

Розділ 3

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ЕФЕКТИВНЕ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ

УДК 004:631.1:631.55

ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ У РІЗНИХ ПРИРОДНО-ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

Віктор Днесь, к. т. н., Ростислав Кудриницький, к. т. н.,

Володимир Скібчик, к. т. н.

Національний науковий центр

*«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»,
вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха, Васильківський р-н, Київська обл., Україна,
e-mail: vik31@ua.fm, rostkud@gmail.com, scibczyk05@gmail.com*

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2018.01.099>

Постановка проблеми. У сільськогосподарському виробництві традиційно зерно є одним із найважливіших джерел прибутку сільськогосподарських підприємств. У переробній і харчовій промисловості зерно складає значну частку сировини, що, своєю чергою, стимулює взаємозв'язок міжгалузевих виробничо-економічних стосунків в агропромисловому комплексі.

Реформи, що відбуваються в сільському господарстві України, змінюють усталену систему виробництва зерна, яка сьогодні репрезентується як супервеликими (з обсягами ріллі в десятки тисяч гектарів), так і малими (обсяги ріллі яких не перевищують 50 га) сільськогосподарськими підприємствами (СПП). Парк зернозбиральних комбайнів більшості СПП зношений та недостатній для своєчасного збирання ранніх зернових культур в оптимальні агротехнічні терміни. Через це щорічні втрати вирощеного врожаю цих культур в Україні сягають 12...15 % [27].

Безсистемне комплектування машинно-тракторного парку аграрних підприємств без урахування основних чинників впливу на ефективність використання техніки призводить до збільшення затрат на виробництво продукції.

Крім того, на ефективність виконання технологічних процесів значною мірою впливають невизначеність та ризики, які мають місце в аграрному виробництві, зокрема агрометеорологічні умови, час настання й закінчення оптимальних термінів виконання робіт, втрати продукції через несвоєчасність виконання робіт і зниження через це ефективності виробництва тощо. Врахування невизначеностей та ризиків, які

мають місце у виробничих процесах АПК, дозволить оптимізувати затрати аграрних формувань на комплектування машинно-тракторного парку з відповідними їх потребам показниками призначення, а також удосконалити управління функціонуванням. За рахунок цього підвищиться ефективність виробництва та конкурентоспроможність продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Науково-методичні основи обґрунтування параметрів технічного забезпечення процесу збирання врожаю зернових культур розроблені в працях відомих вчених: Ю. К. Киртбая, М. С. Рунчева, Ф. С. Завалішина, Е. В. Жолніна, К. С. Орманджі, А. Т. Табашникова та ін. [10 – 12; 17; 20; 23].

Пошук раціональних рішень при комплектуванні та використанні парку зернозбиральних комбайнів сільськогосподарських підприємств є одним із найскладніших завдань, оскільки під час його вирішення необхідно враховувати велику кількість чинників, переважна частка яких має ймовірнісний характер і є некерованими. Ефективні технічні засоби, на базі яких доцільно комплектувати машинно-тракторний парк господарства, визначають на основі техніко-економічних розрахунків [1 – 3; 5; 7 – 9; 14 – 16; 18; 19; 21; 24].

Сучасні тенденції розвитку технологій передбачають виконання технологічних операцій у чітко визначені агротехнікою терміни, що забезпечує створення сприятливих умов для росту й розвитку рослин і формування врожаю. Це особливо актуально для весняно-польових робіт і

робіт зі збирання, адже кожен день відхилення від оптимальних термінів збільшує недобір урожаю [11; 12; 25].

Оскільки адекватно описати складні технологічні процеси збирання зернових культур детермінованими моделями [10; 17; 20; 23] практично неможливо, дослідники широко використовують методи імітаційного моделювання [6; 13; 22; 26].

Таким чином, у праці [6] описана розроблена методика обґрунтування оптимального парку комбайнів сільськогосподарського підприємства та оперативного управління його роботою. Іншим автором [26] створена імітаційна модель, що дає змогу визначити сезонну програму зернозбирального комбайна за централізованого його використання, а також дослідником [13] обґрунтовано дату й термін залучення технологічного обслуговування для господарств із заданою сезонною програмою.

Основним недоліком існуючих методів обґрунтування параметрів технічного забезпечення підпрограми збирання ранніх зернових культур є те, що вони не враховують впливу транспортної підсистеми на ефективність виконання збиральних робіт та ймовірнісний характер дозрівання зернових культур на окремих полях.

Постановка завдання. Метою досліджень є підвищення ефективності виконання механізованих процесів комбайнового збирання ранніх зернових культур за рахунок використання технічних засобів, що відповідають агровимогам, обсягам механізованих робіт та умовам функціонування.

Виклад основного матеріалу. Для прогнозування потрібної кількості комбайнів і транспортних засобів, які б забезпечили своєчасність виконання робіт зі збирання ранніх зернових культур, слід визначити темп виконання збирання r -м комбайном k -ї культури на γ -му полі (1) для кожного комбайна, що є в розпорядженні сільськогосподарського підприємства:

$$\omega_{rky} = f(T_{Hr}, t_{pj}, U_{ky}, \delta_{ky}, D_j, L_\gamma, i_\gamma), \quad (1)$$

де T_{Hr} – функціонально-технічні показники r -го комбайна; t_{pj} – тривалість його роботи впродовж j -ї доби; U_{ky} , δ_{ky} – відповідно урожайність та солоність k -ї культури на γ -му полі; D_j – дефіцит вологості j -ї доби; L_γ , i_γ – відповідно довжина гону та ухил γ -го поля.

Об'єктивно спрогнозувати його можна лише на основі статистичного імітаційного моделювання процесу збирання тієї чи іншої культури певним комбайном чи їх сукупністю на заданому полі.

Слід зауважити, що темп збирання значною мірою залежить від полеглості стеблостою культури на певному полі, а також від наявності перешкод (наприклад, стовпів електропередач) на ньому.

Інтенсивність перебігу процесу збирання зернових культур у часі зумовлюється багатьма чинниками: характеристиками вирощеного врожаю; характеристиками технічного забезпечення; агрометеорологічними умовами; організаційним режимом виконання робіт упродовж окремих діб. Ці чинники відображаються імітаційною моделлю, яка дає змогу врахувати всі головні події, що ними зумовлюються.

Окрім того, у моделі збирання зернових культур враховується швидкість руху комбайна по полю, яка залежить від урожайності та солонистості зерностеблової маси, а також її вологості. Водночас вологість цієї маси зумовлюється дефіцитом вологості повітря, який характеризує агрометеорологічну складову проектного середовища. На швидкість руху комбайна впливає також ухил поля.

Усі зазначені події та роботи враховуються імітаційною моделлю проекту. Зокрема, враховується ймовірна природа настання моменту досягання зерна на окремих полях, а також детермінована сутність настання втрат урожаю. Ймовірна дія агрометеорологічних умов на виконання робіт у проекті враховується розподілами часу появи роси та її тривалістю.

Час настання розвороту комбайна (2) зумовлюється такими складовими:

$$t_{роз}^H \leftarrow (V_{rky}, L_\gamma, P_{об}, P_{мс}), \quad (2)$$

де V_{rky} – швидкість руху r -го комбайна на збиранні k -ї культури на γ -му полі; $P_{об}, P_{мс}$ – відповідно події щодо вивантаження зерна з бункера комбайна та усунення технологічних відмов.

Час настання потреби вивантаження бункера (3) є також похідною подією, що зумовлюється такими складовими:

$$t_{об}^H \leftarrow (Q_r, B_r, V_{rky}, P_{роз}, P_{мс}), \quad (3)$$

де Q_r – місткість бункера, m^3 ; B_r – ширина захвату жниварки r -го комбайна; $P_{роз}$ – відповідно подія стосовно розворотів комбайна та усунення технологічних відмов.

Що стосується таких подій, як настання технологічних відмов (4), то вони в основному зумовлені неузгодженістю швидкості руху комбайна в загінці, його ширини захвату, конструкційними параметрами механізму передачі скошеної зерностеблової маси від косарки до молотильного апарата (T_{Hr}) та характеристиками цієї маси:

$$t_{me}^n \leftarrow (V_{rky}, B_r, T_{nr}, U_{ky}, K), \quad (4)$$

де K – майстерність комбайнера.

Неузгодженість параметрів технічного оснащення та характеристик виробничої програми під час збирання зернових культур призводить, з одного боку, до втрат вирощеного врожаю через недотримання термінів, а з іншого, – до збільшення експлуатаційних затрат через недовантаження технічних засобів. Зважаючи на це, визначено цільову функцію

$$C + B \rightarrow \min, \quad (5)$$

де C – експлуатаційні затрати; B – грошова оцінка втрат.

Для визначення ефективності використання зернозбиральних комбайнів у різних природно-виробничих умовах України проводили моделювання їх роботи відповідно до плану комп'ютерних експериментів Бокса-Бенкена. Кодування факторів та план експерименту наведено в табл. 1 і 2.

Початкові дані для визначення експлуатаційних затрат наведено в табл. 3. Експеримент проводили для двох природно-виробничих зон – Полісся та Лісостепу.

Аналогічним чином було визначено значення оптимальних площ для інших точок плану-матриці експерименту та отримано відповідні рівняння регресії (табл. 4).

Таблиця 1. Результати кодування факторів

Table 1. Results of factor encoding

№ з/п	Фактор і одиниця вимірювання	Позначення		Інтервал варіювання	Рівні вимірювання					
		натуральні	кодовані		натуральні			кодовані		
					верхній	нижній	нульовий	верхній	нижній	нульовий
1	Довжина гону, м	X1	x1	2900	3000	100	1550	+1	-1	0
2	Урожайність, ц/га	X2	x2	70	85	15	50	+1	-1	0
3	Соломистість	X3	x3	0,6	1,6	1,0	1,3	+1	-1	0

Таблиця 2. План-матриця експерименту (за планом Бокса-Бенкена)

Table 2. Matrix of the experiment (according to Box-Banken's plan)

Точка плану (номер досліду)	Значення кодованих факторів		
	x1	x2	x3
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Таблиця 3. Початкові дані для визначення ефективності комбайнового збирання**Table 3.** Initial data to determine the efficiency of combine harvesting

Показник	Значення
Вартість комбайна, тис. грн КЗС-9-1 «Славутич» Claas, Tucano 440	1148,4* 2050,0*
Термін експлуатації, рік	10
Вартість пального, грн/л	9,97
Заробітна плата з нарахуванням, грн/год [18]: Лісостеп Полісся	20,17 22,21
Культура	Пшениця
Вартість культури, грн/т	1600
Коефіцієнт добових втрат через несвоєчасність збирання	0,019

* Ціни вказані станом на 2013 рік.

Таблиця 4. Рівняння регресії оптимального сезонного навантаження для комбайнів КЗС-9-1 «Славутич» і Class Tucano 440 під час їх роботи в зонах Лісостепу та Полісся**Table 4.** Equation of regression of optimal seasonal load for KZS-9-1 «Slavutych» and Class Tucano 440 combines during their operation in the Forest-steppe and Polissya zones

Лісостеп	
КЗС-9-1 «Славутич»	$S_{opt} = 498.68 - 12.71U + 0.09U^2 + 94.4d + 0.04L, R^2=0.979$
Claas, Tucano 440	$S_{opt} = 506.6 - 12.58U + 0.08U^2 + 309.7d + 0.017L, R^2=0.997$
Полісся	
КЗС-9-1 «Славутич»	$S_{opt} = 1101.75 - 12.92U + 0.09U^2 + 684.72d + 0.05L, R^2=0.963$
Claas, Tucano 440	$S_{opt} = 615.61 - 12.01U + 0.08U^2 + 95.83d + 8 \cdot 10^{-4}L, R^2=0.968$

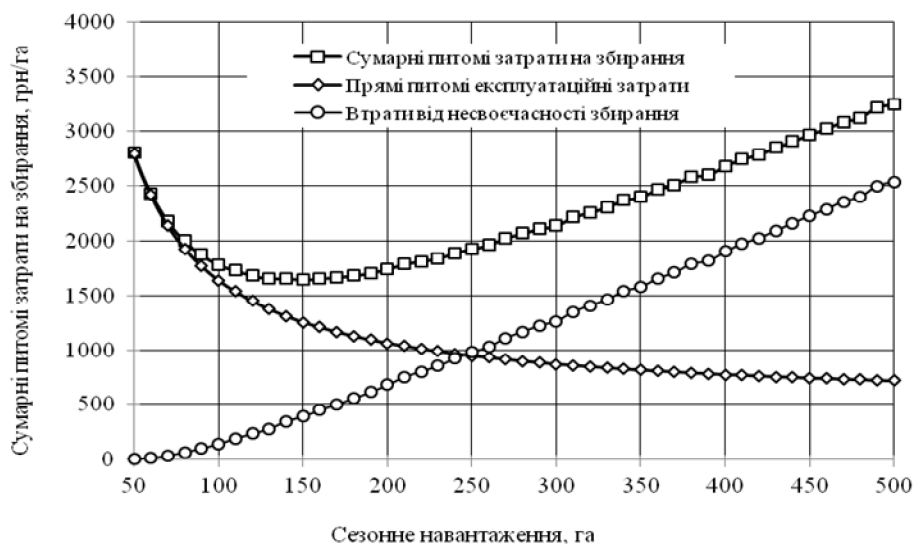


Рис. 1. Зміна питомих затрат (на 1 га площі) під час збирання пшениці комбайном КЗС-9-1 залежно від сезонного навантаження: □ – сумарні питомі затрати на збирання; ◇ – прямі експлуатаційні затрати; ○ – втрати через несвоєчасне збирання

Fig. 1. Change in unit costs (per hectare of area) during the harvesting of wheat by the KZS-9-1 combine, depending on the seasonal load: □ – total specific assembly costs; ◇ – direct operating costs; ○ – loss due to untimely collection

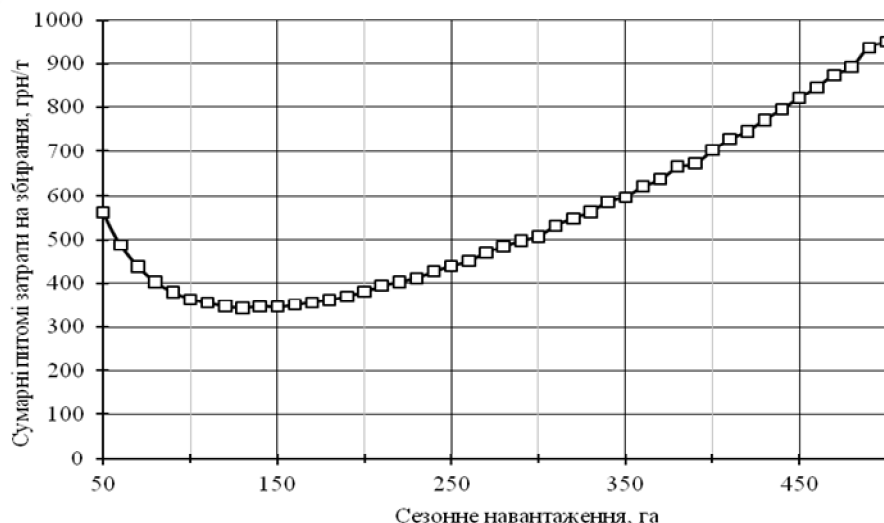


Рис. 2. Зміна питомих затрат (на 1 т зібраної продукції) під час збирання пшениці комбайном КЗС-9-1 залежно від сезонного навантаження за заданих характеристик виробничих умов (урожайність – 50 ц/га; солومистість – 1,3; довжина гону – 1550 м)

Fig. 2. Change in unit costs (per 1 ton of collected products) during the harvesting of wheat by KZS-9-1 combine, depending on the seasonal loading of such characteristics of the production conditions (yield – 50 centners per hectare; straw – 1,3; length of the race – 1550 m)

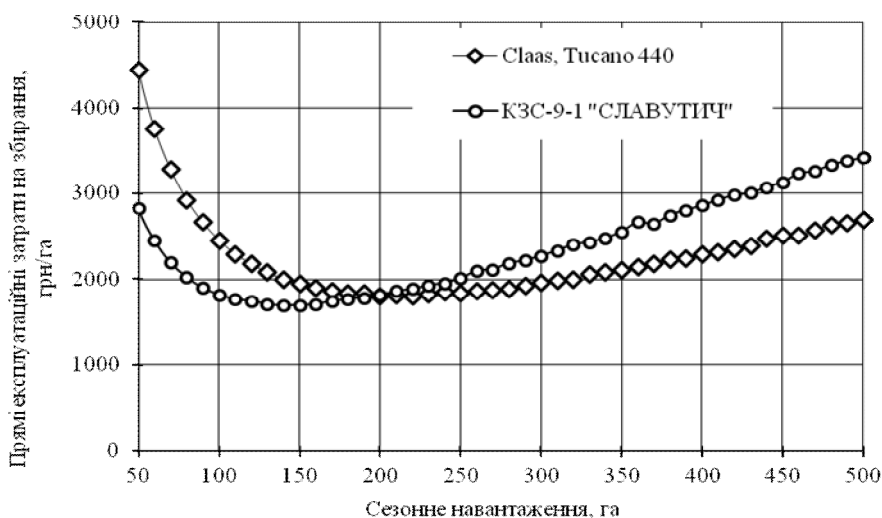


Рис. 3. Залежність прямих експлуатаційних затрат від обсягів виконання робіт під час збирання озимої пшениці

Fig. 3. Dependence of direct operating costs on volumes of work on harvesting of winter wheat

Аналіз отриманих залежностей дає змогу встановити, що найбільший вплив на розмір сезонного навантаження має врожайність культури. Також встановлено, що зі збільшенням урожайності, солومистості та зі зменшенням довжини гону сезонне навантаження знижується. Мінімальне значення питомих експлуатаційних затрат отримуємо для мінімальних значень урожайності

та солумистості й максимального значення довжини гону, за яких досягають вищої продуктивності роботи (у перерахунку на одиницю площі) та більш повного використання робочого часу. Проте під час перерахунку затрат на одиницю зібраної продукції спостерігається дещо інша картина – найменші затрати отримуємо за високої врожайності.

Окрім згаданих вище характеристик предметного середовища, на сезонне навантаження комбайна також мають вплив агрометеорологічні умови регіону, в якому розташоване господарство. Так, під час роботи в зоні Полісся сезонне навантаження для комбайна КЗС-9-1 знижується на 18 %, а сумарні питомі затрати зростають на 4 % залежно від характеристик предметного середовища, для комбайна *Claas Tucano 440* – відповідно на 14 і 17 %. Це пояснюється зниженням агрометеорологічно допустимого фонду добового робочого часу та нижчим коефіцієнтом погожих днів.

Вибір комбайна здійснюється за мінімумом сумарних експлуатаційних затрат на збирання в

заданих умовах. Так, у зоні Лісостепу для відомих характеристик виробничих умов (урожайність – 50 ц/га, солонистість – 1,3, довжина гону – 1550 м) при сезонному навантаженні до 200 га доцільно використовувати комбайн КЗС-9-1 «Славутич», а при більшому – *Claas Tucano 440* (рис. 3).

Як уже було зазначено, урожайність культури має суттєвий вплив на сезонне навантаження, тому для порівняння, за яких умов доцільно використовувати той чи інший комбайн, її необхідно враховувати.

Побудовано графік порівняння ефективності використання цих комбайнів у зоні Лісостепу для різного значення урожайності (рис. 4).

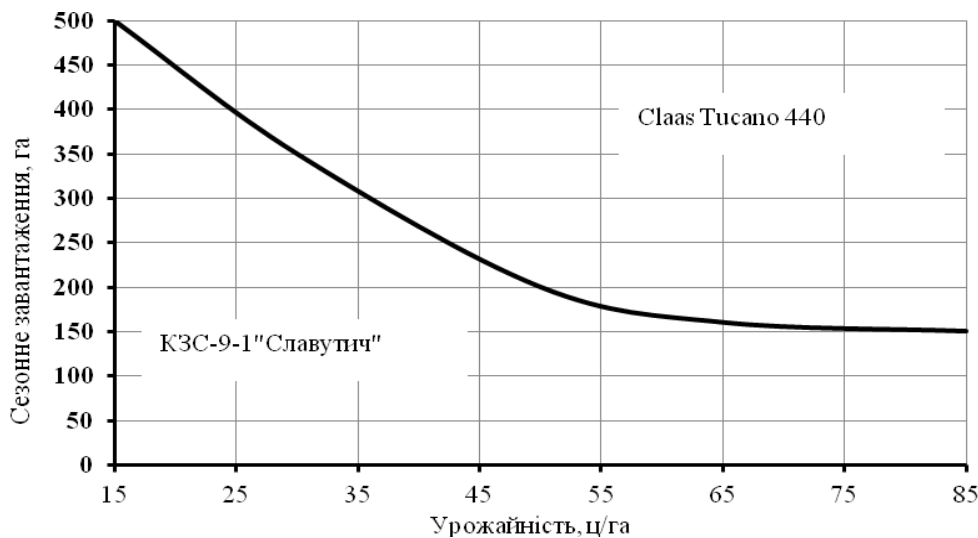


Рис. 4. Залежність раціонального сезонного завантаження зернозбиральних комбайнів різної потужності та вартості від урожайності

Fig. 4. Dependence of rational seasonal loading of combine harvesters of different capacity and cost per crop

Як видно з рис. 4, значення області сезонного навантаження для комбайна КЗС-9-1 «Славутич» змінюються від 150 га за урожайності 85 ц/га до 500 га за урожайності 15 ц/га.

Висновки. Встановлено, що для випадку збирання пшениці озимої комбайном КЗС-9-1 за заданих характеристик виробничих умов (урожайність – 50 ц/га; солонистість – 1,3; довжина гону – 1550 м) оптимальна площа збирання за мінімумом затрат на одиницю площі становить 150 га, а за мінімумом затрат на одиницю зібраної продукції – 130 га.

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що сезонне завантаження зернозбиральних комбайнів може змінюватись у широких межах залежно від характеристик предметного середовища. Так, для комбайна КЗС-9-1 «Славутич» у зоні Лісостепу оптимальне сезонне навантаження залежно від урожайності перебуває в межах 90...490 га, а для *Claas Tucano 440* – 120...500 га.

Отримані результати дають змогу підвищити ефективність використання зернозбиральних комбайнів шляхом обґрунтування їх сезонного навантаження за критерієм мінімуму сумарних питомих затрат на збирання з урахуванням характеристик природно-виробничих умов.

Бібліографічний список

1. Адамчук В. В., Булгаков В. В. Пріоритетні напрями створення сучасної сільськогосподарської техніки. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 5. С. 5–10.
2. Адамчук В. В., Грицишин М. І. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. Київ: Аграрна наука, 2012. 416 с.
3. Адамчук В. В., Сидорчук О. В., Мироненко В. Г. Системно-проектні підстави управління парком машин сільськогосподарських товаровиробників. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 11. С. 33–40.
4. Галузева угода Міністерства аграрної політики та продовольства України на 2014–2016 рр. URL: <http://www.minagro.gov.ua/node/11267>.
5. ГОСТ 23728-88. ГОСТ 23130-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. Москва: Госкомстандарт, 1988. 26 с.
6. Грибинюк О. М. Дослідження умов функціонування і розробка методу оптимізації парку зернозбиральних комбайнів сільськогосподарського підприємства: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Глеваха, 1994. 16 с.
7. Грицишин М. Методологічні основи комплектування МТП аграрних підприємств в умовах обмеженого ресурсного забезпечення. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: міжвідом. темат. наук. зб. Глеваха, 2014. Вип. 99, т. 1. С. 392–400.
8. Грицишин М. І., Кудринський Р. Б., Цибуля М. Г. та ін. Техніко-економічна оцінка технологічних комплексів машин для органічного виробництва продукції рослинництва. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: міжвідом. темат. наук. зб. Глеваха, 2014. Вип. 99, т. 1. С. 140–150.
9. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.
10. Жолнин Э. В. К дискуссии о методике оценки экономической эффективности сельскохозяйственной техники. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. № 3. С. 3–9.
11. Завалишин Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве. Москва: Колос, 1973. 319 с.
12. Киртбая Ю. К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. Москва: Колос, 1976. 256 с.
13. Макачук О. В. Управління архітектурою виробничих і сервісних проектів у програмах збирання зернових культур: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2012. 21 с.
14. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Марченко В. В. Оптимізація комплексів машин і структури машинно-тракторного парку та планування технічного сервісу. Київ: Вид. центр НАУ, 2001. С. 5–47.
15. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Москва: ГПУСЗ Минсельхозпрома России, 1998. 256 с.
16. Мининзон В. И., Тюленев А. В., Вечернин Б. В. Определение оптимального состава машинно-тракторного парка в зависимости от погодных условий. *Тракторы и сельхозмашины*. 1986. № 3. С. 7–9.
17. Орманджи К. С. Уборка колосовых культур в сложных условиях. Москва: Россельхозиздат, 1985. 144 с.
18. Попович В. К., Белоконь Н. И., Полянская Л. Г. Определение рационального состава парка машин для хозяйств. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1980. № 5. С. 58–59.
19. Репетов А. П. Оптимизация состава МТП и его работоспособность. *Тракторы и сельхозмашины*. 1984. № 2. С. 8–10.
20. Рунчев М. С., Липкович Э. И., Жуков В. Я. Организация уборочных работ специализированными комплексами. Москва: Колос, 1980. 223 с.
21. Семенов М. И., Яловнаров В. И., Карижанов Ж. С., Даниелян А. А. Оптимальное планирование средств механизации сельского хозяйства. Москва: Россельхозиздат, 1969. 51 с.
22. Сидорчук О. В., Днесь В. І., Скібчик В. І. Аналіз методів дослідження та моделей подій у проектах на різних етапах планування збирання ранніх зернових. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2011. № 7. С. 141–144.
23. Табашников А. Т. Оптимизация уборки зерновых и кормовых культур. Москва: Агропромиздат, 1985. 159 с.
24. Фінн Е. А., Варшавський М. Л., Червотюк І. С. Комплектування машинно-тракторного парку колгоспів і радгоспів. Київ: Урожай, 1989. 176 с.
25. Хабатов Р. Ш. Прогнозирование оптимальных параметров и состава машинно-тракторного парка. Киев: ВЦ Госплана УССР, 1969. 75 с.
26. Ціп Є. І. Сезонна програма комбайна і ризик у процесі централізованого збирання ранніх зернових: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2002. 18 с.
27. Яковенко В. П. Розвиток матеріально-технічної бази АПК. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 4. С. 45–49.

Днесь В., Кудринський Р., Скібчик В.

**ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ
У РІЗНИХ ПРИРОДНО-ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ**

Викладено теоретичні дослідження з визначення ефективності використання зернозбиральних комбайнів у різних природно-виробничих умовах України. Для обґрунтування раціонального складу комбайнового парку сільськогосподарських підприємств, який забезпечував би своєчасність виконання робіт зі збирання ранніх зернових культур, розкрито функціональну залежність середньої добової продуктивності

кожного комбайна від чинників, які впливають на перебіг технологічного процесу. Також означено чинники, що впливають на темп збирання комбайном ранніх культур на тому чи іншому полі, а саме: швидкість його руху в загінці; тривалість розворотів комбайна в кінці загінок, тривалість вивантаження бункера, частота виникнення та тривалість усунення технологічних відмов. Отримані рівняння регресії оптимального сезонного навантаження для комбайнів КЗС-9-1 «Славутич» і *Class Tucano* 440 під час їх роботи в зонах Лісостепу та Полісся дають змогу встановити, що найбільший вплив на обсяг сезонного навантаження має врожайність культури. Встановлено, що зі збільшенням врожайності, солонистості та зі зменшенням довжини гону сезонне навантаження знижується. Мінімальне значення питомих експлуатаційних затрат отримуємо для мінімальних значень урожайності та солонистості й максимального значення довжини гону, за яких досягають вищої продуктивності роботи (у перерахунку на одиницю площі) та більш повного використання робочого часу. Проте під час перерахунку затрат на одиницю зібраної продукції спостерігається дещо інша картина – найменші затрати отримуємо за високої урожайності.

Ключові слова: система, зерно, виробництво, технологічні комплекси, ефективність, моделювання, параметри.

Dnes V., Kudrynetskyi R., Skibchuk V.

ON THE EFFICIENCY OF USE OF GRAIN COMBINES HARVESTING IN CONFORMITY WITH NATURAL PRODUCTION CONDITIONS

The article presents theoretical researches on the efficiency of the use of combine harvesters in different natural and industrial conditions of Ukraine.

To substantiate the rational composition of the combine farm of agricultural enterprises, which would ensure the timely implementation of works on the harvesting of early grain crops, the functional dependence of the average daily productivity of each combine on the factors influencing the course of the technological process is disclosed. Also, factors influencing the pace of picking up early crops in one or another field, namely, the speed of its movement in the pack, are indicated; the length of the turntables at the end of the comb, the length of the hopper discharge, the frequency of occurrence and the length of the elimination of technological failures.

The obtained regression equations for the optimal seasonal load for KSZ-9-1 «Slavutych» and Class Tucano 440 combines during their operation in the Forest-steppe and Polissya zones make it possible to determine that the crop yield has the greatest impact on the size of the seasonal load. It has also been established that seasonal load decreases with increasing crop yield, straw and lowering the length of the season. The minimum value of specific operating costs is obtained for the minimum values of yield and straw and the maximum length of the race, which is characterized by higher productivity (in terms of unit area) and more complete use of working time. However, when recalculating the costs per unit of collected products, a slightly different picture is observed - the lowest costs are obtained at high yields.

Consequently, studies have shown that the seasonal loading of combine harvesters varies widely, depending on the characteristics of the subject environment. So, for the KSZ-9-1 «Slavutych» combine in the Forest-steppe zone, the optimal seasonal load, depending on the yield, is 90 – 490 hectares, and for Claas Tucano 440 – 120 – 500 hectares.

Key words: system, grain, production, technological complexes, efficiency, modeling, parameters.

Стаття надійшла 05.11.2018