




**original article** | UDC 621.867.133 | doi: 10.31210/visnyk2021.03.34

**100 TONS PER HOUR, WHAT IS NEXT? LET US COMPARE AND ANALYZE CHARACTERISTICS OF THE LATEST MODELS OF HIGHLY PRODUCTIVE COMBINE HARVESTERS**
**O. A. Burlaka**<sup>1</sup>
**S. V. Yakhin**<sup>1\*</sup>
**V. V. Padalka**<sup>1</sup>
**A. O. Burlaka**<sup>2</sup>

 ORCID  [0000-0002-2296-7234](https://orcid.org/0000-0002-2296-7234)

 ORCID  [0000-0002-0042-0844](https://orcid.org/0000-0002-0042-0844)

 ORCID  [0000-0002-0042-0844](https://orcid.org/0000-0002-0042-0844)
<sup>1</sup> Poltava State Agrarian University  
1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

<sup>2</sup> Poltava Polytechnic Professional College, a Separated Structural Unit of the National Technical University  
“Kharkiv Polytechnic Institute”

83a, Puskina str., Poltava, 36000, Ukraine

\*Corresponding author

 E-mail: [sergii.iakhin@pdaa.edu.ua](mailto:sergii.iakhin@pdaa.edu.ua)

## How to Cite

*Burlaka, O. A., Yakhin, S. V., Padalka, V. V., & Burlaka, A. O. (2021). 100 tons per hour, what is next? Let us compares and analyzes characteristics of the latest models of highly productive combine harvesters. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (3), 274–288. doi: 10.31210/visnyk2021.03.34*

*The main characteristics of the latest models of combine harvesters of well-known world companies and brands: Claas Lexion 8900 Terra Trac; New Holland CR 9.80; Case IH Axial-Flow 9240; John Deere X 9110; Fendt IDEAL 10T; T-1000 have been studied and compared in the article. According to the results of the survey, it has been determined that: 1. The productivity of the latest combine harvesters of such brands is within the limits of 40...80 t/h approaching the mark of 100 t/h. The structural weight of such combine harvesters is within the limits of 20...22 t. The capacity of the hopper fluctuates within 12,500...18,000 l. And it is approximately up to 12...17 t of additional weight at the hopper completely loaded with grain, and accordingly, pressure increase on the soil through basic movers. Moreover, the problem of soil excessive compaction is solved through the use of a semi-tracked movement. Effective highly productive use of combines of Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt companies and brands is possible under the condition of applying them in combination with the tractors aggregating trailers- grain trucks. 2. Is it necessary to further increase the productivity of combine harvesters by increasing their size? The issue remains open and disputable. Quite interestingly, the problem was solved in the USA by an ordinary farmer – Ben Dillon. He proposed a new architectural and layout scheme for the construction of a highly productive Tribine T-1000 combine harvester. In this model, the modular design was applied, the hopper is the back module – the trailer, and the capacity of the hopper is increased to 35 m<sup>3</sup>. Unloading is carried out directly into the truck body at the edge of the field. The combine’s design consists of two half-frames. Controlled rear wheels allow the use of “crab motion” at moving, which reduces soil compaction. The innovations of Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt are aimed at developing autonomous robotized farm machinery. Tribine innovations, in addition to robotics, are aimed at following environmentally friendly farming systems. When choosing a modern combine harvester or tractor, it is possible to recommend Ukrainian farmers the multi-criteria assessment and give preference to complex agricultural machinery of one brand, which will further facilitate solving problems with technical service and use. And whether the combine harvester operator of the future will be in the cabin during the harvesting, or will control the machine remotely, time will show.*

**Key words:** highly productive combine harvester, leading manufacturers of agricultural machinery, separation, thresher, rotor, tangential drum, productivity.

**100 ТОН ЗА ГОДИНУ, А ЩО ДАЛІ? ПОРІВНЮЄМО ТА АНАЛІЗУЄМО ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛАГМАНСЬКИХ МОДЕЛЕЙ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

*О. А. Бурлака<sup>1</sup>, С. В. Яхін<sup>1</sup>, В. В. Падалка<sup>1</sup>, А. О. Бурлака<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

<sup>2</sup> Відокремлений структурний підрозділ «Полтавський політехнічний фаховий коледж Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Полтава, Україна

*У статті досліджуються та порівнюються основні характеристики флагманських моделей зернозбиральних комбайнів відомих світових фірм та брендів: Claas Lexion 8900 Terra Trac; New Holland CR 9.80; Case IH Axial-Flow 9240; John Deere X9110; Fendt IDEAL 10T; Tribine T-1000. За результатами огляду визначено, що: 1. Продуктивність флагманських зернозбиральних комбайнів таких брендів перебуває в межах 40...80 т/год, наближається до позначки 100 т/год. Конструктивна маса таких зернозбиральних комбайнів знаходиться в межах 20...22 т. Ємність бункера коливається в межах 12500...18000 л., а це приблизно до 12...17 т додаткової ваги при повністю завантаженому зерном бункері нам комбайн, і відповідно, підвищення тиску через опорні рушії на ґрунт. При цьому проблема переущільнення ґрунту розв'язується через використання напівгусеничного ходу. Ефективне високопродуктивне використання комбайнів фірм та брендів Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt можливо за умови застосування тандему сукупно з тракторами, що агрегують причепи зерновози. 2. Чи потрібне подальше зростання продуктивності зернозбиральних комбайнів за рахунок збільшення їхніх розмірів? Питання залишається відкритим та дискусійним. Досить цікавим є розв'язання такої проблеми у Сполучених Штатах Америки звичайним фермером – Беном Діленом. Він запропонував нову архітектоніку та компоновальну схему побудови високопродуктивного зернозбирального комбайна Tribine T-1000. У цій моделі застосовано модульну конструкцію, бункер є заднім модулем – причепом, ємність бункера збільшена до 35 м<sup>3</sup>. Вивантаження проводиться безпосередньо у кузов вантажівки на краю поля. Конструкція комбайна, що складається з двох напіврам. Керовані задні колеса дають можливість застосування при русі «крабового ходу», що зменшує ущільнення ґрунту. Інновації Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt направлені на розробку автономної роботизованої сільськогосподарської техніки. Інновації Tribine крім роботизації направлені на системи екологічно оццаного землеробства. Аграріям України при виборі сучасного зернозбирального комбайна чи трактора можна порекомендувати багатокритеріальне оцінювання та надання переваги складній сільськогосподарській техніці одного бренду, що надалі полегшить розв'язання проблем з технічним сервісом та використанням. А чи буде оператор зернозбирального комбайна майбутнього знаходитись у кабіні під час збирання врожаю, чи буде керувати машиною дистанційно, покаже час.*

**Ключові слова:** високопродуктивний зернозбиральний комбайн, провідні виробники сільськогосподарських машин, сепарація, молотарка, ротор, тангенціальний барабан, продуктивність.

### **Вступ**

Проблема вибору високопродуктивного сучасного зернозбирального комбайна не втратить свою актуальність, доки існує зерновиробництво.

Багато відомих вітчизняних та закордонних учених присвятило та присвячує такому питанню свої наукові дослідження. Наприклад, порівняння технологічних схем зернозбиральних комбайнів, особливості технологій обмолоту зернових та технічних культур розкриті в роботах українських учених: Погорілого Л. В., Сакуна В. А., Шейченка В. О., Погорільця О. М., Головчука А. Ф., Демко А. А., Зенко М. Д., Ліника М. К., Недовесова В. І. та ін. [8, 16, 26–28, 7]. Технологічні процеси сепарації зерна, елементи роботи систем очищення розкрито в міжнародних публікаціях [21–24, 26–28]. Питання удосконалення технічного сервісу, проведення ремонтно-відновлювальних робіт зернозбиральної техніки описано в роботах [1–6, 8, 9]. Щодо проведення досліджень з основних складових частин зернозбиральних комбайнів та визначення ефективності діагностичних та комплексних сервісних робіт – питання висвітлено у працях [11–15]. Здійснення техніко-економічного аналізу щодо ефективності використання зернозбиральних комбайнів досліджено у публікаціях [16–19, 29–32, 33].

Науково-технічний прогрес не спинити. Сучасне сільське господарство все більше використовує цифрові технології та досягнення інших сфер діяльності людства, зокрема і військової.

Впровадження інновацій тільки пришвидшується. За останні 20 років середня продуктивність самохідних зернозбиральних комбайнів зросла майже у чотири – п’ять разів. Зріс і рівень комп’ютеризації механізованих операційних технологій.

Попит на продукцію зернового підкомплексу тільки зростає. В Україні домінує різноманітний парк промислових зернозбиральних комбайнів закордонного виробництва, що придбані як новими, так і вживаними, використання цих зерно-транспортних систем є доцільним та актуальним. Питання вибору сучасного високопродуктивного зернозбирального комбайна та питання ефективного його використання залишаються актуальними.

### Матеріали і методи досліджень

При написанні статті використані методи експертних оцінок досліджень, методи порівняння [31, 32] та методи математичної статистики [28, 29].

### Результати досліджень та їх обговорення

За обраною тематикою наукового дослідження ми систематизували основні питання дискусійного характеру у вигляді табл. 1.

#### 1. Проблематика щодо основних напрямів подальшого розвитку світового комбайнобудування (SWOT – аналіз)

<i>Переваги</i>	<i>Недоліки</i>	<i>Перспективи</i>	<i>Загрози</i>
Підвищена продуктивність	Підвищення рівня ущільнення ґрунту, збільшення габаритів та ваги зернозбирального комбайна	Зернозбиральні комбайни з інноваційними компонувальними схемами, комбайни-роботи	Переущільнення поверхневого та підорного шару ґрунту
Зменшення тривалості збирання зернових культур у рамках агротехнічних вимог	Необхідність виконання землевпорядних робіт з метою укрупнення посівних площ	Збільшення обсягів виробництва зернових культур	Погіршення структури сівозмін
Зменшення собівартості збиральних робіт	Ускладнення організації та транспортної логістики збиральних робіт (переміщення крупногабаритної техніки)	Підвищення прибутковості аграрних підприємств	Наявність аграрних та фінансових ризиків
Зменшення експлуатаційних і матеріальних витрат	Висока початкова вартість нової збиральної техніки.	Розвиток програм державної фінансової підтримки аграрних підприємств	Обмеженість привабливих кредитних, лізингових програм

Тобто маємо ситуацію, коли питання вибору сучасного високопродуктивного комбайну є багатокритеріальним та доволі дискусійним. За даними табл. 1, на кінцевий вибір високопродуктивного зернозбирального комбайна суттєво впливають рівень технологій конструювання, вартість, екологічність, адаптованість до виробничих умов збирання врожаю.

Оглядову частину досліджень розпочинаємо з відомого німецького виробника зернозбиральної техніки – фірми Claas. Одним із високопродуктивних флагманів такої моделі є зернозбиральний комбайн Claas Lexion 8900 Terra Trac (табл. 2). Основними особливостями цієї конструкції молотарки є застосування гібридного молотильно-сепарувального пристрою, який складається з тангенціальних барабанів та аксіальних роторів (APS HYBRID SYSTEM = APS + ROTO PLUS). Це двоступенева система активного обмолоту та сепарації, яка добре зарекомендувала себе на попередніх моделях комбайнів фірми Claas. Потужність двигуна збільшена до 790 кінських сил. Потрібно зазначити, що така архітектура молотарки досить складна, потребує високої технічної та інженерної культури щодо обслуговування та використання. При цьому продуктивність таких машин на збиранні високоврожайних зернових культур сягає 80...90 т/год. Об’єм бункера збільшено до 18 кубічних метрів. Маса комбайну складає понад 22 т. Для ефективного високопродуктивного використання потребує роботи у складі збирального комплексу з машинно-тракторними агрегатами-зерновозами (табл. 2).

Проблема переуцільнення ґрунту розв'язана частково через застосування напівгусеничного ходу Terra Trac. Ці машини також характеризуються високою вартістю діагностики, технічного обслуговування та ремонтно-сервісних робіт загалом. На особливу увагу заслуговує інноваційна система подрібнення та розкидання незернової частки врожаю по полю.

**2. Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна Claas lexion 8900 terra trac та один з інноваційних векторів компанії Claas**

**Claas lexion 8900 terra trac (URL: <https://www.claas-group.com/>)**



Потужність двигуна максимальна – 790 hp/580 kW  
 Діаметр основного молотильного тангенціального барабану – 755 мм  
 Місткість бункера – 18000л  
 Продуктивність вивантажувального шнека бункера – до 180 л/с  
 Кількість роторів – 2                      Кількість дек роторів - 6  
 Діаметр ротора – 455 мм                      Довжина ротора – 4200 мм  
 Площа очистки – 6,2м<sup>2</sup>  
 Ширина похилої камери (ширина молотарки)– 1700 мм  
 Конструктивна маса – 22400кг

Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – причеп – зерновоз + трактор, що рухається по полю за комбайном



Інновації компанії направлені на створення сільськогосподарських машин- роботів.  
 Компанія CLAAS заснувала спільне підприємство та почала наукові дослідження зі стартапом AgXeed B.V. Метою є спільна розробка автономних сільськогосподарських машин-роботів.



Зернозбиральний комбайн Claas Lexion 8900 Terra Trac може комплектуватися жниварками шириною захвату понад 12 м.

Компанія New Holland представила флагманську модель – New Holland CR 9.80. Це високопродуктивний комбайн з молотаркою аксіально-роторного типу (табл. 3).

3. Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна New Holland CR 9.80 та один з інноваційних векторів компанії New Holland

New Holland CR 9.80 (URL: <https://agriculture.newholland.com/>)



Потужність двигуна номінальна – 530 hp/390 kW  
 Місткість паливного баку – 1000 л                      Місткість бункера – 12500 л  
 Продуктивність вивантажувального шнека бункера – до 126 л/с  
 Кількість роторів – 2                      Діаметр ротора – 559 мм  
 Довжина ротора – 2638 мм                      Площа очистки – 6,5 м<sup>2</sup>  
 Ширина похилої камери (ширина молотарки) – 1560 мм  
 Конструктивна маса – 19623 кг

Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – причеп – зерновоз + трактор, що рухається по полю за комбайном



Інновації компанії направлені на створення сільськогосподарських машин-роботів – Безпілотний трактор New Holland NH Drive



При проектуванні такої машини акцент зроблений на підвищення продуктивності збирання та обмолоту зернових культур. Застосування пари аксіально розташованих роторів є відносно простою та доволі надійною схемою молотильно-сепарувального пристрою комбайна. Потужність дизельного двигуна доведена до 530 кінських сил. Маса комбайна вагою в межах 21 т. Місткість бункера – 12500 л. Комбайн використовується також сукупно із зерновозами: трактор + причіп з вивантажувальним шнеком (табл. 3). Площа очистки складає 6,2 м<sup>2</sup>. Перевагою такої моделі є її невисока вартість на ринку нової зернозбиральної техніки відносно конкурентів.

Наступним конкурентом високопродуктивних флагманських зернозбиральних комбайнів є розробка фірми Case - Case IH Axial-Flow 9240. (табл. 4). Цей комбайн має однороторну конструкцію молотильно-сепарувального пристрою. В нашому огляді така конструкція є найбільш простою та при цьому не менш ефективною та надійною в роботі за своїх конкурентів. Відомо, що якість сепарації в аксіально-роторних молотильно-сепарувальних системах залежить від просторових форм робочих органів поверхні роторів та дек. А в цьому напрямі компанія Case має значний досвід та наукові напрацювання. Тобто щодо обмолоту зерна, то маємо досить просту за архітектонікою та надійну в роботі систему.





При використанні таких зернозбиральних машин на практиці аграрії України нерідко траплялися проблеми наявності підвищених втрат зерна при обмолоті раних зернових культур. Але така проблема виникає щонайбільше з причини недостатнього рівня технічної та технологічної підготовки операторів комбайнів та обслуговуючого персоналу, а не з причини недосконалості конструкцій аксіально-роторних молотильно-сепарувальних пристроїв. Та не будемо забувати, що роторні зернозбиральні машини особливо якісно працюють на обмолоті пізніх зернових культур.

Ще одним цікавим варіантом, який також використовується в Україні, є новий високопродуктивний зернозбиральний комбайн бренду Fendt – IDEAL 10T (табл. 6). Така машина має дизельний двигун з потужністю до 790 кінських сил, місткість зернового бункера – до 17100 л, площу активної сепарації – до 7,95м<sup>2</sup>.

**6. Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна Fendt IDEAL 10T та один з інноваційних векторів бренду Fendt**

<b>Fendt IDEAL 10T (URL: <a href="https://www.fendt.com/int/combines/ideal">https://www.fendt.com/int/combines/ideal</a>)</b>	
	
<p>Потужність двигуна максимальна – 790 hp/581 kW</p> <p>Місткість паливного баку – 1500 л    Місткість бункера – 17100 л</p> <p>Продуктивність вивантажувального шнека бункера – до 216 л/с</p> <p>Кількість роторів – 2    Діаметр ротора – 600 мм</p> <p>Довжина ротора – 4837 мм    Площа активної сепарації – 7,95 м<sup>2</sup></p> <p>Ширина похилої камери (ширина молотарки) – 1700 мм</p> <p>Конструктивна маса (в залежності від комплектації) – близько 21000 кг</p>	
<p>Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – причеп – зерновоз + трактор, що рухається по полю за комбайном</p>	
<p>Інновації компанії одна із стратегій розвитку – сільськогосподарські машини-роботи</p>	

Продуктивність даного зернозбирального комбайна не поступається конкурентам. Але вага машини також перевищує 20 т. І знову бачимо стандартні рішення щодо проблеми з підвищенням продуктивності розвантаження та переуцільненням ґрунту рушіями збиральних сільськогосподарських машин: застосування напівгусеничного ходу, застосування тандему: комбайн Fendt IDEAL 10T з трактором та причепом – зерновозом.



У конструкції молотарки використана двороторна система обмолоту. При порівнянні такої моделі з найближчими конкурентами потрібно відмітити також і відмінну роботу дизайнерів, що розробили Fendt IDEAL 10T.

Описані вище основні характеристики флагманських моделей відомих світових фірм та брендів дещо схожі. В такому разі можна визначити таке:

1. Продуктивність флагманських зернозбиральних комбайнів перебуває в межах 40–80 т/год та наближається до позначки 100 т/год.

2. Конструктивна маса зернозбиральних комбайнів підвищеної продуктивності перебуває в межах 20–22 т.

3. Ємність бункера зернозбиральних комбайнів, що розглянуті вище, коливається в межах 12500–18000 л., а це приблизно до 12–17 тонн додаткової ваги при повністю завантаженому зерном бункері нам комбайн, і відповідно підвищення тиску через опорні рушії на ґрунт.

4. Проблема переущільнення ґрунту розв'язується через використання напівгусеневого ходу.

5. Ефективне високопродуктивне використання комбайнів фірм та брендів Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt можливо за умови застосування тандему сукупно з тракторами, що агрегують причепа зерновози.

6. Інновації щодо розвитку вищенаведених компаній направлені на розробку зокрема і автономної роботизованої сільськогосподарської техніки.

7. Маємо дилему: з одного боку виробники сучасної сільськогосподарської техніки намагаються максимально підвищити її продуктивність, з іншого – зростає вага та конструкційні габарити таких машин, зокрема зернозбиральних комбайнів. Останні негативно впливають на збереження родючості ґрунту та неможливе до нескінченності. Чи потрібне подальше зростання продуктивності зернозбиральних комбайнів через збільшення їхніх розмірів? Питання залишається відкритим та дискусійним. Хоч в історичному недавньому описі, якщо проводити аналогії з військовими машинами, то людство 40-х...50-х років ХХ сторіччя відмовилося від важких танків, і за основу був узятий середній універсальний танк з подальшим розвитком модульних конструкцій. Просимо вибачити авторів за таке порівняння, та все ж, повернемося до флагманських зернозбиральних комбайнів.

Зважаючи на проблеми, наведені вище у п.п. 1...7, у Сполучених Штатах Америки звичайний фермер – Бен Ділен запропонував нову архітектоніку та компоновальну схему побудови високопродуктивного зернозбирального комбайна. (табл. 7). Детально описувати таку конструкцію ми не будемо, оскільки вже існує низка науково-популярних публікацій із цього питання. Зупинимося на дійсно відмінних характеристиках і особливостях такої машини:

- застосовано модульну конструкцію, бункер є заднім модулем – причепом, ємність бункера збільшена до 35 м<sup>3</sup>. Така величина майже удвічі переважає, ніж у розглянутих конкурентів, і це не тільки гонитва за продуктивністю, а відмова від необхідності здійснення проміжних перевантажень зерна в причепи – зерновози. Вивантаження проводиться безпосередньо у кузов вантажівки на краю поля;

- застосовано два окремих двигуна сумарною потужністю до 650 кінських сил: один двигун обслуговує молотильно-сепарувальні та транспортні механізми комбайна, інший – приводить у дію гідростатичну повнопривідну трансмісію. Таке, на перший погляд, просте технічне рішення дає змогу отримати відносно стабільне завантаження двигуна на обмолоті зерна та економити паливо під час транспортних переїздів;

- конструкція комбайна, що складається з двох напіврам-модулів та керовані задні колеса дають можливість застосування при русі «крабового ходу», що зменшує ущільнення ґрунту;

- можливість використання в подальшому напівгусеничного ходу чи спарених коліс або мостів;

- полегшення навантаження на опорні елементи конструкції молотарки через відмову від верхнього розташування бункера порівняно з основними конкурентами.

На жаль, на період здійснення наших досліджень Tribine T-1000 відсутній не тільки на українському, але і на європейському, ринку. Сподіваємося все ж на появу такої машини в Україні, тоді можна буде провести більш детальні порівняльні дослідження.

7. Основні технічні та технологічні характеристики зернозбирального комбайна Tribine T-1000 та один з інноваційних векторів бренду Tribine

Tribine T-1000 (URL: <https://tribine.com/#top>)



Кількість дизельних двигунів – 2  
 Місткість паливного баку – 1893 л  
 Діаметр ротора – 970 мм  
 Кут обхвату ротора – 270°  
 Площа сепарації – 2,30 м<sup>2</sup>  
 Місткість зернового бункера – 35,239 м<sup>3</sup>  
 Продуктивність вивантажувального шнека бункера – 300 л/с  
 Конструктивна маса – 24,494 кг

Сумарна потужність двигунів – 650 hp/485 kW  
 Час роботи комбайна без дозаправки – 18 годин  
 Ширина похилої камери – 1680 мм  
 Площа обмолоту – 2,30 м<sup>2</sup>  
 Площа очистки – 8,58 м<sup>2</sup>

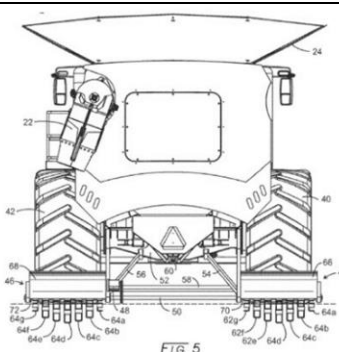
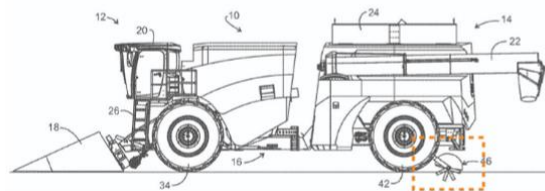
Пріоритетний спосіб розвантаження бункера – вантажний автомобіль на дорозі чи краю поля



Інновації, направлені на органічне землеробство та збереження гумусу – фреза за рушіями для розпушування колії

United States Patent

(10) Patent No.: US 10,231,371 B2  
 (45) Date of Patent: Mar. 19, 2019



А тепер про інновації. Що далі чекає аграрне виробництво з питання забезпечення якісною високопродуктивною сільськогосподарською технікою? У представлених таблицях 1...4 нам вдалося виділити основні, на нашу думку, стратегії подальшого розвитку сільськогосподарських машин провідних фірм, що представлені у відкритих джерелах. Видно, що від повної автоматизації елементів технологічних процесів обмолоту врожаю, технічної та технологічної налашки сучасних зернозбиральних комбайнів, – останнє успішно реалізовано в описаних вище машинах, провідні виробники сільськогосподарської техніки активно переходять до розробки автономних роботизованих систем. На першому етапі – це роботи-трактори. Цікаво, що крім масової роботизації, провідні інженери Tribine пропонують елементи технології (табл. 7) ґрунтоощадного землеробства з можливістю здійс-

нення рихлення колії рушіїв комбайна активною фрезою. При цьому подальша обробка ґрунту розглядається як мінімальна чи нульова з максимально можливим скороченням проходів машинно-тракторних агрегатів по полю.

Ще одна проблема, яку дуже опосередковано розв'язують сучасні високопродуктивні зернозбиральні комбайни – це травмування та подрібнення зерна робочими елементами елеваторів і транспортерів. Тут два основних шляхи вирішення – зменшення циклів перевантажень зерна та відмова від елеваторів і шнеків. Останнє майже не можливо, але «майже» – це цікаве формулювання. Просимо вибачити авторам публікації, але на контрастах з'явилося нестерпне бажання здійснити невеликий історичний екскурс до минулого і згадати один із селекційних німецьких міні комбайнів марки HEGE (рис. 1). На цій машині відсутні шнеки та скребкові елеватори. На інших подібних моделях є варіанти транспортування зерна повітряними потоками. Але це селекційна зернозбиральна техніка, а на промислових надпотужних зернозбиральних комбайнах питання травмування та подрібнення зерна транспортними системами досі повністю не розв'язане [33, 34].



**Рис. 1. Селекційний зернозбиральний міні комбайн HEGE, де відсутні шнеки і скребкові елеватори.**

*Джерело – фото авторів.*

Чи впроваджуються та працюють інноваційні проєкти у сільськогосподарському виробництві в Україні? Безперечно, так, хоч немає бажання на песимістичній ноті закінчувати цю статтю, згадуючи проблеми із вітчизняними зернозбиральними комбайнами: «Славутич», «Скіф», «Обрій», «Лан» та ін. Оптимістичним є те, що розвиток аграрного виробництва та ринку аграрної продукції в Україні пришвидшується з кожним роком. Приємно бачити на таких важливих сільськогосподарських майданчиках, як «Битва Агротитанів – 2021» – промислові дрони-обприскувачі (рис. 2), дрони для моніторингу посівів, інноваційні системи для внесення рідких засобів захисту рослин та добрив, інноваційні робочі органи для обробки ґрунту.



**Рис. 2. Промисловий дрон-обприскувач (на виставці «Битва агротитанів – 2021»).**

*Джерело – фото авторів.*

Дуже сподіваємося побачити найближчим часом і інновації в напрямі вітчизняного комбайнобудування.

Який сучасний зернозбиральний комбайн найбільше потребують сільськогосподарські підприємства Полтавщини? Для узагальнюючої відповіді на таке питання було проведено опитування

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

працівників цієї сфери з використанням основних положень методу експертних оцінок. Анкета опитування представлена у вигляді табл. 8.

### 8. Анкета опитування експертів

Питання	Варіанти відповіді		
	комбайнер	керівник підприємства	фахівець інженерної служби
1. Означте свою фаховість та статус відносно технологічних процесів обмолоту зерна	комбайнер	керівник підприємства	фахівець інженерної служби
2. Чи є доцільним подальше збільшення продуктивності зернозбирального комбайна?	так	ні	вагаюся з відповіддю
3. Зробіть свій вибір відносно доцільності застосування видів рушіїв зернозбирального комбайна	колеса з широко профільними шинами	напівгусені	гусеничні
4. Який, на Вашу думку, більш доцільний об'єм зернового бункеру?	5...15м <sup>3</sup>	15...25м <sup>3</sup>	25...35м <sup>3</sup>
5. Надайте пріоритет свого вибору під час купівлі зернозбирального комбайна	новий	вживаний від 5 років	вживаний від 10 років
6. Яка виробнича програма збиральних робіт на Вашому підприємстві.	до 1000 га	від 1000 га до 5000 га	понад 5000 га
7. Чи вважаєте Ви доцільним використання мобільних переважувачів	так	ні	вагаюся з відповіддю
8. Надайте перевагу зернозбиральному комбайну з наступним типом молотильно-сепарувальної системи	тангенціальний барабан	аксіальний ротор	гібридна система
9. Яка, на Вашу думку, оптимальна ширина захвату жниварки зернозбирального комбайна	до 6м	до 12м	понад 12м
10. Хто повинен, на Вашу думку, проводити сервісне обслуговування зернозбиральних комбайнів?	дилери, дистриб'ютори	власними силами	сторонніми організаціями
11. Які, на Вашу думку, оптимальні шляхи забезпечення запасних частин до зернозбирального комбайна?	які були у вжитку зі списаної техніки	постачання оригінальних нових запчастин	власне відновлення та виготовлення запасних частин
12. Які, на Вашу думку, є оптимальні фінансові програми придбання зернозбиральних комбайнів?	разова оплата за повну вартість	кредит чи лізинг	придбання за державними програмами підтримки с.-г. виробника
13. Яка, на Вашу думку, повинна бути фаховість комбайнера?	без базової технічної освіти з навчанням на підприємстві	з базовою технічною освітою (коледж) з навчанням на підприємстві	з вищою технічною освітою з навчанням на підприємстві
14. Чи надаєте Ви перевагу використанню у Вашому господарстві зернозбиральних комбайнів та інших сільськогосподарських машин одного бренду?	так	ні	вагаюся з відповіддю
15. Який рівень застосування інноваційних інженерних технологій у Вашому господарстві?	низький	середній	високий
16. Який середній розмір площ посівів зернових культур у Вашому господарстві?	До 200 га	200...500 га	понад 500 га
17. Як Ви оцінюєте рівень мотивації роботи комбайнерів та інженерних фахівців у Вашому господарстві?	низький рівень	середній рівень	високий рівень

Результати цієї частини дослідження виявилися досить різноплановими та об'ємними. Наводимо основні з них: для аграрних підприємств із площами посівів сільськогосподарських культур, що підлягають комбайновому обмолоту 1000...3000 га сучасний високопродуктивний зернозбиральний комбайн позиціонується з двигуном потужністю 400 кінських сил, шириною захвату жниварки 8...10 м, об'ємом бункера – 15 м<sup>3</sup> та повинен оснащуватись напівгусеничними рушійми.

Чому в наших дослідженнях ми навмисно порівняли Tribine T-1000 з провідними високопродуктивними зернозбиральними комбайнами основних відомих світових виробників? Чому в наведених таблицях до технічних характеристик комбайнів додані стратегії розвитку компаній і брендів? Чому спробу порівняти здійснено на протиріччях та визначенні недоліків та нерозв'язаних проблем? Чому аграрії переважно надають перевагу не найпотужнішим і продуктивним зернозбиральним комбайнам, що вже існують на ринку? Відповідь на такі питання може бути дуже довга і неоднозначна, а може бути коротка: межі досконалості не існує, не потрібно боятися нестандартних рішень, навіть якщо сьогодні їх частково не сприймає аграрна наука.

### Висновки

У статті проведено аналітичний огляд актуального питання вибору напрямів та перспектив розвитку конструкцій зернозбиральних комбайнів з погляду їх практичного застосування на полях Полтавського регіону. За результатами експертного опитування та аналітичного аналізу конструкцій передових моделей Claas Lexion 8900 Terra Trac; New Holland CR 9.80; Case IH Axial-Flow 9240; John Deere X 9110; Fendt IDEAL 10T; Tribine T-1000 встановлено:

1. Середньозважена продуктивність флагманських зернозбиральних комбайнів наближається до позначки 100 т/год. Конструктивна маса комбайнів підвищеної продуктивності перебуває в межах 20-22 т. Ємність зернового бункера коливається в межах 12500–18000 л., що збільшує власну вагу комбайнового агрегату на 12–17 тон, і відповідно, призводить до збільшення тиску через опорні рушії на ґрунт.

2. Ефективне високопродуктивне використання комбайнів можливо за умови поєднання в технологічній схемі тандему сукупно з тракторами, що агрегують причепи-зерновози.

3. Інновації Claas, New Holland, Case, John Deere, Fendt направлені на розробку сільськогосподарської техніки з елементами мехатроніки та роботизації.

4. Суттєві інноваційні технологічні, на відміну від поширених комбайнів, є застосування альтернативних конструктивних схем, наприклад, комбайн Tribine T-1000, що наводить на роздуми впровадження модульної компоновальної схеми в перспективних розробках зернозбиральної техніки.

5. За результатами порівняння основних характеристик флагманських високопродуктивних зернозбиральних комбайнів постає дилема: з одної сторони – виробники сільськогосподарської техніки намагаються максимально підвищити її продуктивність, з іншої – зростає вага та конструкційні габарити таких машин, що негативно впливає на збереження родючості ґрунту та неможливе до нескінченності.

6. За результатами експертного опитування, для аграрних підприємств із площами посівів сільськогосподарських культур, що підлягають комбайновому обмолоту 1000...3000 га, сучасний високопродуктивний зернозбиральний комбайн позиціонується з двигуном потужністю 400 кінських сил, шириною захвату жнивarki 8...10 м, об'ємом бункера – 15 м<sup>3</sup> та повинен оснащуватися напівгусеничними рушіями.

*Перспективи подальших досліджень.* Аграріям України при виборі сучасного зернозбирального комбайна чи трактора можна порекомендувати багатокритеріальне оцінювання та надання переваги складній сільськогосподарській техніці одного бренду, що в подальшому полегшить вирішення проблем з технічним сервісом та ефективним використанням. А чи буде оператор зернозбирального комбайна майбутнього знаходитись у кабіні під час збирання врожаю, чи буде керувати машиною дистанційно, покаже час.

### References

1. Boyko, A., & Dumenco, K. (2011). Vplyv efektyvnosti sfery tekhnichnoho obsluhovuvannya na vstanovlennia funktsii hotovnosti ta vidnovlennia zernozbyralnoi tekhniki. *Tekhnika i Tekhnolohiyi APK*, 1, 11–14. [In Ukrainian].

2. Bondarenko, O., & Dumenco, K. (2011). Vykorystannia par tertia vuhletsevykh kompozytsiinykh materialiv v ekstremalnykh umovakh roboty zernozbyralnoi tekhniki. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomia*, 3 (60), 165–170. [In Ukrainian].

3. Bondar, M., Zavaloka, A., & Svyrydenko, N. (2010). Povyshenye pozharobezopasnosti ekspluatatsyy pernouborochnoho kombayna: kontseptsyya u puty ee realizatsyy. *Tekhnika i Tekhnolohiyi APK*, 8, 12–16. [In Russian].

4. Brovarets, O. O. (2014). Rehulovana vysota zrizu zernozbyralnykh kombayniv – zasib pidvyshchennya efektyvnosti roboty zernozbyralnykh kombayniv. *Khranenyє y Pererabotka Zerna*, 3, 16–19. [In Ukrainian].
5. Vasylychenko, V., & Ruzhylo, Z. (2012). Pidhotovka zbyral'noyi tekhniky do zymivli. *Ahrarna Tekhnika ta Obladnannya*, 4, 78–80. [In Ukrainian].
6. Vasylychenko, V. (2013). Pidhotovka kombayna do zhnyv. Shcho potribno zrobyty, aby minimizuvaty vtraty. *Ahronom*, 2, 202–205. [In Ukrainian].
7. Burlaka, O. A., & Yakhin, S. V. (2018). Pidvyshchennya efektyvnosti roboty skrebkovykh elevatoriv z vidtsentrovym typom rozvantazhennya. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, 4, 195–200. doi: 10.31210/visnyk2018.04.31 [In Ukrainian].
8. Holovchuk, A. F., Marchenko, V. I., & Orlov, V. F. (2004). *Ekspluatatsiya ta remont sil's'kohospodars'koyi tekhniky: pidruch. u 3 kn. Kombayny zernozbyral'ni*. Kyiv: Hramota [In Ukrainian].
9. Demko, O. A., Demko, A. A., & Nadochiy, O. V. (2014). Zakonomirnosti vplyvu tryvalosti ekspluatatsiyi zernozbyral'nykh kombayniv na yikh tekhnichnyy stan. *Visnyk Kharkivs'koho Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu Sil's'koho Hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 145, 161–167. [In Ukrainian].
10. Dumenko, K. M. (2011). Intehrovanyy pokaznyk efektyvnosti roboty zernozbyral'nykh kombayniv. *Visnyk Ahrarnoyi Nauky Prychornomor'ya*, 4 (61(1)), 220–224. [In Ukrainian].
11. Dumenko, K. M., & Bondarenko, O. V. (2011). Naukovi zasady formuvannya nadiynosti pidsystem zernozbyral'nykh kombayniv. *Naukovyy Visnyk Luhans'koho Natsional'noho Ahrarnoho Universytetu*, 9, 412–419. [In Ukrainian].
12. Dumenko, K. M. (2012). Statystychnyy analiz dynamiky rozpodilu vidmov pidsystem kombayniv. *Naukovyy Visnyk Luhans'koho Natsional'noho Ahrarnoho Universytetu*, 35, 113–118. [In Ukrainian].
13. Dumenko, K. M., Komisarova, L. O., & Shevchenko, K. S. (2014). Vidnovlennya pratsezdatnoho stanu vitchyznyanykh zernozbyral'nykh kombayniv. *Visnyk Kharkivs'koho Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu Sil's'koho Hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 145, 21–27. [In Ukrainian].
14. Dumenko, K. M., Boyko, A. I., & Bondarenko, O. V. (2012). Funktsiyi vidnovlennya pidsystem zernozbyralnykh kombayniv pry riznykh rivnyakh potentsialu bazy tekhnichnoho obsluhovuvannya. *Pratsi Tavriyskoho Derzhavnoho Ahrotekhnolohichnoho Universytetu*, 12 (3), 42–52. [In Ukrainian].
15. Karabynesh, S., Veznyuk, V., & Demchenko, A. (2014). Servysom po barabanu. Remont i profylaktyka molotylnoho uzla zernouborochnoho kombayna. *Zerno*, 5, 156–161. [In Russian].
16. Kravchuk, V., Zan'ko, M., & Lysak, O. (2016). Ekspluatatsiyina otsinka kombayna MF-7370PL "BETA" kompaniyi MASSEY FERGUSON na zbyrannya yachmenyu. *Tekhnika i Tekhnolohiyi APK*, 4, 10–17. [In Ukrainian].
17. Kukhtov, V. H., Znaydyuk, V. H., & Pohorilyy, V. V. (2014). Do pytannya normuvannya rivnya nadiynosti novykh zernozbyral'nykh kombayniv vitchyznyanoho vyrobnytstva. *Visnyk Kharkivs'koho Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu Sil's'koho Hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 151, 5–12. [In Ukrainian].
18. Lytvyniuk, L. (2015). Deyaki osoblyvosti pidvyshchennya produktyvnosti zernozbyral'noho kombayna i pokrashchennya rodyuchosti hruntu. *Tekhnika i Tekhnolohiyi APK*, 10, 25–27. [In Ukrainian].
19. Sydoruk, L. L. (2013). Systemnyy analiz pidprohram vykorystannya ta tekhnichnoho servisu zernozbyral'nykh kombayniv. *Mekhanizatsiya i Elektryfikatsiya Sil's'koho Hospodarstva*, 97 (2), 404–412. [In Ukrainian].
20. Smashnyuk, O. V. (2010). Zakonomirnosti vidmov zernozbyral'nykh kombayniv v umovakh ekspluatatsiyi. *Mekhanizatsiya ta Elektryfikatsiya Sil's'koho Hospodarstva*, 94, 431–437. [In Ukrainian].
21. Choi, M., Lee, K., Jang, B., Kim, Y., Chung, S., & Lee, J. (2018) Grain flow rate sensing for a 55 kW full-feed type multi-purpose combine. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11 (5), 206–210. doi: 10.25165/j.ijabe.20181105.2686
22. Fiscus, D. E., Foster, G. H., & Raufman, H. H. (1971). Physical Damage of Grain Caused by Various Handling Techniques. *Transactions of the ASAE*, 14 (3), 480–485. doi: 10.13031/2013.38319
23. Menezes, P. C. de, Silva, R. P. da, Carneiro, F. M., Girio, L. A. da S., Oliveira, M. F. de, & Voltarelli, M. A. (2018). Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations? *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22 (10), 732–738. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p732-738
24. Shahbazi, F., Valizadeh, S., & Dowlatsah, A. (2012). Mechanical damage to wheat and triticale seeds related to moisture content and impact energy. *Agricultural Engineering International : CIGR Journal*, 14 (4), 150–155.

25. Sheichenko, V., Kuzmych, A., Shevchuk, M., Shevchuk, V., & Belovod, O. (2019). Research of quality indicators of wheat seeds separated by prethreshing device. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 57 (1), 157–164.
26. Shpokas, L., Adamchuk, V., Bulgakov, V., & Nozdrovicky, L. (2016). The experimental research of combine harvesters. *Research in Agricultural Engineering*, 62, 106–112. doi: 10.17221/16/2015-RAE
27. Zielinski, A., & Mos, M. (2009). 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*, 37 (2), 277–286. doi: 10.1556/crc.37.2009.2.16
28. Kelemesh, A., & Gorbenko, O. (2015). Research of kinematic and agricultural parameters of working tools when processing the cylinder liners. *Mechanization in Agriculture & Conserving of the resources*, 61 (12), 32–33.
29. Gorbenko, O., & Kelemesh, A. (2015) Justification of choosing recovery method for cylinder liners of autotractor engines. Proceedings of the IInd International Scientific and Practical Conference “Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions”, 24–25 Sept. 2015. 2 (2), 9–11 Dubai: UAE.
30. Vasylenko, V. S., Hramakov, N. V., Taran, I. H., & Shchekoldin, H. A. (2000). *Kombayni zernoubrochnye samokhodnye «DON-1500B» i «DON-1200B»*. *Instkruksyya po ekspluatatsiyi i tekhnicheskomu obsluhovunyu*. OAO «Rostsel'mash» [In Russian].
31. Burlaka, O. A., Gorbenko, O. V., & Kelemesh, A. O. (2021). Studying the reliability of hydraulic system elements of grain combine harvesters. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 292–301. doi: 10.31210/visnyk2021.01.37 [In Ukrainian].
32. Burlaka, O. A., & Yahin, S. V. (2017). Teoretichni aspekty procesu vidcentrovogo rozvantazhennya zerna u elevatori zernozbiralnogo kombajnu. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, № 1-2, 133–137 [In Ukrainian].
33. Pohorilyi, L., Ivasiuk, V., & Solomakha, O. (2020). Do praktychnoi realizatsii monitorynhu gruntiv u systemi tochnoho zemlerobstva. *Tekhnika APK*, 10-11, 8–9. [In Ukrainian].
34. Novosti i stati. In: *Fadeevagro*. Retrived from: <https://www.fadeevagro.com/novosti/> [In Russian].

Стаття надійшла до редакції: 26.08.2021 р.

**Бібліографічний опис для цитування:**

Бурлака О. А., Яхін С. В., Падалка В. В., Бурлака А. О. 100 тон за годину, а що далі? Порівнюємо та аналізуємо характеристики флагманських моделей високопродуктивних зернозбиральних комбайнів. *Вісник ПДАА*. 2021. № 3. С. 274–288.

© Бурлака Олексій Анатолійович, Яхін Сергій Валерійович,  
Падалка В'ячеслав Вікторович, Бурлака Андрій Олексійович, 2021