820 хв^{-1} призводить до відповідного зростання мікропошкодження насіння від 37–38% до 41–44%. Недозавантаження молотарки комбайна на 30–40% веде до підвищення рівня мікропошкодження зерна на 2–5%.

Мета досліджень. Підвищення ефективності функціонування зернозбирального комбайна завдяки встановленню впливу його пропускної здатності (завантаження молотарки) на показники якості зерна, відокремленого пристроєм попереднього обмолоту.

Методи досліджень. Експериментальні дослідження проведено з використанням методу планування та проведення однофакторних експериментів. Обробку результатів експериментальних досліджень здійснювали з урахуванням методів регресійного аналізу. Апроксимація експериментальних залежностей математичною моделлю виконана за допомогою методу найменших квадратів із використанням статистичного програмного пакету STATISTIKA-6.5.

Методика досліджень. Методологічною основою досліджень є оцінка показників якості (енергія проростання і схожість) насіння пшениці залежно від конструкційної схеми розробленого пристрою попереднього обмолоту зерна та пропускної здатності зернозбирального комбайна.

До останнього часу у вимогах до технологічного процесу переміщення ЗСМ до МСС комбайна задач попереднього обмолоту зерна не висувалося. Проте добре відомо, що завдяки попередньому відокремленню зерна підвищується як рівномірність подачі й завантаження МСС комбайна технологічним матеріалом, так і до 40% продуктивність комбайна.

Проведеними дослідженнями встановлено можливість відокремлення до 32% зерна робочими органами модернізованої системи, яка реалізовує новий технологічний процес транспортування і попереднього обмолоту зерно-соломистої маси.

У зернозбиральних комбайнах КЗС-9 «Славутич» між жнивваркою та корпусом похилої камери розміщено проставку. На неї покладено функції вирівнювання потоку рослинної маси. Проставка складається з корпусу і бітера, оснащеного ексцентриковим пальчиковим механізмом. Бітер проставки транспортує хлібну масу з жнивварки в похилу камеру. На проставку також покладають функцію зменшення нерівномірності подачі та травмування хлібної маси завдяки поліпшенню умов транспортування продукту, що обмолочується.

Для проведення експериментальних досліджень використовували зернозбиральний комбайн КЗС 9-1 «Славутич», жнивварку якого обладнано розробленим пристроєм попереднього обмолоту зерна (рис. 1). Сімейство українських зернозбиральних комбайнів КЗС 9-1 «Славутич» виготовляє ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод».

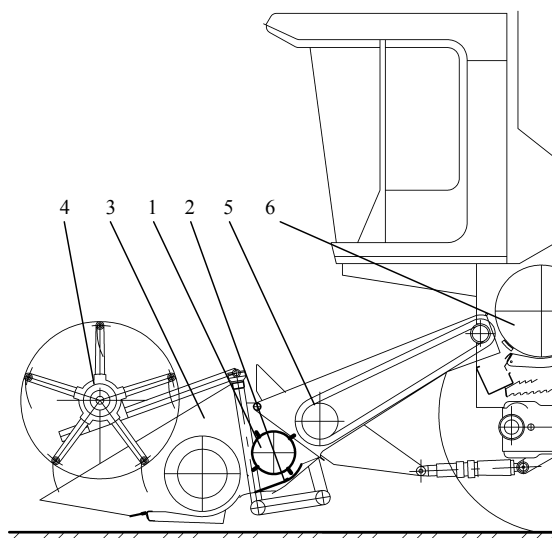


Рис. 1. Схема загального вигляду жнивварки комбайна з пристроєм попереднього обмолоту зерна: 1 – зубчато-лопатевий молотильний барабан; 2 – дека; 3 – жнивварка; 4 – мотовило; 5 – транспортер похилої камери; 6 – МСС комбайна

Fig. 1. Diagram general view of the combine harvester header with a preliminary threshing device: 1 – toothed-blade threshing drum; 2 – concave; 3 – header; 4 – reel; 5 – feeder house; 6 – threshing and separation system of combine

Пристрій попереднього обмолоту зерна базується на конструкції барабана зі з'ємними робочими органами (планками з різною формою зубів). Конструкція барабана передбачала можливість встановлення двох або чотирьох планок. Висота планок складала 20 або 30 мм, профіль планки – гладкий або зубоподібний.

Барабан встановлювали в проставці жнивarki замість бітера, оснащеного пальчиковим механізмом. Крім того, досліджено проміжну циліндричну проставку з пальцями, що ховаються (серійна жнивarka), порівнюючи з розробленими експериментальними зразками зубчасто-лопатевого барабана діаметром 330 мм жнивarki, до яких віднесено:

- жнивarkу з циліндричним зубчасто-лопатеvim барабаном діаметром 330 мм без додаткових планок (гладкий барабан);
- жнивarkу з проміжним молотильним барабаном, що містить бич під барабаном;
- жнивarkу з проміжним молотильним барабаном із двома додатковими планками. Профілі планки – гладкі, зубоподібні, висотою планки 20 та 30 мм;
- жнивarkу з проміжним молотильним барабаном із чотирма додатковими планками. Профілі планки – гладкі, зубоподібні, висотою планки 20 та 30 мм.

Планка представляла собою прямокутний сталевий кутник розміром 45×45 мм, один бік якого було приєднано до бічної поверхні барабана, а на іншому боці кутника було нарізано зубоподібний профіль у вигляді рівнобічних трикутників заввишки 20 та 30 мм.

Програмою досліджень передбачалося почергове проведення експериментів зі жнивarkами, які містили відмічені вище молотильні барабани. Методика проведення досліджень включала вибір ділянки з однорідним і вирівняним стеблостоєм. Дослідження проводили на чотирьох швидкостях руху зернозбирального комбайна у діапазоні 2–7 км/год у трьох повторностях. Швидкість руху комбайна коливалася в межах 0,56–1,67 м/с.

Під час проведення дослідів фіксували: довжину дослідної ділянки, час проходження комбайном дослідної ділянки,

швидкість руху комбайна, площу ділянки, яку досліджували.

Обробку результатів досліджень здійснювали в лабораторних умовах. Як зерно використовується матеріал, отриманий за результатами обмолоту ЗСМ пристроєм попереднього обмолоту зерна жнивarki комбайна. Зерно для досліджень відбиралося з каменеуловлювача комбайна. Це зерно не пройшло цикл обмолоту й очистки МСС комбайна.

У лабораторних умовах за результатом розбирання взятих у полі проб визначали масу відокремленого зерна, масу невідокремленого зерна, загальну масу зерна в ЗСМ. Масу соломи визначали із співвідношення зерна до соломи за масою 1:1,2.

Дослідження проводилося для ЗМС насіння пшениці зі ступенем забруднення сміттєвими домішками 1–2% від загальної маси матеріалу, схожістю насіння 97–98% без явних ознак механічного пошкодження. Відносна вологість зерна дослідного матеріалу складала 11,43%, соломи – 12–14%.

Пропускnu здатність q (завантаження, кг/с) визначали згідно із залежностями:

$$q = \frac{B \cdot v_M \cdot Q}{360}, \quad (1)$$

$$Q = Q_3 + Q_3 \cdot \beta, \quad (2)$$

де B – ширина захвату жнивarki, м;
 v_M – швидкість руху комбайна, км/год;
 Q – урожайність зерна і соломи, ц/га;
 Q_3 – урожайність зерна, ц/га;
 β – частка соломи за масою відносно врожайності зерна.

У процесі досліджень оцінювали такі показники якості насіння пшениці: енергія проростання, схожість.

Для визначення енергії проростання і схожості насіння з кожного дослідженого зразка формувалося по 4 проби зі 100 насінин у кожній. Після цього насіння викладалося на 3 шари зволоженого фільтрованого паперу в спеціальних посудинах (чаша Коха, Петрі), які поміщалися в темне місце. Енергія проростання визначалася за кількістю схожого насіння через 3 доби від початку пророщування, схожість – через 7 діб. Оцінка

схожості й енергії проростання проводилася згідно з ДСТУ 2240-93 [10].

Насіння рівномірно розкладали на підстилки через 0,5–1,5 см, користуючись лічильником-розкладачем, а за сівби вручну – маркером. За умов визначення енергії проростання враховували лише нормально пророслі та загнілі зерна. Після підрахунку їх вилучали із підстилки, а результати підрахунків записували до робочого бланку.

Після закінчення строку пророщування і проведення всіх підрахунків усі виявлені проростки поділяли за якістю проростання на три групи: а) нормально пророслі; б) непророслі; в) несхожі.

Схожість визначали як середнє арифметичне результатів пророщування чотирьох проб, якщо вони не перевищували допустимі ДСТУ відхилення.

У тому разі, якщо в одному зразку були наявні такі відхилення, схожість і енергію проростання визначали за трьома зразками. Якщо два зразки мали відхилення, що перебільшували допустимі, схожість визначали повторно.

Обробку результатів експериментальних досліджень здійснювали з урахуванням методів регресійного аналізу. Апроксимація експериментальних залежностей математичною моделлю виконана за допомогою методу найменших квадратів із використанням статистичного програмного пакету STATISTIKA-6.5. Перевірка адекватності математичних моделей проводилася з використанням елементів дисперсійного аналізу за допомогою критерію Фішера на рівні довірчої ймовірності 0,95.

Результати досліджень. Розроблено новий технологічний процес, який базується на розробленому пристрої попереднього обмолоту зерно-соломистої маси і забезпечує функції транспортування і попереднього обмолоту зерна.

Рівномірність надходження ЗСМ є важливим показником, який характеризує досконалість технічних систем. Завдяки включенню нових елементів (робочих органів пристрою попереднього обмолоту) вдалося

функціонально технологічний процес доповнити новими якісними характеристиками, до яких віднесено попередній обмолот зерна.

За результатами досліджень запропонованих конструкцій пристроїв кількісно оцінювали рівень відокремленого зерна, а також його показники якості.

Зазначимо, що системи виробництва зерна з кращими показниками якості характеризуються вищою ефективністю виробництва.

Вплив пропускнуої здатності комбайна (завантаження молотарки) на показники якості насіння пшениці визначався з метою встановлення найбільш раціональних режимів роботи комбайна зі жнивваркою, що містить запропоновану конструкцію пристрою попереднього обмолоту.

Встановлено, що кожен із розглянутих пристроїв попереднього обмолоту зерна характеризується різним значенням рівня пропускнуої здатності, за яким травмування зерна буде мінімальним.

Відмічено ідентичність процесів змінення показників енергії проростання та схожості залежно від рівня завантаження для всіх розглянутих варіантів пристроїв. Низькому рівню завантаження відповідають менші значення енергії проростання та схожості. За умов зростання завантаження енергія проростання та схожість також збільшуються до рівня, який притаманний тільки цьому типу пристрою. Найбільші значення енергії проростання та схожості, а також пропускнуої здатності (завантаження), за яких вони досягнуті, визначають умови раціонального функціонування систем комбайна.

Для серійної жнивварки із завантаженням 5,3 кг/с енергія проростання пшениці складала 88%, а із завантаженням 7,0 кг/с – 91%. Найбільше значення енергії проростання для серійної жнивварки 92% встановлено, коли завантаження молотарки на рівні 8,5–9,5 кг/с. Подальше збільшення завантаження після досягнутого рівня призводить до відповідного зменшення енергії проростання насіння (рис. 2).

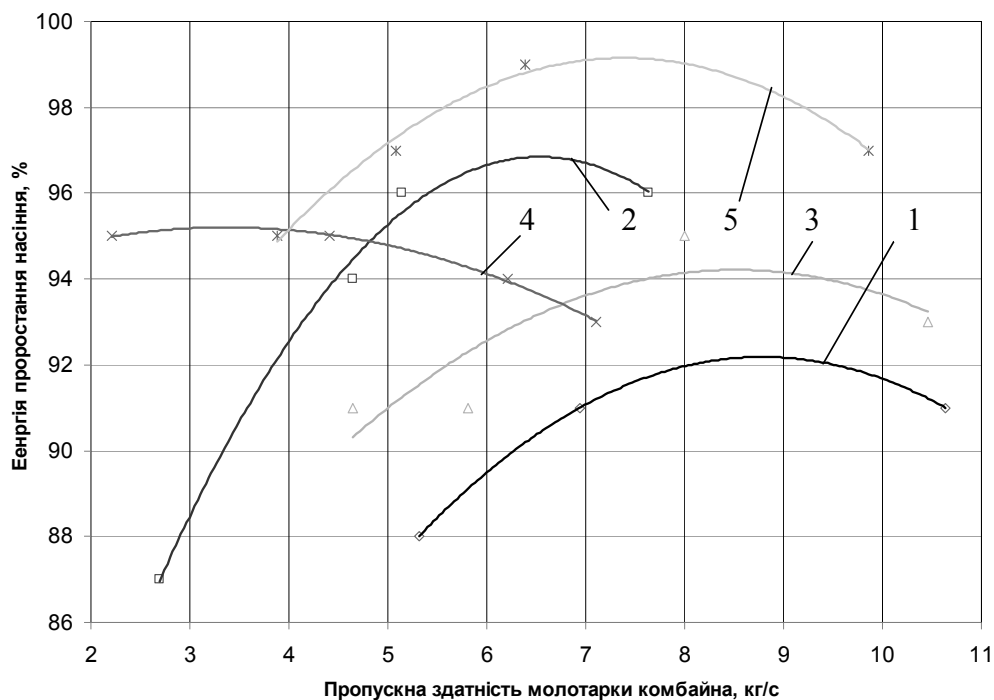


Рис. 2. Експериментальні залежності енергії проростання зерна від пропускної здатності комбайна (завантаження молотарки):

1 – серійна жниварка; 2 – жниварка з проміжним молотильним барабаном, яка містить бич під барабаном; 3 – жниварка з гладким барабаном; 4 – жниварка з проміжним молотильним барабаном, який містить дві додаткові планки; 5 – жниварка з проміжним молотильним барабаном, який містить чотири додаткові планки

Fig. 2. Experimental dependencies germination energy of grain on the throughput by the combine:

1 – serial harvester; 2 – a header with an intermediate threshing drum, which contains a bar under the drum; 3 – header with a smooth drum; 4 – header with an intermediate threshing drum, which contains two additional strips; 5 – header with an intermediate threshing drum, which contains four additional strips

Для жниварки з пристроєм попереднього обмолоту з бичем під барабаном завантаженню 2,7 кг/с відповідає енергія проростання 87%, завантаженню 4,5 кг/с – 94%, відповідно. Найбільші значення енергії проростання для відміченої схеми пристрою встановлено на рівні 97% із завантаженням 6–7 кг/с.

Для пристрою попереднього обмолоту зерна з гладким барабаном завантаженню молотарки 5 кг/с відповідає енергія проростання 91%, завантаженню 7 кг/с – енергія проростання близько 94%. Найбільш раціональне значення завантаження встановлено в діапазоні 8–9 кг/с. За такого рівня завантаження енергія проростання складала 94,0–94,5%.

Для барабана з двома планками найбільше значення енергії проростання на рівні близько 95% досягнуто в діапазоні завантаження молотарки 3–4 кг/с, що на 59%

менше ніж у гладкого барабана і на 53% ніж у барабана з чотирма планками.

Кращі показники якості встановлено для зерна, обмолоченого барабаном із чотирма планками. Це обумовлено підвищенням рівномірності подачі маси, що забезпечує відмічена схема, порівнюючи з іншими. Нерівномірність призводить до коливань навантажень, динамічної розбалансованості системи, збільшення травмування зерна. Більша кількість планок на барабані створює передумови більш рівномірної подачі (транспортування) маси. Краща рівномірність транспортування зерно-соломистої маси – вищі показники якості зерна.

За результатами проведених досліджень встановлено найвищий рівень енергії проростання зібраного зерна жнивркою, барабан якої містить чотири планки – 99% із завантаженням молотарки комбайна на рівні 7,5 кг/с. Завантаженню 4 кг/с для відміченої конструкції відповідає енергія проростання

95%, завантаженню 6 кг/с – енергія проростання 98%, відповідно.

Порівнюючи із серійною, для жнивварки, барабан якої містить чотири планки, встановлено збільшення енергії проростання на 7% за незначного зменшення пропускної здатності (завантаження 1,0–1,5 кг/с).

Значення показників схожості зерна для всіх зразків, що досліджувалися, суттєво не відрізнялися від середньоарифметичних значень показників енергії проростання.

Висновки. Найвищий рівень енергії проростання зібраного зерна 99% встановлено для жнивварки, барабан якої містить чотири планки, коли завантаження молотарки комбайна на рівні 7,5 кг/с. Для серійної жнивварки найвищий рівень енергії проростання 92% встановлено, коли завантаження молотарки на рівні 8,5–9,5 кг/с; для жнивварки з пристроєм попереднього обмолоту з бичем під барабаном – на рівні 97%, коли завантаження 6–7 кг/с; для жнивварки з гладким барабаном – 94,0–94,5%, коли завантаження молотарки 8–9 кг/с; для жнивварки, барабан якої містить дві планки – близько 95%, коли завантаження молотарки 3–4 кг/с, відповідно.

Порівнюючи із серійною, для жнивварки, барабан якої містить чотири планки, встановлено вищий на 7% рівень енергії проростання зерна за незначного (1,0–1,5 кг/с) зменшення пропускної здатності (завантаження) комбайна.

Бібліографія

1. Кирпа М. Я., Пашченко Н. О., Базилева Ю. С. Природа травмування насіння кукурудзи та методи його визначення. *Селекція і насінництво*. 2009. № 97. С. 196–201.
2. Pecen J. Internal damage identification of seeds. *International Agrophysics*. 1994. Vol. 8. Issue 2. Pp. 289–293.
3. Пузік Л. М., Пузік В. К. Технологія зберігання і переробки зерна: навч. посіб. Харків: ХНАУ, 2013. 312 с.
4. Грабар І. Г., Дерев'янка Д. А., Герук С. М. Вплив обмолоту на посівні якості зерна пшениці, жита та інших зернових. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2010. № 40. Вип. 1. С. 6–9.
5. Shpokas L., Adamchuk V., Bulgakov V., Nozdrovicky L. The experimental research of combine harvesters. *Research in Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 62. Pp. 106–112.

6. Fiscus D. E., Foster G. H., Raufman H. H. Physical Damage of Grain Caused by Various Handling Techniques. *Transactions of the ASAE*. 1971. Vol. 14. Issue 3. Pp. 480–485.

7. Совершенствование механизации производства семян зерновых культур: рекомендации / А. П. Тарасенко и др. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 60 с.

8. Zielinski A., Mos M. Effects of seed moisture and the rotary speed of a drum on the germination and vigour of naked and husked oat cultivars. *Cereal Research Communications*. 2009. Vol. 37, Issue 2. Pp. 277–286.

9. Шейченко В. А., Кузьмич А. Я., Грицака А. Н., Ковалев М. М. Исследование микроповреждений и микротравмирования зерна при его уборке зерноуборочными комбайнами. *Техника и оборудование для села*. 2016. № 1 (223). С. 24–28.

10. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ, 1993. 74 с.

Bibliografia

1. Кирпа М. Я., Пашченко Н. О., Базилева Ю. С. Природа травмування насіння кукурудзи та методи його визначення. *Селекція і насінництво*. 2009. № 97. С. 196–201.
2. Pecen J. Internal damage identification of seeds. *International Agrophysics*. 1994. Vol. 8. Issue 2. Pp. 289–293.
3. Пузік Л. М., Пузік В. К. Технологія зберігання і переробки зерна: навч. посіб. Харків: ХНАУ, 2013. 312 с.
4. Грабар І. Г., Дерев'янка Д. А., Герук С. М. Вплив обмолоту на посівні якості зерна пшениці, жита та інших зернових. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2010. № 40. Вип. 1. С. 6–9.
5. Shpokas L., Adamchuk V., Bulgakov V., Nozdrovicky L. The experimental research of combine harvesters. *Research in Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 62. Pp. 106–112.
6. Fiscus D. E., Foster G. H., Raufman H. H. Physical Damage of Grain Caused by Various Handling Techniques. *Transactions of the ASAE*. 1971. Vol. 14. Issue 3. Pp. 480–485.
7. Sovershenstvovanie mehanizatsii proizvodstva semyan zernovyih kultur: rekomendatsii / A. P. Tarasenko i dr. Moskva: FGBNU «Rosinformagroteh», 2014. 60 s.
8. Zielinski A., Mos M. Effects of seed moisture and the rotary speed of a drum on the germination and vigour of naked and husked oat cultivars. *Cereal Research Communications*. 2009. Vol. 37, Issue 2. Pp. 277–286.
9. Sheychenko V. A., Kuzmich A. Ya., Gritsaka A. N., Kovalev M. M. Issledovanie mikroповреждений i mикротравмиrovaniya zerna pri ego

uborke zernoborochnyimi kombaynami. *Tehnika i oborudovanie dlya sela*. 2016. # 1 (223). S. 24–28.

10. DSTU 2240-93. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy. Kyiv, 1993. 74 s.

References

1. Кирпа М. Я., Pashchenko N. A., Bazilyeva Yu S. Nature of corn seed damage and methods of its determination. *Selection and seed-growing*. 2009. Vol. 97. Pp. 196–201.

2. Pecen J. Internal damage identification of seeds. *International Agrophysics*. 1994. Vol. 8. Issue 2. Pp. 289–293

3. Puzik L. M., Puzik V. K. Technology of storage and processing of grain. Kharkiv: National Agrarian University, 2013. 312 p.

4. Harbar I. H., Derevyanko D. A., Heruk S. M. Influence of threshing on grain yield of wheat, rye, and other grains. *Design, manufacture and operation of agricultural machines*. 2010. Vol. 40. Issue 1. Pp. 6–9.

5. Shpokas L., Adamchuk V., Bulgakov V., Nozdrovicky L. The experimental research of

combine harvesters, *Research in Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 62. Pp. 106–112.

6. Fiscus D. E., Foster G. H., Raufman H. H. Physical Damage of Grain Caused by Various Handling Techniques. *Transactions of the ASAE*. 1971. Vol. 14. Issue 3. Pp. 480–485.

7. Improving the mechanization of the production of seeds of grain crops: recommendations / A. P. Tarasenko and others. Moscow: Federal State Scientific Institution Rosinformagrotekh, 2014. 60 p.

8. Zielinski A., Mos M. Effects of seed moisture and the rotary speed of a drum on the germination and vigour of naked and husked oat cultivars. *Cereal Research Communications*. 2009. Vol. 37. Issue 2. Pp. 277–286.

9. Sheichenko V. A., Kuzmich A. Ya., Gritsaka A. N., Kovalev M. M. Investigation of microdamages and microtrauma of grain when it is harvested by combine harvesters. *Machinery and equipment for the village*. 2016. Vol. 1 (223). Pp. 24–28.

10. DSTU 2240-93. Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing characteristics. Specifications. Kyiv, 1993. 74 p.