

ФОРМУВАННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРАКТОРА ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Лебедєв А., д-р. техн. наук, проф.,

<https://orcid.org/0000-0002-1975-3323>, e-mail: tiaxntusg@gmail.com ,

Лебедєв С., канд. техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0002-3067-5135>, e-mail: hfukrndipvt@gmail.com,

Коробко А., канд. техн. наук, доц., п. н. с.,

<https://orcid.org/0000-0002-6618-7790>, e-mail: ak82andrey@gmail.com

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

Шевченко І., канд. техн. наук, доц.,

<https://orcid.org/0000-0002-1280-5290>, e-mail: igorshvchnk@gmail.com ,

Державний біотехнологічний університет

Анотація

Мета дослідження. Підвищення ефективності використання тракторів завдяки вдосконаленню механізму формування тягово-швидкісних властивостей трактора загального призначення за нестабільності його зчірної ваги.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи з оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів є Кодекс 2 ОЕСР, який нормує методики їх випробувань. Визначення тягових показників тракторів виконується методом, регламентованим СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015 із застосуванням вимірювально-реєстраційного комплексу. Визначено метод і вимірювально-реєстраційний комплекс. Для формування наукової проблеми, мети і постановки завдань дослідження використовується аналітичний метод і порівняльний аналіз із результатами експериментальних досліджень.

Результати дослідження. За результатами випробувань потужних тракторів можна зробити висновок, що за коефіцієнтом використання зчірної ваги лідирує трактор Challenger MT875E, поступаючись на 2,0 % трактору Case IH Quadtrac 630 за максимальною силою тяги. Колісні трактори Case IH Magnum 380 CVX, Fendt 1050 Vario, New Holland T9. 560 мають приблизно однаковий коефіцієнт використання зчірної ваги — 62-65 %, поступаючись гусеничному трактору Challenger MT875E. Порівнюючи η_T випробовуваного у Харківській філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого вітчизняного трактора ХТА-250-22 з η_T колісних тракторів закордонного виробництва, необхідно відмітити його незначне зниження значення $\eta_T = 0,625$.

Висновки. Формування тягово-швидкісних властивостей трактора спрямоване на підвищення його пристосованості до виконання технологічного процесу. Для тракторів загального призначення рекомендовано оцінювати їхні тягово-швидкісні властивості за найбільш значимим параметром – коефіцієнтом використання зчірної ваги. Експериментально доведено, що робота трактора ХТА-250-22 у режимі максимального тягового ККД на стерні колосових культур забезпечується з коефіцієнтом використання зчірної ваги, не досягаючи режиму підвищеного буксування, тобто трактор має резерв підвищення тягового зусилля. Для підвищення ефективності зчірної ваги трактора рекомендовано її перерозподіл відносно центра мас і баластування. Отже, застосування баласту ефективно для певного збільшення швидкості трактора.

Ключові слова: трактор, загальне призначення, тягово-швидкісні властивості, зчірна вага, тяговий ККД, баластування.

Вступ. Трактори загального призначення застосовуються під час виконання енергомістких агротехнологічних процесів основного обробітку ґрунту, культивації, сівби тощо, зокрема у складі комбінованих і транспортно-технологічних агрегатів. На ринку тракторів України трактори потужністю від 96 кВт до 221 кВт, до яких відносяться трактори загального призначення, лідирують торговельні марки «New Holland», «John Deere», «ХТЗ», «Case IH» та вітчизняні трактори ХТА ТОВ «Слобожанська промислова компанія» [Цема, 2021]. За рівнем пристосованості тягово-швидкісних властивостей трактора до виконання технологічного процесу за різних умов експлуатації оцінюється ступінь використання потенційних можливостей трактора і сільгоспмашин, які агрегуються з ним. За таких умов на енергомістких роботах, наприклад оранці, необхідне вирішення наукової проблеми оцінювання тягово-швидкісних властивостей трактора за одним з найбільш значимим (визначальним) параметром.

У ґрунтовних дослідженнях і публікаціях [Тракторы, 1988; Лебедев, 2007] запропоновано оцінювати тягові властивості тракторів за їхніми опорно-зчіпними властивостями без урахування умов експлуатації та режимів робочого ходу. Ця методика обґрунтування тягово-швидкісних властивостей трактора передбачає виконання значного обсягу експериментальних робіт за стабільного руху на гоні. Вітчизняні нормативні документи [ДСТУ, 2013] і методика випробування сільськогосподарських тракторів за Кодексом 2 ОЕСР [Кодекс, 2016] регламентують необхідність урахування опору коченню та частки ваги трактора, що припадає на тягові колеса під час виконання технологічної операції. Зазначені методи є ефективними під час випробування машин зі змінною масою [Artemov, 2015; Ovsyannikov, 2018; Shulyak, 2015; Shulyak, 2016].

Постановка завдань. Для тракторів під час оцінювання їхніх тягових властивостей ефективним є метод парціальних

прискорень [Метод, 2012], який базується на рішенні зворотної задачі динаміки: за відомого прискорення оцінюються сили, які діють. Одночасно необхідно відзначити, що оцінити експлуатаційні властивості трактора не завжди можна за діючими силами, наприклад енергетичні показники тракторного агрегата. Практика ставить перед наукою необхідність вирішення проблем системного підходу щодо оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів.

Метою дослідження є підвищення ефективності використання тракторів завдяки вдосконаленню механізму формування тягово-швидкісних властивостей трактора загального призначення за умови нестабільності його зчіпної ваги. Для досягнення поставленої мети необхідно дослідити тягово-швидкісні властивості із застосуванням коефіцієнта використання зчіпної ваги.

Методи і матеріали. Методологічною основою роботи з оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів є Кодекс 2 ОЕСР [Кодекс, 2016], який нормує методики їхніх випробувань. Визначення тягових показників тракторів виконується методом, регламентованим СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015 із застосуванням вимірювально-реєстраційного комплексу. Зазначений метод і вимірювально-реєстраційний комплекс розроблені за участі авторів цієї статті [Метод, 2012; Кваліметрія, 2018]. Для формування наукової проблеми, визначення мети і постановки завдань дослідження, використовується аналітичний метод і порівняльний аналіз із результатами експериментальних досліджень.

Результати. Рух трактора забезпечується за виконання умови перевищення тягового зусилля над силами опору руху, який визначається його тяговим балансом. За таких умов вирішальне значення мають тягово-зчіпні властивості трактора, які залежать, зокрема від його експлуатаційної ваги G_e , перетворення якої на тягове зусилля $P_{кр}$ оцінюється коефіцієнтом

використання G_e [Тракторы, 1988]:

$$\varphi_{кр} = \frac{P_{кр}}{G_e}. \quad (1)$$

За величиною $\varphi_{кр}$ можна порівнювати тягово-зчіпні властивості тракторів із різними ваговими параметрами й компоновальними схемами, різними типами ходової системи.

Під час руху трактора на рівному агрофоні ($\alpha = 0^\circ$) з коефіцієнтами зчеплення φ , опору кочення f і частки ваги трактора, які припадають на тягові колеса λ_K ($\lambda_K = 1$, $\lambda_K = 0,75$ - колісні трактори відповідно 4К46 і 4К4а) для тягових коліс маємо:

$$P_{кр} = \varphi \lambda_K G_e - f G_e. \quad (2)$$

Для даних умов руху трактора за (1) і (2) для одноприводних та повноприводних ($\lambda_K = 1$) отримаємо:

$$\varphi_{кр.1} = \varphi \lambda_K - f; \quad \varphi_{кр.2} = \varphi - f. \quad (3)$$

За (3) можна зробити висновок, що чим більше $\varphi_{кр}$ порівняно з f , тим більший запас тягового зусилля має трактор. В умовах експлуатації трактора його тягове зусилля змінюється від нуля до максимального значення $0 \rightarrow P_{кр} \rightarrow P_{кр \max}$, що визначається зчіпними властивостями за $G_e = \text{const}$. Отже, $\varphi_{кр}$ змінюється від нуля до $\varphi_{кр \max}$. Номінальному тяговому зусиллю відповідає оптимальне значення $\varphi_{кр \text{ опт}}$.

Доведено [Селиванов, 2012] взаємозв'язок $\varphi_{кр}$ з ККД кочення (η_f) та буксування (δ) трактора:

$$\eta_f = \frac{\varphi_{кр}}{(\varphi_{кр} + f)}; \quad (4)$$

$$\delta = \frac{a(\varphi_{кр} - d)}{(b - \varphi_{кр} + d)},$$

де a, b, d - емпіричні коефіцієнти, що визначаються експериментально.

ККД η_f , η_δ і трансмісії трактора $\eta_{тр}$ (0,86 - 0,93) визначаються тяговий ККД трактора:

$$\eta_t = \eta_{тр} \left[\frac{\varphi_{кр}}{(\varphi_{кр} + f)} \right] \cdot \left\{ 1 - \left[\frac{a(\varphi_{кр} - d)}{(b - \varphi_{кр} + d)} \right] \right\}. \quad (5)$$

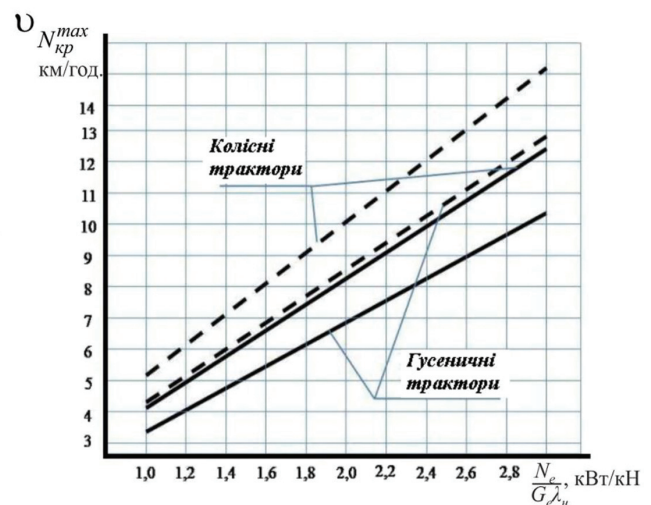
Отже, тягова характеристика тракто-

ра може бути виражена функцією одного аргументу $\varphi_{кр}$, що є найбільш значимим (визначальним) параметром під час оцінюванні тягових властивостей трактора. Тяговий ККД не залежить від класу трактора, а визначається конкретним конструктивним виконанням і умовами експлуатації. Він має максимальне і певну зону допустимих по буксуванню значень, відповідних $\varphi_{кр \text{ опт}}$ та $\varphi_{кр \max}$, які визначають величини номінального й максимального тягових зусиль трактора з експлуатаційною вагою G_e .

Швидкість руху трактора за потужності двигуна N_e визначається за залежністю [Тракторы, 1988]:

$$v_{N_{кр} \max} = 3,6 \frac{N_e \eta_{тр}}{G_e \lambda_K \varphi}. \quad (6)$$

У випадку відомого співвідношення N_e для конкретного трактора можна визначити швидкість, за якої досягається максимальна тягова потужність на певному агрофоні (рис. 1).



----- - стернове поле (для гусеничних тракторів $\varphi = 0,9$, для колісних тракторів $\varphi = 0,8$);
 - - - - культивоване поле (для гусеничних тракторів $\varphi = 0,75$, для колісних тракторів $\varphi = 0,65$)

Рисунок 1 - Графік залежності $v_{N_{кр} \max}$ від коефіцієнта використання зчіпної ваги

Зі зміною швидкості руху трактора змінюється його тягова потужність, яка досягає максимального значення за певного значення швидкості (рис. 2).

З графіка на рисунку 2 можна зробити висновок, що в інтервалі робочих швидкостей тягові можливості трактора обмежені його зчіпними можливостями. Точка перетину ліній, які характеризують зміни N_{Π}^{ϕ} і $N_{кр}^{\phi}$ визначають максимально можливу тягову потужність $N_{кр}^{max}$ і швидкість $v_{N_{кр}^{max}}$, за якої це можливо на зазначеному ґрунтовому фоні.

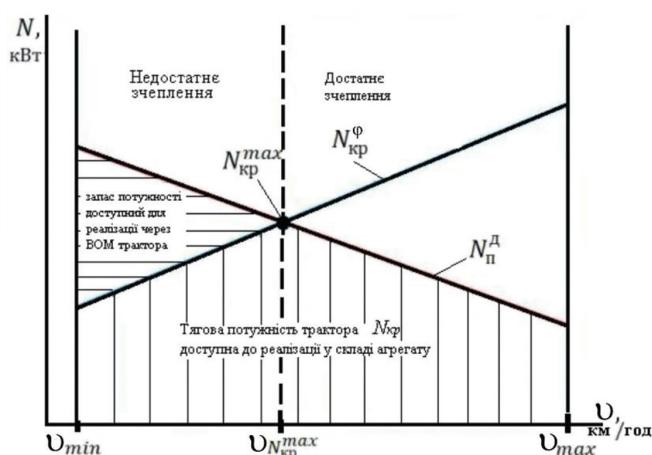


Рисунок 2 – Графік зміни тягової потужності трактора $N_{кр}$ зі зміною робочої швидкості руху

На основі аналізу проведених розрахунків можемо стверджувати, що максимальний ККД трактора η_T^{max} , який працює на певному агрофоні, досягається на швидкості $v_{N_{кр}^{max}}$ та визначається із залежності:

$$\eta_T^{max} = \frac{N_{кр}^{max}}{N_e} \quad (7)$$

У цьому випадку буде забезпечена найбільша реалізація тягових можливостей трактора, а також мінімум енерговитрат, оскільки відомо, що мінімальна питома витрата палива q_p досягається за $N_{кр}^{max}$.

Оптимізація $\phi_{кр\,opt}$ звичайно виконується із забезпеченням η_T^{max} [2]. За цих умов на потенційний тяговий характеристиці трактора виділяються основні режими роботи: $\phi_{кр\,max}$ – з допустимим буксуванням δ_{δ} і тяговим ККД η_{T1} ; $\phi_{кр\,opt}$ – з буксуванням $\delta_{ont} \leq \delta_{\delta}$ і максимальним тяговим ККД $\eta_T^{max} > \eta_{T1}$; $\phi_{кр\,min}$ – з буксуванням $\delta_{min} < \delta_{ont}$ і $\eta_{T\,min} = \eta_{T1}$.

У харківській філії УкНДІПВТ ім. Л. Погорілого під час контрольних випро-

бувань трактора загального призначення ХТА-250-22 (рис. 3) оцінений взаємозв'язок коефіцієнта використання експлуатаційної ваги $\phi_{кр}$ з буксуванням δ_{δ} і тяговим ККД на стерні колосових культур із певним значенням коефіцієнта опору перекочуванню f (табл. 1).



Рисунок 3 – Загальний вигляд трактора ХТА-250-22

Стисла технічна характеристика трактора ХТА-250-22:

Номинальне тягове зусилля, кН: 30 – 40;
Експлуатаційна маса трактора, кг: 8815;
Потужність двигуна номінальна, кВт (к. с.): 183,8 (250);

Питома витрата палива у режимі експлуатаційної потужності, г/кВт·год. (г/к. с.·год.): 247 (181).

Таблиця 1 – Показники оцінювання зчіпних властивостей трактора ХТА-250-22 (агрофон – стерня)

Показник	Режим η_T^{max}	Режим δ_{δ}
f	0,08	0,08
η_{mp}	0,88 – 0,90	0,88 – 0,90
$\phi_{кр}$	0,324	0,455
η_T	0,625	0,615

Аналіз таблиці свідчить, що робота трактора в режимі η_T^{max} забезпечується за $\phi_{кр}$, не досягаючи значень режиму δ_{δ} , тобто трактор має резерв підвищення тягового зусилля. Тяговий ККД трактора в режимі η_T^{max} перевищує значення режиму роботи за допустимого буксування.

Тягові властивості трактора ХТА-250-22

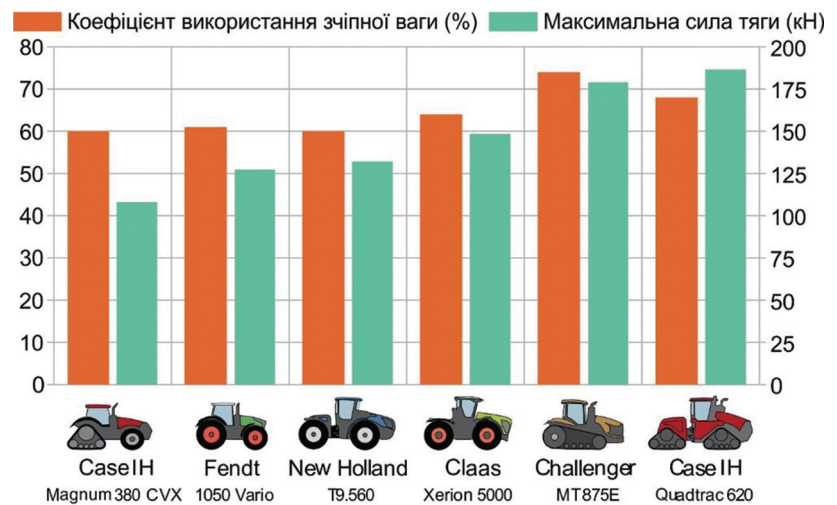
оцінені за методикою, що базується на методі парціальних прискорень [Метод, 2012], в основу якого покладено зворотній перехід від векторної суми в просторі сил, які діють на трактор, до векторної суми у просторі прискорень. Цей метод реалізований у СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015 з визначення тягових показників тракторів, розроблених у Харківській філії інституту.

Викликає інтерес взаємозв'язок коефіцієнта використання зчіпної ваги трактора з максимальною силою його тяги для різних компоновань шасі. За результатами випробувань потужних тракторів (до яких віднесені трактори загального призначення), проведених у Німецькому сільськогосподарському товаристві (DLG) [Nebraska] оцінені коефіцієнти використання зчіпної ваги і максимальної сили тяги тракторів закордонного виробництва (рис. 4).

У світовому тракторобудуванні та тракторовикористанні для підвищення ефективності зчіпної ваги трактора використовуються різні конструкційні вдосконалення (рис. 5).

Аналіз конструкцій і результатів випробувань тракторів [Nebraska; Тракторы, 2006] показує, що їхня зчіпна вага перерозподіляється в основному завдяки впливу навісного сільськогосподарського знаряддя на ходову систему і баластуванням трактора.

Під час роботи трактора з навісним знаряддям використовується система автоматичного регулювання на-



Case IH Magnum 380 CVX – напівгусеничний хід; Fendt 1050 Vario – стандартний колісний трактор; New Holland T9.560 – шарнірно-зчленована рама; Claas Xerion 5000 – усі керовані колеса; Challenger MT875E – гусеничний трактор з диференціальною системою повороту; Case IH Quadtrac 620 – гусеничний трактор з шарнірно-зчленованою рамою

Рисунок 4 – Коефіцієнт використання зчіпної ваги й максимальної сили тяги тракторів різних компоновань



Рисунок 5 – Шляхи перерозподілу зчіпної ваги трактора

вісного пристрою, до яких відноситься силове, позиційне й комбіноване регулювання. За силового регулювання можна враховувати, що тяговий опір був би постійним за умови стабільності питомого опору ґрунту, ширини захвату знаряддя і швидкості руху трактора. Для стабілізації тягового опору на заданому рівні система регулювання змінює глибину обробки. Однак її дія обмежена швидкісними можливостями гідравлічного приводу навісної системи, який не може відпрацьовувати швидкі зміни вказаних факторів. У цьому випадку відмічається перерозподіл центра мас трактора між рушіями ходової системи.

Комбіноване регулювання відрізняється від силового тим, що в ньому діє негативний зворотній зв'язок за положенням навісного сільгоспзнаряддя відносно остова трактора. За цього регулювання стабілізується глибина обробки ґрунту, положення центра мас трактора, а також його тягове зусилля і коефіцієнт використання експлуатаційної ваги.

На тракторах закордонного виробництва, наприклад John Deere серії 8R/RT, стабільність глибини обробки ґрунту забезпечується системою Touch Set™ (рис. 6).

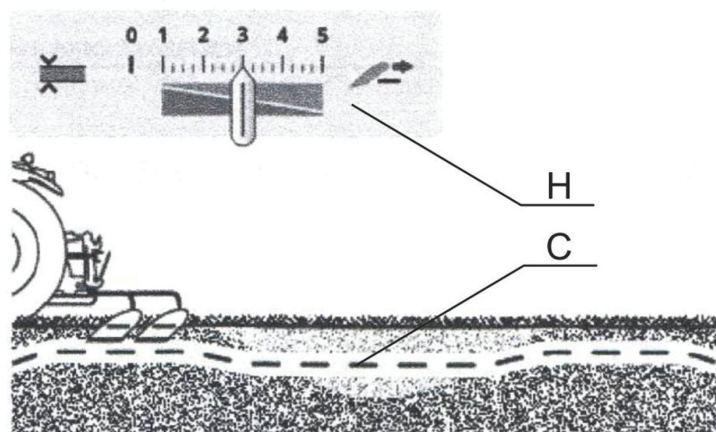


Рисунок 6 – Середнє значення (С) глибини обробки ґрунту забезпечується системою налаштування (Н), яка розташована в кабіні трактора

Ця система допускає ручне й автоматичне управління глибиною обробки ґрунту з кабіни трактора.

За ручного управління допустиме верхнє і нижнє значення глибини обро-

бітку ґрунту відображається на відповідних індикаторах.

За автоматичного режиму задана глибина обробки ґрунту забезпечується системою Command Center™ 4-го покоління, встановленою в кабіні трактора, яка характеризується наявністю аналізуючого блоку, що істотно розширює функціональні можливості керування режимами роботи трактора і його систем. Однією із функцій системи є оптимальне керування роботою задньої зчипки трактора, яка забезпечує його роботу з максимальним коефіцієнтом використання експлуатаційної ваги.

На перерозподіл зчипної ваги трактора істотно впливає його баластування, яке додається до маси трактора для раціонального розподілу ваги між переднім і заднім мостами. Баластування необхідне для забезпечення тяги трактора, достатньої для виконання енергомістких технологічних операцій, а також створення достатньої ваги переднього мосту, важливої для стійкості руху під час роботи в полі.

Ефективність баластування тракторів провідних світових тракторних фірм підтверджується на випробуваннях у тракторній випробувальній лабораторії університету Небраски (США) [Nebraska]. Наприклад, на випробуванні трактора John Deere 8400R Diesel ($N_e = 256,36$ кВт, маса баласту – 2678 кг) ефективність баластування доведена для певних швидкостей руху. На швидкостях 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 підвищується на 13 %, на швидкостях більше 10,0 км/год. підвищення тягового зусилля не підтверджується внаслідок підвищення витрат енергії на пересування трактора.

У харківській філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого для оцінки витрати потужності на пересування трактора проведено випробування трактора John Deere 6230 (маса без баласту 4390 кг, з баластом + 54 кг) (рис. 7) на різних агрофонах: стер-



Рисунок 7 – Трактор John Deere 6230 з баластом на випробуваннях

ня колосових культур, поле підготовлене під посів; ґрунт — чорнозем, малогумусний [Лебедев, 2018].

Установлено, що застосування баласту підвищує витрати потужності на пересування трактора John Deere 6230, які дорівнюють 7,8 кВт на стерні колосових культур (11,4 % від N_e двигуна); на полі підготовленому під посів, — 22,6 кВт (32,2 % від N_e двигуна), робота трактора за витратами енергії на пересування на цьому ґрунті неефективна.

Отже, використання баласту ефективно не до певного збільшення швидкості руху трактора на ґрунтах підвищеної щільності, наприклад стерні колосових культур.

Формуючи тягово-швидкісні властивості трактора, вирішується завдання обґрунтування його робочих швидкостей, які забезпечують роботу з наявним набором сільгоспмашин за умови завантаження дизеля до номінальної потужності (без перевантаження трактора більш максимальної сили тяги). Рішення цієї проблеми ефективно за умови застосування на тракторах двигунів постійної потужності (ДПП) за коефіцієнтом крутного моменту K (відношення максимального моменту двигуна до номінального) і трансмісії — за нерозривністю потоку енергії, що передається від двигуна до споживача (робочим органам, рушію) [Городецький, 2008]. За

$K = 1,4-1,5$ вживані на більшості тракторів закордонних фірм потужністю від 96 кВт до 221 кВт, встановлені механічні ступеневі трансмісії, які перемикаються на ходу в діапазонах. Перепад (q) передавальних чисел сусідніх передач (швидкостей) трансмісії для колісних і гусеничних тракторів повинен бути $q \leq 1,4$. У цьому випадку, наприклад, для трактора загального призначення для діапазону основних робочих (1-15 км/год.) і транспортних (15-40 км/год.) швидкостей необхідно шість передач.

Основні положення формування тягово-швидкісних властивостей трактора реалізовані на більшості тракторів закордонного виробництва з ДПП і механічними трансмісіями з перемиканням передач без розриву потоку потужності. Це підтверджується результатами випробувань тракторів закордонного виробництва в Німецькому сільськогосподарському товаристві (DLG).

Знижене навантаження за вагою передньої осі порівняно з задньою віссю трактора раціонально виконує перерозподіл його зчпної ваги баластуванням.

Обговорення. Закордонні вчені звертають увагу на те, що ефективність тракторів суттєво залежить від режимів роботи двигуна, де наявні відповідні резерви підвищення економічності. Про це свідчать спрямованість методики випробування тракторів за процедурою OECD Code 2 в лабораторіях NTTL [Nebraska, 2015-2019] у Сполучених Штатах Америки та в Німеччині [DLG, 2015-2019]. Водночас найбільш узагальненими критеріями ефективності тракторів є ККД машинно-тракторного агрегата та близький за суттю до нього показник — середня питома витрата палива в тягово-динамічних випробуваннях за циклами DLG PowerMix, які імітують повний комплекс сільськогосподарських операцій. В Україні випробування тракторів за ДСТУ 7462:2013 (підрозділи 4.3-4.6) базуються на їхньому гальмуванні через ВВП і рухливій гальмівній установці.

Недолік методик випробувань тракторів у лабораторіях NTTL (США) і DLG

(Німеччина) з оцінювання тягово-енергетичних показників тракторів полягає в тому, що вони передбачають випробування під час сталого руху тракторних агрегатів без урахування циклів робочого і холостого ходу. Це не оцінює комплексну роботу трактора у ході виконання технологічної операції.

За результатами випробувань потужних тракторів можна зробити висновок, що за коефіцієнтом використання зчпної ваги лідирує трактор Challenger MT875E, поступаючись на 2,0 % трактору, Case IH Quadtrac 630 за максимальною силою тяги. Колісні трактори Case IH Magnum 380 CVX, Fendt 1050 Vario, New Holland T9. 560 мають приблизно однаковий коефіцієнт використання зчпної ваги — 62-65 %, поступаючись гусеничному трактору Challenger MT875E.

На випробуваннях у DLG оцінені також тяговий ККД і максимальна тягова потужність тракторів закордонного виробництва. Максимальний тяговий ККД відмічений у гусеничного трактора Challenger MT875E ($\eta_{T_{max}}=0,72$), у колісних тракторів $\eta_T < 0,70$ (Claas Xerion 5000 — $\eta_T=0,67$, Fendt 1050 Vario — $\eta_T=0,65$, New Holland T9. 560 — $\eta_T=0,63$).

Порівнюючи η_T вітчизняного трактора ХТА-250-22, що проходив випробування у Харківській філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого з η_T колісних тракторів закордонного виробництва необхідно відмітити незначне зниження значення $\eta_T=0,625$ (табл. 1).

Висновки. Формування тягово-швидкісних властивостей трактора спрямовано на підвищення його пристосованості до виконання технологічного процесу. Для тракторів загального призначення рекомендовано оцінювати їхні тягово-швидкісні властивості за одним, найбільш значущим параметром, — коефіцієнтом використання зчпної ваги. Експериментально доведено, що робота трактора ХТА-250-22 у режимі максимального тягового ККД на стерні колосових культур забезпечується за коефіцієнта використання зчпної ваги, без досягнення режиму під-

вищеного буксування, тобто трактор має резерв підвищення тягового зусилля.

Для збільшення ефективності зчпної ваги трактора рекомендовано її перерозподіл відносно центру мас і баластування.

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

Перелік літератури

Антощенко В. М., Артьомов М. П., Бойко М. Ф., Лебедев А. Т., Мазоренко Д. І., & Шушляпін С. В. (2006). Трактори та автомобілі. Робоче, додаткове і допоміжне обладнання. Харків. 164 с.

Артемов Н. П., Лебедев А. Т., Подригало М. А., Полянський А. С., Клец Д. М., Коробко А. И., & Задорожная В. В. (2012). Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин. Харьков: Міськдрук. 220.

Городецкий К. И., & Титов А. И. (2008). Предпосылки формирования рабочих скоростей сельскохозяйственных тракторов. Тракторы и сельскохозяйственные машины. № 11. С. 30 — 33.

Гуськов В. В., Велев Н. Н., & Атаманов Ю. Е. (1988). Тракторы: Теория. М.: Машиностроение, 376 с.

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

Кодекс стандартів Організацій економічного співробітництва і розвитку (ОЭСР). (2016). «Испытания эксплуатационных качеств сельскохозяйственных тракторов» (официальный перевод) : информационное издание. 104 с.

Лебедев А. Т. (2007). Наука про трактори: проблеми та рішення. Тракторна енергетика в рослинництві: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. 60. 5—15.

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

Селиванов Н. И. (2012). Технологические основы адаптации тракторов. Крас-

ноябрьск. 259 с.

Цема Т., Афанасьєва С., & Рижкова С. (2021) Дослідження елементів технічного регулювання щодо введення в обіг та в експлуатацію сільськогосподарських і лісгосподарських тракторів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 36. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Вип. 29 (43). 14–28.

DLG e.V. – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft [Електронне джерело]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.dlg.org/de/>

Nebraska Tractor Test Laboratory : веб-сайт. URL: <http://tractortestlab.unl.edu/>; Німецьке сільськогосподарське товариство : веб-сайт. URL: <http://www.dlg.org>.

Ovsyannikov S., Kalinin E., & Koliesnik I. (2018). Oscillation process of multi-support machines when driving over irregularities. Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. 307–317.

Shulyak M. L. (2015). Oscillation of the speed of the MTA variable mass at a steady state of motion. Motrol Commision of motorization and energetics in agriculture. 17, 23–29.

Shulyak M. L. & Lebedev A. T. (2016). Assessment of the sustainability of agricultural technologies in crop production to changes in the parameters and operating modes of tractor units. Motrol Commision of motorization and energetics in agriculture. 18 5. 53–58.

References

Antoshchenkov V. M., Artyomov M. P., Boyko M. F., Lebedev A. T., Mazorenko D. I., & Shushlyapin S. V. (2006). Tractors and cars. Working, additional and auxiliary equipment. 164 p.

Artemov N. P., Lebedev A. T., Podrigalo M. A., Polyanskiy A. S., Klets D. M., Korobko A. I., & Zadorozhnaya V. V. (2012). Partial acceleration method and its applications in the dynamics of mobile machines. Kharkiv: Miskdruk. 220.

Guskov V. V., Velev N. N., & Atamanov Yu. E. (1988). Tractors: Theory. M.: Mashinostroenie. 376 p.

DLG e.V. – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft [Електронне джерело]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.dlg.org/de/>

DSTU 7463:2013 (2013). Agricultural machinery. Agricultural tractors. Classification of indicators [Effective from 2014-01-01]. K.: 11 p. (National Standard of Ukraine).

Gorodetsky K. I., & Titov A. I. (2008). Prerequisites for the formation of working speeds of agricultural tractors. Tractors and agricultural machines. 2008. No. 11. P. 30–33.

Lebedev A. T. (2007). Tractor Science: Problems and Solutions. Tractor energy in crop production: Bulletin of KhNTUSG named after P. Vasylenko. 2007. 60. 5–15.

Lebedev A. T., Lebedev S. A., & Korobko A. I. (2018). Qualimetry and metrological safety of testing tractors. Kharkiv: View of «Miskdruk». 394 p.

Nebraska Tractor Test Laboratory : веб-сайт. URL: <http://tractortestlab.unl.edu/>; Німецьке сільськогосподарське товариство : веб-сайт. URL: <http://www.dlg.org>.

Organization for Economic Co-operation and Development (2016). Code of Standards «Agricultural Tractor Performance Testing» (official translation): information publication. 104 p.

Ovsyannikov S., Kalinin E., & Koliesnik I. (2018). Oscillation process of multi-support machines when driving over irregularities. Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. 307–317.

Selivanov N. I. (2012). Technological bases of adaptation of tractors. Krasnoyarsk. 259 p.

Shulyak M. L. (2015). Oscillation of the speed of the MTA variable mass at a steady state of motion. Motrol Commision of motorization and energetics in agriculture. 17, 23–29.

Shulyak M. L. & Lebedev A. T. (2016). Assessment of the sustainability of agricultural technologies in crop production to changes in the parameters and operating modes of tractor units. Motrol Commision of motorization and energetics in agriculture. 18 5. 53–58.

Tsema T., Afanasyeva S., & Ryzhkova S. (2021). Study of elements of technical regulation regarding introduction into circulation and operation of agricultural and forestry

tractors. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture in Ukraine. Coll. of science Ave. L. Pogorily UkrNDIPVT. 29 (43). 14–28.

UDC 631.37 – 076

FORMATION OF TRACTION-SPEED PROPERTIES FOR A GENERAL PURPOSE TRACTOR

Lebedev A., D-r of Eng. Scs, Prof.,

<https://orcid.org/0000-0002-1975-3323>, e-mail: tiaxntusg@gmail.com

Lebedev S., Ph. D,

<https://orcid.org/0000-0002-3067-5135>, e-mail: hfukrndipvt@gmail.com,

Korobko A., Ph. D, Associate Prof.,

<https://orcid.org/0000-0002-6618-7790> e-mail: ak82andrey@gmail.com,

Kharkiv branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT,

Shevchenko I., Ph. D, Associate Prof.,

<https://orcid.org/0000-0002-1280-5290>, e-mail: igorshvchnk@gmail.com

State Biotechnological University

Summary

Purpose of the study. Presentation of new provisions for the formation of traction-speed properties of a general-purpose tractor under the instability of its hitch weight.

Research methods. The methodological basis of work on evaluating the operational qualities of agricultural tractors is Codex 2 of the OECD, which regulates the methods of their testing. Determination of traction indicators of tractors is carried out by the method regulated by the SOU L. Pogorilyy UkrNDIPVT 71.2-37-046043090-017:2015 with the use of a measuring and registration complex. The specified method and measuring and registration complex. Analytical method and comparative analysis with the results of experimental studies are used to form a scientific problem, determine the goal and set research objectives.

The results of the study. According to the results of tests of powerful tractors, it can be concluded that the Challenger MT875E tractor is the leader in terms of the coupling weight utilization factor, while it is inferior to the Case IH Quadtrac 630 tractor by 2.0% in terms of maximum traction force. Wheel tractors Case IH Magnum 380 CVX, Fendt 1050 Vario, New Holland T9. 560 have approximately the same towing weight utilization ratio 62-65 %, inferior to the Challenger MT875E crawler tractor. Comparing the subject at the Kharkiv branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT of the burned-out domestic tractor KhTA-250-22 from wheeled tractors of foreign production, it is necessary to note its slight decrease in the value $\eta = 0.625$.

Conclusions. The formation of traction and speed properties of the tractor is aimed at increasing its adaptability to the execution of the technological process. For general-purpose tractors, it is recommended to evaluate their traction-speed properties according to one of the most significant parameters - the coupling weight utilization factor. It has been experimentally proven that the operation of the XTA-250-22 tractor in the mode of maximum traction efficiency on the stubble of ear crops is ensured when the coefficient of use of the coupling weight does not reach the mode of increased towing, that is, the tractor has a reserve for increasing the traction force. To increase the efficiency of the tractor hitch weight, it is recommended to redistribute it relative to the center of mass and ballasting. Therefore, the use of ballast is effective up to a certain increase in the speed of the tractor.

Keywords: tractor, general purpose, traction and speed properties, coupling weight, traction efficiency, ballasting.