

УДК 631.371

Третяк В.М.

к.т.н., доцент, завідувач відділу
відділ мобільних енергетичних засобів та біоенергетики
ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
Глеваха, Україна

E-mail: viktor_tretyak@ukr.net**Оляднічук Р.В.**

к.т.н., доцент
кафедра процесів, машин та обладнання АПВ
Інженерно-технологічний факультет
Уманський національний університет садівництва
Умань, Україна

E-mail: olyadnichukr@gmail.com**Кравченко В.В.**

к.т.н., доцент
кафедра процесів, машин та обладнання АПВ
Інженерно-технологічний факультет
Уманський національний університет садівництва
Умань, Україна

E-mail: kr.vasyl.v@gmail.com**Головатюк А.А.**

к.с.г.н., ст. викладач
кафедра процесів, машин та обладнання АПВ,
Інженерно-технологічний факультет
Уманський національний університет садівництва
Умань, Україна

E-mail: golowatyk@ukr.net

ОЦІНКА ПИТОМИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ З ТРАКТОРАМИ РІЗНОЇ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОСТІ

Анотація

Дослідження обґрунтоване пошуком такої системи показників, які б найбільш повно відображали їх експлуатаційні якості й технічну досконалість машин при виконанні ними комплексу сільськогосподарських робіт у різних природно-кліматичних зонах з тракторами різних тягових класів і призначень.

Проблему оптимального рівня енергонасиченості тракторів та їх раціонального використання з різними машинами у виробничих умовах розглянуто за допомогою розрахунково-аналітичного методу. Оцінку ефективності використання машинних агрегатів проведено за показниками: питома продуктивність агрегату на один кіловат тягової потужності трактора, затрати енергії, витрати палива і металу на одиницю виконаної роботи. Наведено результати порівнювальних досліджень питомих показників роботи машинних агрегатів, скомплектованих на базі тракторів різної енергонасиченості класів тяги 1,4, 3,0 та 5,0 на оранці, культивуванні та луценні стерні.

Аналіз даних показників дозволяє окреслити шляхи підвищення продуктивності та зниження затрат енергії машинних агрегатів та підібрати знаряддя для повного використання потенційних можливостей трактора в конкретних виробничих умовах.

Ключові слова: машинний агрегат, питомі показники роботи, ефективність використання, енергонасиченість трактора.

Вступ. Визначення ефективності нової техніки, обґрунтування оптимальних складів і режимів роботи агрегатів, місця і сфери їх найраціональнішого використання викликають великий практичний інтерес у працівників сільського господарства.

Доцільність і ефективність застосування машинних агрегатів необхідно обґрунтовувати за системою показників, які б найбільш повно відображали їх експлуатаційні якості й технічну досконалість машин при виконанні ними комплексу сільськогосподарських робіт у різних природно-кліматичних зонах з тракторами різних тягових класів і призначень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні, гостро постає питання оптимальної енергонасиченості тракторів та їх раціонального використання. Одним із головних критеріїв вибору трактора є потужність його двигуна. Однак, потужність ДВЗ не характеризує тягові властивості трактора в конкретних виробничих умовах, які необхідно враховувати при визначенні ефективності використання трактора в складі агрегату [6, 7].

Одним із показників тягової характеристики є буксування рушіїв, величина якого залежить від агрофону та зусилля на гаку. В основі більшості сучасних методів визначення оптимального співвідношення ваги та потужності лежить нелінійна залежність величини буксування від зусилля на гаку [1, 3, 4]. При чому, максимальна величина буксування, як правило обмежується 24%, що відповідає максимальній тяговій потужності. Однак, для збереження структури ґрунту буксування рушіїв не повинно перевищувати 10...12% [5]. Враховуючи лінійну залежність величини буксування від зусилля на гаку в даному діапазоні, авторами [2] запропоновано новий метод визначення мінімальної потужності двигуна сільськогосподарського трактора та його маси.

Професор Надикто В.Т. запропонував методику визначення необхідної потужності двигуна колісних тракторів різних тягових класів [8, 9], згідно якої мінімальна енергонасиченість повинна становити 17,5-18кВт/т.

В роботі Шкарівського Г.В. [11] викладено результати досліджень стосовно обґрунтування експлуатаційної маси колісних мобільних енергетичних засобів з урахуванням можливого їх баластування. Взаємодія головних параметрів здійснюється за схемою: певному тяговому класу відповідають енергозасоби, потужність двигунів яких дозволяє реалізувати тягові зусилля, обумовлені експлуатаційною масою та масою баласту в розмірі конструкційної маси цього енергозасобу, або покриває витрати на переміщення і привід енергомісткої машини; вищому рівню потужності відповідає вищий рівень універсальності енергозасобу.

До числа показників, за якими оцінюють ефективність використання машинних агрегатів, слід віднести питому продуктивність на один кіловат тягової потужності трактора, затрати енергії, витрати палива і металу на одиницю виконаної роботи [12].

Найбільш прогресивними методами покращення експлуатаційних характеристик роботи машинних агрегатів є методи, які базуються на узгодженні характеристик двигуна та споживаної потужності, а також оптимізації роботи ДВЗ у відповідності до умов роботи агрегату.

Створення агрегатів з гібридними трансмісіями забезпечить покращення енергетичних та техніко-економічних показників роботи машинних агрегатів. Як правило, подібні агрегати матимуть ДВЗ, який розрахований на тривалу реалізацію енергії, а також буферний накопичувач енергії (акумуляторну батарею, блок конденсаторів, маховик та інші), який призначений для короточасного подолання пікових навантажень [10]. В результаті отримуємо можливість роботи ДВЗ в стаціонарному режимі, який характеризується найбільш високою паливною економічністю. Рішення задачі забезпечення стаціонарного режиму роботи ДВЗ в даний

час досягається застосуванням систем контролю роботи заднього начіпного пристрою, безступеневих трансмісій та комплексних систем автоматизованого узгодження режимів роботи всіх елементів МТА.

Мета. Незважаючи на значний науковий доробок вищезгаданих авторів, на сьогодні все ж залишається проблема визначення ефективності застосування машинних агрегатів й технічної досконалості машин при виконанні ними комплексу сільськогосподарських робіт, отже, метою досліджень є оцінка ефективності використання машинних агрегатів за питомими показниками.

Методологія досліджень. В дослідженнях застосований розрахунково-аналітичний метод, який базується на основних положеннях теорії експлуатації машинних агрегатів та математичного моделювання. Машинно-тракторний агрегат є складною динамічною взаємозв'язаною системою, тому його продуктивність – функція, яка залежить від параметрів і показників двигуна та конструкційних особливостей трактора і робочої машини. Поєднання даних параметрів забезпечує енергетичну і кінематичну їх відповідність залежно від зовнішніх умов та інших факторів.

Питомі оціночні показники агрегатів визначаються такими залежностями [4].

Продуктивність агрегату на 1 кВт тягової потужності трактора визначають за виразом:

$$q_w = \frac{W}{N_{ек}}, \quad (1)$$

де $N_{ек}$ – тягова потужність трактора, кВт; W – продуктивність агрегату, га/год.

Енергетичний показник, який характеризує затрати механічної енергії на одиницю продуктивності:

$$q_e = \frac{N_{ек}}{\eta_{мп} \cdot W}, \quad (2)$$

де $\eta_{мп}$ – ККД трансмісії трактора.

Для загальної енергетичної оцінки агрегатів необхідно також знати витрату палива на одиницю продуктивності:

$$q_m = \frac{G_n}{W}, \quad (3)$$

де G_n – годинна витрата палива, кг/год.

Металомісткість агрегату, що визначає витрати металу на одиницю продуктивності:

$$q_m = \frac{(Q_m + Q_{м})}{W}, \quad (4)$$

де Q_m , $Q_{м}$ – вага трактора та машини-знаряддя відповідно, т.

Результати. Питомі показники визначали для агрегатів з тракторами різної енергонасиченості класів тяги 1,4, 3,0 та 5,0 на оранці ґрунту 5 класу на глибину 20-22, 25-27 і 30-32 см, культивуванні на глибину 10-12 см та луценні стерні на глибину 8-10 см. Оскільки, всі трактори оснащені ступеневими трансмісіями, то вибір швидкісного режиму агрегату обирався з умови оптимального завантаження ДВЗ трактора.

Аналіз результатів досліджень (таблиця 1) показав, що підвищення енергонасиченості тракторів до 18,8 кВт/т поліпшує техніко-економічні показники машинно-тракторних агрегатів. На фоні зростання до 15% годинної продуктивності агрегатів в складі енергонасичених тракторів, їх питома продуктивність на один кіловат тягової потужності трактора знижується. На оранці, для тракторів класу тяги 1,4 – зменшується до 15,0%, 3,0 – до 14,5% та 5,0 – до 5,2%. Причому, найбільших значень

даний показник набуває при глибині обробітку 30-32 см. На культивуванні та луценні всі досліджувані трактори з підвищеною енергонасиченістю показали незначне зниження питомої продуктивності - до 5%.

Таблиця 1. Питомі показники агрегатів на різних операціях з тракторами різної енергонасиченості

Клас тяги	1,4		3,0		5,0	
Енергонасиченість, кВт/т	15,0	17,6	15,0	18,8	16,2	18,8
Продуктивність агрегату на один кВт тягової потужності, га/кВт·год						
Оранка, h=20-22см	0,028	0,024	0,020	0,019	0,022	0,021
h=25-27см	0,026	0,022	0,019	0,017	0,021	0,020
h=30-32см	0,018	0,020	0,018	0,016	0,019	0,018
Культивування	0,140	0,133	0,136	0,130	0,132	0,130
Луцення	0,138	0,135	0,165	0,157	0,165	0,163
Затрати механічної енергії, кВт /га /год.						
Оранка, h=20-22см	39,8	47,1	50,8	58,2	51,8	54,5
h=25-27см	44,5	50,9	60,1	67,2	56,2	58,2
h=30-32см	50,3	54,6	58,9	62,6	59,3	59,6
Культивування	8,1	8,4	8,3	8,8	8,6	8,7
Луцення	8,2	6,9	6,9	7,2	6,9	6,9
Витрати палива на одиницю продуктивності, кг/га						
Оранка, h=20-22см	22,23	21,06	20,23	18,62	21,08	18,52
h=25-27см	28,78	26,07	21,04	21,46	23,04	22,53
h=30-32см	35,62	32,06	25,20	25,26	26,23	26,10
Культивування	5,09	4,97	3,47	3,26	3,95	3,82
Луцення	3,60	3,84	2,34	2,20	2,64	2,38
Металомісткість агрегату на одиницю продуктивності, т /га/год.						
Оранка, h=20-22см	7,20	6,00	4,97	4,76	9,15	8,45
h=25-27см	9,27	7,44	6,17	5,49	10,63	10,30
h=30-32см	9,85	9,15	7,88	7,02	12,45	12,75
Культивування	2,83	2,10	1,71	1,33	1,58	1,79
Луцення	1,36	1,11	0,95	0,74	0,93	0,88

З підвищенням енергонасиченості тракторів зростають затрати механічної енергії, які приведені до одиниці продуктивності: на оранці тракторами класу тяги 1,4 – до 18,3%, 3,0 – до 12%, 5,0 – до 5%. На культивуванні та луценні для всіх тракторів з підвищеною енергонасиченістю зростання затрат механічної енергії не перевищує 5%.

На витрату палива впливають конструкційні особливості та технічний стан трактора і знаряддя, характеристика ДВЗ трактора та її узгодження з характером навантаження. Використання тракторів з енергонасиченістю 17,6-18,8 кВт/т забезпечує зменшення витрати палива від 2 до 12% при виконанні культивуванні, луценні та оранці. Отже, дані трактори демонструють кращу паливну економічність на підвищених швидкостях.

Металомісткість агрегатів знижується при використанні енергонасичених тракторів на оранці – на 5-19%, культивуванні та луценні – 19-25%.

Покращення питомих показників агрегатів на базі енергонасичених тракторів забезпечується запасом потужності двигуна на рівні 2,5...4 кВт/т, що дозволяє працювати на вищих передачах в межах агротехнічно допустимих швидкостей руху.

Висновки і перспективи. Оцінка ефективності використання агрегатів за питомими показниками дає можливість знайти шляхи підвищення їх продуктивності, зниження енергозатрат, витрат палива і металу на одиницю виконаної роботи та підібрати знаряддя для більш повного використання потенційних можливостей трактора в конкретних природно-виробничих умовах.

Встановлено, що використання в складі агрегатів тракторів з енергонасиченістю

17,6-18,8 кВт/т призводить до зменшення продуктивності агрегату на один кіловат тягової потужності на 5-15%, витрати палива на 2-12% та металомісткості на одиницю продуктивності до 25%, а також збільшення годинної продуктивності до 15% і затрат механічної енергії на одиницю продуктивності до 5...17%.

Список використаних джерел

1. Abraham, R., Majdan, R., Sima, T., Chrastina, J. & Tulik, J. 2014. Increase in tractor drawbar pull using special wheels. *Agronomy Research* 12(1), 7-16.
2. Adamchuk, V., Bulgakov, V., Nadykto V. et al. 2016. Theoretical research into the power and energy performance of agricultural tractors. *Agronomy Research*. 14(5), 1511-1518.
3. Cutini, M. & Bisaglia, C. 2016. Development of a dynamometric vehicle to assess the drawbar performance of high-powered agricultural tractors. *Journal of Terramechanics* 65, 73-84.
4. Monteiro, L.A., Albiero, D., de Souza, F.H., Melo, R.P. & Cordeiro, I.M. 2013. Tractor drawbar efficiency at different weight and power ratios. *Revista Ciencia Agronomica* 44(1), 70-75.
5. Nadykto, V. 2014b. Determining maximum slipping rate of wheeled running gear in context of limiting its pressure on soil. *Machinery and Technologies of Agro-Industry* 7, 34-37.
6. Smerda, T. & Cupera, J. 2010. Tire inflation and its influence on drawbar characteristics and performens – Energetic indicators of a tractors test. *Journal of Terramechanics* 47(6), 395- 400.
7. Turker, U., Ergul, I. & Eroglu, M.C. 2012. Energy efficiency classification of agricultural tractors in Turkey based on OECD tests. *Energy Education Science and Technology. Part A: Energy Science and Research* 28(2), 917-924.
8. Надикто В.Т. Методика визначення потужності двигуна сільськогосподарського трактора. *Техніка і технології АПК*. 2014. №1. С.7-9.
9. Надикто В.Т. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації. *Техніка і технології АПК*. 2011. № 9. С. 9-12.
10. Третяк В.М., Оляднічук Р.В., Третяк М.В. Покращення експлуатаційних характеристик ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів шляхом застосування механічного накопичувача енергії. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2010. Вип. 94. С. 299-306.
11. Шкарівський Г.В., Шкарівський Р.Г. Обґрунтування експлуатаційної маси колісних енергозасобів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2011. Вип. 166, ч. 1. С. 99-112.
12. Юшин О.О. Питомі показники машинно-тракторних агрегатів та їх аналіз. *Механізація і електрифікація сільського господарства*. 1973. Вип. 24. С. 14-20.

Дата надходження статті до редакції :12.10.2017
Рецензування 15.11.2017 Прийняття в друк: 14.12.2017

Tretiak V.M

PhD (Technics), Associate Professor
Head of the Department of Mobile Energy and Bioenergy
National Scientific Center «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»
Glevakha, Ukraine

E-mail: viktor_tretyak@ukr.net

Oliadnichuk R.V.

PhD (Technics), Associate Professor
Department of Processes, Machinery and Equipment of Agro-Industrial Production
Faculty of Engineering and Technology
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine

E-mail: olyadnichukr@gmail.com

Kravchenko V.V.

*PhD (Technics), Associate Professor
Department of Processes, Machinery and Equipment of Agro-Industrial Production
Faculty of Engineering and Technology
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine*

E-mail: kr.vasyl.v@gmail.com

Golovatiuk A.A.

*PhD (Agriculture), Senior Professor
Department of Processes, Machinery and Equipment of Agro-Industrial Production
Faculty of Engineering and Technology
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine*

E-mail: golowatyk@ukr.net

**ESTIMATION OF SPECIFIC PERFORMANCE OF WORK
OF THE MACHINE AGGREGATES IS WITH TRACTORS
OF THE DIFFERENT ENERGYSATURATION**

Abstract

The problem of optimal level of energysaturation of tractors is considered and them the rational use with different machines in productive terms. The estimation of efficiency of the use of machine aggregates is conducted on indexes: the specific productivity of aggregate on one kilowatt of hauling power of tractor, expense of energy, expense of fuel and metal on unit of the executed work. The brought results over of researches of specific indexes of work of the machine aggregates completed on the base of tractors of different energysaturation of hauling classes 1,4, 3,0 and 5,0 on ploughing, cultivating and disking of stubble. The analysis of these indexes allows to outline the ways of increase of the productivity and using of energy of machine aggregates, and choose a machine for the complete use of potential possibilities of tractor in certain productive terms.

Keywords: Tractor units, specific performance indicators, efficiency, energy saturation.

References

1. Abraham, R., Majdan, R., Sima, T., Chrastina, J. & Tulik, J. (2014). Increase in tractor drawbar pull using special wheels. *Agronomy Research*, 12(1), 7-16.
2. Adamchuk, V., Bulgakov, V., Nadykto V. et al. (2016). Theoretical research into the power and energy performance of agricultural tractors. *Agronomy Research*, 14(5), 1511–1518.
3. Cutini, M. & Bisaglia, C. (2016). Development of a dynamometric vehicle to assess the drawbar performance of high-powered agricultural tractors. *Journal of Terramechanics* 65, 73-84.
4. Monteiro, L.A., Albiero, D., de Souza, F.H., Melo, R.P. & Cordeiro, I.M. 2013. Tractor drawbar efficiency at different weight and power ratios. *Revista Ciencia Agronomica*, 44(1), 70-75.
5. Nadykto, V. (2014). Determining maximum slipping rate of wheeled running gear in context of limiting its pressure on soil. *Machinery and Technologies of Agro-Industry* 7, 34-37.
6. Smerda, T. & Cupera, J. 2010. Tire inflation and its influence on drawbar characteristics and performens – Energetic indicators of a tractors test. *Journal of Terramechanics*, 47(6), 395- 400.
7. Turker, U., Ergul, I. & Eroglu, M.C. (2012). Energy efficiency classification of agricultural tractors in Turkey based on OECD tests. *Energy Education Science and Technology. Part A: Energy Science and Research*, 28(2), 917-924.
8. Nadykto, V.T. (2014). Metodyka vyznachennia potuzhnosti dvyhuna silskohospodarskoho traktora [Method of determining the power of an agricultural tractor engine]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, 1, 7-9. [in Ukrainian].
9. Nadykto, V.T. (2011). Enerhonasychenist traktoriv ta shliakhy yii realizatsii [Energysaturation of tractors and ways of her realization]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, 9, 9-12. [in

Ukrainian].

10. Tretiak, V.M., Oliadnichuk, R.V., & Tretiak, M.V. (2010). Pokrashchennia ekspluatatsiinykh kharakterystyk gruntoobrobnykh mashynno-traktornykh ahrehativ shliakhom zastosuvannia mekhanichnoho nakopychuvacha enerhii [Improvement of operational characteristics of soil-cultivating mra by application of the mechanical store of energy]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva*, 94, 299-306. [in Ukrainian].

11. Shkarivskiyi, H.V., Shkarivskiyi, R.H. (2011). Obgruntuvannia ekspluatatsiinoi masy kolisnykh enerhozasobiv [Justification of the operating mass of wheel vehicles]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: tekhnika ta enerhetyka APK*, 166, ch. 1, 99-112. [in Ukrainian].

12. Iushyn, O.O. (1973). Pytomi pokaznyky mashynno-traktornykh ahrehativ ta yikh analiz [Specific performance of machine-tractor aggregates and their analysis]. *Mekhanizatsiia i elektryfikatsiia silskoho hospodarstva*, 24, 14-20. [in Ukrainian].

Received: October 12, 2017

Revision: November 15, 2017 Accepted: December 12, 2017