

# СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА ТА ОБЛАДНАННЯ: ПРОГНОЗУВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ

УДК 631.354.2.:001.8

[http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26\(40\)-1](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-1)

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

**Кравчук В.**, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НААН України,

<https://orcid.org/0000-0003-2196-4960>

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

**Смолінський С.**, канд. техн. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0002-8186-7049>

НУБіП України

**Занько М.**, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>,

**Гайдай Т.**, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

**Олійник О.**,

НВП ТОВ «Херсонський машинобудівний завод»

### Анотація

**Мета статті** – обґрунтувати тенденції розвитку зернозбиральних комбайнів аналізуючи сучасний стан та останні технічні розробки провідних фірм-виробників.

**Методи досліджень:** аналіз конструкції зернозбиральних комбайнів на основі інформації фірм-виробників та результатів аналітичних досліджень.

**Результати досліджень.** На основі проведеного аналізу системно-аналогової моделі та конструкційних особливостей сучасних зернозбиральних комбайнів визначено такі тенденції їх розвитку: у конструкційній схемі жатної частини комбайнів для мінімізації втрат врожаю і розширення функціональних можливостей доцільно застосовувати гнучкі різальні апарати, стрічкові транспортери та системи адаптації режимів роботи жатки до умов збирання; удосконалення конструкції молотильних систем різних типів, систем очищення і соломоочисників на основі інноваційних технічних розробок з дотриманням вимог до виконання процесу; упровадження принципів більш ефективного використання потужностей двигунів комбайнів, а також застосування електричних, метанових та інших типів двигунів; розширення можливостей застосування в схемах зернозбиральних комбайнів різноманітних систем адаптації режимів роботи їхніх систем, а також експлуатація безпілотних варіантів комбайнів, які здатні на основі принципу «самонавчання» з високими якісними показниками виконувати процес збирання.

**Висновки.** Зернозбиральні комбайни як складні динамічні і технологічні системи постійно вдосконалюються під впливом розвитку науки і техніки. Новітні технічні рішення спрямовані на підвищення показників технологічної ефективності застосування комбайнів у процесі механізованого збирання зернових культур. На основі проведеного аналізу системно-аналогової моделі, сучасного стану і новітніх інноваційних розробок провідних фірм-виробників визначено основні тенденції розвитку зернозбиральних комбайнів, пов'язані з удосконаленням систем комбайнів і впровадженням систем адаптації їхніх режимів роботи до умов функціонування.

**Ключові слова:** зернові культури, збирання, зернозбиральний комбайн, жатна частина, молотильна система, очисна система, системи адаптації, тенденції розвитку.

**Постановка проблеми.** Завершальною та однією із найбільш відповідальних польових операцій у вирощуванні зернових культур є збирання врожаю. Від ефективності її виконання істотно залежить якість

отриманого продукту, його ринкова ціна та рентабельність виробництва загалом.

За статистичними даними в Україні спостерігається поступове щорічне зростання площ під зерновими культура-

ми та величина валового збору врожаю. Це, зі свого боку, потребує застосування більш ефективної збиральної техніки, яка здатна була б у короткі агротехнічні терміни якісно зібрати врожай з мінімальними втратами, економічними та енергетичними затратами. Вітчизняне комбайнобудування, на жаль, не здатне в повній мірі забезпечити зараз аграріїв сучасною високоефективною збиральною технікою власного виробництва.

На більш ніж 95 % площ під зерновими культурами у світі врожай збирають самохідними зернозбиральними комбайнами провідних фірм-виробників, таких як «JOHN DEERE», «NEW HOLLAND», «CLAAS», «FENDT», «CASE», «MASSEY FERGUESON» і т.п., які мають високий рівень технологічності та показників ефективності виконання процесу. Останнім часом серед основних тенденцій розвитку зернозбиральних комбайнів можна спостерігати збільшення пропускної здатності молотарок, а відповідно і площі дек, сепарувальної площі очисних решіт і соломоочисника, а також застосування електронних систем адаптації режимів роботи комбайнів до умов збирання. Провідні фірми-виробники зернозбиральних комбайнів представляють регулярно в конструкціях збиральних машин новітні технічні рішення, які і визначають тенденції подальшого їх розвитку [1, 2, 3, 4, 5, 6].

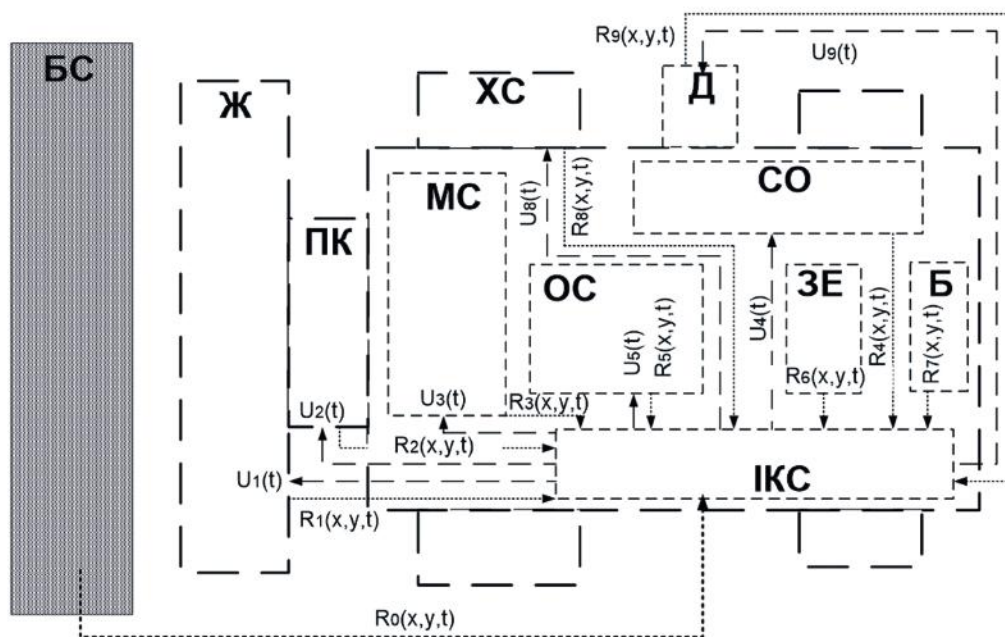
**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Тенденції розвитку технологій та

машин для збирання зернових культур із урахуванням вимог до виконання процесу розглянуто в багатьох працях [5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Але щодалі зросли потреби і вимоги до механізованого процесу збирання вимагають системного розгляду цієї проблематики.

**Мета дослідження:** обґрунтувати тенденції розвитку зернозбиральних комбайнів, аналізуючи сучасний стан та останні технічні розробки провідних фірм-виробників.

**Виклад основного матеріалу.** Основною для системної оцінки конструкційних схем зернозбиральних комбайнів та обґрунтування напрямків подальшого їх удосконалення є аналіз результатів відомих досліджень [2, 3, 4, 5, 6, 11, 13, 14, 15, 16, 17], огляд конструкцій [3, 4, 5, 6, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24] і системно-аналогової моделі робочого процесу комбайна (рис. 1).

Зернозбиральний комбайн як складна технічна система містить такі взаємопов'язані елементи: жатну систему (Ж), похилої камери (ПК), молотильної системи (МС), очисної системи (ОС), соломоочисника (СО), зернового елеватора (ЗЕ), бункера (Б), інформаційно-керувальну систему (ІКС).



БС – біосередовище; Ж – жатна частина; ПК – похила камера;  
МС – молотильна система; ОС – очисна система; СО – соломоочисник;  
ЗЕ – зерновий елеватор; Б – бункер; ХС – ходова система; Д – двигун;  
ІКС – інформаційно-керувальна система

**Рисунок 1** - Системно-аналогова модель зернозбирального комбайна

(Б), ходової системи (ХС), двигуна (Д), а також інформаційно-керувальної системи (ІКС), яка забезпечуватиме безпосередній контроль та оперативне керування режимами роботи елементів зернозбирального комбайна [3, 5, 6]. Кожен із зазначених елементів забезпечує виконання відповідної до його призначення операції в межах робочого процесу зернозбирального комбайна загалом.

Робочий процес зернозбирального комбайна як технологічна система являє собою масові потоки технологічного матеріалу біосередовища (БС), які внаслідок взаємодії із робочими органами комбайна змінюють свої властивості і переміщуються вздовж технологічної схеми, а також потоків інформації, які забезпечуватимуть функціонування машини і керування режимами роботи.

Тому, розвиток зернозбирального комбайну формується на основі системних рішень щодо його основних елементів.

**Жатна частина.** Згідно з вимогами до збирання зернових культур жатна частина має забезпечити якісне зрізування і ефективну подачу хлібної маси в молотарку комбайна з мінімальними втратами зерна. Це забезпечується внаслідок дії подільників, різального апарата, подавальних транспортерів (переважно шнеків) тощо на технологічну масу [24].

Особлива увага приділяється зрізуванню стеблостою, якісне виконання якого досягається різальними апаратами, які ефективно здійснюватимуть роботу за будь-яких умов, і елементами мотовила. Фірмою «SCHUMSCHER», однією з провідних у світі виробників різальних апаратів, розроблено систему Schumacher EasyCut II (рис. 2) [18], яка якісно зрізує стеблостій на різній висоті зрізу і швидкості руху комбайна, стану стеблостою (забур'яненості, полеглості тощо) та має можливість до самоочищення. Останні їхні розробки на основі контролю величини сили різання та швидкості руху збиральної машини для відповідної культури дають змогу визначати миттєві значення подачі хлібної маси для керування роботою зернозбирального комбайна.



**Рисунок 2** - Різальна система Schumacher EasyCut II [18]

Істотно знизити величину втрат зерна, незрізаних та відхилених стебел за будь-яких умов збирання можна внаслідок застосування автоматичних систем синхронізації швидкості руху комбайна і частоти обертання мотовила (рис. 3) на основі новітніх інтелектуальних та технічних рішень. [4, 5, 19].



**Рисунок 3** - Система синхронізації частоти обертання мотовила і швидкості руху зернозбирального комбайна [19]

Одним із факторів впливу на повноту зрізування стеблостою і формування потоку технологічної маси є застосування в схемах жаток активних і пасивних подільників [5, 19, 21, 24]. Хоч активні подільники (рис. 4) особливо актуальні на збиранні рапсу, бобових культур та на забур'янених ділянках, але враховуючи зростання продуктивності комбайнів, будуть актуальними і в конструкціях зернових жаток.

Підвищуючи технологічну ефективність жатної частини зернозбиральних комбайнів, особливу увагу слід приділити транспортувальним пристроям, якими вони обладнані. Стабільну і високопродуктивну подачу хлібної маси зі збереженням зерна і соломи можна досягнути





**Рисунок 4** - Активний подільник жатки Vario компанії CLAAS [19]

застосуванням шнека великого діаметра з великою висотою витків із пальцями по всій довжині шнека як транспортувального пристрою (рис. 5) [4, 5, 19]. Подібні технічні рішення усувають скручування хлібної маси на шнеці та якісно подають матеріал до похилої камери.



**Рисунок 5** - Шнек з пальцями жатки MaxFlex компанії «CLAAS» [19]

Зниження забивання вологою хлібною масою, що є можливим у шнекових пристроях, та мінімізація втрат врожаю (особливо це стосується збирання високорослих і низькорослих дрібнонасінних культур), а також ефективна робота з високою врожайністю зернових культур і продуктивністю збирального агрегата, забезпечується застосуванням стрічкових транспортерів у конструкціях жаток (рис. 6), які функціонують як у комбінації зі шнеком, так і окремо [4, 5, 20, 21].

Для ефективного копіювання поверхні



**Рисунок 6** - Стрічкова зернова жатка 900D фірми «JOHN DEERE» [21]

поля незалежно від її нерівностей, якісного збирання полеглих і плутаних ділянок та умов підвищеної вологості зернові жатки обладнуються гнучким різальним апаратом (рис. 7) [4, 5, 19, 20, 21]. Разом з цим рекомендується застосовувати ножі з дрібними зубцями на збиранні дрібнозернових культур, а на бобових — з крупними зубцями.



**Рисунок 7** - Зернова жатка Superflax із гнучким різальним апаратом компанії «NEW HOLLAND» [20]

Для ефективнішого використання можливостей зернові жатки можуть мати різні схеми привода. Ось, у жатках VARIO компанії «CLAAS» існує можливість застосування чотирьох основних схем привода: S - прямий, L- варіаторний, XL - двоступеневий і XXL — варіаторний з адаптацією до різних вимог щодо продуктивності збиральної машини [5, 19]. Для економії палива і зниження енергозатрат найбільш ефективним є прямолінійний привод. Внаслідок ряду переваг відмічається також перспективність застосування в конструкції жаток електричного привода (електричний привод використовується для реверса у разі забивання технологічною масою).

Світові виробники жаток з метою

більш ефективного використання високопродуктивних та потужних зернозбиральних комбайнів на ринок поставляють широкозахватні жатки із шириною захвату до 13 м. Щоб спростити транспортування жатки можуть вироблятися секційними з функцією складання для переведення їх у транспортне положення (рис. 8) [19].



**Рисунок 8** - Секційна (складена) жатка компанії «CLAAS» [19]

У схемах зернових жаток все більшого поширення стали набувати системи керування їхнім робочим процесом, а саме узгодження (синхронізації) частоти обертання мотовила і швидкості руху комбайна, системи керування завантаженням молотарки комбайна хлібною масою, системи паралельного водіння і ведення жатки по краю проходу (для кукурудзяних та соняшникових жаток системи ведення рядками). До таких систем належать: LASER PILOT і FIELD SCANNER на комбайнах CLAAS, TERRACONTROL і AUTOLEVEL на комбайнах FENDT, AUTOLEVEL на комбайнах MASSEY FERGUESON, AUTOFLOAT на комбайнах NEW HOLLAND та інші [4, 5, 19, 20, 21, 22]. Їх застосування знижує втрати зерна, усуває огріхи, тобто ділянки незрілого хлібостою тощо.

Аграрії також зберігають інтерес до обчисувальних жаток, які мають ширину захвату від 5 до 12 м і забезпечують виконання робочого процесу на швидкості збирального агрегата до 9-12,6 км/год. Застосування обчисувальних жаток підвищує продуктивність комбайна на збиранні майже вдвічі та скорочує витрати палива на 50 % [1, 3, 5, 7, 8, 24]. Якісного об-

чисування можна досягти застосуванням гребінок з різною конфігурацією отворів (форма отворів регламентується видом культури та її врожайністю), а інтенсифікація процесу обчисування - зміною частоти обертання ротора. Серед останніх ефективних розробок є застосування в конструкційних схемах обчисувальних жаток повітряно-сепарувального каналу для зменшення вмісту домішок в обчесаному воросі, а також можливість двостадійного обчисування зерна (ротор налаштовується на збирання лише зрілого зерна, а незріле залишається на стеблі для обчисування пізніше).

**Молотильні системи.** Зернозбиральні комбайни обладнуються барабанними або роторними системами обмолоту. Аналіз сучасного ринку сільськогосподарської техніки показує, що все ж більше у світі виробляється зернозбиральних комбайнів, обладнаних барабанними молотильними системами. Такі молотильні системи ефективно виконують процес на збиранні зернових колосових культур, особливо на невеликих площах та з невисокою врожайністю. Але оскільки за статистичними даними спостерігаються тенденції до більших обсягів виробництва, планомірного зростання врожайності та потреби ефективної роботи на збиранні різних культур, на найближчу перспективу передбачається зростання виробництва роторних комбайнів, хоча зберігатиметься стабільність і у виробництві барабанних комбайнів.

Барабанні молотильні системи зернозбиральних комбайнів складаються із одного або декількох барабанів діаметром 0,45-0,8 м і довжиною 1,06-1,7 м, які виконують обмолот з прискоренням або без прискорення хлібної маси [1, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. Для барабанної молотильної системи притаманний високий ступінь універсальності, але ефективність обмолоту залежить від ряду режимів роботи, а це, зі свого боку, потребує забезпечення значної кількості налаштувань залежно від умов виконання процесу, особливо за критичних і змінних умов роботи.



Основною ж перевагою однобарабанної молотильної системи, що і визначає їх перспективність, є простота конструкції, хоча на складних для обмолоту культур, а також для підвищення повноти обмолоту і зниження рівня втрат доцільніше застосувати багатобарабанну систему обмолоту. Характерною особливістю двобарабанної системи обмолоту в схемі перспективних зернозбиральних комбайнів є прискорення хлібної маси на першому із барабанів, щоб забезпечити інтенсифікацію обмолоту і зниження величин недомолоту маси (рис. 9) [6, 19, 20, 21, 22, 23, 24].



**Рисунок 9** - Комбінована молотарка зернозбирального комбайна Тисано компанії «CLAAS» із APS-системою обмолоту (із прискорювальним барабаном) [19]

Відомий також досвід застосування в схемі зернозбирального комбайна багатобарабанної системи обмолоту, яка дає змогу зі зростанням енергозатрат досягнути збільшення повноти обмолоту маси і зниження навантаження на квалішній соломотряс [1, 6, 24]. Хоча загалом перспективи застосування багатобарабанної системи обмолоту потребують більш ґрунтового аналізу і конструкторських розробок.

У конструкційних схемах зернозбиральних комбайнів із аксіально-роторним молотильно-сепарувальним пристроєм (МСП) замість класичного молотильного апарата барабанного типу і квалішнього соломотряса використовують один або два ротори діаметром 0,559-0,762 м і завдовжки від 1,8 до 4,838 м, навколо яких розміщена дека з кутом обхвату від 120 до 360 градусів [1, 6, 19, 20, 21, 22, 23,

24]. Під час руху хлібної маси у роторному молотильно-сепарувальному пристрої на відміну від барабанної системи обмолоту відсутня ударна дія, що знижує рівень пошкодження зерна, а також внаслідок збільшення шляху обмолоту та сепарації підвищується повнота обмолоту і якість очищення зерна. Оскільки двороторний МСП (рис. 10) все ж є більш продуктивним і повніше виділяє зерно, більшість фірм-виробників комбайнів зацікавленні у розвитку саме такої схеми МСП.



**Рисунок 10** - Двороторний молотильно-сепарувальний пристрій Twin Rotor зернозбиральних комбайнів компанії «NEW HOLLAND» [20]

До істотних переваг роторних МСП, які і визначають їх перспективність, слід також віднести: нечутливість до коливань подачі хлібної маси від жатної частини, оскільки для якісної роботи у барабанних молотильних системах доцільно забезпечити стабільність величини подачі; простоту регулювань режимів роботи МСП, які переважно здійснюються оператором із кабіни комбайна; якісну роботу на схилах, на високій урожайності і на значних площах; найбільшу придатність на збиранні таких культур як кукурудза, соя, пшениця тощо [1, 6, 24]. Хоча одночасно з цим для роторних МСП притаманними є збільшення енергозатрат і витрати палива, можливість намотування маси на ротор за підвищеної забур'яненості і вологості, складність ремонту тощо.

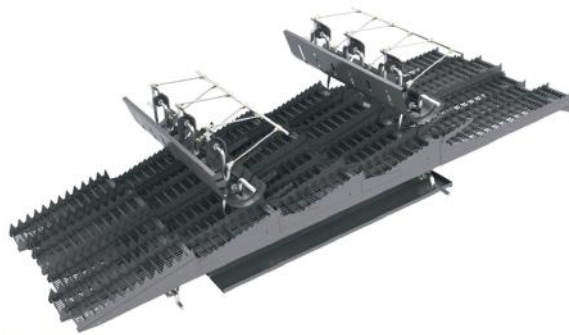
На основі відомих технічних рішень перспективними напрямками підвищення ефективності застосування молотильних систем зернозбиральних комбайнів визначено [6, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 24]: удосконалення подавальних пристроїв

молотильних систем із забезпечення попереднього обмолоту хлібної маси; удосконалення конструкції молотильного барабана, кріплення бичів до барабана; застосування обертових, коливних, багатограних та багатосекційних дек; багатобарабанна конструкція зі встановленими додатковими пристроями для передачі хлібної маси від одного до наступного молотильного елемента як раціональна схема вискоефективного молотильного апарата; вдосконалення конструкції ротора роторного МСП (насамперед, його захоплювальної частини, кількості, форми та розміщення бичів на поверхні ротора тощо) та деки (переважно зміною величини кута обхвату та застосуванням секційної будови дек зі змінними параметрами), а також забезпечення автоматичного керування режимами роботи молотильної системи залежно від умов роботи.

**Очисні системи і соломоочисники.** Для отримання якісного продукту у конструкціях зернозбиральних комбайнів застосовується переважно повітряно-решітна система очищення та клавішні (з барабаними молотильними системами) або роторні соломоочисники (у роторних комбайнах — один або два ротори, які обмолочують та виділяють зерно із соломи, а у комбайнів з комбінованою молотаркою — ротори виділяють вільне зерно із соломи після обмолоту барабанною системою обмолоту) [1, 7, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Щоб підвищити ефективність функціонування систем очищення над поверхнями очисних решіт і клавішних соломотрясів встановлюють різноманітні активатори і стабілізатори руху маси (рис. 11), а також забезпечують регулювання швидкості і напрямку повітряного потоку на решета від вентилятора. Крім того, напрямком і швидкістю повітряного потоку можна вирівнювати зернову суміш на поверхні решіт під час збирання на схилах.

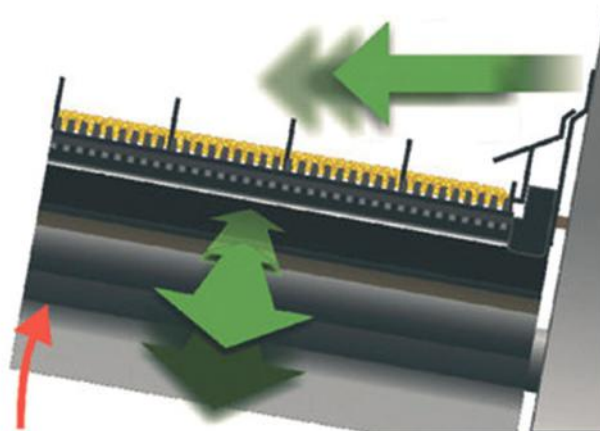
Для якісної роботи зернозбиральних комбайнів на схилах у їхніх конструкційних схемах використовуються такі принципи рівномірного розподілу зернового



**Рисунок 11** - Граблини над поверхнею соломотряса в зернозбиральному комбайні Tusaпо компанії «CLAAS» для розподілу маси тонким шаром [19]

вороху по площі очисних решіт [19, 20, 21, 22, 23, 24]: 1) зерновий ворох на поверхні решіт може розділятися по ширині решета перегородками; 2) рама комбайна вирівнюється гідравлічною системою (наприклад, система MONTANA); 3) вирівнювання гідравлікою лише системи очистки.

Але одним із найбільш ефективних інноваційних рішень у цьому випадку вважається застосування 3D-системи очистки (рис. 12), яке було запропоновано компанією «CLAAS» і полягає у поперечному вирівнюванні маси на поверхні решіт за бічного нахилу створенням відповідного за величиною і додаткового поздовжнього поперечного коливання решіт [19].



**Рисунок 12** - Схема принципу динамічної 3D-очистки на зернозбиральних комбайнах компанії «CLAAS» [19]

Новішою розробкою цієї компанії є 4D-система очистки [19], застосування якої керуванням заслінками ротора залежно від величини поперечного та поздовж-

нього нахилу і кількості подачі зібраної маси забезпечує рівномірне завантаження системи очистки зерновим ворохом.

На основі сучасних розробок та відомих результатів досліджень встановлено, що перспективними напрямками підвищення ефективності функціонування очисних систем зернозбиральних комбайнів слід вважати: вдосконалення конструкції клавішних соломотрясів, відбійних бітерів та системи очистки загалом; застосування вискоефективних решіт та удосконаленого їх приводу; застосовування допоміжних пристроїв у конструкційних схемах: активаторів стрясної дошки, верхнього решета та соломотряса; удосконалення пристроїв для попереднього подрібнення маси перед подачею на соломотряс тощо.

**Двигуни.** Сучасні зернозбиральні комбайни обладнуються дизельними двигунами різної потужності залежності від конструкційного виконання та параметрів комбайна. Зернозбиральні комбайни із барабанним молотильним апаратом і клавішним соломотрясом обладнуються двигунами потужністю 175-449 к.с., роторні комбайни — двигунами потужністю 330-674 к.с., а з комбінованою молотаркою 378-524 к.с. [1, 3, 6, 13, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. Але чисельні дослідження і випробування показують, що на виконання корисної роботи у технологічному процесі витрачається близько 45-60 % потужності двигуна, а це потребує більш раціонального використання потужності.

З іншого боку, внаслідок зростання продуктивності машин спостерігається також і зростання їх розмірно-масових характеристик та величини потужності двигунів, якими вони обладнуються. В більшості випадків, дизельний двигун забезпечує привод насосів, а все інше виконує в приводі комбайна гідропривод. Тому гідропривод у комбайні є досить визначальним елементом конструкції, який забезпечує функціонування збиральної машини загалом і зменшує навантаження на роботу двигуна. Окремо слід відзначити щодалі зрослі вимоги до рівня викиду

шкідливих газів двигунами в атмосферу.

Одним із шляхів раціональнішого використання потужності силової установки комбайна може бути застосування в їхній конструкції двох дизельних двигунів, один із яких забезпечуватиме привод ходової частини, а другий — функціонування робочих органів комбайна. Але одночасно з цим виникає цілий ряд задач, починаючи від компонування і закінчуючи економічною доцільністю.

Зважаючи на зрослі ціни на нафту і нафтопродукти розробники комбайнів розглядають можливість застосування альтернативних джерел енергії [13, 23, 24, 25, 26, 27]. На Міжнародній виставці Agrotechnika 2019 в м. Ганновер білоруський виробник «ГОМСЕЛЬМАШ» представив перший у світі зернозбиральний комбайн Palesse GS4218 CNG (рис. 13) [23], який оснащений метановим двигуном Cummins потужністю 257 кВт і восьми балонами, в яких міститься 400 мі метану, що забезпечує 10..12 годин роботи комбайна без дозаправки.



**Рисунок 13** - Зернозбиральний комбайн Palesse GS4218 CNG виробництва «ГОМСЕЛЬМАШ» з метановим двигуном (Міжнародна виставка Agrotechnika 2019, м. Ганновер)

Але ще починаючи з 50-их років минулого сторіччя ведуться роботи з використання електропривода на зернозбиральних комбайнах. Це забезпечить більшу компактність збиральної машини, адаптованість приводу окремо кожного колеса і спрощення регулювання режимів роботи. Додатковим стимулом для роз-



витку електропривода в схемі комбайнів є технічні рішення, які нині використовуються в електромобілях або автомобілях з гібридною системою двигунів (електричний двигун + двигун внутрішнього згорання), а також останні розробки електротракторів. Хоча одночасно з цим існують проблеми з наявністю джерел електричної енергії (батарей) для мобільної техніки, які забезпечили б тривалу роботу комбайна без додаткової підзарядки, а також потреби у застосуванні мобільних зарядних установок.

**Інформаційно-керувальні системи.** Серед головних ознак подальшого розвитку зернозбиральних комбайнів слід назвати обладнання машин новітніми системами автоматики, які здатні на основі самонавчання і за відсутності активного впливу оператора якісно і з мінімальними енергозатратами виконувати збирання за будь-яких умов [4, 5, 6, 13, 14, 28]. Серед таких систем, які знайшли використання в конструкційних схемах зернозбиральних комбайнів і отримали схвальні відгуки аграріїв слід назвати:

- на зернозбиральних комбайнах компанії «CLAAS»: самонавчальна система оптимізації комбайна CEMOS AUTOMATIC, яка включає оптимізацію режимів роботи очисної системи - CEMOS AUTO CLEANING, оптимізацію режимів роботи системи сепарації - CEMOS AUTO SEPARATION, оптимізацію режимів роботи молотильної системи - CEMOS AUTO THRESHING. Серед можливих опцій можуть бути також система контролю та оперативного керування подачею хлібної маси AUTO CROP FLOW, система управління швидкістю повітряного потоку від вентилятора AUTO SLOPE для адаптації роботи зернозбиральних комбайнів на схилах, система CEMOS AUTO CHOPPING оптимального подрібнення для якісного розподілу незернової частини врожаю по поверхні поля (рис. 14), система CRUISE PILOT для оптимізації робочої швидкості залежно від завантаження двигуна, системами водіння AUTO PILOT, GPS PILOT та LASER PILOT тощо [4, 5, 6, 19];



**Рисунок 14** - Система Cemos Auto Chopping компанії «CLAAS» для автоматичної оптимізації роботи подрібнювача соломи зернозбирального комбайна [19]

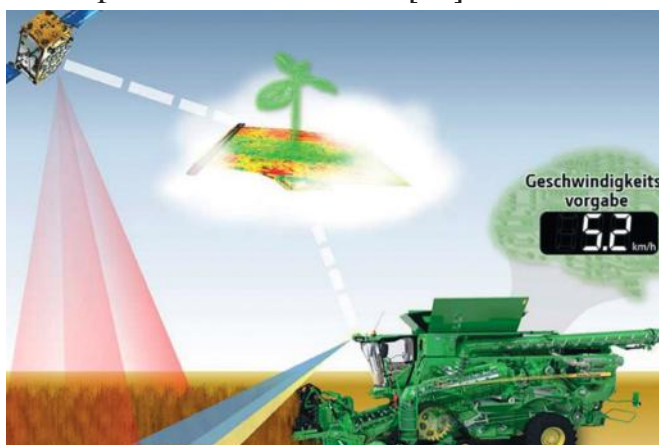
- на зернозбиральних комбайнах компанії «FENDT»: система керування роботою жатки комбайна TERRACONTROL; система вирівнювання зернозбирального комбайна із незалежною паралелограмною підвіскою PARALEVEL та система INTEGRALE компенсації поздовжнього нахилу під час роботи на схилах і нерівностях поверхні [4, 5, 6, 22];

- у схемах зернозбиральних комбайнів компанії «NEW HOLLAND»: система AUTOFLOAT копіювання рельєфу поля як у поздовжній, так і в поперечній площині, механічна система DYNAMIC FEED ROLL для забезпечення максимальної ефективності функціонування молотильно-сепарувального пристрою комбайна, система INTELLICRUISE для керування швидкістю руху комбайна залежно від завантаження комбайна хлібною масою, система OPTI-SPEED для автоматичного регулювання швидкості клавіші соломотряса, система OPTI-THRESH для регулювання величини зазору між барабаном і декою, система SMART SIEVE ефективної роботи системи очистки комбайна на схилах, система автоматичного регулювання частоти обертання вентилятора OPTI-FAN для ефективного збирання на схилах тощо [4, 5, 6, 20];

- на зернозбиральних комбайнах компанії «JOHN DEERE»: високоточна система автоматичного керування AUTOTRAC, система COMBINE ADVISOR+HARVESTSMART оптимальної продуктивності збиральної машини з її автоматичним налаштуванням, система ACTIVE TERRAIN ADJUSTMENT актив-

ного налаштування режимів роботи решіт залежно від нахилу схила та культури, яка збирається, та інші [4, 5, 6, 21].

Серед останніх інноваційних (а можливо навіть і революційних) розробок компанії «JOHN DEERE» щодо адаптації функціонування зернозбиральних комбайнів на збиранні зернових культур до умов роботи є застосування проактивного контролера пропускної здатності (рис. 15) із встановленням 3D-камер для контролю за станом хлібостою, на основі даних від яких в автоматичному режимі здійснюється керування режимами роботи зернозбирального комбайна [21].



**Рисунок 15** - Схема функціонування проактивного контролера пропускної здатності із встановленням 3D-камер зернозбирального комбайна JOHN DEERE [21]

**Кабіна.** Серед основних принципів забезпечення ефективного збирання зернових культур є створення сприятливих умов роботи оператора. Це досягається застосуванням у конструкції комбайна зручних кабін з органами керування, бортовим комп'ютером та системою контролю за роботою систем комбайна, а також кліматичного обладнання [13, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Але одним із перспективних напрямків розвитку техніки для збирання зернових культур є застосування безпілотних зернозбиральних комбайнів із штучним інтелектом, які в автоматичному режимі на основі даних від датчиків контролюють і керують роботою збиральної машини. Насамперед, це знизить рівень впливу

людського фактора на функціонування складної машини.

**Висновок.** Зернозбиральні комбайни як складні динамічні і технологічні системи постійно вдосконалюються під впливом розвитку науки і техніки. Новітні технічні рішення направлені на підвищення показників технологічної ефективності застосування комбайнів у процесі механізованого збирання зернових культур. На основі проведеного аналізу системно-аналогової моделі, сучасного стану і новітніх інноваційних розробок провідних фірм-виробників визначено основні тенденції розвитку зернозбиральних комбайнів, пов'язаних з удосконаленням систем комбайнів і впровадження систем адаптації їхніх режимів роботи до умов функціонування.

## Література

1. Машини для збирання зернових та технічних культур: Посібник (колектив авторів за ред. В.І. Кравчука). Дослідницьке. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2009. 296 с.
2. Кравчук В. І., Занько М. Д. Дослідження функціональних можливостей комбайна CASE-ІН AFS – 8230 при скошуванні полеглих хлібів // Журнал «Техніка і технології АПК». №5, 2015. С. 8-13.
3. Леженкин А. М. Технология уборки зерновых методом очесывания на корню: состояние и перспективы. / А. М. Леженкин, В. И. Кравчук, А. С. Кушнарев. Дослідницьке, 2010. – 400 с.
4. Кравчук В. І., Занько М. Д. Зернові жатки сучасних комбайнів: конструкційні особливості, та експлуатаційні показники /В. І. Кравчук, М. Д. Занько// Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2019. Випуск 24(38). - С. 176-185. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-18](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-18)
5. Смолінський С. В. Аналіз і синтез жаток зернозбиральних комбайнів / С. В.

Смолінський. — К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2018. — 160 с.

6. Кравчук В. І. Аналіз молотильних систем зернозбиральних комбайнів / В. І. Кравчук, С. В. Смолінський. — К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2019. — 149 с.

7. Грицишин М. Технології збирання зернових і конструкції сучасних зернозбиральних комбайнів / М. Грицишин // Пропозиція. — 2003. — № 6. — С. 13-17.

8. Кравчук В. І. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Ковалю. — К.: Аграрна наука, 2004. — 396с.

9. Адамчук В. В. Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської техніки / В. В. Адамчук, Г. Л. Баранов, О. С. Барановський. — К.: Аграрна наука, 2004. — 396 с.

10. Радемахер Т. Тенденции развития рынка зерноуборочной техники // Новое сельское хозяйство, 2006.-№2.- С.76 - 82.

11. Іванишин В., Коваль С. Світовий ринок і напрямки розвитку конструкцій зернозбиральних комбайнів // Техніка АПК, 2006,- №6-7. - С .6-9.

12. Коваль С., Войтюк Д. Напрямки розвитку і особливості конструкцій зернозбиральних комбайнів // Техніка АПК, 2007. - №7.-С.6-17.

13. Степченко С. Оновлення парку зернозбиральних комбайнів України: обсяги, тенденції, очікування, чинники впливу / С. Степченко, М. Занько// Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2019. Випуск 25(39). - С. 113-124. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25\(39\)-12](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25(39)-12)

14. Ловчиков А.П. Техничко-технологические основы совершенствования зерноуборочных комбайнов с бильным молотильным аппаратом. — Ульяновск: Зебра, 2016. — 112 с.

15. Сисоліна І. П. Напрями удосконалення молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів / І. П. Сисоліна // Аграрний вісник Причорномор'я. — 2013.

— Вип. 67. — С. 121—129.

16. Ли Цинчжэнь. Моделирование и оптимизация технологического процесса и средств механизации производства зерна для среднего Китая на базе белорусской техники/Цинчжэнь Ли, А. Н. Леонов //Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. наук. — 2020. — Т. 58, №1. — С. 90—107. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-1-90-107>.

17. Tang Z. Dynamic Balance Method for Grading the Chain Drive Double Threshing Drum of a Combine Harvester /Z. Tang, X. Li, X. Liu, H. Ren, Z. Biao // Applied sciences, 2020, 10, 1026; doi:10.3390/app10031026.

18. Сайт «GROUP SCHUMACHER»: <http://www.groupschumacher.com/>

19. Сайт компанії «CLAAS»: <https://www.claas.ua/>

20. Сайт компанії «JOHN DEERE»: <https://www.deere.ua/>

21. Сайт компанії «NEW HOLLAND»: <https://agriculture.newholland.com/>

22. Сайт компанії «FENDT»: <https://www.fendt.com/>

23. Сайт «ГОМСЕЛЬМАШ»: <https://www.gomselmash.by/>

24. Сільськогосподарські машини: підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. — К.: «Агроосвіта», 2015. — 679 с.

25. Savickas D. Combine harvester fuel consumption and air pollution reduction /D. Savickas, D. Steponavicius, I. Kliopova, L. Saldukaite//Water, Air & Soil Pollution, 231, 95 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4466-5>.

26. Meng, A. Modeling and experiments on Galfenol energy harvester / A. Meng, C. Yan, M. Li, W. Pan, J. Yang, S. Wu// Acta Mechanica. Sinica (2020). <https://doi.org/10.1007/s10409-020-00943-6>.

27. Li P. Design and experimental study of broadband hybrid energy harvester with frequency-up conversion and nonlinear magnetic force / P. Li, N. Xu, C.Gao // Micro- and Nanosystems Information Storage and Processing Systems. Issau 5(2020). <https://doi.org/10.1007/s00542-019-04716-5>.



28. Борисова Л. В. Выбор стратегии в задаче корректировки регулировочных параметров комбайна / Л. В. Борисова, И. Н. Нурутдинова, В. П. Димитров [и др.]. – DOI 10.15507/2658-4123.030.202001.060-075 // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 60-75.

### Literatura

1. Mashyny dlia zbyrannia zernovykh ta tekhnichnykh kultur: Posibnyk (kolektyv avtoriv za red. V. I. Kravchuka). Doslidnytske. UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. 2009. 296 s.

2. Kravchuk V. I., Zanko M. D. Doslidzhennia funktsionalnykh mozhlyvostei kombaina CASE-IH AFS – 8230 pry skoshuvanni polehlykh khlibiv // Zhurnal «Tekhnika i tekhnolohii APK». №5, 2015. S. 8-13.

3. Lezhenskyn A. M. Tekhnolohyia uborky zernovykh metodom ochesuvanyia na korni: sostoiannye y perspektyvy. / A.M. Lezhenskyn, V.Y.Kravchuk, A.S. Kushnarev. Doslydnytskoe, 2010. – 400 s.

4. Kravchuk V. I., Zanko M. D. Zernovi zhatky suchasnykh kombainiv: konstruktsiini osoblyvosti, ta ekspluatatsiini pokaznyky /V.I. Kravchuk, M.D. Zanko// Zb. nauk. prats UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniky i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy. Doslidnytske. 2019. Vypusk 24(38). – S. 176-185. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-18](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-18)

5. Smolynskiy S.V. Analiz i syntez zhatok zernozbyralnykh kombainiv / S.V. Smolynskiy. – K.: TsP «KOMPRYNТ», 2018. – 160 s.

6. Kravchuk V. I. Analiz molotylnykh system zernozbyralnykh kombainiv / V.I. Kravchuk, S.V. Smolynskiy. – K.: TsP «KOMPRYNТ», 2019. – 149 s.

7. Hrytsyshyn M. Tekhnolohii zbyrannia zernovykh i konstruktsii suchasnykh zernozbyralnykh kombainiv / M. Hrytsyshyn // Propozytsiia. – 2003. – № 6. – S. 13-17.

8. Kravchuk V. I. Suchasni tendentsii rozvytku konstruktsii silskohospodarskoi tekhniky / Za red. V.I. Kravchuka, M.I. Hrytsyshyna, S.M. Kovalia. – K.: Ahrarna

nauka, 2004. – 396s.

9. Adamchuk V. V. Suchasni tendentsii rozvytku silskohospodarskoi tekhniky / V. V. Adamchuk, H. L. Baranov, O. S. Baranovskyi. – K. : Ahrarna nauka, 2004. – 396 s.

10. Rademakher T. Tendentsyy razvytyia rynku zernouбороchoi tekhniky //Novoe selskoe khoziaistvo, 2006.-№2.- S.76 - 82.

11. Ivanyshyn V., Koval S. Svitovyi ry-nok i napriamky rozvytku konstruktsii zernozbyralnykh kombainiv //Tekhnika APK, 2006,- №6-7. - S .6-9.

12. Koval S., Voitiuk D. Napriamky rozvytku i osoblyvosti konstruktsii zernozbyralnykh kombainiv // Tekhnika APK, 2007. - №7.-S.6-17.

13. Stepchenko S. Onovlennia parku zernozbyralnykh kombainiv Ukrainy: obsiahy, tendentsii, ochikuvannia, chynnyky vplyvu / S.Stepchenko, M.Zanko// Zb. nauk. prats UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniky i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy. Doslidnytske. 2019. Vypusk 25(39). – S. 113-124. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25\(39\)-12](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25(39)-12)

14. Lovchykov A. P. Tekhnyko-tekhnolohicheskye osnovy sovershenstvovanyia zernouбороchoynykh kombainov s bylным molotylным apparatom. – Ulianovsk: Zebra, 2016. – 112 s.

15. Sysolina I. P. Napriamy udoskonalennia molotylnykh aparativ zernozbyralnykh kombainiv / I. P. Sysolina // Ahrarnyi visnyk Prychornomia. – 2013. – Vyp. 67. – S. 121–129.

16. Ly Tsynchzhэн. Modelyrovanye y optymyzatsyia tekhnolohycheskoho protsessa y sredstv mekhanyzatsyy proyzvodstva zerna dlia sredneho Kytaia na baze belorusskoi tekhniky/Tsynchzhэн Ly, A.N. Leonov // Ves. Nats. akad. navuk Belarusi. Ser. ahrar. navuk. – 2020. – Т. 58, №1. – S. 90–107. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-1-90-107>.

17. Tang Z. Dynamic Balance Method for Grading the Chain Drive Double Threshing Drum of a Combine Harvester /Z. Tang, X. Li, X. Liu, H. Ren, Z. Biao // Ap-

plied sciences, 2020, 10, 1026; doi:10.3390/app10031026.

18. Sait «GROUP SCHUMACHER»: <http://www.groupschumacher.com/>

19. Sait kompanii «CLAAS»: <https://www.claas.ua/>

20. Sait kompanii «JOHN DEERE»: <https://www.deere.ua/>

21. Sait kompanii «NEW HOLLAND»: <https://agriculture.newholland.com/>

22. Sait kompanii «FENDT»: <https://www.fendt.com/>

23. Sait «HOMSELMASH»: <https://www.gomselmash.by/>

24. Silskohospodarski mashyny: pidruchnyk / D. H. Voitiuk, L. V. Aniskevych, V. V. Ishchenko ta in.; za red. D. H. Voitiuka. - K.: «Ahrosvita», 2015. - 679 s.

25. Savickas D. Combine harvester fuel consumption and air pollution reduction /D. Savickas, D. Steponavicius, I. Kliopova, L. Saldukaite//Water, Air & Soil Pollution, 231, 95 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4466-5>.

26. Meng, A. Modeling and experiments on Galfenol energy harvester / A. Meng, C. Yan, M. Li, W. Pan, J. Yang, S. Wu// Acta Mechanica. Sinica (2020). <https://doi.org/10.1007/s10409-020-00943-6>.

27. Li P. Design and experimental study of broadband hybrid energy harvester with frequency-up conversion and nonlinear magnetic force / P. Li, N. Xu, C. Gao // Micro- and Nanosystems Information Storage and Processing Systems. Issau 5(2020). <https://doi.org/10.1007/s00542-019-04716-5>.

28. Borysova L. V. Vыбор stratehiy v zadache korrektyrovky rehulyrovочных parametrov kombaina / L. V. Borysova, Y. N. Nurutdynova, V. P. Dymytrov [y dr.]. — DOI 10.15507/2658-4123.030.202001.060-075 // Ynzhenерные tekhnolohyy y systemy. — 2020. — T. 30, № 1. — S. 60-75.

## Literature

1. Machines for harvesting grain and industrial crops: Manual (team of authors, edited by V.I. Kravchuk). L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Doslidnytske. 2009. 296 p.

2. Kravchuk V. I., Zanko M. D. Research of functional possibilities of the CASE-IH AFS - 8230 combine at mowing of the fallen breads // Journal «Technics and technologies of agrarian and industrial complex». №5, 2015. pp. 8-13.

3. Lezhenkin AM Technology of grain harvesting by the method of combing at the root: state and prospects. / A.M. Lezhenkin, VI Kravchuk, AS Kushnarev. Doslidnytskoe, 2010. - 400 p.

4. Kravchuk V.I., Zanko M. D. Grain harvesters of modern combines: design features, and performance / V. I. Kravchuk. Kravchuk M. D. Zanko // Coll. Science. works L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Doslidnytske. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnytske. 2019. Issue 24 (38). - P. 176-185. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-18](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-18)

5. Smolinsky S. V. Analysis and synthesis of combine harvesters / S.V. Smolinsky. - K.: ЦП «КОМПРИНТ», 2018. - 160 c.

6. Kravchuk V. I. Analysis of threshing systems of grain harvesters / V. I. Kravchuk, S. V. Smolinsky. - K.: CP «Komprint», 2019. - 149 c.

7. Hrytsyshyn M. Technologies of grain harvesting and construction of modern combine harvesters / M. Hrytsyshyn // Proposal. - 2003. - № 6. - P. 13-17.

8. Kravchuk VI Modern trends in the development of agricultural machinery / Ed. VI Kravchuk, M. I. Hrytsyshyna C.M. Blacksmith. - K.: Agrarian Sciences, 2004. - 396c.

9. Adamchuk V. V. Modern trends in the development of agricultural machinery / V. V. Adamchuk, G. L. Baranov, O. S. Baranovsky. - K.: Agrarian Sciences, 2004. - 396 c.

10. Rademacher T. Trends in the market of grain harvesting equipment // New Agriculture, 2006.-№2.- P.76 - 82.

11. Ivanyshyn V., Koval S. The world market and directions of development of designs of grain harvesters // Technique of agrarian and industrial complex, 2006, - №6-7. - C .6-9.

12. Koval S., Voytiuk D. Directions of development and features of designs of com-

bine harvesters // Technique of agrarian and industrial complex, 2007. - №7.-P.6-17.

13. Stepchenko S. Renewal of the fleet of grain harvesters of Ukraine: volumes, trends, expectations, factors of influence / S. Stepchenko, M. Zanko // Coll. Science. works L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Doslidnytske. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnytske. 2019. Issue 25 (39). - P. 113-124. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25\(39\)-12](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25(39)-12)

14. Lovchikov A. P. Technical and technological bases of improvement of combine harvesters with a threshing machine. - Ulyanovsk: Zebra, 2016. - 112 p.

15. Sisolina I. P. Directions for improving threshing machines of grain harvesters / IP Sysolina // Agrarian Bulletin of the Black Sea region. - 2013. - Vip. 67. - P. 121-129.

16. Li Qingzhen. Modeling and optimization of the technological process and means of mechanization of grain production for central China on the basis of Belarusian technology / Qingzhen Li, A.N. Leonov // Weight. Nat. acad. Sciences of Belarus. Ser. agrarian. Sciences. - 2020. - T. 58, №1. - P. 90-107. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-1-90-107>.

17. Tang Z. Dynamic Balance Method for Grading the Chain Drive Double Threshing Drum of a Combine Harvester / Z. Tang, X. Li, X. Liu, H. Ren, Z. Biao // Applied sciences, 2020, 10, 1026; doi: 10.3390/app10031026.

18. "GROUP SCHUMACHER" website: <http://www.groupschumacher.com/>

19. "CLAAS" website: <https://www.claas.ua/>

20. "JOHN DEERE" website: <https://www.deere.ua/>

21. NEW HOLLAND website: <https://agriculture.newholland.com/>

22. "FENDT" website: <https://www.fendt.com/>

23. "GOMSELMASH" website: <https://www.gomselmash.by/>

24. Agricultural machinery: a textbook / D. G.Voityk, L. V. Aniskevich, V.V. Ish-

chenko and others; for order. D.G. Wojtyuk. - K. : «Agroosvita», 2015. - 679 p.

25. Savickas D. Combine harvester fuel consumption and air pollution reduction / D. Savickas, D. Steponavicius, I. Kliopova, L. Saldukaite // Water, Air & Soil Pollution, 231, 95 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4466-5>.

26. Meng, A. Modeling and experiments on Galfenol energy harvester / A. Meng, C. Yan, M. Li, W. Pan, J. Yang, S. Wu // Acta Mechanica. Sinica (2020). <https://doi.org/10.1007/s10409-020-00943-6>.

27. Li P. Design and experimental study of broadband hybrid energy harvester with frequency-up conversion and nonlinear magnetic force / P. Li, N. Xu, C.Gao // Micro-and Nanosystems Information Storage and Processing Systems. Issau 5 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00542-019-04716-5>.

28. Borisova LV The choice of strategy in the problem of adjusting the adjustment parameters of the combine / L.V. Borisova, I.N. Nurutdinova, V.P. Dimitrov [et al.]. - DOI 10.15507/2658-4123.030.202001.060-075 // Engineering technologies and systems. - 2020. - V. 30, № 1. - P. 60-75.



UDC 631.354.2.:001.8

## DEVELOPMENT TRENDS OF GRAIN HARVESTERS

**Kravchuk V.**, Dr. Tech. Sciences, prof.,  
Corr. Member of National Academy of Sciences of Ukraine,  
<https://orcid.org/0000-0003-2196-4960>

SSO «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

**Smolinsky S.**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor,  
<https://orcid.org/0000-0002-8186-7049>

NUBiP

**Zanko M.**, Ph.D. tech. Science,  
<https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>,

**Gaidai T.**, Ph.D. tech. Science  
<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

SSO «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

**Oliynyk O.**,  
SPE LLC «Kherson Machine-Building Plant»

### Summary

**The purpose of the article:** to substantiate the trends in the development of combine harvesters by analyzing the current state and the latest technical developments of leading manufacturers.

**Research methods:** analysis of the design of combine harvesters based on information from manufacturers and the results of analytical research.

**Research results.** Based on the analysis of the system-analog model and design features of modern combine harvesters, the following trends in their further development have been identified: to the conditions of collection; further improvement of the design of threshing systems of different types, cleaning systems and straw cleaners on the basis of innovative technical developments and in accordance with the requirements for the process; introduction of the principles of more efficient use of engine power of combines, as well as the use of electric, methane and other types of engines; expansion of possibilities of application in schemes of grain harvesters of various systems of adaptation of operating modes of their systems, and also operation of unmanned variants of combines which are capable to carry out process of harvesting on the basis of the principle of «self-learning» with high qualitative indicators.

**Conclusions.** Combine harvesters as complex dynamic and technological systems are constantly being improved under the influence of science and technology. The latest technical solutions are aimed at improving the technological efficiency of combines in the process of mechanized harvesting of grain crops. Based on the analysis of the system-analog model, current state and the latest innovative developments of leading manufacturers, the main trends in the development of combine harvesters are identified, which are related to improving combine systems and implementing systems to adapt their operating modes to operating conditions.

**Key words:** grain crops, harvesting, combine harvester, harvesting part, threshing system, purification system, adaptation systems, development tendencies.

УДК 631.354.2.:001.8

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

**Кравчук В.**, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НААН Украины,

<https://orcid.org/0000-0003-2196-4960>

ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

**Смолинский С.**, канд. техн. наук, доц/,

<https://orcid.org/0000-0002-8186-7049>

НУБиП

**Занько Н.**, канд. техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>,

**Гайдай Т.**, канд. техн. наук

<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

**Олейник О.**,

НПП ООО «Херсонский машиностроительный завод»

### **Аннотация**

**Цель статьи:** обосновать тенденции развития зерноуборочных комбайнов путем анализа современного состояния и последних технических разработок ведущих фирм-производителей.

**Методы исследований:** анализ конструкции зерноуборочных комбайнов на основании информации фирм-производителей и результатов аналитических исследований.

**Результаты исследований.** На основе проведенного анализа системо-аналоговой модели и конструктивных особенностей современных зерноуборочных комбайнов определены следующие тенденции их дальнейшего развития: в конструктивной схеме жатной части комбайнов для минимизации потерь урожая и расширения функциональных возможностей целесообразно применять гибкие режущие аппараты, ленточные транспортеры и системы адаптации режимов работы жатки к условиям сбора; дальнейшее совершенствование конструкции молотильных систем различных типов, систем очистки и соломоочистителей на основании инновационных технических разработок и в соответствии с требованиями к выполнению процесса; внедрение принципов более эффективного использования мощностей двигателей комбайнов, а также применение электрических, метановых и других типов двигателей; расширение возможностей применения в схемах зерноуборочных комбайнов различных систем адаптации режимов работы их систем, а также эксплуатация беспилотных вариантов комбайнов, которые способны на основе принципа «самообучения» с высокими качественными показателями выполнять процесс уборки.

**Выводы.** Зерноуборочные комбайны как сложные динамические и технологические системы постоянно совершенствуются под влиянием развития науки и техники. Новейшие технические решения направлены на повышение показателей технологической эффективности применения комбайнов в процессе механизированной уборки зерновых культур. На основе проведенного анализа системо-аналоговой модели, современного состояния и новейших инновационных разработок ведущих фирм-производителей определены основные тенденции развития зерноуборочных комбайнов, связанные с совершенствованием систем комбайнов и внедрение систем адаптации их режимов работы к условиям функционирования.

**Ключевые слова:** зерновые культуры, уборка, зерноуборочный комбайн, жатная часть, молотильная система, очистительная система, системы адаптации, тенденции развития.