

Лебедєв С. А.¹,
Лебедєв А. Т.²,
Шевченко І. О.³

¹Харківська філія ДНУ
«УкрНДІПВТ імені
Леоніда Погорілого»,
м. Харків, Україна

²Сумський національний
аграрний університет,
м. Суми, Україна

³Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

E-mail:

hfukrndipvt@gmail.com,

tiaxntusg@gmail.com,

igorshvchnk@gmail.com

**ТЕХНОЛОГІЧНА АДАПТАЦІЯ ТРАКТОРІВ
ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
ІМПОРТНОГО ВИРОБНИЦТВА
В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ**

DOI: <https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-26-128-136>

УДК 631.27

Лебедєв С.А., Лебедєв А.Т., Шевченко І.О. Технологічна адаптація тракторів загального призначення імпортного виробництва в аграрному секторі України.

Анотація. У статті викладено нові елементи технологічної адаптації тракторів загального призначення імпортного виробництва, найбільш затребуваних в аграрному секторі України. Запропоновано новий алгоритм технологічної адаптації ґрунтообробного агрегату, реалізованого на стерні озимої пшениці трактором New Holland при агрегуванні з луцильником ДЛМ-8,0. Запропонована нова методика баластування трактора за групами технологічного процесу ґрунтообробки, що базується на визначенні маси баласту. Експериментально на тракторі John Deere 8400 доказане твердження, що застосування баласту ефективно до певного підвищення швидкості руху трактора. Розглянуті витрати потужності двигуна на пересування трактора при русі без баласту / з баластом на різних агрофонах.

Ключові слова: трактор, імпортне виробництво, загальне призначення, технологічна адаптація, алгоритм функціонування, баластування, стабільність функціонування.

Lebedev S.A., Lebedev A.T., Shevchenko I.O. Technological adaptation of general-purpose tractors of imported production in agricultural sector of Ukraine.

Abstract. The article presents new elements of technological adaptation of general-purpose tractors of imported production, the most in demand in the agricultural sector of Ukraine. A new algorithm of technological adaptation of the tillage unit implemented on winter wheat stubble by a New Holland tractor when aggregated with a DLM-8.0 huller is proposed. A new method of ballasting the tractor according to groups of the tillage technological process is proposed, which is based on determining the mass of the ballast. Experimentally, the statement that the use of ballast is effective to a certain increase in the

speed of the tractor is proven on the John Deere 8400 tractor. The engine power consumption for tractor movement when moving without ballast / with ballast on different agro backgrounds is considered.

Key words: tractor, imported production, general purpose, technological adaptation, operating algorithm, ballasting, operating stability.

Постановка проблеми

Трактори загального призначення застосовуються під час виконання енергоємних агротехнічних процесів основного обробітку ґрунту, культивуації, сівби тощо, зокрема у складі комбінованих і транспортно-технологічних агрегатів. На ринку тракторів в Україні серед тракторів загального призначення лідирують торговельні марки John Deere, Case IH, New Holland [1], за ступенем пристосованості тягово-швидкісних властивостей яких до виконання технологічного процесу за рівних умов експлуатації оцінюється їх технологічна адаптація. При цьому необхідне розв'язання наукової проблеми підвищення ефективності використання потенціальних можливостей тракторів імпортного виробництва в аграрному секторі України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В основу відомих досліджень і публікацій [2, 3] технологічної адаптації тракторів покладена методика оцінювання технічного рівня тракторів імпортного виробництва у порівнянні із вітчизняними. Запропоновано оцінювати технічний рівень тракторів за показниками енергонасиченості та експлуатаційною питомою витратою палива без взаємозв'язку із технологічним процесом, що виконуються. На необхідність врахування цієї складової під час технологічної адаптації тракторів звертається увага у роботі [4]. Зміст пропонуємої статті є розвитком методології технологічної адаптації тракторів загального призначення [3] для тракторів імпортного виробництва в аграрному секторі України.

Формулювання мети досліджень

Метою статті є викладення нових положень технологічної адаптації тракторів загального призначення імпортного виробництва в аграрному секторі України.

Результати досліджень

При технологічній адаптації тракторів оцінюється їх продуктивність, питомі паливні витрати і агротехнологічні властивості [5, 6]. Кодекс 2 ОЕСР (Організація економічного співробітництва і розвитку) [6] нормує методологію випробувань сільськогосподарських тракторів за оцінкою їх експлуатаційних якостей, до яких віднесені потужнісні показники, паливна економічність двигуна і трактора, керованість і стійкість руху. Багато країн не є членами ОЕСР, до яких відноситься Україна, частково або повністю використовують Кодекси ОЕСР для випробувань, проведення тендерів або регулювання питань імпорту тракторів. Багаторічний досвід випробувань тракторів у Харківській філії ДНУ «УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого» [7] дозволив сформулювати їх оціночні показники технологічної адаптації, що включає визначення продуктивності W , питомі паливні витрати g_w (кг/га) і узагальнений показник агротехнічних властивостей A_{mo} на операціях ґрунтообробки:

$$\left. \begin{aligned} W_i &= \xi_N N_e / E_{ni} \\ g_{wi} &= 2,77 g_{ен} E_{ni} \\ A_{moi} &= \sum_i^n S_j dj_{кi} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де ξ_N – рівень використання потужності N_e двигуна;

E_{ni} – енерговитрати на ширину захвату агрегату (кДж/м²);

$g_{ен}$ – питома витрата палива двигуном;

$S_j, dj_{кi}$ – коефіцієнти вагомості і рівня одиничних показників.

Встановлені за результатами моделювання і експериментів оптимальні значення W_i, q_{wi} і A_{moi} слугують основою формування алгоритму технологічної адаптації колісних 4К4 тракторів різної комплектації (на одинарних 1К і подвійних 2К колесах, з баластом / без баласту). Дане твердження підтвержене при випробуваннях у Харківській філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого ґрунтообробного агрегату у складі трактора New Holland Т8.390 і дискового луцильника ДЛМ-8,0 на луценні стерні озимої пшениці (рис. 1).



Технічні характеристики тракторів New Holland Т8.390:

Максимальна потужність, N_e , кВт (к.с.) – 286 (339);

Питома витрата палива, $g_{ен}$, г/кВт·год. – 215;

Максимальний крутний момент, Н·м – 1500;

Запас крутного моменту, % – 67;

Експлуатаційна вага, G , кг (Н) – 18000 (176580);

Тип рушіїв (колісна формула) – 4К4;

Діапазон робочих швидкостей руху, V , км/год. – 12...20.

Рис. 1. Ґрунтообробний агрегат New Holland Т8.390 + ДЛМ-8,0 під час випробувань

Визначення тягово-енергетичних показників агрегату New Holland Т8.390 + ДЛМ-8,0 при його технологічній адаптації виконана на луценні стерні озимої пшениці на полі з ухилом i – 3%, допустимому буксуванні δ – 16 %, коефіцієнті опору кочення f – 0,09.

Технологічна адаптація даного агрегату за тягово-енергетичними показниками характеризується наступними показниками:

- потужність двигуна, яку можливо реалізувати під час виконання технологічної операції $N_n^g = 140,69...93,84$ кВт;

- тягова потужність трактора, зумовлена його зчпними властивостями $N_{кр}^p = 194,25...299,7$ кВт;

- швидкість агрегату, за якою можливо досягти максимальної тягової потужності $V_{N_{кр}}^{\max} = 6,27$ км/год.;

- максимально можлива тягова потужність, яку реалізує трактор $N_{кр}^{\max} =$

169,71 кВт;

- тяговий ККД трактора при роботі $\eta_{\text{т}}^{\text{max}} = 0,59$;
- питома потужність необхідна для роботи лушильника $N_{\text{пит}} = 12,63$ кВт;
- оптимальний тяговий опір лушильника $R_{\text{ар}} = 58,85$ кН;
- раціональна швидкість роботи агрегату $V_{\text{рац}} = 10,32$ км/год;
- необхідна потужність для роботи агрегату із швидкістю $V_{\text{рац}} - N_{\text{агр}} = 168,7$ кВт;
- коефіцієнт використання максимальної тягової потужності трактора $\eta_{\text{тн}} = 0,98$.

Тягово-енергетичні показники ґрунтообробного агрегату New Holland Т8.390 + ДЛМ-8,0 є основою формування за показниками (1) методології технологічної адаптації тракторів загального призначення імпортного виробництва (табл. 1).

Встановлені за результатами теоретичних і експериментальних досліджень оптимальні значення питомих параметрів тракторів (табл. 1) слугують основою формування алгоритму технологічної адаптації колісних тракторів різної комплектації (на одинарних 1К і подвійних 2К колесах) і агрегатів на їх базі до природно-виробничих умов регіону.

При цьому основними параметрами технологічної адаптації тракторів є номінальні значення робочої швидкості V_n і продуктивності агрегатів W_i на операціях ґрунтообробки різних груп. Дані параметри регламентуються питомими параметрами: масою трактора $m_{\text{пит}}$ (кг/кВт), енерговитратами E_n (кДж/м²), шириною захвату $B_{\text{пит}}$ (м/кВт) або зворотною їй величиною $N_{\text{пит}}$ (кВт/м).

Таблиця 1

Питоми параметри колісних тракторів імпортного виробництва при адаптації до технологій ґрунтообробки

Група та назва операції	K_o , кН/м	ΔK , с ² /м ²	V_n , м/с	Комплектація	A_{mo}		$m_{\text{пит}}$, кг/кВт	E_n , кДж/м ²	$N_{\text{пит}}$, кВт/м
					4К4а	4К4б			
1. Відвальна оранка, глибоке рихлення	13,85	0,18	2,24	1К	0,52	0,60	67-68	28,4	59-61
				2К	0,52	0,59	73-74	27,2	58-60
2. Безвідвальна обробка, чизелювання	5,20	0,11	2,72	1К	0,44	0,59	61-62	11,4	30-31
				2К	0,44	0,58	68-70	10,9	29-30
3. Поверхнева обробка, пряма сівба	3,90	0,08	3,34	1К	0,40	0,58	56-57	8,72	28-29
				2К	0,40	0,56	63-63	8,40	27-28

Позначення: K_o , ΔK – питомий опір агрегованих сільгоспмашин та його прирощення; V_n – швидкість руху агрегату; A_{mo} – узагальнений показник енергетичних властивостей; питоми параметри маси трактора $m_{\text{пит}}$, енерговитрат E_n і ширини захвату $N_{\text{пит}}$.

$$\left. \begin{aligned} m_{шт} &= \eta_{ми} / (g\varphi_{кр} V_H) 10^{-3}; \\ E_n &= K_o \cdot \mu_{к} / \eta_{ми}; \\ B_{шт} &= \eta_{ми} / (K_o \mu_{к} \cdot V_H); \\ N_{шт} &= E_n V_H, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де $\varphi_{кр}$ – коефіцієнт використання зчпної ваги;

$$\mu_{к} = 1 + \Delta K_i (V_H^2 - 1,96);$$

$\eta_{ми}$ – тяговий ККД трактора.

При технологічній адаптації тракторів істотне значення має їх баластування, яке необхідне:

- забезпечення тяги трактора, яка є достатньою для виконання енергоємних технологічних операцій;
- гарантії, що передній міст має достатню вагу для забезпечення безпеки і стійкості кермової системи, створення достатньої ваги переднього моста, яка є важливою для стійкості під час роботи у полі, а також для транспортування в польових умовах і по дорогах;
- гарантії, що задній міст навантажено достатньо для витягування, гальмування та стійкості, коли навантажувач або інше переднє знаряддя під'єднано до передньої частини трактора;
- баласт необхідно обмежити мінімальним значенням вантажності шини або потужності двигуна трактора.

При використанні рідкого баласту рекомендується розчин води та хлористого кальцію. Якщо його правильно використовувати він не пошкодить шинам, камерам або ободам, заповнення задніх шин до рівня 40 %, передніх до – 75 %, щоб мати більшу вагу і для підвищення їх жорсткості, що допоможе зниженню резонансних коливань трактора.

При баластуванні трактора маса знімного баласту (твердого або рідкого) визначається при технологічній адаптації для операцій ґрунтообробки кожної із трьох груп (див. табл. 1) за залежностями:

$$\left. \begin{aligned} m_{Б3} &= m_{Бmin} = m_{e3} - m_{e0}; \\ m_{Б1} &= m_{Бmax} = m_{e1} - m_{e0}; \\ m_{Б2} &= m_{e2} - m_{e0}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де $m_{e0} = (1,05 - 1,06) m_o$ – експлуатаційна маса трактора при конструктивній m_o .

До недавнього часу баластування рекомендувалося [8] реалізовувати у межах (0...23) % від експлуатаційної ваги трактора, то нині за декларацією закордонних фірм – до 100 % і навіть більше. Тобто трактор може бути забаластований масою рівною або більшою за його експлуатаційну. Позитивному результату цього баластування немає ні теоретичного, ні практичного підтвердження. Наприклад, на тракторі John Deere 8R410 (рис. 2) маса баласту на важких тягових роботах 4200 кг при експлуатаційній вазі трактора 18400 кг, тобто 22,8 % [9].

Аналіз результатів оцінки впливу баластування трактора John Deere 8R410 на його тягово-енергетичні показники дозволяє відмітити, неможливість його застосування при технологічній адаптації за трьома групами ґрунтообробки (див. табл. 1), що передбачають коректування маси баласту (3). Ефективність тракторів загального призначення на стабільна при зміні швидкості їх руху. Наприклад, при випробуваннях у тракторній лабораторії університету Небраски (США) [9] трактора John Deere 8400R Diesel ($N_e = 252,26$ кВт, маса баласту 2673 кг) ефективність баластування доведена для

певних швидкостей руху. На швидкостях руху без баласту/з баластом 5,86 / 5,63 км/год. трактор має тягове зусилля відповідно 131,45 / 161,59 кН, тобто підвищується на 23 %; на швидкостях 8,53 / 8,75 км/год. тягове зусилля знижується на 10 %; на швидкостях вище 10 км/год. підвищення тягового зусилля не підтверджується внаслідок підвищення витрат енергії на пересування трактора.



Номінальна потужність – 302 кВт;
Швидкість руху з важким культиватором – 7,0 км/год.;
Корисна потужність, що подається – 218 кВт;
Витрата дизельного палива – 54,6 кг/год.;
Розподіл навантаження за осями:
передня 8100 кг (44 %);
задня 10300 кг (56 %)

Рис. 2. Трактор John Deere 8R410 на ґрунтообробних роботах

Отже, застосування баласту ефективно до певного підвищення швидкості руху трактора.

Випробування тракторів у лабораторії університету Небраски (США) [9] проводяться на твердій поверхні (бетон, щільний ґрунт), що не дозволяє оцінити енерговитрати на рух трактора по ґрунту, що змінюється. Визначення витрат потужності на пересування трактора на різних агрофонах з баластом і без баласту проведено у Харківській філії ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого» на тракторі John Deere 6230 (рис. 3).



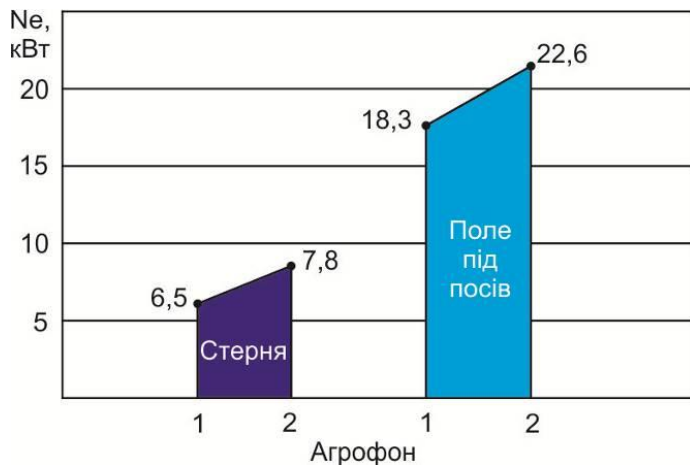
Технічні характеристики:
Номінальна потужність двигуна, кВт (к.с.) – 70 (95);
Вантажопідйомність навішування, кг – 5100;
Маса без баласту, кг – 4390;
Маса з баластом, кг – 5430;
Колісна база, мм – 2400;
Довжина, мм – 4289;
Ширина, мм – 2275;
Висота до верхньої точки від ґрунту, мм – 2714.

Рис. 3. Трактора John Deere 6230 з баластом при випробуваннях

Методика досліджень базується на визначенні тягового зусилля на ведучих колесах трактора за різницею лінійного прискорення [7] відповідно при розгоні і вибігу (вимкнена муфта зчеплення, нейтральна передача трансмісії). При цьому ефективна потужність двигуна оцінюється по добутку тягового зусилля на ведучих колесах трактора на швидкість усталеного руху при розгоні.

Експериментальні дослідження проведені із застосуванням мобільного контрольно-вимірювального комплексу, розробленого у харківських університетах

ХНАДУ та ХНТУСГ імені Петра Василенка за участю Харківської філії ДНУ «УкрНДІПВТ імені Леніюда Погорілого» і авторів цієї статі.



Агрофон – стерня колосових культур, поле підготовлене під посів; ґрунт – чорнозем, малогумусний.
Умови випробувань: рельєф поля – вирівняний.
Режими випробувань: рух без баласту; з баластом 1040 кг.

Рис. 4. Витрати потужності N_e на пересування трактора John Deere 6230 при русі без баласту (1), з баластом (2)

Експериментальні дослідження виконані за СОУ 71.2-37-046043090-017:2015 «Сільськогосподарська техніка. Визначення тягових показників тракторів. Метод парціальних прискорень», розробленого Харківської філією ДНУ «УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого».

Аналіз результатів експериментального дослідження показав, що застосування баласту підвищує витрати потужності на пересування трактора John Deere 6230, які на стерні колосових культур дорівнюють 7,8 кВт (11,14 % від N_e двигуна), на полі, підготовленому під посів, – 22,6 кВт (32,2 % від N_e двигуна). Це призводить до зниження корисної роботи трактора на довжині гону 1000 м на стерні колосових культур на 12,1 %, на полі, підготовленому під посів, – на 33,4 %.

Обговорення

Одночасно відмічено, що замало або забагато баласту призводить до зниження експлуатаційних властивостей трактора. Замало баласту: надмірне обертання коліс, втрати при передачі потужності, зношення шини, втрати палива, нижча продуктивність; забагато баласту: трамбування ґрунту, втрата потужності, збільшення навантаження, втрати палива, нижча продуктивність.

Баластування має істотний вплив на тягове зусилля. Наприклад, при випробуванні тракторів New Holland T6.180 Dynamic Command (N_e – 117 кВт), Case IH Maxxum 145 Active Drive 8 (N_e – 114 кВт), John Deere 8335R (N_e – 246 кВт), проведених у тракторній лабораторії університету Небраски (США) [9], відмічено, що при збільшенні зчіпної ваги трактора масою у межах 10000 кг баластом масою 2000 кг збільшується тягове зусилля на 1000 кг. Такий же ефекти досягається тракторами при роботі з навісними сільгоспмашинами, які додатково завантажують задню ось трактора. При перевантаженні трактора забезпечується навісною системою підйом сільгоспзнаряддя на декілька сантиметрів, забезпечуючі підвищення навантаження задньої осі і тягового зусилля.

На тракторах загального призначення імпортного виробництва, найбільш затребуваних у аграрному секторі України, наприклад John Deere серії 8R, при їх технологічній адаптації ефективна система Touch Set™, яка забезпечує стабільність

глибини обробки ґрунту (рис.5).

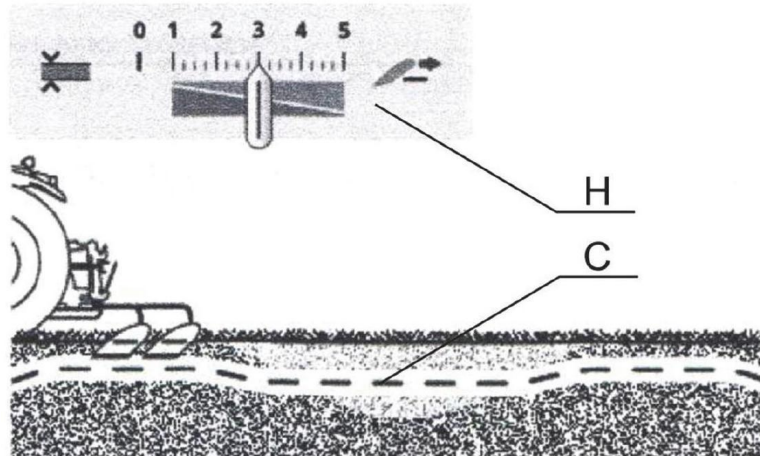


Рис. 5. Середнє значення (С) глибини обробки ґрунту забезпечується системою налаштування (Н), яка розташована в кабіні трактора

Дана система допускає ручне і автоматичне керування глибиною обробки ґрунту із кабіни трактора. При ручному керуванні допустимі верхнє і нижнє значення глибини обробки ґрунту відображається на відповідних індикаторах. Автоматичний режим глибини обробки ґрунту забезпечується системою Command Center™, встановленою в кабіні трактора. Однією із функцій даної системи є оптимальне керування роботою задньої зчипки трактора, яка забезпечує його роботу при максимальному коефіцієнті використання експлуатаційної ваги.

Висновки

1. На ринку тракторів в Україні серед тракторів загального призначення лідирують трактори імпортного виробництва, за ступенем пристосованості яких до виконання технологічного процесу оцінюється їх технологічна адаптація.

2. Сформульовані оціночні показники технологічної адаптації, до яких віднесені продуктивність і питома витрата палива тракторного агрегату, а також узагальнений показник агротехнічних властивостей на операціях ґрунтообробки. На прикладі ґрунтообробного агрегату у складі трактора New Holland T8.390 і дискового лущильника ДЛМ-8,0 на лущенні стерні озимої пшениці обґрунтована методологія технологічної адаптації тракторів імпортного виробництва в аграрному секторі України.

3. Доказана ефективність баластування тракторів загального призначення, яка базується на твердженні про необхідність зміни маси баласту тракторів імпортного виробництва за групами ґрунтообробки. Для тракторів John Deere серії 8R при технологічній адаптації ефективна система Touch Set™, яка забезпечує стабільність глибини обробки ґрунту.

Список використаних джерел

1. Цема Т., Афанасьєва С., Рижкова С. Дослідження елементів технічного регулювання щодо введення в обіг та в експлуатацію сільськогосподарських і лісогощподарських тракторів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр.

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2021. Випуск 29 (43). Дослідницьке. С. 14–28.

2. Лебедев С. Технічний рівень тракторів сільськогосподарського призначення на ринку України. Техніка і технології АПК. 2014. № 11 (52). С. 8-12.

3. Лебедев А., Лебедев С. Технологічна адаптація тракторів загального призначення. Техніка і технології АПК. 2021. № 4 (121). С. 19-21.

4. Лебедев А., Лебедев С., Коробко А. Системний підхід до оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2022. Випуск 30 (44). Дослідницьке. С. 11–21.

5. ДСТУ 7463:2013. Сільськогосподарська техніка. Трактори сільськогосподарські. Класифікація показників. [Чинний від 2014-01-01]. К., 2013. 11 с. (Національний стандарт України).

6. OECD Standard Code For The Official Testing Of Agricultural And Forestry Tractor Performance. Code 2. 2012. 107 p.

7. Лебедев А.Т., Лебедев С.А., Коробко А.І. Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів. Харків : Вид-во «Міськдрук», 2018. 394 с.

8. Надикто В., Кюрчев В. Нові елементи теорії тягової динаміки та експлуатації колісних тракторів. Техніка і технології АПК. 2021. № 4 (117). С. 21-26.

9. Nebraska Tractor Test: веб-сайт. URL: Searching: DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. (дата звернення: 23.01.2025).

References

1. Tsema T., Afanas'eva S., Ryzhkova S. Doslidzhennya elementiv tekhnichnoho rehulyuvannya shchodo vvedennya v obih ta v ekspluatatsiyu sil's'kohospodars'kykh i lisohospodars'kykh traktoriv. Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniky i tekhnolohiy dlya sil's'koho gospodarstva Ukrayiny. Zb. nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. 2021. Vypusk 29 (43). Doslidnyts'ke. pp. 14–28.

2. Lebedyev S. Tekhnichniy riven' traktoriv sil's'kohospodars'koho pryznachennya na rynku Ukrayiny. Tekhnika i tekhnolohiyi APK. 2014. № 11 (52). pp. 8-12.

3. Lebedyev A., Lebedyev S. Tekhnologichna adaptatsiya traktoriv zahal'noho pryznachennya. Tekhnika i tekhnolohiyi APK. 2021. № 4 (121). pp. 19-21.

4. Lebedyev A., Lebedyev S., Korobko A. Systemnyy pidkhid do otsinyuvannya ekspluatatsiynykh yakostey sil's'kohospodars'kykh traktoriv. Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniky i tekhnolohiy dlya sil's'koho gospodarstva Ukrayiny. Zb. nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. 2022. Vypusk 30 (44). Doslidnyts'ke. pp. 11–21.

5. DSTU 7463:2013. Sil's'kohospodars'ka tekhnika. Traktory sil's'kohospodars'ki. Klyasyfikatsiya pokaznykiv. [Chynnyy vid 2014-01-01]. K., 2013. 11 p. (Natsional'nyy standart Ukrayiny).

6. OECD Standard Code For The Official Testing Of Agricultural And Forestry Tractor Performance. Code 2. 2012. 107 p.

7. Lebedyev A.T., Lebedyev S.A., Korobko A.I. Kvalimetriya ta metrolohichne zabezpechennya vyprobuvan' traktoriv. Pid red. A.T. Lebedyeva. Kharkiv : Vyd-vo «Mis'kdruk», 2018. 394 p.

8. Nadykto V., Kyurchev V. Novi elementy teorii tyahovoyi dynamiky ta ekspluatatsiyi kolisnykh traktoriv. Tekhnika i tekhnolohiyi APK. 2021. № 4 (117). pp. 21-26.

9. Nebraska Tractor Test: веб-сайт. URL: Searching: DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. (data zvernennya: 23.01.2025).