

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ДЕМКО ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 631.31:64

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті біоресурсів і природокористування України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Войтюк Валерій Дмитрович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного
менеджменту імені М. П. Момотенка

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Котов Борис Іванович,
Вінницький національний аграрний університет,
професор кафедри загальнотехнічних дисциплін
та охорони праці

кандидат технічних наук
Кузьмич Альвіан Ярославович,
Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства» НААН,
старший науковий співробітник
відділу перспективних технологій
і технічних засобів для збирання,
обробки та зберігання врожаю зернових
і олійних культур

Захист відбудеться «09» грудня 2016 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.06 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Генерала Родимцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий «08» листопада 2016 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

І. Л. Роговський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Виробництво зерна в Україні у сучасних умовах знаходиться на етапі зростання та збільшення валового збору. Так, у 2012–2015 рр. він зріс з 40 до 60 млн тонн зерна. Поряд з цим необхідно відмітити, що показники успіху супроводжуються таким негативним явищем, як втрати вирощених урожаїв, які сягають 7–8 млн тонн, а це складає 16–18 % від валового збору. Домінуючою причиною таких значних втрат урожаю є постійна нестача зернозбиральних комбайнів (ЗК), низька технічна готовність і невідповідність персоналу застосовувати сучасну техніку. Відомо, що в агротерміни збирають лише 30 % посівів зернових культур, а тривалість збирального сезону перевищує їх в 3–5 разів.

Навантаження на один фізичний ЗК складає 189 га, на технічно справний – приблизно 218 га або 770 т. Понад 70 % комбайнів мають термін експлуатації до 30 років з ймовірним значенням коефіцієнта готовності 0,4–0,7, які намолочують 200–600 т; втрати від біологічного осипання досягають мінімум 10 % від валового збору. Причинами значних втрат вирощеного урожаю є високе фізичне навантаження на комбайн і низька ефективність використання наявного парку за потужністю двигуна та пропускною здатністю молотарки, агробіологічним станом хлібної маси, втратами зерна за молотаркою та ін.

В умовах реального виробництва потужність двигунів ЗК і пропускна здатність молотарки використовуються максимально до 57–63 % від номінального завантаження. Безумовно, низьке завантаження є основною причиною низької продуктивності, затягування термінів жнив і значних втрат зерна від біологічного осипання та перевитрат палива. Втрати вирощеного урожаю через осипання і низький відсоток збирання продовольчих класів зерна у встановлені агротерміни є причиною значних збитків (≈ 1 млрд \$) вітчизняних аграріїв. Ось чому тема дисертаційної роботи є актуальною, а сама робота має значну практичну цінність як для виробників ЗК, так і для їх користувачів, а також у навчальному процесі при підготовці інженерних кадрів сільськогосподарського виробництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження за темою дисертаційної роботи проведено в Національному університеті біоресурсів і природокористування України в рамках науково-дослідної роботи «Обґрунтувати параметри і режими функціонування системи технічного обслуговування сільськогосподарської техніки» (номер державної реєстрації 0115U003464).

Мета та задачі досліджень. Мета досліджень – підвищення техніко-технологічної ефективності використання ЗК шляхом раціоналізації завантаження двигуна та молотильно-сепаруючого пристрою (МСП) у межах нормативних втрат зерна.

Для досягнення мети дослідження розв'язувалися наступні задачі:

1) провести аналіз літературних джерел з ефективності використання потужності двигуна і пропускної здатності МСП ЗК;

2) визначити вплив зміни потужності двигуна при варіюванні швидкості руху в загінці залежно від експлуатаційного показника пропускної здатності МСП і характеристик хлібостою;

3) провести аналіз впливу стану зернових за площею поля з нерівномірним та флуктуаційним розподілом урожаю на пропускну здатність МСП, а також на величину механічних втрат зерна від фактичного завантаження молотарки ЗК хлібною масою;

4) визначити показники втрат зерна за соломотрясом і решітним станом залежно від завантаження ЗК та дати порівняльну оцінку експлуатаційних показників використання ЗК з урахуванням енергетичних затрат при обмолоті хлібної маси;

5) визначити в умовах виробничої експлуатації вплив технічних показників ЗК на фактичні втрати зерна та провести техніко-економічну оцінку наукових досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес обмолоту зернових культур.

Предмет дослідження – вплив завантаження і техніко-технологічних характеристик ЗК на механічні втрати зерна під час обмолоту.

Методи дослідження: в дослідженні використано класичні методи теоретичної механіки, системного аналізу, інтегрального та диференціального числення, теорії надійності, сучасні методи математичного моделювання на ПК та математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

– уперше аналітичним методом визначено залежність ефективності використання ЗК від зниження потужності двигуна, його робочої швидкості в загінці та строкатості урожайності, що дає змогу обґрунтувати раціональну швидкість руху ЗК;

– уперше методом інтегральної оцінки визначено показник пропускної здатності МСП залежно від технічного стану двигуна, систем, механізмів ЗК та агробіологічного стану хлібостою, що дозволяє корегування швидкості руху ЗК у загінці та планування термінів жнив;

– удосконалено метод визначення числових значень сумарних втрат зерна за МСП від його завантаження, який враховує ймовірність самоосипання урожаю і дає змогу визначити ці втрати з більшою точністю;

– дістав подальшого розвитку метод визначення показників завантаження двигуна і молотарки, енергетичних затрат на обмолот хлібної маси і питомих витрат палива.

Практичне значення одержаних результатів полягає в обґрунтуванні: напрямів підвищення ефективності використання ЗК в межах допустимих втрат зерна за МСП; науково-прикладному методі визначення ефективності використання ЗК за допомогою електронного пристрою контролю числових значень механічних втрат зерна за МСП; методі підвищення продуктивності ЗК з оптимізацією механічних втрат зерна за МСП в процесі комбайнування; пристрою кількісного вимірювання та реєстрації втрат зерна на ЗК.

Результати досліджень впроваджено в ПП «Радівське» Калинівського району Вінницької області; агрофірмі «Світанок» (с. Непедівка) Козятинського

району Вінницької області; Агробудівельному альянсі «Астра»; ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція».

Особистий внесок здобувача. Особистий внесок автора у спільних та одноосібних наукових працях полягає в наступному: у виборі та обґрунтуванні напряму досліджень, постановці задач, плануванні і проведенні експериментальних робіт, аналізі та інтерпретуванні отриманих результатів, розробленні методик; проведенні аналізу зміни технічного стану і завантаження ЗК в залежності від терміну експлуатації, нерівномірності урожайності за площею поля; розробленні оригінальної методики оцінки технічного рівня ЗК через втрату потужності двигуна і масу комбайна; проведенні аналізу чинників, що визначають технічний стан комбайнів із статистичною обробкою зібраних показників, таких, як ефективність використання комбайнів в залежності від завантаження двигуна і МСП; розробленні аналітичної моделі залежності продуктивності ЗК від механічних втрат за МСП; визначенні числових значень втрат зерна за МСП протягом терміну зміни і жнив та їх коефіцієнтів варіації, завантаження двигуна і МСП; визначенні впливу кваліфікації операторів на ефективність використання комбайнів, впливу агробіологічного стану хлібної маси на продуктивність ЗК; обґрунтуванні напрямів підвищення ефективності використання наявного парку ЗК.

Апробація результатів дисертації. Дисертаційну роботу та її окремі розділи було оприлюднено і схвалено на: Міжнародній науково-технічній конференції з нагоди 80-ї річниці від дня заснування механіко-технологічного факультету НУБіП України (м. Київ, 2010 р.); XI і XVI Міжнародних наукових конференціях «Сучасні проблеми землеробської механіки» з нагоди 110-ї і 115-ї річниць від дня народження акад. П. М. Василенка (м. Київ, 2010 р., 2015 р.); XX Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» (сmt Глеваха, 2012 р.); XIII Міжнародній конференції «Науково-технічні засади розробки, випробування сільськогосподарської техніки», присвяченій пам'яті акад. Л. Погорілого (сmt Дослідницьке, 2012 р.) та представлено на XXIV і XXVI Міжнародних агропромислових виставках «Агро-2012» і «Агро-2014» (м. Київ, 2012 р., 2014 р.).

Публікації. Основний зміст, результати теоретичних і експериментальних досліджень опубліковано у 20 наукових працях, з яких 12 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, 2 статті у наукових виданнях інших держав, патент України на корисну модель та 3 тези наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, основних висновків, переліку використаної літератури (129 найменувань) і 5 додатків. Викладена на 176 сторінках комп'ютерного тексту, має 39 рисунків, 31 таблицю.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «**Стан питання та задачі досліджень**» проведено аналіз літературних джерел, присвячених дослідженню науково-виробничих проблем, задач підвищення ефективності використання зернозбиральних комбайнів. Виявлено, що в більшості опублікованих робіт розглядається класичний набір організаційних, технічних, технологічних задач. Вагомий внесок у розроблення теорії забезпечення якості, надійності ЗК було зроблено вченими: Є. Л. Жалніним, Л. В. Погорілим, М. С. Рунчевим, Е. І. Ліпковичем, А. А. Пугачевим, В. М. Ждановим, М. Д. Галенком, І. М. Каплініним, С. М. Ковалем, В. І. Кравчуком, М. І. Черноволом, В. А. Дідуром, Б. І. Котовим, В. Д. Войтюком, А. І. Бойком, К. М. Думенко, А. Я. Кузьмичем, Д. М. Заньком та ін.

У результаті аналізу літературних джерел визначено, що поза увагою і ретельним аналізом науковців залишається дослідження залежності ефективності використання ЗК від їх надійності, агробіологічного стану хлібної маси і числових значень механічних втрат за МСП. Не знайшло належного розгляду в опублікованих науково-прикладних роботах питання впливу окремих технічних і технологічних факторів на ефективність використання зернозбиральних комбайнів.

Розглянуто класифікації ЗК і встановлено, що однією із найбільш розповсюджених є класифікація Асоціації виробників продукції. Згідно з вказаною класифікацією комбайни поділено на V–IX класів залежно від мінімальної і максимальної потужності. В результаті проведеного аналізу сформульовано задачі досліджень.

У другому розділі «**Теоретичні дослідження впливу технічних і технологічних факторів на ефективність використання зернозбиральних комбайнів**» доведено, що ефективність використання ЗК залежно від недостатнього дослідження факторів можна описати функціональною залежністю:

$$U_{\Sigma} = f(q, \%Ne, (\Delta U + \Delta(\Delta U)), \%U), \quad (1)$$

де q – експлуатаційна пропускна здатність МСП ЗК, кг/с; $\%Ne$ – експлуатаційна потужність двигуна, кВт; $\Delta U + \Delta(\Delta U)$ – нерівномірність і флуктуація урожайності від середнього значення, кг/м²; $\%U$ – числові і відносні значення втрат зерна (%) МСП залежно від пропускної здатності, кг/с.

В останні роки виробники зернозбиральних комбайнів у технічній документації не наводять числових значень показників пропускної здатності, що входять у формули для визначення продуктивності при прогнозуванні темпів жнив або при виборі комбайна. Рішення знайдено при порівнянні формул продуктивності (40 ц/га) з двох рівнянь, в одне з яких входить потужність двигуна, а в друге – пропускна здатність. За таких умов експлуатаційний показник пропускної здатності МСП ЗК визначається із залежності:

$$q_n = \frac{0,1 \cdot Ne \cdot \xi}{0,1 B_p \cdot U(1 + \delta_c)(N_M + N_{II}) + \frac{g \cdot f \cdot G_T}{\eta_{TP}}} + 0,2, \quad \text{кг/с}, \quad (2)$$

де Ne – ефективна потужність двигуна, кВт; ξ – коефіцієнт завантаження двигуна; B_p – робоча ширина захвату жатки, м; U – урожайність, т/га; δ_c – показник солемистості хлібної маси; N_M – питома потужність на обмолот, кВт×с/кг; N_{II} – питома потужність на подрібнення солемистої маси, кВт×с/кг; g – прискорення земного тяжіння, м/с²; f – коефіцієнт перекочування; G_T – маса комбайна, т; η_{TP} – ККД трансмісії.

В залежність (2) входять: п'ять технологічних та три технічні показники і три коефіцієнти, що дозволяє визначити з допустимою точністю експлуатаційний показник пропускної здатності для ЗК різного технічного стану і технологічних характеристик хлібостою.

Для визначення швидкості ЗК в загінці з урахуванням динаміки руху із зміною потужності запропонована залежність:

$$N_{руш} = [G_{mk} \cdot f_0 \cdot (1 + \rho(V_p - V_0))] \cdot \frac{V_p}{3,6}, \quad (3)$$

де G_{mk} – маса комбайнового агрегату, т; f_0 – коефіцієнт перекочування; ρ – коефіцієнт узгодження розмірності; V_p, V_0 – робоча і початкова швидкість, км/год.

Значення залишкової потужності двигуна визначимо за формулою:

$$N_3 = N_e - N_M - V_p^2 \cdot A_1 + V_p \cdot A_2, \quad (4)$$

де $A_1 = \frac{10 \cdot G_{mk} \cdot f_0 \cdot \rho}{36 \cdot \eta_{mp}}$; $A_2 = \frac{10 \cdot G_{mk} \cdot f_0 \cdot (1 - \rho \cdot V_0) + B_p \cdot U \cdot (1 + \delta_c) \cdot N_{num} \cdot \eta_{mp}}{36 \cdot \eta_{mp}}$;

N_M – потужність, споживана на обмолот хлібної маси,

а для зношеного і невідрегульованого двигуна із залежності:

$$N_3 = N_e - N_M - \Delta N_{II} - V_p^2 \cdot A_1 + V_p \cdot A_2, \quad (5)$$

де ΔN_{II} – зниження потужності двигуна внаслідок зношування і розрегульованості.

В остаточному вигляді рівняння (5) має вигляд:

$$V_p^2 \cdot A_1 + V_p \cdot A_2 - (N_e - N_m - N_3) = 0. \quad (6)$$

Визначимо значення V_p із залежності (6):

$$V_p = \frac{-A_2 \pm \sqrt{A_2^2 + 4A_1(N_e - N_m - \Delta N_{II})}}{2 \cdot A_1}. \quad (7)$$

Вплив фактичної потужності двигуна ЗК V класу на швидкість руху показано на рис. 1.

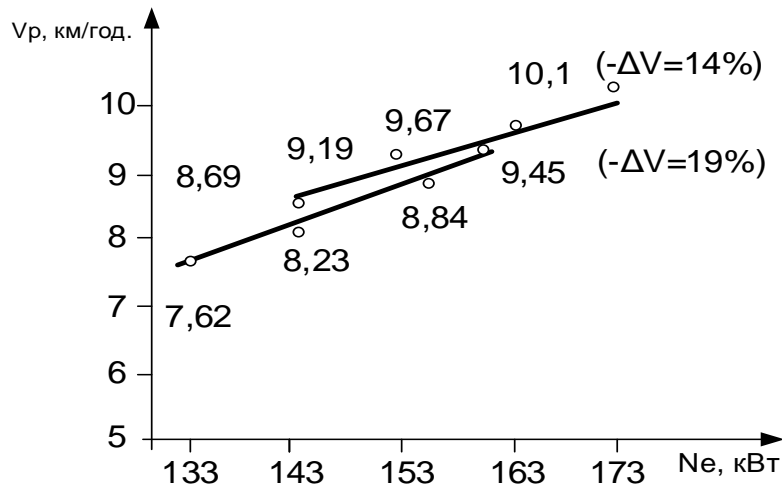


Рис. 1. Закономірності зміни швидкості руху ЗК V класу від зниження потужності двигуна

Проведений аналіз показує доцільність врахування імовірного зниження потужності двигуна із збільшенням наробітку при прогнозуванні темпів жнив. Технологічна характеристика – нерівномірність і флуктуація урожайності ($U(1 + \delta_c) = U_{cp}$) по площі поля суттєво впливає на ефективність використання ЗК через ступінь завантаження МСП і на зміну механічних втрат. Флуктуаційна складова може накладатися на гармонічну нерівномірність (\pm) тривалістю 1–15 с. Визначено, що гармонічна складова нерівномірності (ΔU_{cp}) може досягти до 35 % від середнього значення урожайності U_{cp} , а флуктуаційна складова – $(\Delta(\Delta U_{cp})) \pm 10\%$ від нерівномірності ΔU_{cp} . Для аналізу прийнято $u_{cp} \approx 1,3 \text{ кг/м}^2$ хлібостою. Із урахуванням наведених вище факторів урожайність по полю визначається залежністю з використанням випадкових функцій:

$$U_{XM} = U_{CP} \pm \Delta U_{CP} \pm \Delta(\Delta U_{CP}), \text{ кг/м}^2, \quad (8)$$

де U_{cp} – середня урожайність, кг/м^2 ; ΔU_{CP} – нерівномірність від середньої урожайності, кг/м^2 ; $\Delta(\Delta U_{CP})$ – флуктуаційна складова від нерівномірності, кг/м^2 .

Отримано залежність для розрахунку нерівномірності урожайності по полю:

$$\Delta U_{CP} = \pm U_{cp} \cdot \text{Sin} \left(\frac{n_1 x_1}{\lambda_{xm1}} \right), \quad (9)$$

де n_1 – число повних коливань; $x_1 = V(t_1) \cdot t_1$ – довжина хвилі нерівномірності урожайності; λ_{xm1} – період коливання урожайності, м(с); U_{cp} – маса урожаю, кг/м^2 .

Флуктуаційна складова від нерівномірності урожайності описується залежністю:

$$\Delta(\Delta U_{cp}) = \pm U_{cp} \cdot \text{Sin} \left(\frac{n_2 \cdot x_2}{\lambda_{xm2}} \right), \quad (10)$$

де $n_2 \ll n_1$; $\lambda_{xm2} \ll \lambda_{xm1}$; $x^2 \ll x^1$; $t_2 \ll t_1$; $x_2 = V(t_2) \cdot t_2$ – довжина хвилі флуктуації урожайності.

З урахуванням гармонічної нерівномірності і флуктуаційної складової урожайності рівняння для визначення фактичної пропускної здатності можна записати у вигляді:

$$q_{\phi} = \frac{0,1Ne\xi}{0,1 \cdot B \cdot \left[Z_1 \cdot \sin\left(\frac{n_1 \cdot x_1}{\lambda_1}\right)(N_m + N_n) + Z_2 \cdot \sin\left(\frac{n_2 \cdot x_2}{\lambda_2}\right)(N_m + N_n) \right] + \frac{g \cdot f \cdot G_k}{\eta} + 0,2}, \text{ кг/с} \quad (11)$$

$$B \cdot \left(Z_1 \cdot \sin\left(\frac{n_1 \cdot x_1}{\lambda_1}\right) + Z_2 \cdot \sin\left(\frac{n_2 \cdot x_2}{\lambda_2}\right) \right)$$

де $Z_1 = U_{CP} \pm (0,25U_{CP} \pm 0,025U_{CP}^{-2})$; $Z_2 = \Delta U_{CP} \pm (0,125\Delta U_{CP} \pm 0,01\Delta U_{CP}^{-2})$; η – ККД трансмісії; f – коефіцієнт перекочування; g – прискорення земного тяжіння, м/с².

Графічну інтерпретацію зміни врожайності по площі поля в залежності від агротехнологічних факторів показано на рис. 2: ΔU – нерівномірність урожайності; $\Delta(\Delta U_{CP})$ – флуктуація урожайності; $\lambda_{xm1}, \lambda_{xm2}$ – період коливань нерівномірності і флуктуації.

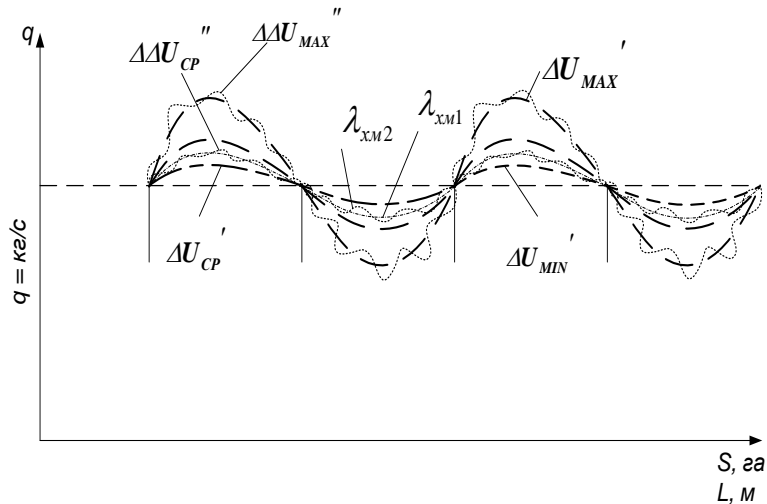


Рис. 2. Графічна інтерпретація зміни врожайності, пропускної здатності і моменту опору барабана від середнього значення від впливу агротехнологічних факторів

Гармонічна нерівномірність і флуктуаційні складові є причиною зміни відповідно завантаження МСП і двигуна (при цьому приймаємо параметри, характерні для лісостепової зони, при $\Delta U_{max} - 35\%$, $\Delta U_{CP} \approx 25\%$ флуктуація $\Delta(\Delta U_{CP}) \approx 10\%$ від ΔU_{CP}).

Друга технологічна характеристика зернозбиральних комбайнів – механічні втрати зерна за МСП. Встановлено, що відносні значення втрати зерна за МСП в межах до 0,5–0,6 % не обмежують продуктивність.

Із збільшенням продуктивності ЗК через підвищення пропускної здатності відносні значення втрат зерна різко збільшуються – від 0,5–0,6 до 1,5 %, що суттєво обмежує подальше підвищення продуктивності. Рівняння відносних втрат від пропускної здатності описується залежністю:

$$y = \frac{y_{zp} \cdot \exp(ky_{zp} \cdot q)}{\exp(ky_{zp} \cdot q) + 10y_{zp} - 1}, \% \quad (12)$$

де y_{zp} – граничне значення втрат, %; k – коефіцієнт самоосипання, %, 0,125; 0,250; 0,5; q – пропускна здатність, кг/с; y – поточне значення втрат, %.

Графічна залежність після розв'язку рівняння (12), яка показана на рис. 3, не підтверджує зміну механічних втрат зерна залежно від підвищення завантаження молотарки і нагадує S-подібну криву, яку передбачав академік В. П. Горячкін. Точка перегину для функції показує величину завантаження, при якому втрати починають зменшуватися. Закономірність зміни втрат матиме вираз (13).

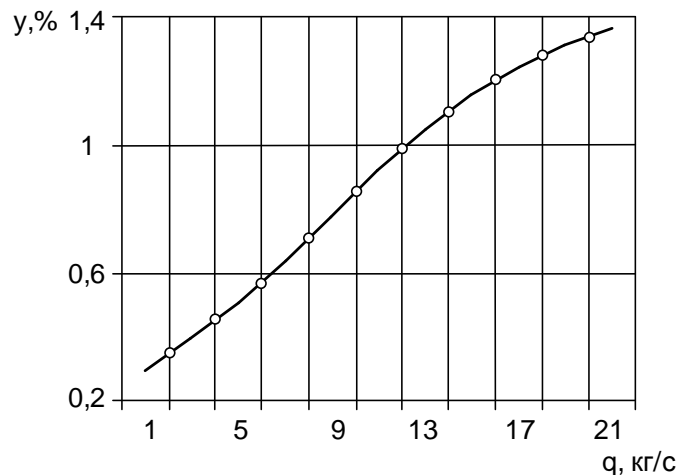


Рис. 3. Залежність механічних втрат зерна від пропускної ЗК

Точка перегину функції, при якій втрати починають зменшуватися, значною мірою залежить від прийнятого значення k – коефіцієнта самоосипання (рис. 4):

$$q_n = \frac{\ln(10y_{zp} - 1)}{ky_{zp}}, \text{ кг/с.} \quad (13)$$

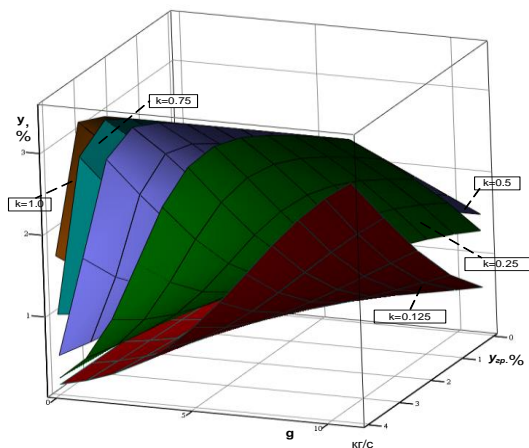


Рис. 4. Поверхні відгуку зміни механічних втрат від ступеня завантаженості молотарки через пропускну здатність, кг/с

У третьому розділі «Програма і методика експериментальних досліджень» наведено програму експериментальних досліджень, якою

передбачалось: визначення втрат за МСП ЗК з розробленням спеціального пристрою; визначення пропускної здатності, питомих витрат палива; систематизація обробки статистичних даних; методика розрахунку втрат зерна; визначення технічного рівня ЗК з урахуванням експлуатаційних і конструктивних показників і характеристик.

Наведено схеми навантажувальних пристроїв, конструкцій експериментальних установок, приладів, зразків, технічних засобів для проведення лабораторних досліджень, а також методики їх проведення та обробки отриманих результатів. Наведено методику розрахунку втрат зерна за МСП ЗК стандартної комплектації з розробленим вмонтованим пристроєм ПРВ (рис. 5, рис. 6) та спосіб контролю механічних втрат зерна за МСП ЗК V, VI та VII класів.



Рис. 5. Загальний вигляд електронного пристрою ПРВ

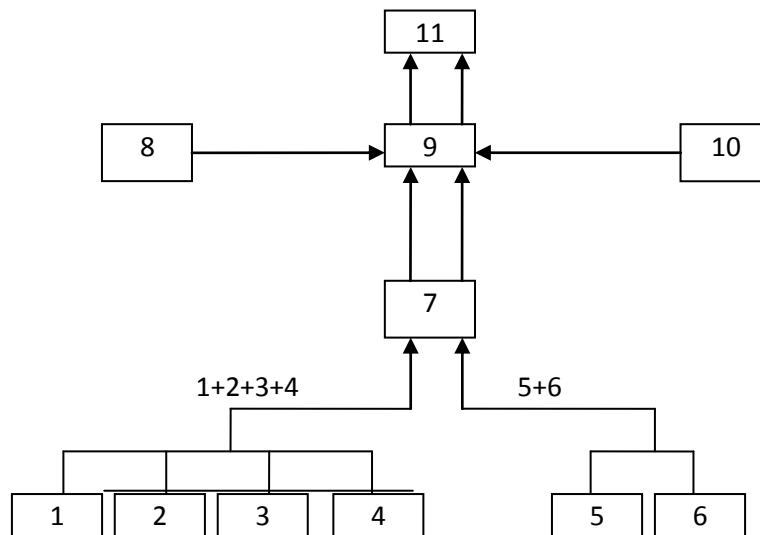


Рис. 6. Принципова схема пристрою роздільного вимірювання втрат зерна: 1, 2, 3, 4 – п'єзоелектричні датчики за соломотрясом; 5, 6 – п'єзоелектричні датчики за решетами; 7 – двоканальний підсилювач-формував імпульсів; 8 – задавач питомого об'єму зерна; 9 – блок обчислення втрат зерна за соломотрясом і решітним станом; 10 – датчик набору зерна; 11 – блок числової індикації

Розроблено і реалізовано план польових досліджень ефективності використання ЗК і контролю механічних втрат зерна згідно з ГОСТ 11.005. Тривалість досліджень склала 220 годин. Викладено методику обробки статистичних даних та метод визначення технічного рівня сучасних ЗК з урахуванням експлуатаційних характеристик і конструктивних показників. Дослідження проводилися в лісостеповій зоні при збиранні зернових культур. Вологість зерна становила 13–14 %, температура навколишнього середовища від 20 до 42 °С.

У четвертому розділі «Виробничі дослідження ефективності використання зернозбиральних комбайнів через контроль і облік механічних втрат зерна за молотильно-сепаруючим пристроєм» виявлено, що під час жнив комбайн № 1 відпрацював $t_3=103,51$ год, термін чистої роботи склав $t_4=94,8$ год, зібрано – 483 т; коефіцієнт використання часу зміни $K_t=0,91$. Комбайн № 2 відпрацював $t_2= 58,08$ год, $t_4= 52,8$ год., $K_t=0,97$, зібрано – 374 т. Комбайн № 3 на збиранні зернової групи відпрацював 77,15 год, зібрано 304 т. На рис. 6. у вигляді гістограм показані втрати зерен за кожні 10 хв протягом зміни.

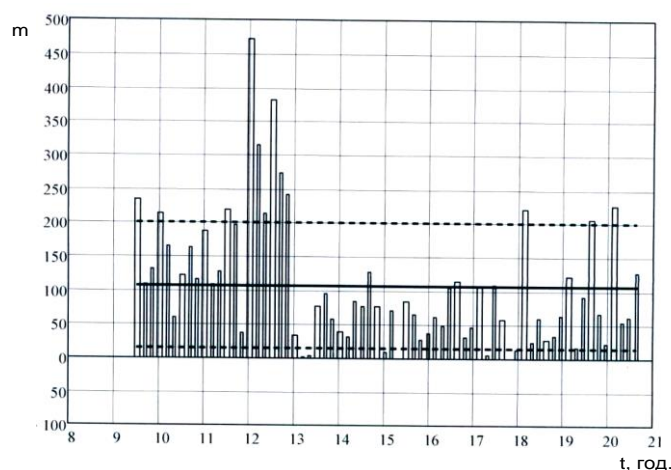


Рис. 7. Гістограми розподілу середніх значень сумарної кількості втрат (m) зерна за кожні 10 хв роботи за соломотрясом і решітним станом з коефіцієнтом варіації 0,8

Дослідження в умовах виробничої експлуатації дозволили визначити, що фактичні втрати зерна за термін жнив у відносному значенні при допустимих 1,5 % від валового збору склала $\Delta u = 0,03$ %. У числовому виразі за термін жнив зафіксовано втрати зерна за масою $\Delta m = 2,225$ кг (допустимі 7236 кг); питома витрата палива $\Delta G_T = 4,8$ л/т; $\Delta G_{га} = 26$ л/га; продуктивність $U \approx 7$ т/год; $W_r \approx 1$ га/год; $V_p = 1,726$ км/год. Подібна залежність експлуатаційних показників спостерігається за ЗК № 2 (рис. 8: m_c – кількість зерен/м², K_{vc} – коефіцієнт варіації). Зібрано за шість змін ($t_p = 52,58$ год.) 374,22 т.

На нерівномірність і флуктуаційні складові урожайності впливає багато агробіологічних факторів: нерівномірність внесення добрив (min=10–33 %, max=59–95 %), якість основного обробітку ґрунту перед сівбою (до 30 %), рельєф і мікрорельєф поля (до 30 %), виживання рослин залежно від погодно-

кліматичних умов (від 81 до 49 %), якість підживлення (до 25 %), захист рослин (до 20 %). Із наведених числових значень втрат зерна по інтервалах обліку (рис. 7) явно простежується їх хвилеподібна зміна з різницею від \min до \max в 3–4 рази збільшення по висоті і амплітуді (що характеризується коефіцієнтом варіації), яку наближено можна розглядати як синусоподібну залежність (рис. 9).

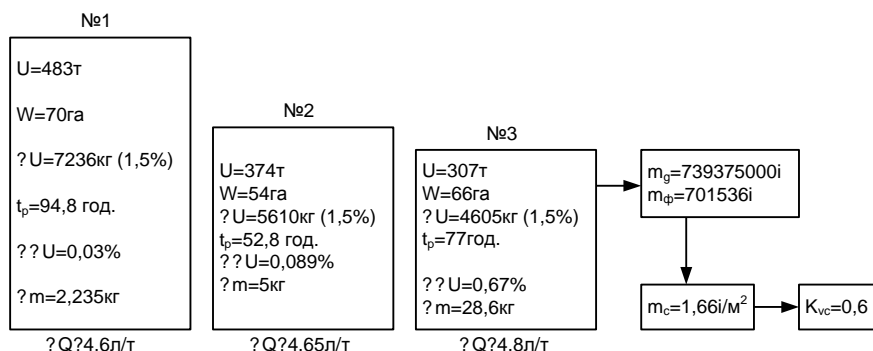


Рис. 8. Основні експлуатаційні показники збирання урожаю зернової групи під час жнив зернозбиральних комбайнів ЗК № 1, № 2, № 3

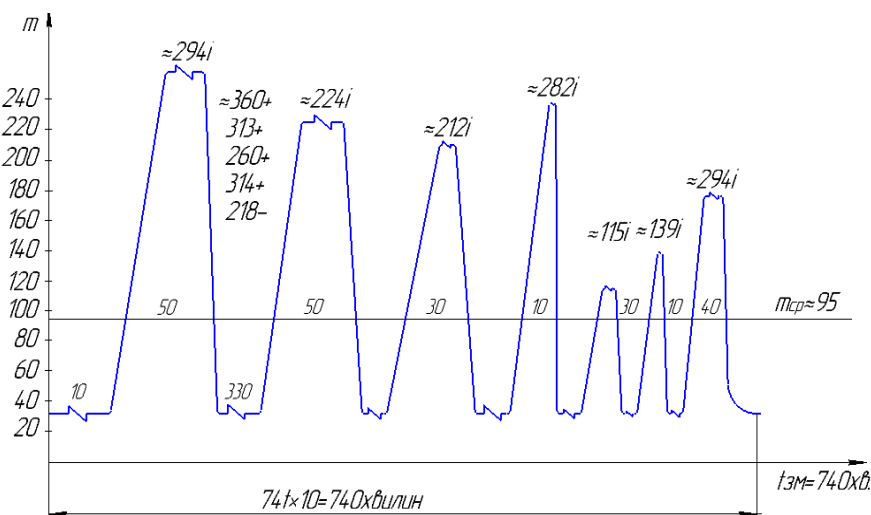


Рис. 9. Схематичне зображення зміни механічних втрат зерна упродовж терміну зміни ЗК V класу (культура – ячмінь, 6,7 т/га)

Агробіологічний фактор нерівномірності і флуктуації урожайності протягом зміни комбайнування може підсилюватися і знижуватися залежно від вологості, а також від впливу об'єктивних і суб'єктивних чинників (рельєфи полів; гравітаційної складової проходження зерна на соломотрясах і решітному стані; кліматичних умовах: вологості, сили вітру і т. п.; кваліфікації операторів при виборі швидкості руху в загінці; ширини захвату жатки, висоти зрізу; технологічних і технічних регулювань. Згідно схематичного зображення кількість інтервалів обліку з більшою кількістю втрат за середнє значення за часом становила 230 хв. Кількість інтервалів із зменшеною кількістю втрат зерна становила 510 хв.

Динамограми основних експлуатаційних показників за термін зміни підтверджують їх хвилеподібну зміну. ЗК № 3 за термін жнив відпрацював 77,13 год, намолотив – 307,31 т. Допустимі механічні втрати зерна при 1,5 % від валового збору мали бути зафіксовані електронним пристроєм на зібраній

площі при урожайності ≈ 5 т/га в кількості $m = F \cdot \Delta m = 631500 \cdot 125 = 78937500$ зернин. Фактично зареєстровано за сумарним значенням механічних втрат за дев'ять днів комбайнування $\Delta m_{\phi} = 701536$ зерен на зібраній площі $F = 63,15$ га. Числові показники сумарних механічних втрат за МСП за термін жнив 2013 р. склали $\Delta m_{cp} = 1,66$ зерен/м² (допустимі 125 зерен).

Маса зафіксованих зерен механічних втрат за термін жнив склала 28061,44 г ≈ 28 кг 61 г. Відносне значення втрат від допустимих за термін жнив становить $\Delta U_{\phi} = 0,67\%$. Очевидна різниця у відносних і числових значеннях механічних втрат зерна по ЗК (№ 1, № 2, № 3) залежить, в основному, від кваліфікації комбайнерів, технічного стану ЗК і технології збирання. ЗК № 3 працював за поточною технологією збирання соломи (в причіп). Вважаємо, що потік повітря з вентилятора силовим поривом формував хибні сигнали подрібненою соломою на п'єзодатчиках. Під час жнив було перевірено ефективність використання ЗК VI класу. Початкова робоча швидкість комбайна VI класу $V_p = 4,6$ км/год (1,3 м/с), втрати за МСП $\Delta U = 0,38\%$ (57 зерен на 1 м²), завантаження двигуна складало $\approx 54\%$ ($N_{\phi} \approx 100$ кВт), продуктивність $W_z = 3,22$ га/год, зібрано $U \approx 18,2$ т/год. У результаті послідовних підвищень робочої швидкості і контролю втрат за МСП при $V_p = 7,7$ км/год (2,14 м/с); $W_z = 5,5$ га/год; $U = 30,2$ т/год; завантаження двигуна $\approx 83\%$ (160 кВт); пропускна здатність до $g_{\phi} = 10,34$ кг/с. Продуктивність (у тоннах) підвищилась від 54 до 86 % при відносних втратах зерна до $\Delta U = 1,23\%$. За термін зміни намолочено $U_s = 187$ т, а за попередню зміну $U_{\zeta} = 139$ т. За подібною схемою було проведено визначення ефективності використання ЗК VII класу. Поступовим підвищенням робочої швидкості від $V_p = 6,282$ до 7,792 км/год в межах допустимих втрат зерна $\Delta U = 1,5\%$ вдалося збільшити продуктивність комбайна від $W_r = 4,43$ до 5,59 га/год, а намолот – від $U \approx 21,38$ до 34,85 т/год, зменшити питому витрату палива від 2,529 до 1,937 л/т ($-0,592$ л/т). Порівняльні дані ефективності використання ЗК VII класу залежно від урожайності та забур'яненості хлібостою показано на рис. 10.

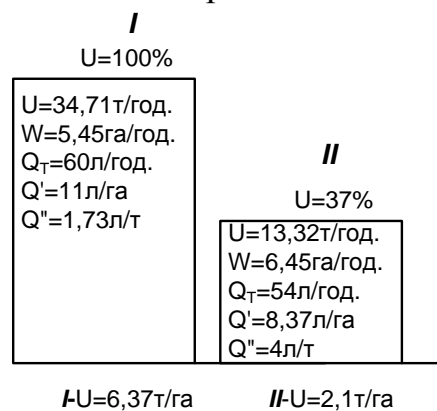


Рис. 10. Показники ефективності використання ЗК VII класу при збиранні урожаю пшениці $U = 6,37$ т/га (I), $U = 2,1$ т/га (II)

Під час збирання урожаю із забур'янених ділянок поля не тільки знижувалися показники продуктивності, а й суттєво зросли механічні втрати за

МСП до 80 зерен на ящик, або до 800 зерен на 1м^2 (до 3,5 %). Зерно із забур'яненої маси не витрушувалося і належно не продувалося на решетах. Для завантаження двигуна до 90 % розрахункова швидкість руху комбайна в загінці за урожайності 2,1 т/га мала сягати 12,4 км/год. Така робоча швидкість була недоступною з огляду на профіль поля і культуру землеробства (борозни, перевали) для запобігання пошкодженню жатки і похилої камери. Середні значення експлуатаційних показників і характеристик показано на рис. 10 і в табл. 1 по шести комбайнах VII класу. Визначено коефіцієнти кореляції між експлуатаційними показниками. Найвищий коефіцієнт кореляції між ступенем завантаження двигуна – витратою палива за середнім значенням по п'яти комбайнах лежить в межах кореляції, що дорівнює $K_{v1} = 0,93$.

Таблиця 1

**Статистичні значення експлуатаційних показників роботи
ЗК VII класу за термін зміни**

Показник	Номер ЗК						Σ/ni
	1	2	3	4	5	6	
$Q_{\text{год}}$, л/ГОД	49,57	51,72	49,68	45,12	46,46	38,15	46,78
$Q_{\text{га}}$, л/га	8,30	8,90	14,61	14,34	10,72	14,78	11,94
ΔQ , л/т	1,86	1,94	1,58	2,20	1,77	2,28	1,94
ΔU , %	14,41	28,23	21,37	13,00	33%	10,67	18,58
ΔS , м^2	30,80	43,60	32,50	33,00	43,68	24,60	34,66
$U_{3\text{т}/3,\text{м}}$	384,82	499,68	475,03	125,67	183,88	120,82	199
Δm , к-ть	35<<208	94<<146	150<230	41<<237	107<142	67<<165	82<<188
$\Delta \Delta U$, %/ м^2	0,17<1%	0,65<1%	0,65<1%	0,39<1%	0,75<1%	0,71<1%	0,5<1,0%
W_3 , га/з/м	46,13	83,41	51,44	37,86	36,26	30,11	31,69
$W_{\text{год}}$, га/ГОД	3,21	4,58	3,40	3,45	4,59	2,58	3,64
$U_{\text{га}}$, т/га	8,30	5,81	9,26	5,93	5,71	6,62	6,93
T_z , ГОД.	14,44	18,75	15,09	5,35	7,90	7,09	7,62

Коефіцієнт кореляції між ступенем завантаження двигуна – швидкістю руху в загінці за середнім значенням по п'яти комбайнах становить $K_{v2} = 0,56$. Кореляція за показниками втрати зерна за МСП – продуктивністю складає $K_{v3} = 0,47$. Кореляція між ступенем завантаження двигуна – продуктивністю дорівнює $K_{v4} \approx 0,48$. Найнижчі значення коефіцієнтів кореляції за середнім значенням: продуктивність – швидкість руху $K_{v5} = 0,19$; втрати на відділення – швидкість руху $K_{v6} = 0,19$ (рис. 11).

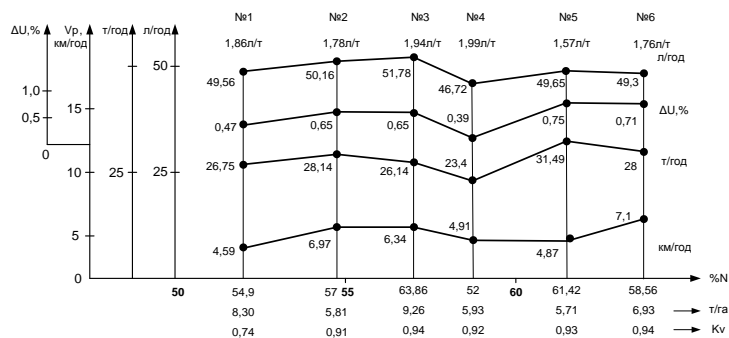


Рис. 11. Статистичні показники ефективності використання ЗК VII класу (№ – номери ЗК)

Середні значення відносних втрат за МСП змінюються від 13,01 до 33 %, швидкість руху ЗК – від 4,59 до 7,1 км/год. Ступінь завантаження двигуна (%N) – від 54,9 до 63,86%. Низькі значення відносних втрат зерна за МСП і ступінь завантаження двигуна ЗК № 4 можна пояснити невірною наладкою чутливості приладу на імовірну середню урожайність по площі поля, а низьке завантаження двигуна – соломистістю зібраного хлібостою в межах $\delta_c = 0,6...0,8$, тобто висотою зрізу хлібостою. Продуктивність за годину по номерах комбайнів змінювалася від 23,4 до 31,49 т, тобто в межах 7 т/год (25,4 %). Витрата палива (в л/год) змінювалася від 46,72 до 51,72, тобто на 5 л/год. (≈ 10 %). Аналізом ефективності використання ЗК через статистичні значення показників (див. рис. 11, табл. 1) виявлено, що середнє завантаження двигуна по шести комбайнах становить 58,68 %, намотот зерна на 1 комбайн за зміну – 199 т, тривалість чистої роботи – 7,62 год, намотот за годину чистої роботи – 26,16 т, питомі відносні втрати за середнім значенням по шести комбайнах – 0,5 % на 1 м² при допустимих 1,5 %. Завантаження двигуна (за середнім значенням 59 %) дорівнює 159 кВт (з $N_e = 265$ кВт). Невикористаної потужності залишається 106 кВт. При підвищенні завантаження двигуна до 80 % ефективного значення питомі витрати палива можна зменшити від 2 до 1,5 л/т і від 12 до 10 л/га.

У п'ятому розділі «Техніко-економічна оцінка ефективності досліджень» показано, що аналітичні дослідження і виробничі випробування дозволяють сформулювати напрям підвищення ефективності використання ЗК. Залежність продуктивності ЗК від завантаження молотарки показано на рис. 12.

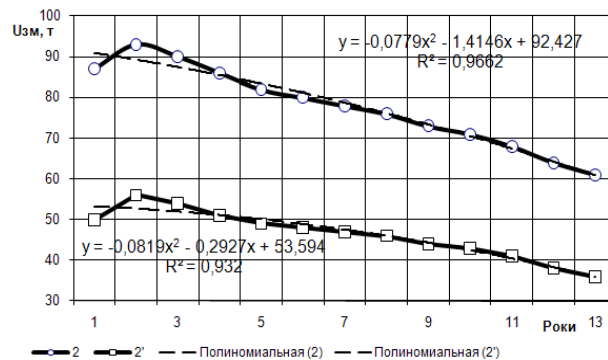


Рис. 12. Імовірність зміни сезонної продуктивності залежно від завантаження МСП і зміни технічного стану молотарки при $q_i = 7,5$ кг/с і $q_i = 4,5$ кг/с

При урожайності $U = 4$ т/га і завантаженні молотарки $q_\phi = 7,5$ кг/с продуктивність складає 8,35 т/год, а при завантаженні $q_\phi = 4,5$ кг/с знижується до 5 т/год. Виробничі випробування приладу ПРВ на ЗК показали, що механічні втрати зерна за МСП комбайнів V класу дорівнюють $\Delta U = 0,010...0,068$ % від допустимих 1,5 %. При показаних втратах середня продуктивність $\approx 6-7$ т/год. при тах завантаженні двигуна $N_\phi \approx 55$ %, $q_n \approx 4,4...5,2$ кг/с.

Енергетичний аналіз показує, що із ефективною потужністю двигуна ЗК V класу $N_e = 162$ кВтна обмолот використовується $N_o \approx 89$ кВт.

На кілограм обмолоченого зерна витрачається $\Delta N_o = 44$ кВт·с/кг. Із них на рух комбайна в загінці $\approx 30\%$, тобто $\Delta N_p \approx 13$ кВт·с/кг. Питомі витрати палива при низькому завантаженні двигунів складають від $\Delta Q = 4,2$ до $4,6$ л/т, $\Delta Q = 24 - 26$ л/га.

Низьке завантаження двигунів є причиною питомої перевитрати палива на 1 тонну і 1 гектар. При максимальному завантаженні двигунів у загінці невикористаної потужності залишається до 70 кВт. При раніше показаній залишковій потужності і питомій витраті потужності на обмолот хлібної маси $1 \text{ кг/с} \approx 22 \text{ кВт}$ є реальна можливість підвищити продуктивність за годину з $6,0 \dots 7,0$ до $9 \dots 11$ т/год при підвищенні пропускної здатності від $4,5$ до $7,5$ кг/с на $\approx 40\%$, що дозволить зменшити питому витрату палива на тонну на $1,0 \dots 1,5$ л. Імовірність зміни продуктивності залежно від технічного стану і завантаження описується поліномом другого степеня (див. рис. 12). Порівняння відносних значень допустимих ($1,5\%$) і фактичних втрат за МСП ЗК ($\approx 0,01 \dots 0,74\%$) V класу з біологічними втратами від осипання показує, що останні для різних культур в $12-20$ разів більші за допустимі і більше ніж у 200 разів вищі за фактичні. При фіксованому обсязі робіт на комбайн в обсязі 263 га при $U_c = 6$ т/га, завантаженні $q_\phi = 4,5$ кг/с поза терміном жнив залишиться незібраними 634 т і загальна тривалість жнив досягне ≈ 32 дні. Імовірні втрати урожаю від осипання можуть сягнути до 20% (126 т). Оціночні експлуатаційні показники використання зернозбиральних комбайнів ЗК VII класу дозволяють визначити техніко-економічні напрями підвищення їх продуктивності. Перевитрата палива на збирання незібраного урожаю $634 - 126 \approx 500$ т при питомих витратах палива $\approx 2,5$ л/т складе $\approx 1000 - 1250$ л. Із аналізу експлуатаційних показників використання ЗК VII класу встановлено, що невикористана потужність двигунів (≈ 100 кВт) дозволяє реально підвищити продуктивність від середнього значення $U_r = 24,41$ т/га, $V_p \approx 5,84$ км/год, $\%N \approx 60\%$ при втратах зерна за МСП $\Delta U \approx 0,63\%$ при коефіцієнті варіації втрат зерна $K_v = 0,55$ тін на $20-30\%$. Це дозволить підвищити завантаження двигуна до $75-80\%$, продуктивність за годину до $32-34$ т/год при робочій швидкості $7,59-8,2$ км/год., при врожайності $5,8$ т/га. Із ефективної потужності двигуна 265 кВт – 159 кВт припадає на обмолот. Питома витрата потужності на обмолот 1 т зерна складає $20-22$ кВт·с/кг, з них на рух комбайна – $6,6$ кВт·с/кг. Втрати зерна при підвищенні завантаження двигуна до 80% можуть збільшитися до $0,95 \text{ \%}/\text{м}^2$ при допустимих втратах $1,5 \text{ \%}/\text{м}^2$, що дозволить зменшити питому витрату палива на обмолот 1 т зерна на $0,4-0,5$ л (табл. 2).

Показники ефективності використання ЗК V і VII класів наочно характеризують різницю питомих показників витрати палива на обмолот 1 т чистого зерна: $4,3$ л/т – V клас і $2,0$ л/т – VII клас і, відповідно, на площу: $22-26$ л/га (V клас) і 12 л/га (VII клас). Продуктивність ЗК V класу по обмолоту чистого зерна складає ≈ 2 кг/с, по обмолоту хлібної маси $\approx 4,0-4,2$ кг/с із затратами потужності ≈ 44 кВт·с/кг, на обмолот чистого зерна і $20-22$ кВт·с/кг соломистої маси. Для VII класу відповідно – продуктивності по обмолоту

чистого зерна $\approx 6,66$ кг/с, хлібної маси із затратами потужності ≈ 22 кВт·с/кг, соломистої маси ≈ 13 кг/с, із енергозатратами ≈ 12 кВт·с/кг.

Таблиця 2

Порівняльні показники ефективності використання ЗК V і VII класів

Показник	U , т/год	W , га/год	ΔQ , л/т	ΔQ , л/га	ΔN %, кВт	Δq , кг/с зерна	Δq , кг/с маси	ΔN , кВт·с/кг зерна	ΔN , кВт·с/кг маси
V класу 163 кВт	7	≈ 1	$\approx 4,3$	22–26	max 55% 89	≈ 2	$\approx 4,0$ – $4,2$	≈ 44	20–22
VII класу 265 кВт	24	$\approx 3,62$	≈ 2	12	max 58% 159	$\approx 6,66$	≈ 13	≈ 22	≈ 12

Досліджено залежність продуктивності ЗК через показник пропускної здатності від механічних втрат зерна за МСП: виявлено, що потужність двигунів комбайнів V класу на обмолоті використовується $N_{\phi} = 89$ з $N_e = 163$ кВт, що призводить до перевитрати палива. Залишкова потужність ЗК реально дозволяє підвищити продуктивність за 1 год від 5–7 до 9–10 т, а за термін жнив – до 250–350 т у межах втрат $< 1,5$ %; зменшити питому витрату палива на 1 т на 1,0–1,5 л; знизити втрати від осипання за термін жнив до 10–15 % від намолоту. У ЗК VII класу на обмолот використовується 159 кВт з 265 кВт при середньому намолоті за 1 год ≈ 24 т, при втратах за МСП 0,68 %, витраті палива $\approx 2,0$ л/т. Залишкова потужність дозволяє підвищити використання потужності до 78–80 %, продуктивність за 1 год – до 3234 т, робочу швидкість – до 7,6–8,2 км/год у межах втрат 0,88–0,95 %/м²; зменшити питому витрату палива на $\approx 0,5$ л/т.

ВИСНОВКИ

Робота присвячена вирішенню актуального інженерного завдання – підвищенню техніко-технологічної ефективності використання зернозбиральних комбайнів.

1. Проведений аналіз літературних джерел показав, що більшість робіт присвячених дослідженню впливу технічних і технологічних рішень щодо ефективності використання ЗК не дав відповіді на вплив продуктивності ЗК від їх технічних і технологічних параметрів, закладених у конструкцію ЗК, характеристик хлібостою, а також механічних втрат зерна за МСП.

2. Визначено вплив зниження потужності двигунів при зношуванні і розрегульованості ЗК на їх продуктивність. Теоретично доведено, що при зниженні ефективної потужності двигуна на 14 % робоча швидкість ЗК в загілці зменшується на 16 % за лінійною залежністю. Враховуючи те, що можливість вибору оптимальної робочої швидкості в загілці зменшується, то знижується і продуктивність ЗК. Доведено необхідність постійного моніторингу стану двигуна ЗК і превентивної оцінки його стану на необхідність технічного обслуговування, або ремонту двигуна ЗК, або врахувати це при прогнозуванні термінів жнив.

3. Методом інтегральної оцінки визначено значення експлуатаційного показника пропускної здатності МСП, при якій розрахункова продуктивність

ЗК при заданій потужності двигуна і пропускній здатності МСП рівнозначні. Визначено раціональний показник пропускної здатності ЗК. Доведено, що пропускна здатність МСП не є сталою величиною. Із загальним зниженням потужності двигуна до 17 %, ККД гідросистем, пасових і ланцюгових передач, механічних систем і механізмів до 10 % пропускна здатність МСП зменшується на 28 %.

4. Теоретично обґрунтовано, що нерівномірність (до $\pm 35\%$) і флуктуація ($\pm 10\%$) урожайності по площі поля впливають на пропускну здатність МСП. Зміна величини пропускної здатності МСП приводить до зміни значень зернових втрат за МСП. Встановлено, що для збільшення пропускної здатності ЗК за умови підвищення завантаження МСП механічні втрати зерна зростають за S-подібною залежністю. Вказане слугує однією з причин строкатості і варіації значень втрат за інтервалами обліку.

5. Визначено, що відносні значення втрат зерна за соломотрясом становлять 17,17 % від загальних втрат зерна, а за решітним станом – 82,83 %. Механічні втрати зерна при обмолоті складають 0,6 % при допустимих 1,5 %. Квадратичне відхилення середніх сумарних значень втрат зерна змінюється від $\delta = 284$ до $\delta = 1540$ з коефіцієнтом варіації K_v від 0,37 до 0,88 (середнє $K_{vc} = 0,61$).

6. Проведені виробничі дослідження показали, що в реальних умовах експлуатації завантаження двигуна і МСП становить $\approx 55\%$ від номінальних значень. При цьому за ЗК з продуктивністю 6,5–7 т/год реєструються фактичні втрати зерна 0,01...0,068 % при допустимих 1,5 %, а питомі витрати палива становлять 4,6 л/т, або 26 л/га.

7. Доведено, що при обрахуванні втрат зерна за МСП необхідно показувати не фіксоване значення, а середнє з імовірним коефіцієнтом варіації в межах 0,3–0,8. При енергетичній оцінці ефективності роботи ЗК потрібно враховувати два показники: пропускну здатність у чистому зерні і солонистій масі (кг/с), що дозволяє порівнювати енерговитрати (кВт·с/кг) на обмолот чистого зерна і проходження солонистої маси через молотарку.

8. В результаті експериментальних досліджень доведено, що найвищі показники за кількістю втрат зерна за МСП за 1 год зміни наступні: за соломотрясом $ms_i = 64,83$; за решітним станом $mr_i = 76,87$ зерен; у сумі $ms_i + mr_i = 141,7$. За термін зміни тривалістю $t_s = 3,82$ год ≈ 541 зерен $= 21$ г $\approx 0,021$ кг, найменші втрати за 1 год – $ms_i = 5,36$ зерен; $mr_i = 11,73$ зерен, у сумі $ms_i + mr_i = 5,36 + 11,73 = 17,09$ зерен. За зміну тривалістю $t_s = 7,33$ год втрати склали 125,26 зерен масою 5 г $\approx 0,005$ кг.

9. Експлуатаційні показники використання ЗК V і VII класів наочно характеризують різницю у продуктивності за годину – 7 і 26,6 т/год відповідно. Питомі витрати палива – 4,6 і 2 л/т; завантаження двигуна – max 55 і 58 %; пропускна здатність по чистому зерну – 2 і 6,7 кг/с, по масі хлібостою – 4,6 і 13 кг/с; питома потужність на обмолот зерна – 44 і 22 кВт·с/кг, на масу хлібостою – 22 і 12 кВт·с/кг; втрати зерна – 0,067 і 0,68 %.

10. Оцінка техніко-економічної ефективності проведених досліджень показала, що їх впровадження дозволять підвищити завантаження двигуна наявних ЗК на 20–25 %. Вказане дає можливість додатково зібрати 2–5 т/год, зменшити втрати зерна від осипання на 10 % і питому витрату палива на 0,5 л/т. При цьому максимальне значення втрат зерна не перевищуватиме нормативний показник.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Войтюк В. Д. Визначення впливу використання зернозбиральних комбайнів ДОН-1500 на їх експлуатаційні показники / В. Д. Войтюк, А. А. Демко, **О. А. Демко** // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2009. – Вип. 134. – Ч. 2. – С. 131–138. *(Здобувачем встановлено, що наробіток за термін жнив із збільшенням терміну експлуатації описується розподілом Вейбула).*

2. Демко О. А. Вплив кваліфікації операторів на ефективність використання машин / О. А. Демко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2009. – Вип. 134. – Ч. 2. – С. 159–169.

3. Демко О. А. Аналіз чинників, що визначають технічний стан комбайнів / **О. А. Демко**, А. А. Демко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 2. – С. 81–91. *(Здобувачем проведено аналіз чинників і статистичну обробку зібраних матеріалів).*

4. Демидко М. О. Обґрунтування оптимального терміну експлуатації зернозбиральних комбайнів (на прикладі комбайнів ДОН-1500) / [М. О. Демидко, А. А. Демко, О. В. Надточій, **О. А. Демко**] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 3. – С. 299–306. *(Здобувачем розраховано оптимальний термін експлуатації для зернозбирального комбайна).*

5. Дубровін В. О. Техніко-економічне обґрунтування прогнозованої роботи здатності зернозбиральних комбайнів із врахуванням терміну експлуатації / В. О. Дубровін, **О. А. Демко** // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 4. – С. 29–39. *(Здобувачем запропоновано модель техніко-економічного обґрунтування роботоздатності ЗК із врахуванням терміну експлуатації).*

6. Аніскевич Л. В. До проблем ефективності використання сучасних зернозбиральних комбайнів / [Л. В. Аніскевич, В. Д. Войтюк, А. А. Демко, О. В. Надточій, **О. А. Демко**] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 4. – С. 73–81. *(Здобувачем визначено ефективність використання сучасних ЗК в залежності від завантаження двигуна).*

7. Войтюк Д. Г. Моніторинг комбайнового ринку України / [Д. Г. Войтюк, О. В. Надточій, В. Д. Войтюк, А. А. Демко, **О. А. Демко**] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 5. – С. 197–207. *(Здобувачем показаний розрахунок найбільш оптимального комбайна).*

8. Дубровін В. О. Метод визначення технічного рівня сучасних зернозбиральних комбайнів з урахуванням експлуатаційних і конструктивних характеристик / [В. О. Дубровін, А. А. Демко, О. В. Надточій, **О. А. Демко**] // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 11 (26). – С. 32–36. *(Здобувачем запропоновано оцінку технічного рівня ЗК через вартість потужності двигуна і маси комбайна).*

9. Дубровін В. О. Техніко-економічна оцінка рівня сучасних зернозбиральних комбайнів / [В. О. Дубровін, А. А. Демко, О. В. Надточій, **О. А. Демко**] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170. – Ч. 1. – С. 51–60. *(Здобувачем запропоновано модель розрахунку пропускної здатності зернозбирального комбайна).*

10. Демко О. А. Визначення числових значень механічних втрат за молотаркою зернозбиральних комбайнів / [**О. А. Демко**, А. А. Демко, А. А. Руденський, В. Е. Лукін, В. М. Решетюк] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170. – Ч. 2. – С. 169–178. *(Здобувачем визначено значення механічних втрат зерна за молотаркою).*

11. Демко О. А. Вплив нерівномірності урожайності по полю на продуктивність зернозбиральних комбайнів / **О. А. Демко**, А. А. Демко, О. В. Надточій // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2013. – Вип. 97. – Т. 2. – С. 450–456. *(Здобувачем визначена залежність для описання нерівномірності урожайності по площі поля використано визначення випадкових функцій).*

12. Демко О. А. Дослідження залежності продуктивності ЗК від механічних втрат зерна за молотильно-сепаруючим пристроєм (МСП) комбайнів / **О. А. Демко**, О. В. Надточій, Р. Я. Якимів // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки та технологій для сільського господарства України. – 2014. – Вип. 18 (32). – Кн. 1. – С. 165–177. *(Здобувачем розроблена аналітична модель залежності продуктивності ЗК від механічних втрат зерна за МСП).*

**Статті у науковому фаховому виданні України,
включеному до міжнародних наукометричних баз даних:**

13. Демко О. А. Методика розрахунку ймовірних втрат зерна за МСП комбайнів ДОН-1500Б / О. А. Демко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2014. – Вип. 196. – Ч. 1. – С. 80–86.

14. Дубровін В. О. Вплив механічних втрат зерна за молотильно-сепаруючим пристроєм комбайнів на їх продуктивність / [Дубровін В. О.,

О. А. Демко, А. А. Демко, О. В. Надточій, Р. Я. Якимів] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2014. – Вип. 196. – Ч. 2. – С. 80–86. *(Здобувачем графічні залежності зміни поверхні механічних втрат від ступеня завантаження молотарки).*

Статті у наукових виданнях іншої держави:

15. Демко Александр. Производительность зерноуборочных комбайнов в зависимости от агробиологического состояния хлебной массы / **Александр Демко**, Александр Надточий // Motrol. Commission of motorization and Energetics in Agriculture. – 2014. – Vol. 16. – № 3. – P. 236–243. *(Здобувачем визначено залежність пропускної здатності МСП від нерівномірності і флуктуації урожайності).*

16. Войтюк В. Д. Вплив техніко-технологічних факторів на ефективність використання зернозбиральних комбайнів / В. Д. Войтюк, С. С. Карабинеш, **О. А. Демко** // Scientific Journal Innovative Solutions in Modern Science. – 2016. Vol. 5. – P. 16–26. *(Здобувачем розроблені заходи підвищення ефективності використання зернозбиральних комбайнів в межах трат зерна за молотильно-сепаруючим пристроєм).*

Патент на корисну модель

17. Патент на корисну модель 70102, Україна, А01D 41/12. Пристрій для роздільного вимірювання втрат зерна / Демко А. А., **Демко О. А.**, Дубровін В. О., Лендел Т. І., Лукін В. Е., Решетюк В. М., Руденський А. А.; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201113793; заявлено 23.11.2011; опубліковано 25.05.2012, Бюл. № 10. *(Здобувачем здійснено патентний пошук і сформовано формулу винаходу, взято участь у розробленні та випробовуванні пристрою).*

Тези наукових доповідей:

18. Демко О. А. Аналіз ефективного використання зернозбиральних комбайнів / О. А. Демко // Сучасні проблеми землеробської механіки: XVI Міжнародна наукова конференція, присвячена 115-й річниці від дня народження академіка П. М. Василенка, м. Київ, 17 – 19 жовтня 2015 року: тези доповіді. – К., 2015. – С. 18.

19. Демко А. А. Динамическая модель расчета пропускной способности молотильно сепарирующего устройства зерноуборочных комбайнов / **А. А. Демко**, А. В. Надточий, А. А. Демко // Техника будущего: перспективы развития сельскохозяйственной техники: Международная научно-практическая конференция. – Краснодар, 2013. – С. 30–34. *(Здобувачем запропоновано інтегральний метод розрахунку пропускної здатності з урахуванням потужності двигуна).*

20. Демко О. А. Вплив параметричної надійності на ефективність використання зернозбирального комбайна / О. А. Демко // Технічне забезпечення виробництва органічної продукції та біопалива в АПК: XXVIII Міжнародна агропромислова виставка «АГРО-2016», м. Київ,

08–11 червня 2016 року: тези доповіді. – К., 2016. – С. 192–194. (*Здобувач запропонував метод розрахунку ефективної потужності, використаної та не використаної потужності двигуна*).

АНОТАЦІЯ

Демко О. А. Обґрунтування техніко-технологічної ефективності використання зернозбиральних комбайнів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2016.

Дисертація присвячена питанням підвищення продуктивності ЗК за рахунок ефективного використання технічних і технологічних факторів із контролем механічних втрат зерна за молотильно-сепаруючим пристроєм.

Аналіз опублікованих робіт дозволив виявити, що поза аналізом науковців залишилися дослідження ефективності використання технічних характеристик закладених в конструкції ЗК, зокрема завантаження двигуна, пропускної здатності МСП та енергетичних показників: питомої витрати потужності на обмолот, витрати палива на одну тону і один га, механічних втрат зерна за комбайном. Теоретичні дослідження дозволили виявити вплив технічних і технологічних факторів, (строкатості урожайності, агробіологічного стану хлібної маси) на пропускну здатність і, відповідно, на продуктивність і, та на їх похідну – втрат зерна на МСП ЗК.

Аналітично визначено залежність швидкості руху комбайна в загінці від завантаження і потужність двигуна. Розроблено інтегральний метод визначення пропускної здатності МСП, досліджено вплив нерівномірності і флуктуації урожайності по площі поля на пропускну здатність МСП і зміну крутного моменту на валу барабана. Залежність продуктивності ЗК через пропускну здатність від відносних значень механічних втрат за МСП ЗК. Вперше досліджено роль і значимість механічних втрат зерна за МСП при визначенні ефективності використання ЗК. Визначено, що числові значення механічних втрат по змінах змінюються залежно від агробіологічних характеристик хлібостою. Середні значення числових втрат характеризується коефіцієнтом варіації в межах $K_v = 0,3 - 0,8$ і максимальні викиди верхніх значень попадають в червону зону приладу та автоматичний звуковий сигнал втрат і слугує сигналом для зменшення робочої швидкості в загінці.

Виявлено, що підвищення продуктивності ЗК можливе за рахунок підвищення ефективного використання пропускної здатності МСП і підвищення завантаження двигуна на 20–30 % і тим самим зменшення питомої витрати палива на тону і гектар в межах допустимих втрат зерна.

Ключові слова: ЗК, продуктивність, ефективність, конструктивні характеристики, технічні фактори, технологічні фактори, завантаження, двигун, пропускну здатність, втрати зерна, витрата палива.

АННОТАЦИЯ

Демко А. А. Повышение технико-технологической эффективности использования зерноуборочных комбайнов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. – Киев, 2016.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности ЗК через определение зависимости производительности от использования конструктивных характеристик использования мощности, пропускной способности МСП с контролем механических потерь зерна за МСП ЗК. Анализ опубликованных работ, в которых рассматривается влияние классического набора факторов и причин на эффективность использования ЗК, позволил определить, что зависимость их производительности от технических и технологических характеристик и механических потерь зерна за МСП ЗК не исследовалась.

Теоретические исследования позволили определить влияние показателей физической и параметрической надежности, пестроты урожайности, агробиологического состояния хлебостоя на пропускную способность МСП и, соответственно, на производительность.

С помощью запатентованного электронного приспособления учета и реестрации потерь зерна (ПРВ) на протяжении срока уборки (до 300 час) были определены потери за соломотрясом и решетками, сумарные. Наблюдаются большие разбросы потерь по интервалах фиксации (10 мин) как за соломотрясом, так и за решетками. При засоренности хлебостоя до 5 % потери за решетками в 2–3 раза выше, чем за соломотрясом, потому что через решетный стан проходит 100 % зерна, а за соломотрясом до 17 %. Большие разбросы потерь объясняются неравномерностью загрузки молотилки через ширину захвата, скорость, массу и высоту хлебостоя, макро- и микронеровности хлебостоя на гравитационную составляющую прохождения зерна по решеткам, соломотрясам. Засоренность хлебостоя до 40 % влияет на потери зерна – они возрастают в 2–3 раза. Загрузка двигателей и МСП составляет max 55 % при производительности до 7 т/ч, удельных затратах топлива до 4,6 и 26 л/га. Полевые исследования ЗК VII класса показали, что условиях рядовой эксплуатации, загрузка двигателей составляет max 60% при производительности 17 и 24 т/год. Относительные потери за средним значением составляют $\approx 0,5$ % на 1 м².

Доказано, что причиной низкой производительности ЗК мировых производителей служит субъективное понимание показаний датчиков потерь и сложность настройки чувствительности датчиков в загоне на вероятностную оценку урожайности на площади поля. Резкие вероятностные выбросы потерь в процессе уборки за границы допустимых служат ложным сигналом для уменьшения рабочей скорости. Существующие датчики не фиксируют средние значения потерь и их коэффициент вариации, что служит ограничением производительности min на значения вариации до 30 %.

Доказана целесообразность замены датчиков относительных потерь на их числовой учет со значением вариации, что позволит повысить

производительность за час min на 30 % в тоннах, га и сократит энергетические затраты топлива от min 0,5 до 2 л/га.

Ключевые слова: ЗК, производительность, эффективность, конструкционные характеристики, технические и технологические факторы, загрузка, двигатель, пропускная способность, потеря зерна, затраты топлива.

ANNOTATION

Demko O. A. Improving of combine harvesters technical and technological efficiency. – The Manuscript.

Thesis on competition the scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.05.11 – Machines and Means of Mechanization of Agricultural Production. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. – Kyiv, 2016.

The thesis is dedicated to improving combine harvesters productivity by means of efficient utilization of technical and technology factors with control of grain losses behind threshing and separation unit.

Published papers analysis revealed that scientists left out of sight research of efficient utilization of technical features inhered in the combine harvesters design, including engine load, threshing through output capacity and energy performance factors: specific threshing power consumption, fuel consumption per one tone of grain and one hectare harvested, mechanical grain losses behind the combine harvester. Theoretical research allowed to determine influence of technical and technological factors (uneven yield spread, agronomy condition of cereals plants) on threshing throughout and, respectively, on performance and its derivative – grain losses behind threshing and separation.

Dependence of combine harvester working speed and threshing load and engine load was analytically determined. Integral method for defining threshing throughout was developed, influence of yield fluctuations across the field area on threshing throughout and engine torque change was researched as well as dependence of specific mechanical grain losses behind threshing and separation from combine harvester output. For the first time role and importance of mechanical grain losses behind threshing and separation when determining combine harvester efficiency. Established that numerical mechanical losses values change depending of agronomic characteristics of grain mass. Medium numerical mechanical losses values can be described by variation coefficient within $K_v=0.3-0.8$ and when maximum values are reached working speed must be reduced.

Established that combine harvester efficiency improvement staying within permitted grain losses parameters is possible by increasing threshing throughout and increasing engine load by 20–30 %, at the same time reducing specific fuel consumption per harvested tone and hectare.

Key words: combine harvester, output, efficiency, design characteristics, technical factors, technological factors, load, engine, throughout, grain losses, fuel consumption.

Підписано до друку 02.11.2016 р. Формат 60×80/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Обсяг 0,9 ум. друк. арк. Наклад. 100 прим. Зам. № 8792.

Відруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України, 2016
03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15,
тел.: (044) 527-81-55