

***A.T. ЛЕБЕДЕВ, С.А. ЛЕБЕДЕВ, А.І. КОРОБКО, М.Л. ШУЛЯК, М.М. МУРЧИЧ,
О.О. ПИРОГОВ***

ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНА АДАПТАЦІЯ ТРАКТОРІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В статті викладені проблеми енерготехнологічної адаптації тракторів загального призначення. Визначено, що енерготехнологічна адаптація тракторів загального призначення оцінюється за ступенем зниження його енерговитрат в агротехнологіях при реалізації біопотенціалу сільгоспкультур. Обґрунтовані тягово-енергетичні режими роботи трактора для основних груп ґрунтообробки при нестабільному тяговому навантаженні. Доказано, що реалізація тягово-енергетичних показників трактора ефективно при оцінці їх взаємозв'язку з біопотенціалом оброблюваних сільгоспкультур. Теоретично обґрунтовані і практично реалізована методика забезпечення відповідності енерговитрат тракторного агрегату і втрат енергії врожаю оброблюваних сільгоспкультур. Запропонована методика оцінки біопотенціалу сортових можливостей основних сільгоспкультур, що базується на оптимізації технологічного процесу, а також добрив з врахуванням метеорологічних факторів і природного потенціалу ґрунту. Виконана експлуатаційно-технологічна оцінка енерготехнологічної адаптації тракторів загального призначення при збиранні кукурудзи на зерно і ярової пшениці.

Ключові слова: трактор, енергетичні параметри, ґрунтообробка, витрати енергії, біопотенціал сільгоспкультур, перспективні агротехнології, енерготехнологічна адаптація.

A. LEBEDEV, S. LEBEDEV, A. KOROBKO, M. SHULIAK, M. MURCHYCH, O. PYROGOV

ENERGY AND TECHNOLOGICAL ADAPTATION OF GENERAL PURPOSE TRACTORS

The article describes the problems of energy-technological adaptation of general purpose tractors. It was determined that the energy-technological adaptation of general-purpose tractors is evaluated by the degree of reduction of its energy consumption in agricultural technologies when realizing the biopotential of agricultural crops. Grounded traction and energy modes of tractor operation for the main groups of tillage with unstable traction load. It has been proven that the implementation of traction and energy indicators of the tractor is effective in assessing their relationship with the biopotential of cultivated agricultural crops. The theoretically justified and practically implemented method of ensuring the correspondence of the energy consumption of the tractor unit and the energy loss of the crop of cultivated agricultural crops. The proposed method of assessing the biopotential of varietal capabilities of the main agricultural crops is based on the optimization of the technological process, as well as fertilizers, taking into account meteorological factors and the natural potential of the soil. The operational and technological evaluation of the energy-technological adaptation of general-purpose tractors during the harvesting of corn for grain and spring wheat was.

Key words: tractor, energy parameters, tillage, energy consumption, biopotential of agricultural crops, promising agricultural technologies, energy-technological adaptation.

Вступ.

Трактори загального призначення застосовуються під час виконання енергоємних агротехнологічних процесів основного обробітку ґрунту, культивуації, сівби тощо, зокрема у складі комбінованих і транспортно-технологічних агрегатів. За ступенем пристосованості енергетичних параметрів трактора до агротехнологічного процесу, що виконується, оцінюється його енерготехнологічна адаптація. Проблемна ситуація обумовлена протиріччям між енергонасиченістю тракторів і необхідністю зниження енерговитрат на виробництво сільськогосподарських культур. Особливу актуальність розв'язання цієї проблеми визначає насичення аграрного сектору України потужними тракторами загального призначення, здебільшого імпортного виробництва. Так для більшості тракторів є дуже складною задачею повністю реалізувати потенційні можливості по двигуні, оскільки, навіть за умови використання баласту, реалізувати всю потужність в тяговому режимі не можливо. Додаткову частину потужності в тягово-енергетичній концепції доцільно використовувати через вал відбору потужності (ВВП) для живлення споживачів з боку знаряддя. Проте, це в свою чергу накладає обмеження по зміні частоти обертання двигуна, оскільки є необхідність забезпечення постійного числа обертів ВВП. Враховуючи зазначене виникає наукова проблема по

енерготехнологічній адаптації тракторів до виконання технологічних операцій, додатково сучасні світові тенденції показують, що при такій адаптації обов'язково треба враховувати біопотенціал конкретних сортових можливостей сільгоспкультур.

Аналіз останніх досягнень та публікацій.

В основу відомих досліджень і публікацій [1, 2] технологічної адаптації тракторів покладена методика оцінювання прямих паливо-енергетичних витрат палива без оцінювання умов експлуатації та режимів робочого ходу. Ця методика обґрунтування швидкостей руху тракторного агрегату на гоні дає змогу оцінити енерговитрати виконуємого технологічного процесу. На необхідність врахування цих складових під час технологічної адаптації тракторів звертається увага у роботах [3, 4]. Зміст пропонованої статі спрямовано на розвиток методології технологічної адаптації тракторів загального призначення [4] у напрямок зниження їх енерговитрат.

Основна частина. Насищення аграрного сектору України тракторами загального призначення підвищеної енергонасиченості закордонних фірм John Deere, Case IH та New Holland [5] забезпечило підвищення робочих швидкостей машинно-тракторних агрегатів (МТА) з 4-8 до 8-15 км/год., що досягли технологічної межі. Проте багаторічний досвід випробувань тракторів у Харківській філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого [6] показав, що середньозважений ступінь корисного використання експлуатаційної потужності двигуна тракторів загального призначення упродовж року складає 50-80 %. Тож виникає питання щодо доцільності підвищення потужності двигунів нових тракторів, якщо їхнє ефективне використання в експлуатації не забезпечується [4].

Мета та постановка задачі дослідження.

Метою даної роботи є викладення нових положень енерготехнологічної адаптації тракторів загального призначення у напрямок взаємозв'язку їх енергетичних параметрів з енергетичним потенціалом оброблюваних сільгоспкультур.

Основний матеріал та результати дослідження.

Недовикористання потужності двигуна під час виконання МТА технологічної операції зумовлено багатьма факторами, найважливішими з яких є: нерівномірність енергоспоживання МТА на робочому ходу, зокрема через коливальний характер зовнішніх опорів та динамічних навантажень; резервування потужності для розгону агрегату, особливо транспортного; неможливість раціонального комплектування МТА.

При нестабільності енергоспоживання МТА вирішується задача забезпечення роботи трактора з найвищими показниками енергетичної ефективності при виконанні технологічної обробки ґрунту. Дослідження проведені на тракторі John Deere 8335R, найбільш затребуваних на ринку України серед тракторів загального призначення (рис. 1).

Технічні характеристики тракторів John Deere 8335R:

Тяговий клас – 5,0;

Номінальна потужність ДВЗ, N_e , кВт – 246;

Номінальна питома витрата палива, g_e , г/кВт·год. – 224;

Запас крутного моменту ДВЗ, % – 41,4;

Тягова потужність, N_T , кВт – 212;

Експлуатаційна маса, m_e , кг – 13820;

Енергонасиченість, $E = N_e/m_e = 1,81$.

Методика оцінки тягової характеристики трактора за енергозбереженням при змінному зовнішньому навантаженні враховує одночасний вплив на показники роботи МТА двох критеріїв – тягова потужність і годинна витрата палива. Дана методика дозволяє оцінити раціональні режими роботи двигуна і трактора за допомогою узагальненого критерію – мінімум енерговитрат технологічного процесу λ_{EMTA}^* .



Рис. 1 – Загальний вигляд ґрунтообробного агрегату: трактор John Deere 8335R + культиватор Vaderstad Top Down 500

Даний критерій враховує мінімальне значення втрат енергії при зниженні продуктивності МТА і підвищення витрати палива. Він розраховується як відношення енерговитрат при базовому значенні навантажувального режиму трактора ($\lambda_p = 1,0$) і сумарних енерговитрат при роботі трактора на оптимальному режимі (λ_p^*) для поточного значення сили тяги $P_{кр}$ на одинарних 1К і подвійних колесах (2К) (табл. 1).

Таблиця 1 – Тягово-енергетичні режими трактора John Deere 8335R для основних груп операцій обробки ґрунту

Група операцій	V_p^* , м/с	v_p	Комплектація	G_T , кг/год.	$N_{кр}$ при $P_{кр}^*$, кВт	$P_{кр}^o$, кН	m_e^* , кг	λ_p^*	V_{po}^* , м/с
1	2,2±0,25	0,15	1К	48,4	208	65	13820	1,0	2,28
			2К	51,2	213	70	15470	1,03	2,26
2	2,7±0,3	0,10	1К	53,1	214	69	13820	1,03	2,70
			2К	53,3	221	73	14370	1,05	2,65
3	3,3±0,5	0,06	1К	53,4	216	44	11680	1,04	3,61
			2К	53,5	225	47	12950	1,07	3,63

Примітка. V_p^* , V_{po}^* – швидкості руху МТА робоча, оптимальна; v_p – коефіцієнт варіації навантаження; m_e^* – експлуатаційна маса; λ_p^* – ступінь завантаження трактора; $N_{кр}$ – тягова потужність трактора при нестабільних тягових показниках; $P_{кр}^o$ – оптимальне значення тягового зусилля; G_T – витрата палива при нестабільному тяговому навантаженні.

Порівняння матеріалів даної таблиці показало, що енергетичні показники трактора на одинарних і подвійних колесах при різних значеннях коефіцієнту варіації навантаження неістотно відрізняються для однакової величини експлуатаційної маси m_e^* . Встановлення подвійних коліс дозволяє поліпшити параметри тягової характеристики трактора, що забезпечує підвищення тягової потужності трактора в середньому на 6 %. Втрати потужності $N_{кр}$, обумовлені впливом на агрегат і трактор змінних факторів, що складають 5 % при максимальній величині коефіцієнта варіації навантаження v_p , що на 1 % нижче, ніж при комплектації 1К. Оптимальні навантажувальні режими для різних комплектацій трактора при

$v_p = 0,06-0,15$ знаходяться в зоні степені завантаження трактора $\lambda_p^* = 1,0-1,07$. Витрата палива G_T збільшується при зниженні коефіцієнта варіації v_p . Необхідно відмітити, що завдяки підвищеному запасу крутного моменту двигуна трактора John Deere 8335R (коефіцієнт пристосованості за крутним моментом $K_n = 1,41$) коливання зовнішнього навантаження не чинить істотного впливу на енергетичні показники трактора. Встановлення подвійних коліс трактора дозволяє підвищити його тягову потужність у середньому на 5 %.

На операція першої ($V_p^* = 2,2$ м/с) і другої ($V_p^* = 2,7$ м/с) груп ґрунтообробки навантажувальні режими $\lambda_p^* \geq 1,0$ знаходяться на ділянці тягової характеристики трактора між значеннями номінальної $P_{кр.н}$ і граничної $P_{кр.г}$ сили тяги. Для операцій третьої групи ефективно оснащення трактора подвійними колесами, що забезпечує підвищення тягової потужності на 5 %. Реалізація тягово-енергетичних показників трактора ефективна при біотехнологічному обробітку різних сільгоспкультур.

Біотехнологія (Βιοτεχνολογία, від грец. βίος – життя, τέχνη – мистецтво, майстерність і λόγος – слово, навчання), використання біотехнологічних процесів і систем в різних областях сільського господарства, промисловості; науковий напрям, що поєднує можливості біології і техніки [7].

Стан сучасних агротехнологій в господарствах України, рівні реалізації біопотенціалу сортів сільгоспкультур і фактори впливу на ці рівні, в тому числі механізації, основні напрямки розробки перспективних агротехнологій. Незважаючи на те, що сьогодні є достатня кількість різноманітних агротехнологій, в зв'язку з різноманітністю господарств як за формами їх власності, так і за розмірами посівних площ, впровадження прогресивних агротехнологічних прийомів на знаходить широкого розповсюдження. Про це свідчать дані по врожайності сучасних сортів сільгоспкультур, яку визначають при сортовипробуваннях як біопотенціалу (максимум) і яка є фактичною при застосуванні цих же сортів в господарських умовах. Так, наприклад, при середньому по Україні біопотенціалі сортів озимої пшениці 50...60 ц/га фактична врожайність становить близько 25 ц/га, кукурудзи на зерно відповідно 60...70 ц/га і 37...40 ц/га, цукрового буряку 450...500 ц/га і 280...300 ц/га, соняшнику 25...30 ц/га і 14...15 ц/га, картоплі 200...250 ц/га і 130...150 ц/га [8].

Таким чином, коефіцієнт реалізації біопотенціалу (КРБП) сортових можливостей основних сільгоспкультур складає всього 0,42...0,65, тобто близько 50 % врожаю втрачається із-за недосконалих технологій, а також із-за низької якості виконання технологічних операцій. По окремих господарствах ці втрати сягають 60...80 %, тобто КРБП дорівнює 0,20...0,40. В той же час в деяких господарствах цей показник сягає рівня 0,7...0,9, що свідчить про те, що можливості сучасних сортів можна реалізувати у високій мірі за високого рівня агротехнологій і якості виконання технологічних операцій з врахуванням ґрунто-кліматичних умов по зонах України [9]. При цьому слід відмітити, що в господарствах, де високий рівень КРБП, незважаючи на недостатню кількість технологічних матеріалів (добрив, гербіцидів тощо), за впровадження прогресивних технологій, сортового насіння, системи якості «поле – машина» по кожній операції, цілком можливо отримувати досить високі врожаї сільгоспкультур [10].

Необхідно відмітити дві основні групи факторів, що забезпечують вирощування культурних рослин, реалізації їх біопотенціалу (рис. 2):

- природні (агrometeorологічні умови: сонячна радіація, опади, температура, потенціал родючості ґрунту), які не підвладні людині і її безпосередніх діях вирощування, але потребують уваги для ефективного використання і збереження;

- на які людина впливає безпосередньо при здійсненні технологічних операцій (вибір посівного матеріалу, внесення добрив, якість виконання технологічних операцій, роботи сільгоспагрегату), що в цілому визначається обраною системою землеробства і набором певних технологічних матеріалів (пальне, добрива, пестициди тощо).

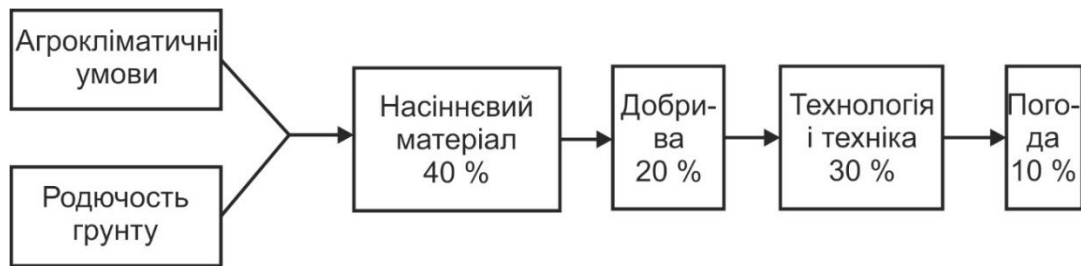


Рис. 2. – Співвідношення основних груп факторів реалізації біопотенціалу сортів сільгоспкультур на основі агрокліматичних умов і потенціалу родючості ґрунту

Як видно з рис. 2 серед груп факторів, на які може впливати людина, по значимості за властивостями насіннєвого матеріалу (сортів) знаходяться технологія і техніка, які в сучасних умовах забезпечують виконання операцій і визначаються обраною технологічною картою виробництва рослинної продукції.

Таким чином, при розробці перспективних агротехнологій на основі сучасних високоврожайних сортів з біопотенціалом, визначеним при сортовипробуваннях, основна увага повинна приділятися, в першу чергу, вибору і оптимізації технологічних операцій, а також системі добрив з врахуванням метеорологічних факторів і природного потенціалу ґрунту, його властивостей і, звичайно, в сучасних умовах з врахуванням ринкових економічних відносин, ціноутворення тощо.

При пониженій реалізації біопотенціалу сортових можливостей основних сільгоспкультур актуальне рішення проблеми забезпечення відповідності енерговитрат МТА і втрат енергії врожаю оброблюваних сільгоспкультур. При цьому сумарні енерговитрати при використанні МТА визначається за формулою [11]:

$$E_M = E_O + E_A, \quad (1)$$

де E_O – основні прямі паливо-енергетичні витрати, МДж/га; E_A – енерговитрати, обумовлені недотриманням оптимальних параметрів і режимів роботи агрегатів, МДж/га.

Нестабільність параметра E_O доказана в працях [9, 10], в яких відмічено, що підвищення основних паливо-енергетичних витрат МТА є наслідком порушення термінів виконання сільгоспопераций оброблення сільгоспкультур, недотриманням оптимальних параметрів і режимів роботи МТА.

Визначення E_A виконується за залежністю [11]:

$$E_A = \frac{\sum_{i=1}^{N_i} (C_{ni} W \cdot T_{cm} n_{cm}) + N_i W T n_{cm}}{S_o}, \quad (2)$$

де $C_{ni} = V \Delta u Q / 100$ – коефіцієнт втрат врожаю, МДж/га·день; V – врожайність, що планується, кг/га; Δu – втрати врожаю (%) на один день підвищення агротермінів виконання сільгоспопераций; N_i – кількість цілих днів в N^i технологічного процесу, що виконується; S_o – об'єм роботи на даній операції, га; W – продуктивність МТА, га/год.; Q – енергоємність одного кілограма сільгоспродукту, МДж/кг.

Параметр Q не однаковий для різних сільгоспкультур: пшениця – 12,8; кукурудза на зерно – 12,2; овес – 11,0; ячмінь – 10,8; картопля – 2,4; кукурудза на силос – 2,0.

Кількість днів, необхідних для виконання об'єму робіт S_o визначається за залежністю:

$$N^i = \frac{S_o}{W T_{cm} n_{cm}}, \quad (3)$$

де T_{cm} – тривалість зміни, год.; n_{cm} – кількість змін в одному робочому дні.

Втрати врожаю Δy (%) на один день підвищення агротермінів виконання сільгоспопераций оцінюється за таблицею 2 [11].

Таблиця 2 – Зменшення втрат врожаю Δy на 1 день скорочення періоду польових робіт, %

Вид робіт	Δy	Культура	Δy	
			Посів	Збирання
Лущення стерні	0,80	Колосові	0,9	3,00
Безвідвальна обробка	0,50	Кукурудза на силос	0,6	0,80
Культивація	0,30	Соняшник	0,8	3,60
Дискування	0,05	Горох	1,5	0,60
Боронування	1,20	Буряк	1,6	0,02
Оранка зяби	0,50	Картопля	1,8	1,50

Визначення втрат енергії E_A за залежністю (2) виконується шляхом порівняння базового значення продуктивності W_s , яке відповідає номінальному режиму МТА і оптимальному W_o при врахуванні негативного впливу коливань навантаження агрегату. Оцінка впливу оптимальних параметрів і режимів роботи МТА на енерговитрати технологічного процесу визначається за залежністю [11]:

$$\lambda_{\bar{E}_{MTA}} = \bar{E}_{MTA} / \bar{E}_{MTA \delta}, \quad (4)$$

де $\bar{E}_{MTA}, \bar{E}_{MTA \delta}$ – відповідно середнє і базове значення енерговитрат МТА в області оптимального і номінального режимів роботи двигуна, МДж/га.

Загальна енергопродуктивність врожаю E_n визначається за залежністю:

$$E_n = E_e \eta_e + \Delta E_{ni}, \quad (5)$$

де E_e – екологічна енергія, МДж; η_e – біоенергетичний ККД рослин; ΔE_{ni} – збільшення енергопродуктивності при енерготехнологічних впливах E_{ai} :

$$\Delta E_{ni} = \sum_{i=1}^n E_{ai} \cdot \eta_{ai}, \quad (6)$$

де η_{ai} – біоенергетичний ККД оцінки антропогенних впливів.

За залежністю (6) отримаємо:

$$\eta_{ai} = \Delta E_{ni} / \sum_{i=1}^n E_{ai}. \quad (7)$$

Витрати антропогенних впливів E_{ai} формуються, перш за все, із витрат на насіння і добрива, на паливо-мастильні матеріали, а також із енергії, витраченої при використанні техніки. В даному випадку біоенергетичний ККД при оптимальних режимах роботи МТА записується у вигляді:

$$\eta_{ai} = \Delta E_{ni} / \left(\sum_{i=1}^n E_{ai} \lambda_{\bar{E}_{MTA}} \right). \quad (8)$$

При оцінці η_{ai} необхідне врахування енергії при виконанні МТА збиральних робіт на втрати врожаю. З цією метою у Харківській філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого було проведено випробування жнивarki Olimac Drago (Італія) і висвітлена доцільність використання жнивarki в умовах України на збиранні кукурудзи на зерно (Рис. 3) [12].

Проведеною експлуатаційно-технологічною оцінкою встановлено, що продуктивність за годину основної роботи на робочій швидкості 11 км/год. і робочій ширині захвату 5,6 м

становила 6,0 га/год. Зниження продуктивності за змінним часом до 5,4 га/год. в основному пов'язане із витратами часу на переїзди по полю, переведення жниварки з робочого в транспортне положення і зворотно, технічне та технологічне обслуговування. Питома витрата палива склала 17,8 л/га.

Якість зерна (з бункера), %: основне зерно – 98,9; домішки – 1,1. Врожайність насіння – 90 ц/га, втрати зерна по бункеру – 99 кг/га; при енергоємності одного кілограму кукурудзи на зерно 12,2 МДж/кг «не корисні» енерговитрати жниварки Drago GT8-70 (8FR70-GT) в складі з комбайном Claas Lexion 760 дорівнюють 1207,9 МДж на одному гектарі зібраної кукурудзи на зерно. За енерговитратами модель жниварки Drago GT8-70 (8FR70-GT) відповідає нормативній документації.



Рис. 3 – Процес збирання кукурудзи на зерно жниварним комплексом: жниварка Drago GT8-70 (8FR70-GT) + комбайн Claas Lexion 760

При обробітці різних сільгоспкультур важлива оцінка чутливості їх енергопродуктивності до енерготехнологічних впливів при виконанні певного технологічного процесу. З цією метою Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого в одному із районів Харківської області прийняла участь у виконанні технологічних процесів посіву ярової пшениці на площі 25 га. За залежністю (6) при енерготехнологічному впливі E_{ai} оцінювалася чутливість енергопродуктивності виконуваних технологічних операцій (табл. 3).

Таблиця 3 – Чутливість енергопродуктивності ΔE_{ni} ярової пшениці до енерготехнологічних впливів E_{ai}

Енергетичний вплив E_{ai}	Збільшення		Енергомісткі збільшення, МДж/га	Енерговитрати, МДж/га	Чутливість енерго-сполучення
	%	ц/га			
Обробка ґрунту під пар з внесення добрив	16	5,30	6784	5140	1,32
Зяблева оранка	5	2,42	3098	2245	1,38
Лущення	4	1,18	1510	553	2,73
Передпосівна культивуація	4	1,18	1510	236	6,39
Підготовка насіння до посіву	3,6	1,14	1459	269	5,43
Посів з внесенням мінеральних добрив	6	2,68	3430	2560	1,34
Закриття вологи	3	0,95	1229	201	6,10
Боронування сходів	2	0,64	819	199	4,10

Аналіз даної таблиці показує, що найбільший вплив на збільшення врожаю ярової пшениці

мають технологічні процеси обробки ґрунту під пар з внесення добрив, зяблева оранка, посів з внесенням мінеральних добрив і т.д. При цьому найбільшу чутливість енерговитрат на збільшення врожаю ярової пшениці мають технологічні процеси передпосівної культивування, підготовка насіння до посіву, закриття вологи і т.д.

Висновки.

Енерготехнологічна адаптація тракторів загального призначення оцінюється за ступенем зниження його енерговитрат в агротехнологіях при реалізації біопотенціалу сільгоспкультур. Запропонована методика оцінки біопотенціалу сортових можливостей основних сільгоспкультур, що базується на оптимізації технологічного процесу, а також добрив з врахуванням метеорологічних факторів і природного потенціалу ґрунту. Експериментально доказано, що на збиральних роботах кукурудзи на зерно «не корисні» енерговитрати жнивarki Drago GT8-70 (8FR70-GT) в складі комбайна Claas Lexion 760 дорівнюють 1207,8 МДж на одному гектарі зібраної кукурудзи на зерно. На збільшення врожаю ярової пшениці має місце підвищення реалізації її біопотенціалу в технологічних процесах передпосівної культивування, закриття вологи, підготовка насіння до посіву.

Відкритим залишається питання оцінки взаємозв'язку витрати палива двигуном трактора з біопотенціалом обробітку сільгоспкультур. Необхідне виконання теоретичних і експериментальних досліджень у даному напрямку, особливо комбінованих сільгоспагрегатів.

Список літератури:

1. Macmillan, R. H. The mechanics of tractor-implement performance: theory and worked examples: a textbook for students and engineers. The University of Melbourne, 2002., 166 p.
2. Надикто В., Кюрчев В. Нові елементи теорії тягової динаміки та експлуатації колісних тракторів. Техніка і технології АПК. 2021. № 4 (117). С. 21-26.
3. Лебедев А. Сучасні проблеми теорії трактора. Техніка і технології АПК. 2021. № 1 (118). 20-25.
4. Лебедев А., Лебедев С. Технологічна адаптація тракторів загального призначення. Техніка і технології АПК. 2021. № 4 (121). С. 17-21.
5. Лебедев С. Технічний рівень тракторів сільськогосподарського призначення на ринку України. Техніка і технології АПК. 2014. № 11 (52). С. 8-12.
6. Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів (2018). Лебедев А.Т., Лебедев С.А., Коробко А.І. Під ред. А.Т. Лебедева. Харків: Вид-во «Міськдрук». 394 с.
7. Біотехнологія: Підручник/В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; За заг.ред. В.Г. Герасименка. – К: Фірма «ІНКОС», 2006. – 647 с.
8. Довідка про результати державних випробувань сільськогосподарських культур на сортостанціях Харківської області за 2016 р. Харків: Інспектура держкомісії з Харківської області, 2017. 93 с.
9. Пастухов В.І. Якість механізованих технологічних операцій і біопотенціал польових культур: Наукові рекомендації працівникам механізованого рослинництва. Харків: Ранок, 2002. 124 с.
10. Ковтун Ю.І. Система якості «поле-машина» з основами агрокваліметрії: Наукові рекомендації для працівників механізованого рослинництва. Харків: ПНВП Промпроект, 2007. 140 с.
11. Журавлев С.Ю., Цугленок Н.В. Оценка влияния оптимальных показателей работы МТА на энергозатраты технологического процесса. Вестник КрасГАУ. 2010. № 10. С. 146-151.
12. Коробко А., Тетівник Г., Твердохліб С., Козлов Ю. Випробування жнивarki Olimac, типу Drago, виробництва компанії Olimac s.r.l. (Італія). Техніка і технології АПК. 2021. №1 (118). С. 13-16.

References (transliterated):

1. Macmillan, R. H. The mechanics of tractor-implement performance: theory and worked examples: a textbook for students and engineers. The University of Melbourne, 2002., 166 p.
2. Nadykto V., Kiurchev V. Novi elementy teorii tiahovoi dynamiky ta ekspluatatsii kolisnykh traktoriv. Tekhnika i tekhnolohii APK. 2021. № 4 (117). S. 21-26.
3. Lebediev A. Suchasni problemy teorii traktora. Tekhnika i tekhnolohii APK. 2021. № 1 (118). 20-25.
4. Lebediev A., Lebediev S. Tekhnolohichna adaptatsiia traktoriv zahalnoho pryznachennia. Tekhnika i tekhnolohii APK. 2021. № 4 (121). S. 17-21.
5. Lebediev S. Tekhnichnii riven traktoriv silskohospodarskoho pryznachennia na rynku Ukrainy. Tekhnika i tekhnolohii APK. 2014. № 11 (52). S. 8-12.
6. Kvalimetriia ta metrolohichne zabezpechennia vyprobuvan traktoriv (2018). Lebediev A.T., Lebediev S.A., Korobko A.I. Pid red. A.T. Lebedieva. Kharkiv : Vyd-vo «Miskdruk». 394 s.

7. Biotekhnolohiia: Pidruchnyk/V.H. Herasymenko, M.O. Herasymenko, M.I. Tsvilikhovskyyi ta in.; Za zah.red. V.H. Herasymenka. – K: Firma «INKOS», 2006. – 647 s.
8. Dovidka pro rezultaty derzhavnykh vyprovovan silskohospodarskykh kultur na sortostantsiakh Kharkivskoi oblasti za 2016 r. Kharkiv: Inspektura derzhkomisii z Kharkivskoi oblasti, 2017. 93 s.
9. Pastukhov V.I. Yakist mekhanizovanykh tekhnolohichnykh operatsii i biopotentsial polovykh kultur: Naukovi rekomendatsii pratsivnykam mekhanizovanoho roslynnytstva. Kharkiv: Ranok, 2002. 124 s.
10. Kovtun Yu.I. Systema yakosti «pole-mashyna» z osnovamy ahrokvalimetrii: Naukovi rekomendatsii dlia pratsivnykiv mekhanizovanoho roslynnytstva. Kharkiv: PNVP Promproekt, 2007. 140 s.
11. Zhuravlev S.Iu., Tshulenok N.V. Otsenka vliyaniya optymalnykh pokazatelei raboty MTA na enerhozatraty tekhnolohycheskoho protsessa. Vestnyk KrasHAU. 2010. № 10. S. 146-151.
12. Korobko A., Tetivnyk H., Tverdokhlib S., Kozlov Yu. Vyprovovannia zhnyvarky Olimac, typu Drago, vyrobnytstva kompanii Olimac s.r.l. (Italiia). Tekhnika i tekhnolohii APK. 2021. №1 (118). S. 13-16.

Надійшла (received) 18.12.2023 р.

Відомості про авторів / About the Authors

Лебедев Анатолій Тихонович (Lebedev Anatoliy) – доктор технічних наук, професор, Сумський національний аграрний університет, професор кафедри агроінжинірингу, м. Суми, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1975-3323>; e-mail: tiaxntusg@gmail.com

Лебедев Сергій Анатолійович (Lebedev Sergei) – кандидат технічних наук, директор, Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3067-5135>; e-mail: hfukrndipvt@gmail.com

Коробко Андрій Іванович (Korobko Andrii) – доктор технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технології машинобудування та ремонту машин, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6618-7790>; e-mail: ak82andrey@gmail.com

Шуляк Михайло Леонідович (Shuliak Mykhailo) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінжинірингу, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7286-6602>, e-mail: m.l.shulyak@gmail.com

Мурчич Максим Миколайович (Murchych Maksym) – здобувач вищої освіти PhD, Сумський національний аграрний університет, кафедра агроінжинірингу, м. Суми, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2824-152X> e-mail: murchych@gmail.com

Пирогов Олексій Олексійович (Pyrogov Oleksii) – здобувач вищої освіти PhD, Сумський національний аграрний університет, кафедра агроінжинірингу, м. Суми, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2892-4583>, e-mail: alexpirogov55@gmail.com