

УДК 631.171.001.5:633.1

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ І ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ

В. Кравчук, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НААН України,
М. Занько, канд. техн. наук, **В. Гусар**, канд. техн. наук,
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Обґрунтовано науково-методичні основи визначення важливих споживчих характеристик – технічного рівня і його відповідності сучасному рівню та пропускної здатності зернозбиральних комбайнів барабанного типу.

Ключові слова: зернозбиральні комбайни, пропускна здатність, молотарка, жнивварка, показники технічного рівня.

Суть проблеми. На ринок зернозбиральних комбайнів України сьогодні постачається до трьохсот моделей різних фірм. Природно, що всі вони характеризуються різною продуктивністю та мають різний технічний рівень. Результати досліджень свідчать, що встановити достовірно зазначені показники можливо лише за умови застосування відповідних методів, які базуються на аналізі і оцінюванні визначальних технічних характеристик, параметри яких обумовлюють функціональний вплив на інтенсивність технологічних процесів та в підсумку – на продуктивність комбайна. Вагомий вплив на повноту реалізації комбайном протягом всього часу зміни проектної продуктивності має технічний рівень комбайна. Як правило, достовірну інформацію про ці основні споживчі характеристики фірми-виробники не надають і їх можна отримати лише з використанням експериментальних методів та польових експлуатаційних досліджень.

Аналіз публікацій і результатів досліджень. Продуктивність комбайна визначає основна система комбайна – молотарка. В якості її функціонального показника прийнято показник «пропускна здатність». В комбайнах барабанного типу основну кількість втрат за молотаркою формує комплексна система сепарації зерна з грубого вороху [1]. До її складу входять дві системи: обмолоту та основної сепарації зерна (МСС) і сепарації грубого вороху, яка представлена соломотрясом. До інших допоміжних систем, які дозволяють комбайну працювати в необхідному режимі робочої швидкості і проектної продуктивності, відноситься жнивварка. Її технологічна спроможність в агрегаті з певним комбайном формувати потік технологічної маси встановленої потужності та інтенсивності дозволяє працювати в певному режимі продуктивності [2]. Результати досліджень свідчать, що комбайн встановленої продуктивності за оптимальних умов роботи не

забезпечує її проектного значення навіть в перші години роботи. В подальшому, протягом робочої неділі і всього сезону збирання хлібів, на її величину впливають технічна надійність комбайна, здатність комбайнера приймати та реалізовувати правильні рішення щодо технологічних настроювань комбайна тощо. Враховуючи ці та інші фактори, які впливають на ефективність використання потенціалу комбайна за продуктивністю, в конструкції комбайна застосовують значну кількість так званих інтелектуальних технічних рішень. Вони дозволяють при мінімальному «втручанні» комбайнера, яке зводиться до введення мінімального числа «установочних даних», наприклад – вологості і урожайності соломки і зерна, – за допомогою спеціальних інтелектуальних програм-систем встановити ряд технологічних режимів (оберти молотильного барабана, відкриття жалюзі решіт системи очищення зерна, частоту обертання крилача вентилятора системи очищення зерна, робочу швидкість руху комбайна). Ці регулювання є оптимальними в даних умовах і забезпечують максимально ефективну роботу комбайна протягом робочої зміни. З їх врахуванням можливо провести оцінювання та ранжування зернозбиральних комбайнів за основними споживчими характеристиками – показниками призначення. Тому метою цієї роботи є обґрунтування методології визначення факторів зернозбирального комбайна, які формують оціночні показники технічного рівня та пропускної здатності і проведення ранжування комбайнів барабанного типу.

Виклад основного матеріалу досліджень. В основу оцінювання зернозбиральних комбайнів барабанного типу, які визначають технічний рівень та функціональну здатність забезпечувати встановлений рівень продуктивності, прийнято такі технічні ознаки, показники та параметри:

- комплексний показник оцінювання технічного рівня – покоління комбайна;
- відповідність проектній пропускній здатності енергозабезпечення комбайна (потужність двигуна);
- технічні характеристики зернової жнивarki, які визначають інтенсивність зрізання і подачі технологічної маси в молотарку та робочу швидкість руху комбайна при цьому;
- основні технічні характеристики, які визначають технічний рівень та ранг серед комбайнів барабанного типу;
- рівень інтелектуалізації комбайна (у відповідності із прийнятою п'ятибальною системою оцінювання);
- забезпечення комбайна системами автоматизованого керування технологічними режимами та системою GPS;
- тип молотарки зернозбиральних комбайнів, в конструкції якої для обмолоту та основної сепарації зерна застосовані барабани різного конструкційного виконання та призначення;
- технічна характеристика молотарки – «ширина молотарки»;

- технічні характеристики молотильно-сепарувальної системи – площу дек, які визначають її пропускну здатність.

Покоління комбайна – це основний комплексний показник оцінювання зернозбирального комбайна, який дозволяє об'єктивно оцінити його технічний рівень і відповідність сучасним тенденціям розвитку конструкції та технологічних рішень обмолоту хлібної маси в комбайні для досягнення максимально високих та ефективних показників роботи. У відповідності з етапами становлення, розвитку та вдосконалення конструкції доцільно виділити чотири покоління зернозбиральних комбайнів:

I покоління – це комбайни, які розроблені в 60-их роках ХХ століття. Вони, як правило, – з низькою продуктивністю. Її величина в більшості випадків обумовлена можливостями молотарки з пропускну здатністю на рівні 2-3 кг/с. Жниварка має ширину захвату до 3 метрів. Технічний рівень жатки і комбайна можна оцінити застосувавши тільки один показник: швидкість різання сегментами ножа різального апарату жатки стебел технологічної культури. Необхідно зазначити, що величину цього показника забезпечує спеціальна система жниварки – система приводу ножа. У комбайнів I покоління значення цього показника знаходиться на рівні до 540 циклів за хвилину. Вони призначені до виконання обмеженої кількості технологічних операцій, їх технічний рівень невисокий і обумовлений відповідним рівнем елементної бази. Робоче місце комбайнера – це фактично відкрита площадка, яка не забезпечує захист комбайнера від несприятливих зовнішніх факторів. Енергозабезпечення комбайна забезпечує двигун потужністю до 80 к.с.

II покоління – це комбайни, які розроблені у 70-их роках ХХ століття. Вони мають середній технічний рівень, обумовлений середнім рівнем елементної бази. В основі конструкції молотарки – класична однобарабанна молотильно-сепарувальна система. Функцію соломосепаратора виконує клавішний соломотряс. В ходовій системі використано механічну трансмісію. Робоче місце комбайнера устатковане кабіною, яка в певній мірі захищає комбайнера від несприятливих факторів – дощу та сильного вітру. Мікроклімат в кабіні формує фільтровентиляційна установка. Продуктивність такого комбайна обумовлюється пропускну здатністю молотарки на рівні 5-9 кг/с. Комбайн має конструктивно спрощену гаму змінних адаптерів, які дозволяють працювати за спрощеними технологічними схемам збирання зернових колосових культур і кукурудзи. Незернова частина урожаю – солома та полова вкладається комбайном у валок або з допомогою спеціалізованих систем завантажується в причіп. Енергозабезпечення комбайна забезпечує двигун потужністю до 140 к.с.

III покоління – комбайни розроблені на межі ХХ - ХХІ століть на базі комбайнів II покоління шляхом суттєвої модернізації. Вони мають гідрооб'ємний привод трансмісії ходової системи та основних робочих органів. Комбайн здатен збирати будь-яку технологічну культуру і має для

цього відповідні адаптери високого технічного рівня. Технічний рівень обумовлюється добротним рівнем елементної бази. Кабіна облаштована кондиціонером і відповідає всім вимогам ергономіки та безпеки праці. Автоматизовані системи, які використовуються в цих комбайнах – середнього рівня. Вони забезпечують контроль та зміну параметрів технічних систем (двигуна) і технологічних режимів молотарки, але для ефективного використання потребують постійної участі та втручання зі сторони комбайнера. Енергозабезпечення комбайна знаходиться на рівні 250 к.с. З метою збільшення продуктивності в МСС може використовуватися молотильний барабан збільшеного діаметра (до 800 мм) та ротаційний барабан-соломосепаратор. Продуктивність такого комбайна обумовлюється пропускнуою здатністю молотарки на рівні 9-12 кг/с.

IV покоління – це комбайни, які створені фактично в XXI столітті. В молотарках використані потужні, в більшості випадків - комбіновані системи обмолоту і сепарації зерна барабанного типу. Мікроклімат в кабіні забезпечує система «Мікроклімат». Продуктивність комбайна визначається пропускнуою здатністю молотарки на рівні 13-16 кг/с. Такі комбайни мають автоматизовані системи високого інтелектуального рівня, які не тільки контролюють технічні параметри і технологічні режими, але й оптимально та раціонально узгоджують їх між собою в процесі виконання комбайном технологічного процесу з урахуванням умов роботи та характеристик технологічної культури. Все це спрямовано на досягнення комбайном максимально можливої продуктивності, незначного дроблення та втрат (до 1,5% за молотаркою). Технічний рівень – дуже високий і обумовлений високим сучасним рівнем елементної бази.

Регламентований рівень продуктивності комбайна та енергозатрат комбайна можливі за відповідного енергозабезпечення. В якості такого показника прийнято потужність двигуна.

Енергозабезпечення комбайнів IV покоління досягає 530 к.с. Основні показники призначення комбайна у відповідності з параметричним індексом комбайна узгоджені за величиною [2].

Для комбайнів барабанного типу енергозабезпечення формується у відповідності із шириною молотарки відповідної групи. Аналіз енергозабезпечення комбайнів різних моделей, але однакових технічних параметрів свідчить, що значення потужності двигунів знаходиться в значному діапазоні. Тому одним з критеріїв відповідності енергозабезпечення даного комбайна сучасному технічному рівню прийнято узгодженість його величини з технічними параметрами МСС – площею молотильно-сепарувальних дек та порівняльна оцінка його величини в даній групі. При цьому перевагу віддано меншому значенню потужності, яке при рівних значеннях технічних параметрів молотарок даної групи забезпечує отримання регламентованої продуктивності.

До характеристик, які визначають технічний рівень жнивarki і комбайна в цілому, необхідно віднести швидкість різання ножа і різального апарата.

Для молотарок кожної групи визначено швидкість різання, яка є досить високою і відповідає сучасному рівню. Наприклад, для зернозбиральних комбайнів барабанного типу з шириною молотарки 1400 - 1499 мм даний параметр знаходиться на рівні 1100-1220 цикл/хв і є характерним майже для всіх комбайнів даної групи [4]. Це свідчить про те, що дана група комбайнів, яка створена в останні роки, відповідає сучасному технічному рівню.

Рівень інтелектуалізації комбайна визначається наявністю в його конструкції *модулів системи інтелектуальних рішень*, які здатні взаємозв'язано та логічно впливати на технічні і технологічні режими, продуктивність та якість роботи. *I-модулі* дозволяють:

- автоматично керувати жаткою та ефективно реалізовувати її конструкційну ширину захвату;
- фіксувати дані про роботу комбайна;
- формувати масиви інформації і реєстрації даних та управління;
- керувати комбайном у автоматичному режимі;
- забезпечувати бортову діагностику, списки та журнал сигналів тривоги, контроль частоти обертання або забивання молотильного барабана, час про-стою комбайна в режимі чекання транспорту для вивантаження зерна тощо;
- зберігати в картотечі основні параметри (урожайність окремих ділянок);
- виконувати функцію швидкого аналізу і графічно відображати карти урожайності, вологості технологічної культури, втрат зерна;
- слідкувати за розташуванням і маршрутом комбайна з допомогою супутникових фотографій;
- вести передачу даних технічного обслуговування представникам фірми-виробника комбайна;
- швидко визначити причину збою оптимального технологічного режиму роботи та ін.

За основу класифікації зернозбиральних комбайнів барабанного типу прийнято конструкційно-технологічне виконання молотильно-сепарувальної системи (МСС). До її складу входять один або декілька молотильних барабанів бильного типу або кілька барабанів різного функціонального призначення. Сепарацію грубого вороху виконує клавішний соломотряс. Характерною особливістю молотарок і МСС барабанного типу є тангенціальні подача і подальший рух технологічної маси по відношенню до барабанів. До характеристик, які визначають пропускну здатність молотарки, а разом з нею – продуктивність комбайна, віднесено: ширину молотарки, діаметр молотильного барабана, площу молотильно-сепарувальних дек і довжину соломотряса.

Ширина молотарки – один із основних технічних параметрів, який визначає характеристики всіх інших технологічних систем, що можуть входити до складу молотарки: довжину робочої частини молотильного барабана і МСС, ширину системи сепарації грубого вороху – соломотряса і системи очищення, а разом з ними – і їх площу. Ці параметри визначають функціональну (пропускну) здатність молотарки прийняти до обмолоту певну кількість технологічної маси [1]. У відповідності з нею продуктивність комбайна за 1 годину основного часу визначають згідно з формулою:

$$W = q * 3600 * 10^{-3}$$

де: W – продуктивність комбайна за 1 годину основного часу, т/год;
 q – пропускна здатність молотарки, кг/с.

Природно, більша ширина молотарки сприяє більшій кількості технологічної маси, що може поступити в молотарку та бути підданою до обмолоту з установленою якістю. У відповідності до мети досліджень всі молотарки барабанного типу розділені на 5 груп: I – 1000-1200 мм, II – 1200-1390 мм, III – 1400-1500 мм, IV – 1501-1599 мм, V – 1600-1700 мм.

В межах кожної групи молотарок проведено оцінку параметрів молотильного барабана з метою встановлення відповідності його сучасним вимогам до технічного рівня комбайнів даної групи.

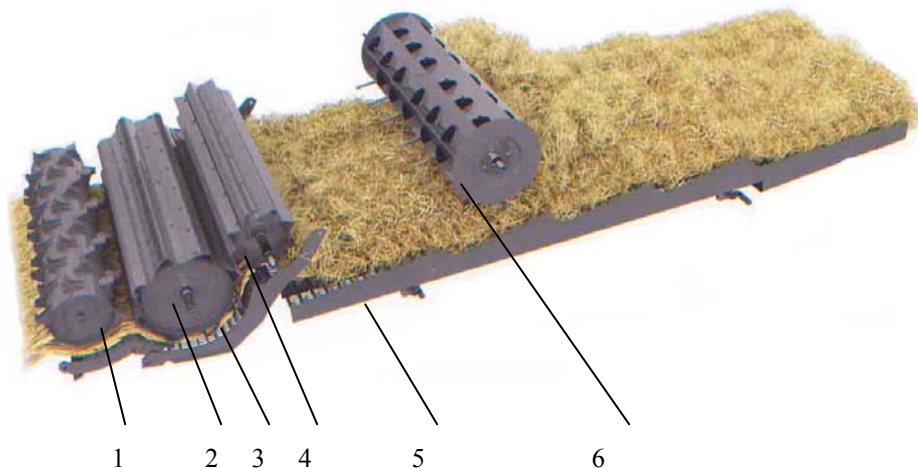
В складі МСС молотарки барабанного типу, крім основного – **молотильного барабана** можуть бути і барабани іншого конструкційного та функціонального призначення. Вони можуть бути розміщені «до» (рис. 1), або «після» молотильного барабана.

Молотильно-сепарувальні деки – обов'язковий елемент конструкції МСС. Їх площа обумовлює функціональну здатність виконати обмолот молотильно-сепарувальною системою зерна та сепарувати його через свою решітку з певною продуктивністю. З метою збільшення продуктивності комбайнів в їх конструкції застосовується один або декілька барабанів [5], кожен з яких також має сепарувальну деку (рис. 1).

Збільшення площі сепарації зерна за рахунок збільшення діаметра барабана та використання додаткових барабанів, дозволяє збільшити площу дек, а разом з ними – кількість зерна, що сепарується в цій зоні, на 85-90%. Це створює передумови до зменшення технологічного навантаження на клавішний соломотряс: зменшення вмісту зерна в складі технологічного потоку (“грубий ворох”) і разом з ним – зменшення втрат зерна за соломотрясом.

Діаметр молотильного барабана МСС сучасних зернозбиральних комбайнів дорівнює 450-800 мм. Конструкційне поєднання великого діаметра барабана зі значною його масою та частотою обертання обумовлює

високопродуктивний і повний вимолот зерна з мінімальним подрібненням, а також значний момент інерції, що важливо для надійної роботи МСС.



*1 – барабан прискорювальний, 2 – барабан молотильний (основний),
3 – дека молотильно-сепарувальна, 4 – бітер поворотний,
5 – потужний клавішний соломотряс, 6 – барабан-«гальмувач»*
Рисунок 1 – **Барарабанний тип молотарки з МСС у складі**

Соломотряс виконує функцію остаточної сепарації зерна із грубого вороху. Результати досліджень свідчать, що втрати зерна за ним становлять до 80 відсотків (в складі 1,50% втрат за молотаркою). Тобто якість його роботи обумовлює негативний вплив на формування загального рівня втрат за молотаркою і тим самим – зменшення пропускної здатності молотарки та продуктивності комбайна. Його довжина клавіші визначає повноту сепарації із соломи залишків зерна, які не зазнали сепарації через деки МСС.

Оцінювання відповідності сучасному рівню та визначення пропускної здатності молотарки приведемо на прикладі комбайна SR-2065 «Sampo Rosenlev» [6-7]. Технічний рівень елементної бази і технологічна схема комбайна SR-2065 «Sampo Rosenlev» відноситься до комбайнів III покоління. За результатами технічної експертизи конструкції кількісні значення чотирьох показників (діаметра молотильного барабана, довжини соломотрясу, інтенсивності різання ножа різального апарату жнивarki та потужності двигуна) комбайн відповідає вимогам сучасного рівня. При прийнятих до ранжування восьми показниках відповідність комбайна сучасному рівню буде часткова.

Таблиця 1 – Ранжування зернозбиральних комбайнів барабанного типу (ширина молотарки – 1001-1199 мм), фрагмент

Марка комбайна	Позовина комбайна*	Ширина молотарки, мм	Диаметр молотильного барабана, мм ^б	Площа обмоту та основної сепараци зерна, м ²	Довжина солоотрсу, м ^в	Швидкість різання, ніскаів/м	Ширина захвату жнивирок, м	Рівень інтелектуальної комбайна ^г	Система сучуттєвої молотарки	Потужність двигуна, кВт	Кількість коліс, що відокремлюють сучуттєвоу рілню	Ранжування	
												Відокремлює сучуттєвоу рілню	Продукція замість**
ТС - 5050 New Holland	IV	1040	607	0,62	3,83	1190	4,57	4	-	129	6 (75%)	Частково	4
SR-2065 «Sampo Rosenlew»	III	1110	500	0,51	4,32	1020	3,90-4,20	4	-	110	5 (62%)	Частково	4-4,5
SR-2085 TS «Sampo Rosenlew»	III	1110	500	0,54 + 0,51	4,26	1020	4,20-4,50	4	-	129	6 (75%)	Частково	4-4,5
«Ніксел - 1200»	II	1200	550	0,78	2,90	750	5	3	-	136	3 (37%)	Не відокремлює	4,5 - 5
VEKTOR-410	III	1200	800	1,10	4,15	1080	6	4	-	154	5 (62%)	Частково	7-7,5**
«Промсь-812СХ»	III	1200	800	1,09	4,10	1140	6	4	-	125	6 (75%)	Частково	7-7,5
«Ніксел -950»	II	1200	720+550	0,78	3,50	750	5	3	-	132	3 (37%)	Не відокремлює	6-6,5
«Іліна 4ЕФЕНТ»	II	1200	600	0,90	3,80	600	4- 5	3	-	106	3 (37%)	Не відокремлює	5
Сучасний рівень:	IV	1100-1200	≥ 500	≥ 0,62	≥ 4,10	> 1000	4-5	4-5	-	106-136	8		

Примітки:

* «жирним» шрифтом позначені показники призначення та їх значення, які: а) прийнятні в якості визначальних;

б) відповідають сучасному технічному рівню.

** при співвідношенні зерна до соломи (соломистості) - 1: 1, 2 і урожайності зерна не менше 45-50 ц/га.

Ранжування комбайна комбайн SR-2065 за пропускною здатністю виконано методами:

- аналізу у відповідності з технічними параметрами (шириною молотарки, діаметром молотильного барабана, площею обмолоту та основної сепарації зерна в МСС і довжиною соломотряса);

- порівняльного аналізу експериментальних даних про пропускну здатність аналогічних молотарок (табл. 1).

У відповідності з результатами досліджень пропускну здатність комбайна SR-2065 визначена на рівні 4-4,5 кг/с.

За аналогічною методикою проведено визначення пропускну здатності та оцінювання відповідності сучасному технічному рівню 140 комбайнів барабанного типу провідних фірм світу: John Deere (ФРН, Бразилія), Claas (ФРН), корпорація AGCO (США), New Holland (Італія), DEUTZ FAHR (ФРН; Італія), Massey Ferguson (Великобританія), Laverda S.p.a. (Італія), «Sampo Rosenlev» (Фінляндія), ТОВ «Представництво «Ростсільмаш» в Україні (Росія), ТОВ «Торговий дім «МТЗ-Беларус-Україна» (Україна), ТОВ «Білоцерківський комбайно-тракторний завод (Україна), ТОВ «СУРВП «Дон-Лан» (Україна) та ТОВ «НВП «Херсонський машинобудівний завод» (Україна). При цьому використані дані про технічні характеристики, які представлені в проспектних матеріалах на відповідні комбайни, а також результати їх випробувань.

Висновки. Запропоновано методологічні підходи порівняльного оцінювання однотипних зернозбиральних комбайнів барабанного типу за показниками технічного рівня і пропускну здатності з використанням відкритої технічної інформації та результатів випробувань.

Література

1. Пустыгин М. А. Пути повышения и расчет пропускной способности зерноуборочных комбайнов // Тр-ры и с.х. машины. – 1978. – № 11. – С.17.
2. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. – М.: ВИСХОМ, 2001. – 105 с.
3. Требования растут /Линейка продукции 2011 года КЛААС КГаА мБХ, п/я 1163, Харзенвинкель, Германия. www.claas.com.
4. Клавішні зернозбиральні комбайни CHALLENGER//Амако-Інформ. Інформаційно-технічне видання; № 2; 2012.
5. Протокол №1616/0801 - 01 - 20122 державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК. Зернозбиральні комбайни модельного ряду «LEXION» серії 600. Дослідницьке, УкрНДПБТ ім. Л. Погорілого, 2012. – 45с.
6. Die neue 3000 Baureihe//Sampo Rosenlev: Werk und Hauptverwaltung? Sampo Rosenlev Oy, Finland. www.iok.net/sampo.

7. Протокол державних приймальних випробувань дослідного зразка № 01-17-2012 Комбайн зернозбиральний самохідний «Сампо-Україна – 300». Дослідницьке, УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2012. – 51 с.

Аннотація

Обоснованы научно-методические основы определения важных потребительских характеристик – технического уровня и его соответствия современному уровню и пропускной способности зерноуборочных комбайнов барабанного типа

Summary

Scientific and methodological foundations of important consumer characteristics identification, technological level and its correspondencet to the current level and throughput of drum-type grain harvesters are grounded.