



УДК 631.354.022

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-15

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Шегеда К. О., інженер

Шокарев О. М., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8646-4524

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: oleksandr.shokarev@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Стратегічно важливою сільськогосподарською галуззю для України є виробництво зернових культур. На фізіологічні процеси формування врожаю зернових культур впливає велика кількість факторів як некерованих (сонячна радіація, температура, опади та інші явища природи), так і керованих людиною (сорти, агротехніка, добрива, засоби захисту рослин від бур'янів, шкідників, хвороб, регулятори росту, зрошення, збирання врожаю [1,2]). Найвища продуктивність зернових культур досягається при оптимальному співвідношенні керованих і некерованих факторів на всіх етапах росту, розвитку та збирання рослин. З урахуванням факторів, які впливають позитивно або негативно на врожай можна в значній мірі нівелювати вплив метеорологічних умов і цілеспрямовано використовувати контрольовані і керовані людиною фактори, такі, наприклад, як методи збирання зернових культур [3,4].

Створення комбайнів з класичною схемою молотилки збільшеної пропускної здатності супроводжується зростанням їх металоємності, енергоємності та габаритів. Потужність двигуна ДОН-1500 досягає 160 кВт. Майже три чверті цієї потужності він витрачає на те, щоб всіляко перебивати, струшувати соломі [5,6]. Але для підвищення надійності технологічного процесу збирання зернових культур треба обґрунтувати організацію процесу збирання врожаю. Дана робота присвячена пошуку раціональних технологічних схем та підвищенню їх надійності при збиранні зернових культур.

Аналіз останніх досліджень. Питанням розвитку комбайнової технології збирання зернових культур займалися такі вчені як Шабанов П.А., Данченко Н.Н., Голубев І.К., Повиляй В.М., Коваль С.М., Іваненко І.М., Івасюк В.В., Рожанський О.В. Одним з перспективних напрямків розвитку комбайнової технології збирання зернових культур є збирання методом обчісування на корені, що дозволяє у 1,5...2,0 рази



підвищити працездатність комбайнів при істотному зниженні їх енергоємності та металоємності [7-10].

Особливість даного способу є у тому, що обчісувальний пристрій, що прикріплений до комбайну замість жнивarki, виконує обмолот зернових культур на корені з наступним збором та доопрацюванням обчесаного вороху у комбайні.

Незернова частина врожаю (обчесані стеблини) у молотильно-сепарувальній пристрій комбайна не потрапляють, в результаті чого досягається істотне підвищення пропускної здатності комбайна. А враховуючи, що ворох складається на 60...90% з вільного зерна, 10...25% зерна у колоссях (мітелки) і до 10% дрібно-соломистого вороху, то значно зменшуються енергозатрати на сепарацію та обмолот маси у комбайні [11-13].

Переваги даного способу перед традиційним прямим комбайнуванням полягають у наступному: підвищення продуктивності збирання зернових культур; зменшення витрат зерна та його травмування; зменшення енергоємності комбайна; скорочення строків збирання та звільнення поля під врожай майбутнього року [14,15].

Експериментальні пристрої конструкції ТДАТУ для збирання зернових культур являють собою навісні обчісувальні пристрої до зернозбиральних комбайнів (рис. 1).



Рис. 1. Збиральний агрегат обчісувального типу конструкції ТДАТУ

Пристрій складається з двох обчісувальних барабанів з жорстко закріпленими на них робочими органами, які виконані у вигляді гребінок. Барабани встановлені в середині обчісувальної камери, що залишає їх відкритими для доступу рослин тільки знизу. Для зменшення переброшування обчесаного вороху через себе, перший



барабан має гребінки, що відхилені в бік, протилежний напрямку обертання. Для кращого транспортування зерна у збірник, гребінки другого барабану відхилені у бік напрямку його обертання. Дільники, що встановлені у передній частині обчісувальної камери, формують стеблостій на ширині захвату пристрою. Другий барабан в нижній частині закритий кожухом. Шнек, що встановлений в задній частині обчісувальної камери, слугує для збору та подальшого транспортування обчісувального вороху [16-18].

Технологічний процес збирання зернових культур методом обчісування на корені виконується наступним чином. При русі комбайна уперед, стеблини рослин нахилиються переднім кожухом обчісувальної камери та під дією всмоктуючого повітряного потоку, що створюється барабанами, та за рахунок пружних якостей стеблин, подаються в зону обчісування знизу камери. Гребінки, що встановлені на барабанах, обчісують рослини. Отриманий в результаті обчісування ворох, під дією гребінок та направленою повітряною потоку, що утворюється барабанами, подається в шнек, який транспортує ворох у наклонну камеру і далі у молотилку комбайна для подальшого опрацювання [19]. Обчісувальний пристрій при кріпленні до транспортного засобу дозволяє вести збирання обчісаного вороху та може бути використано для збирання зернових культур за індивідуально-поточною технологією з доопрацюванням продуктів обмолоту на стаціонарі. При цьому скорочується об'єм сховищ, зменшується енергоємність стаціонарного пункту за рахунок відсутності соломи у воросі, що оброблюється.

Формулювання цілей статті. Мета роботи полягає у обґрунтуванні підвищення надійності технологічного процесу збирання врожаю за рахунок використання комбайнів обчісувального типу. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

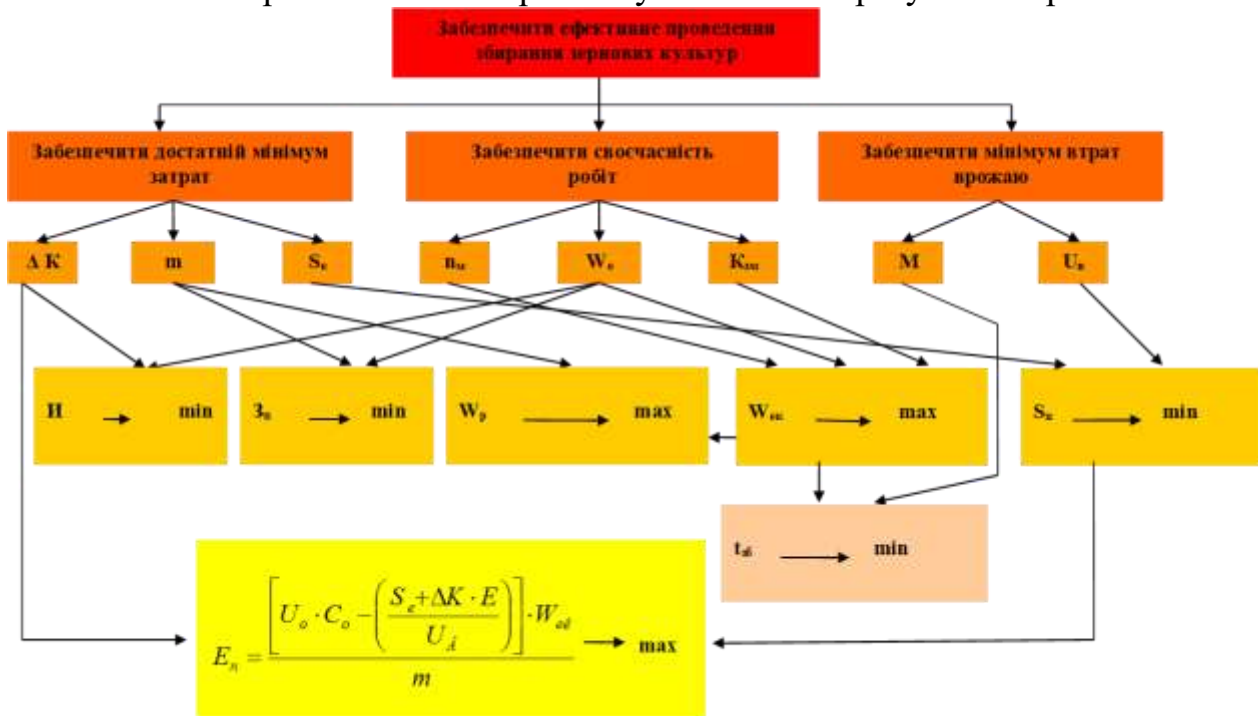
- визначити критерій ефективності збиральних робіт;
- здійснити багатокритеріальний вибір збиральних агрегатів.

Основна частина. Ціль передбачає досягнення бажаного стану певної виробничої або технічної системи.

Спочатку загальні цілі формуються на змістовому рівні і дають можливість визначити лише напрямок дій. Так, мета "підвищити ефективність збирання" ще не розкриває тих показників, які були б мірою наближення до неї. Тобто ціль повинна бути вимірником для порівняння альтернативних варіантів і прийняття кращого з можливих рішення. Для цього здійснюють структурування загальної мети у вигляді дерева цілей. Назва "дерево цілей" пов'язана з тим, що структурація загальної мети здійснюється у вигляді деревовидного графа, вершини якого характеризують часткові цілі, а ребра – зв'язки між ними (рис. 2). Загальними правилами побудови дерева цілей є



ієрархічна структура, при якій елементи нижчого рівня підпорядковані елементам вищого рівня, витікають з них і забезпечують їх реалізацію; повнота, тобто дерево цілей на кожному рівні включає суттєві елементи; визначеність формулювання цілей, яка дозволяє оцінювати ступінь її досягнення. Відповідальність критерію поставленій цілі значною мірою пов'язана з рівнем узагальнення результатів рішення



n_m – кількість комбайнів; $W_{ек}$ – кількість і експлуатаційна продуктивність машин; $K_{зм}$ – коефіцієнт змінності; Z_n - затрати праці; $S_{ек}$ – прямі затрати праці і витрати коштів; $U_{е}$ – отримана продукція; W_p – продуктивність на одного працівника комплексу; $t_{зб}$ – термін збиральних робіт; S_u – витрати на одиницю продукції; E_n – ефективність праці; I – експлуатаційні затрати на одиницю роботи; $W_{ек}$ – годинна продуктивність комплексу.

Рис. 2. Дерево цілей і критеріїв ефективності технологічного процесу збирання зернових культур

У наведеному на рисунку 2 прикладі нижній рівень цілей містить такі показники, як кількість машин (n_m), експлуатаційна продуктивність ($W_{ек}$), коефіцієнт змінності ($K_{зм}$), затрати праці (Z_n), експлуатаційні витрати ($S_{ек}$), отриманий врожай ($U_{е}$). Проте ці показники є лише частковими складовими ефективності робіт. Більш загальним показником є, наприклад, продуктивність у розрахунку на одного працівника, що зайнятий на збиранні (W_p). Його можна приймати як критерій при оптимізації числа збиральних машин залежно від розмірів полів та інших природно-виробничих факторів, бо він має явний екстремум і до певної міри відображає мету при недостатку робочої



сили. Проте його недоліком є те, що не враховуються витрати на виконання робіт. Мінімізація приведених витрат ($S_u \rightarrow \min$) на одиницю виконаних робіт широко використовується як цільова функція при проектуванні, плануванні і організації виробничих процесів. Проте він не відображає впливу збирального комплексу на кінцеві результати (продукцію).

Найбільш загальним із приведених на схемі критеріїв є ефективність праці (E_n , грн./люд-год.):

$$E_{np} = \frac{C_o - (S_u + \frac{\Delta K \cdot E}{U_o})}{Z_n} \rightarrow \max; \quad (1)$$

де E_n – ефективність праці, грн./год.;

U_o – врожайність основної продукції, т/га;

C_o – вартість основної продукції, грн./т;

S_u – приведені витрати, грн./га;

Z_n – затрати праці, люд-год./га;

ΔK – додаткові капвкладення, грн.;

E – нормативний коефіцієнт, $E = 0,15$

Критерій ефективності праці є інформативним для оцінки технологій, комплексів машин і виробничих процесів. Варто зазначити, що вибір критерію суттєво залежить від виробничих обставин. Наприклад, при проведенні робіт в умовах дефіциту часу або робочої сили комплекс машин оптимізують за мінімумом затрат праці ($Z_n \rightarrow \min$) або максимумом продуктивності ($W_{np} \rightarrow \max$). Якщо більш суттєвою є економія коштів, то оптимізацію можна проводити за мінімумом приведених витрат на одиницю площі ($S_u \rightarrow \min$).

Перетворюємо залежність (1) та отримуємо

$$E_i = \frac{\left[C_o - \left(\frac{S_e - \Delta k \cdot E}{U_a} \right) \right] \cdot W_{âê}}{m} \rightarrow \max, \quad (2)$$

Таким чином для підвищення ефективності технологічного процесу збирання зернових потрібно підвищити продуктивність комбайну ($W_{ek} \rightarrow \max$) за рахунок конструктивних параметрів обчисувального модулю в тому числі і обчисувальних гребінок, а також за рахунок підвищення рівня безвідмовності обчисувальних гребінок; мінімізувати затрати на технічне обслуговування та ремонт ($S_{TO}; S_{TP}$), які є складовими приведених витрат ($S_e \rightarrow \min$). Мінімізація затрат можлива за рахунок підвищення рівня довговічності та ремонтоздатності; мінімізувати втрати при збиранні [$(V_{eo} + V_{ed}) \rightarrow \min$] за рахунок вдосконалення конструкції робочих органів обчисувального



пристрою, а також за рахунок зменшення інтенсивності зносу поверхонь обчисувальних гребінок.

Математична модель (ММ) технологічного процесу збирання зернових культур в загальному вигляді багатокритеріальної задачі описується виразом:

$$MM = (\eta, S, U, L, H, \varphi); \quad (3)$$

де η – тип багатокритеріальної задачі; S – множина варіантів характеристик системи, що оцінюються; U – множина критеріїв, за якими оцінюється система; L – шкала оцінок по кожному критерію; H – система пріоритетів особи, що приймає рішення (ОПР) на множинні варіантів S ; φ – правило рішення, яке на множинні варіантів S задає відношення переваги відповідно до системи пріоритетів H .

Згідно з виразом (3) визначаємо такі складові математичної моделі: тип задачі (η) – багатокритеріальний вибір; множина варіантів (S) – варіанти множини альтернатив (ВМА) комбайнів (СК-5 + очіс, Дон-1500, Дон-1500 + очіс, Джон Дир W650.); множина критеріїв (U) – чотири критерії (годинна продуктивність, годинні витрати палива, затрати праці, експлуатаційні затрати); шкала оцінок (L) – відповідно до одиниць виміру критеріїв; система переваг ОПР (B) – всі критерії приймаються рівнозначними на ВМА; правило вирішення (φ) – вибір за значенням відносної відстані до цілі μ . Переміщенні критерії, крім годинної продуктивності, потрібно мінімізувати. Для зручності процедури прийняття рішення замість годинної продуктивності введемо новий критерій – зворотну годинну продуктивність W^{-1} . Для вибору раціонального способу відновлення застосовуємо метод багатокритеріального вибору за відстанню до цілі. Один з простих методів багатокритеріального вибору полягає в застосуванні інтегрального критерію відстані до цілі. Його суть – в обґрунтуванні ідеалу та оцінці міри наближення до нього кожного з варіантів множини альтернатив. Ідеальний варіант характеризує таку систему, для якої кожен з критеріїв досягає свого потенційно можливого найкращого значення. Такі значення можуть бути обґрунтовані теоретично або відповідати кращій реально досягнутій величині. Практичне застосування методу зручно робити на графічній моделі. Для варіантів ВМА визначають критерії μ_i і відкладають їх на радіально розташованих шкалах. Шкали будують таким чином, щоб покращення критерію йшло до центру (точки 0). З'єднують точки на шкалах для j -го варіанту, отримують багатокутник. На кращих значеннях критеріїв будують багатокутник ідеалізованого варіанту. Узагальнений критерій відстані до цілі μ визначається як відношення площі j -го варіанту до площі ідеалізованого:



$$\mu = P_j / P_0, \quad \mu \geq 1; \quad (4)$$

де P_j та P_0 – відповідно площі багатокутників j -го та ідеалізованого варіантів.

Вихідні значення показників критеріїв способів відновлення наведенні в таблиці 1. Отже, ВМА включає чотири типу агрегатів.

Таблиця 1

Характеристика збиральних агрегатів

№	Найменування агрегату	Абсолютні показники				W^{-1}
		Продуктивність, т/год, W_e	Витрати палива, кг/га, G	Витрати праці, люд.-год./т, H	Експлуатаційні витрати, грн./га, S	
1	СК-5 + очіс	10	14,7	0,2	412	0,1
2	Дон-1500	7	23	0,14	644	0,14
3	Джон Дир W650	14	9,2	0,07	258	0,07
4	Дон-1500 + очіс	15	10,3	0,06	288	0,06

Таблиця 2

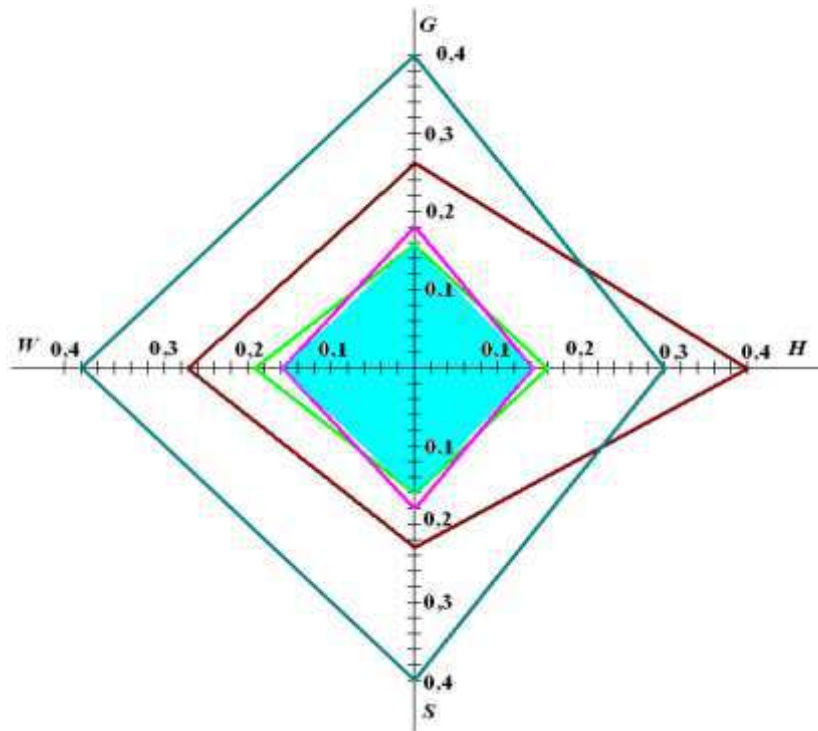
Багатокритеріальний вибір збиральних агрегатів

№	Найменування агрегату	Нормовані показники					$\sum_{j=1}^4 U_j$	μ_i
		Продуктивність, W_e	Витрати палива, G	Витрати праці, H	Експлуатаційні витрати, S			
1	СК-5 + очіс	0,27	0,26	0,40	0,23	0,164	3,42	
2	Дон-1500	0,38	0,40	0,30	0,40	0,272	5,67	
3	Джон Дир W650	0,19	0,16	0,16	0,16	0,056	1,17	
4	Дон-1500 + очіс	0,16	0,18	0,14	0,18	0,054	1,13	
5	Ідеал	0,16	0,16	0,14	0,16	0,048	1,00	

Таким чином, для заданих умов кращім буде агрегат, який складається з комбайну Дон-1500 + очіс. Варіанти ВМА у площині критеріїв наведенні на рис. 3.

Висновки. Підводячи підсумки вищевикладеного можна зазначити, що в результаті виконаних досліджень встановлено, що найбільш перспективнішим напрямком підвищення надійності

технологічного процесу збирання зернових культур є обчислення їх на корені.



G – витрати пального; W – продуктивність комбайну; H – трудомісткість; S – експлуатаційні витрати

-  - Джон Дир W650
-  - Дон-1500
-  - СК-5 + очіс
-  - Дон-1500 + очіс
-  - ідеал

Рис. 3. Модель багатокритеріального вибору зернозбирального агрегату

На підставі багатокритеріального вибору визнано кращим агрегат, який складається з комбайну Дон-1500 + очіс і який в комплексі зі збирання зернових культур може конкурувати з комбайном «Джон-Дир» W650.

Список використаних джерел.

1. Allkemper, T., Bremer, C., Matuszewski, L., Ebert, W., Reimer, P. Contrast-enhanced blood-pool MR angiography with optimized iron oxides: effect of size and dose on vascular contrast enhancement in rabbits. *Radiology*, 2019. 223 (2), pp. 432–438.

2. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. *WayScience*. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.



3. Sklar, O. G. *Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook*. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
4. Komar, A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. *TDATU Scientific Bulletin*. 2018. Issue 8. Vol. 2. pp. 44–56.
5. Tsuchiya, K., Nitta, N., Sonoda, A., Otani, H., Takahashi, M., Murata, K. Atherosclerotic imaging using 4 types of superparamagnetic iron oxides: new possibilities for mannan-coated particles. *Eur. J. Radiol.* 2015. 82 (11), pp. 1919–1925.
6. Boltianskaya, N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. *Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko*. Kharkov. 2017. Vol. 18. pp. 81–89.
7. Сисолін П.В., Коваль С.М., Іваненко І. *Машини для збирання зернових культур методом обчисування колосків*. Кіровоград, «КОД» 2010. 112 с.
8. Коваль С.М., Іваненко І.М., Івасюк В.В., Рожанський О.В. *Революційні технології зернозбирання обчисуючими жниварками*. *Техніка АПК*. 2013. №6. С. 8-10.
9. Podashevskaya N. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. *Сб. научн. ст.* Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.
10. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. *Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings»*, 2017. P. 155–158.
11. Skliar, A. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer Nature Switzerland AG. 2019. pp. 249–258.
12. Wendel C. H. *Farm Implements & Antiques. USA: Krause publication*, 2004. P. 497.
13. Komar, A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. *Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production»*. Uman. 2019. pp.18–20.
14. Бурьянов М.А. *Параметры и режимы процесса очеса зерновых культур навесной на комбайн жаткой: Дис. канд. техн. наук*. Зерноград. 2011.
15. Serebryakova N. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. *Сб. научн. ст.* Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
16. Іваненко І. *Дослідження процесу збирання зернових культур способом обчисування колосків на корені*. URL:



<http://ndipvt.com.ua/oldsite/konf7/2/ivanenko.htm>. (дата звернення 10.03.2018.).

17. Podashevskaya N. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСТ, 2020. № №2(16). С. 33 – 37.

18. Skliar R. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference. Bordeaux «Social function of science, teaching and learning»*. Bordeaux, France 2020.

19. Serebryakova N., Areas of energy conservation in animal feed production of Ukraine. *Сб. научн. ст.* Минск: БГАТУ, 2020. С. 276-278.

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

К.О. Шегеда, О.М. Шокарев

Анотація

Дана робота присвячена пошуку раціональних технологічних схем та підвищенню їх надійності при збиранні зернових культур. Одним з перспективних напрямків розвитку комбайнової технології збирання зернових культур є збирання методом обчісування на корені. Особливість даного способу є у тому, що обчісувальний пристрій, який прикріплений до комбайну замість жнивarki, виконує обмолот зернових культур на корені з наступним збором та доопрацюванням обчесаного вороху у комбайні. В статі обґрунтовані шляхи підвищення надійності технологічного процесу збирання врожаю за рахунок використання комбайнів обчісувального типу. Для досягнення поставленої мети вирішені такі задачі, як визначення загального критерію ефективності збиральних робіт та здійснено багатокритеріальний вибір збиральних агрегатів. Встановлено, що критерій ефективності праці є найбільш інформативним для оцінки технологій, комплексів машин і виробничих процесів. Таким чином рекомендується для підвищення ефективності технологічного процесу збирання зернових потрібно підвищити продуктивність комбайну за рахунок конструктивних параметрів обчісувального модулю в тому числі і обчісувальних гребінок, а також за рахунок підвищення рівня безвідмовності обчісувальних гребінок; мінімізувати затрати на технічне обслуговування та ремонт, які є складовими приведених витрат. На підставі багатокритеріального вибору визнано кращим агрегат, що складається з комбайну Дон-1500 + очіс, який в комплексі зі збирання зернових культур може конкурувати з комбайном «Джон-Дир» W650.

Ключові слова: збирання зернових культур, обчісування на корені, обчісувальний пристрій, критерій ефективності, багатокритеріальний вибір.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Е.А. Шегеда, А.Н. Шокарев

Аннотация

Данная работа посвящена поиску рациональных технологических схем и повышению их надежности при уборке зерновых культур. Одним из перспективных направлений развития комбайновой технологии уборки зерновых



культур является сбор методом очеса на корню. Особенность данного способа заключается в том, что очесывающее устройство, прикрепленное к комбайну вместо жатки, выполняет обмолот зерновых культур на корню с последующим сбором и доработкой очесанного вороха в комбайне. В статье обоснованы пути повышения надежности технологического процесса уборки урожая за счет использования комбайнов очесывающего типа. Для достижения поставленной цели решены такие задачи, как определение общего критерия эффективности уборочных работ и выполнен многокритериальный выбор уборочных агрегатов. Установлено, что критерий эффективности труда является наиболее информативным для оценки технологий, комплексов машин и производственных процессов. Таким образом, для повышения эффективности технологического процесса уборки зерновых рекомендуется повысить производительность комбайна за счет изменения конструктивных параметров очесывающего модуля и минимизации расходов на техническое обслуживание и ремонт, которые являются составляющими приведенных затрат. На основании многокритериального выбора признано лучшим агрегат, состоящий из комбайна Дон-1500 + очес, который в комплексе по сбору зерновых культур может конкурировать с комбайном «Джон Дир» W650.

Ключевые слова: уборка зерновых культур, очес на корню, очесывающее устройство, критерий эффективности, многокритериальный выбор.

CONCEPTUAL STUDIES OF THE ORGANIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF HARVESTING GRAIN CROPS

K. Sheheda, O. Shokarev

Summary

The production of grain crops is a strategically important agricultural sector for Ukraine. One of the promising areas of development of combine technology for harvesting grain crops is harvesting by combing at the root, which allows 1.5-2.0 times to increase the efficiency of combines with a significant reduction in their energy and metal consumption. This work is devoted to the search for rational technological schemes and increasing their reliability when harvesting grain crops. One of the promising directions in the development of the combine technology for harvesting grain crops is the harvesting by stripping on the standing. The peculiarity of this method lies in the fact that the stripping device, attached to the combine instead of the header, performs threshing of grain crops on the standing with the subsequent collection and refinement of the stripped heap in the combine. The article substantiates the ways of increasing the reliability of the technological process of harvesting through the use of comb-type combines. To achieve this goal, such tasks as the definition of a general criterion for the effectiveness of harvesting work were solved and a multi-criteria selection of harvesting units was performed. It was found that the criterion of labor efficiency is the most informative for evaluating technologies, machine complexes and production processes. Thus, in order to increase the efficiency of the technological process of harvesting grain, it is recommended to increase the productivity of the harvester by changing the design parameters of the stripping module and minimizing the costs of maintenance and repair, which are components of the reduced costs. On the basis of a multi-criteria choice, the best unit was recognized, consisting of a Don-1500 + stripping combine, which in the complex for harvesting grain crops can compete with the John Deere W650 combine.

Key words: harvesting grain crops, stripping, stripper, efficiency criterion, multi-criteria choice.