

Кухаренко П.М.,
Дніпропетровський державний
аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна,
E-mail: kuharenkopetr@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ
НАЛАШТУВАНЬ НА ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТА-
ЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ТА НАДІЙНІСТЬ
МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА БАЗІ
ТРАКТОРІВ JOHN DEERE 8335R

УДК 631.334

Сучасні тенденції комплектування машинно-тракторних агрегатів (МТА) у господарствах України спрямовані на парощування частки використання тракторів відомих світових фірм. Зокрема на ринку України широко представлені трактори фірми John Deere. Комплектування машинно-тракторних агрегатів, з такими тракторами, при виконанні широкого комплексу технологічних операцій в рослинництві, має свої особливості. Ці особливості, в першу чергу, полягають в відповідному алгоритмі експлуатаційних налаштувань трактора для роботи з конкретним типом та моделлю сільськогосподарської машини.

В останні роки відмічається підвищена увага виробників тракторної техніки до універсальних колісних тракторів з повним приводом, високої тягової потужності, класичної компоновки 4К4а з передніми колесами меншого розміру, ніж задні, до яких відносяться трактори John Deere 8335R.

Розвиток цієї схеми компоновки призвів до підвищення ролі переднього ведучого мосту за рахунок збільшення долі маси трактора, яка приходить на нього, застосування шин передніх коліс збільшеного типорозміру для покращення зчеплення з ґрунтом. Особливістю комплектування агрегатів з тракторами такої схеми компоновки є можливість баластування трактора. Тобто забезпечення широкого діапазону зміни маси трактора в залежності від роботи, що виконується і знарядь, що застосовуються, за рахунок чого досягається найбільш ефективно використання тягової потужності і забезпечується економія палива. Такий підхід дає можливість значно розширити діапазон тягових зусиль тракторів, який має обмеження перш за все надійністю силових механізмів тракторів. Тому виробники, не обмежуючи ширини захвату агрегатів, висувають жорсткі умови до швидкісного режиму руху агрегатів. Без врахування цих особливостей не можливо досягти прийнятних техніко-експлуатаційних показників роботи МТА та його експлуатаційної надійності.

В статті обґрунтований та запропонований основний алгоритм налаштувань машинно-тракторного агрегату на базі тракторів John Deere 8335R, в процесі його комплектування, для покращення основних техніко-експлуатаційних показників його роботи та зменшення інтенсивності зносу пневматичних шин переднього мосту.

Ключові слова: машинно-тракторний агрегат, трактор, кінематична невідповідність, колова швидкість, ведучі колеса, буксування, паливна економічність, експлуатаційна вага, знос шин, баластування, блокований міжосьовий привід, ведучий міст.

Аналіз досліджень і публікацій. Особливістю комплектування агрегатів з сучасними повно приводними тракторами, високої тягової потужності, класичної компоновки 4К4а з передніми колесами меншого розміру, ніж задні, до яких відносяться трактори John Deere 8335R є можливість баластування трактора. Тобто забезпечення широкого діапазону зміни маси трактора в залежності від роботи, що виконується і знарядь, що застосовуються, за рахунок чого досягається найбільш ефективно використання тягової потужності і забезпечується економія палива [3, 4, 5]. Такий підхід дає можливість значно розширити діапазон тягових зусиль тракторів, який має обмеження перш за все надійністю силових механізмів тракторів. Тому виробники, не обмежуючи ширини захвату агрегатів, висувають жорсткі умови до швидкісного режиму руху агрегатів.[5]

Проведення баластування трактора повинне супроводжуватися врахуванням його впливу на кінематичну невідповідність коліс і динамічну нерівномірність навантаження коліс [1,2,4,6,7]. Кінематична невідповідність рушіїв тракторів колісної формули 4К4а – явище досить розповсюджене, але вивчене ще не в достатній мірі. Воно викликає під час роботи МТА значну перевитрату палива та призводить до прискореного зносу пневматичних шин переднього ведучого мосту за рахунок буксування та юзу [1,2,4,6,7].

Мета досліджень. Розвиток методів аналітичного розрахунку тягово-зчіпних властивостей існуючих моделей тракторів, з врахуванням умов їх експлуатації та особливостей динамічного навантаження трактора, у складі машинно-тракторного агрегату, технологічним процесом.

Результати досліджень. Розглянемо прямолінійний рух трактора з колісною формулою 4К4а (John Deere 8335R) по рівній поверхні при наявності деякої різниці теоретичних швидкостей передніх і задніх коліс.

У тракторів з блокованим приводом ведучих осей, до яких відноситься трактор John Deere 8335R, завжди існує деяка невідповідність теоретичних поступальних швидкостей руху між передніми і задніми колесами, тому що майже неможливо абсолютно узгодити кутові швидкості їх обертання навіть під час рівномірного прямолінійного руху. Їх динамічні радіуси коліс, які кінематично пов'язані між собою, відрізняються у межах допустимих відхилень від їх номінальних розмірів, передбачених стандартом. З врахуванням характеру нерівномірності зносу протектора, значення тиску повітря в шинах та значень нормальних реакцій коліс, кутові швидкості їх обертання будуть набувати все більшої розбіжності.

Вирівнювання поступальних швидкостей обох ведучих осей, тобто забезпечення рівності дійсних швидкостей $V_{T1} = V_{T2} = V$, може бути забезпечено тільки при умові певного буксування або юзу коліс, оскільки буксування зменшує поступальну швидкість осі колеса, а юз її збільшує. Колеса, у яких теоретична колова швидкість більша будемо вважати, такими які забігають, а у яких менша - відстаючими. Для трактора з колісною формулою 4К4а (передні колеса мають менший розмір ніж задні, всі моделі John Deere з суцільною рамою) колесами які забігають є задні.

Вказану рівність поступальних швидкостей руху ($v_1 = v_2 = v$) обох ведучих осей трактора John Deere 8335R, з блокованим міжосьовим приводом, можна описати рівнянням

$$V_{T1} \times (1 - \delta_1) = V_{T2} \times (1 - \delta_2) = V \quad (1)$$

де V_{T1} , V_{T2} і δ_1 , δ_2 – теоретичні поступальні швидкості та відповідно коефіцієнти ковзання (буксування, юзу) відстаючих та коліс які забігають.

Назвемо вираз

$$k_H = \frac{v_{T2}}{v_{T1}} = \frac{(1-\delta_1)}{(1-\delta_2)} \quad (2)$$

коефіцієнтом кінематичної невідповідності задніх та передніх ведучих коліс.

Для кожного трактора цей коефіцієнт буде різним, при чому він може змінюватися, для одного і того ж трактора, в залежності від умов роботи. В залежності від того, яка експлуатаційна вага навісного або напівнавісного знаряддя передається на остов трактора, змінюються радіуси коліс, відповідно до їх зміни, змінюється коефіцієнт кінематичної невідповідності коліс.

З аналізу формули випливає, що коефіцієнт (2) завжди більше одиниці. Між буксуванням коліс які забігають та буксуванням (або юзом) відстаючих існує певна залежність, яка на основі формул (1 та 2) виражається співвідношенням

$$\delta_1 = 1 - \frac{V_{T2}}{V_{T1}} \times (1 - \delta_2) = 1 - k_H \times (1 - \delta_2) \quad (3)$$

Величина δ_2 в цій формулі завжди позитивна, так як колеса, які забігають, завжди працюють з деяким позитивним буксуванням. А у відстаючих коліс буксування δ_1 може бути величиною негативною, нульовою та позитивною. Якщо δ_1 має негативне значення, то відстаючі колеса рухаються з юзом, якщо $\delta_1=0$, то вони котяться без юзу та буксування,

якщо δ_1 має позитивне значення, то відстаючі колеса працюють з буксуванням, але величина буксування у них менша, ніж у коліс які забігають.

Найкращі тягові показники трактора можливо досягти при рівності ковзних швидкостей передніх та задніх коліс, тобто при умові, що коефіцієнт кінематичної невідповідності $k_n=1$. В цьому разі передні та задні колеса працювали б з однаковим буксуванням $\delta_1=\delta_2$ і їх зчіпні властивості були б використані в повній мірі.

Наявність кінематичної невідповідності коліс погіршує тягові показники трактора. Якщо в результаті кінематичної невідповідності передні та задні колеса працюють з різним буксуванням, то зчіпні якості відстаючих коліс використовуються в меншій мірі, ніж зчіпні якості коліс які забігають. Чим більша кінематична невідповідність, тим більш нерівномірно використовуються зчіпні якості коліс обох осей. Найбільш негативно впливає на тягові показники трактора юз відстаючих коліс. В цьому випадку ведучими колесами залишаються тільки колеса які забігають, так як відстаючі колеса котяться з юзом, а значить, вони стають веденими.

В машинно-тракторного агрегату, з навісним зняряддям, відбувається перерозподіл експлуатаційної ваги МТА на користь заднього мосту трактора в результаті якого погіршуються тягові можливості переднього мосту (рис.1).



Рис.1 – Перерозподіл експлуатаційної ваги трактора з навісним зняряддям

Перенос ваги від заднього вантажу на передній міст визначається по залежності:

$$\Delta G = -\frac{d_1}{L} \times G_{zn} \quad (4)$$

де L – колісна база; G_{zn} – вага зняряддя; d_1 – відстань від центру експлуатаційної ваги зняряддя до задньої осі трактора.

Для напівнавісного зняряддя, у якого центр експлуатаційної ваги розташований попереду опорних коліс, методика інша. При такому способі агрегування, згідно розрахункової схеми навантажень (рис.2), на задню навіску діє сила (F) з боку зняряддя, яка розраховується за формулою:

$$F = W \times \frac{d_2}{d_3} \quad (5)$$

де d_2 – відстань від опорного колеса до центра експлуатаційної ваги зняряддя; d_3 – відстань від опорного колеса до точки причіпки; W – вага зняряддя.

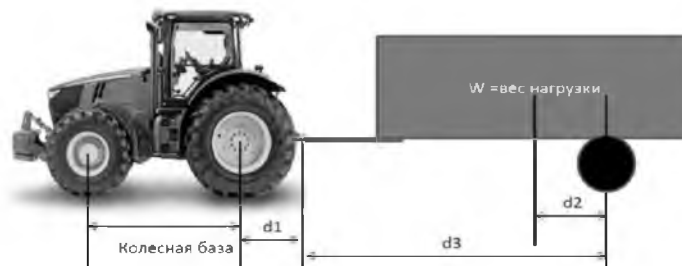


Рис. 2 – Розрахункова схема для визначення параметрів балансування

Дія цієї сили буде сприяти розвантаженню передніх ведучих коліс, погіршенню їх тягово-зчіпних властивостей, підвищенню буксування і, як наслідок, зростанню інтенсивності зносу.

Тому для покращення тягово-зчіпних властивостей трактора у складі МТА та зменшення негативного впливу ходових систем на ущільнення та стирання ґрунту необхідно комплексно вирішувати задачу баластування за наступним алгоритмом.

В залежності від типу знаряддя, встановити загальну експлуатаційну вагу трактора та статично розподілити її між мостами згідно рекомендацій табл.1. та табл.2.

Таблиця 1

Вимоги до баластування трактора John Deere 8335R.

Тип знаряддя	Важке	Середнє	Легке	Тип переднього мосту
Робоча швидкість, км/год	менше 7,5	7,5...9	більше 9	MFWD
Відношення маси до потужності(ВВП), кг/к.с.	64	60	55	
Статичний розподіл ваги трактора, %	25...35 % на передній міст			

Після навішування сільськогосподарської машини провести додаткове баластування (згідно схем рис.1 та рис.2) з метою розосередження навантаження по осях трактора при комбінованому (передньому, задньому і міжосьовому) навішуванню машин, що дозволить забезпечити оптимальне навантаження на колеса трактора.

Після визначення навантаження на шину, з врахуванням динамічного розподілу експлуатаційної ваги МТА при його русі в робочому стані, необхідно встановити рекомендований тиск в шинах коліс (згідно табл.3).

Таблиця 2

Робочі швидкості знарядь для обробітку ґрунту John Deere

Тип	Знаряддя	Рекомендована робоча швидкість
Важке	Глибокородзпущувач для мінімального обробітку ґрунту (2100)	6,4 – 8 км/год
	Глибокородзпущувач з V-образною рамою (913, 915)	6,4 – 9,6 км/год
	Відвальний плуг (3810;3910)	6-10 км/год
Середнє	Дисковий глибокородзпущувач (2720)	6,4 – 9,7 км/год
	Мульчуючий глибокородзпущувач (2730)	6,4 – 9,7 км/год
	Чизельний плуг (2410)	8 – 11,2 км/год
Легке	Дискова борона (2620;2623;2625)	7 – 11,6 км/год
	Культиватор(2210)	8 – 13 км/год
	Комбінований культиватор (2310)	9 -16 км/год
	2623VT	11,4 – 16,1 км/год

Таблиця 3

Рекомендований тиск в шинах коліс.

Вантажопідйомність(кг) в залежності від тиску в шинах (бар)										Швидкість руху, км/год
0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	2	2,4	3	
2020	2365	2680	2980	3255	3565	3865	4315	4690	5500	12

По завершенню баластування та регулювання тиску в шинах необхідно здійснити контроль буксування ведучих коліс.

Під час дослідження впливу параметрів налаштувань на техніко-експлуатаційні показники та надійність машинно-тракторних агрегатів за об'єкт досліджень був прийнятий серійний машинно-тракторний агрегат у складі трактора John Deere 8335R та плугу John Deere 3810 який здійснював оранку ґрунту на полі після збирання кукурудзи на зерно в умовах Дніпропетровської області.

Встановлений діапазон регулювань маси трактора John Deere 8335R, на задніх шинах 710/70R42, знаходився в межах від 11100 до 12340 кг. Основні експлуатаційні налаштування були здійснені згідно вище наведеної методики. Для визначення параметрів буксування рушіїв були застосовані відомі методики – за кількістю обертів коліс та за пройденою дистанцією. Контроль тягового навантаження здійснювався за величиною обертів колінчастого валу двигуна, в інтервалі 2100...1950 хв.⁻¹

В результаті проведених досліджень була підтверджена наявність кінематичної невідповідності між колесами заднього та переднього мостів, як наслідок різного розподілу опорних реакцій ґрунту при різних варіантах баластування. Коефіцієнти кінематичної невідповідності коліс, з дослідними параметрами баластування, знаходилися в межах $k_n = 1.026 \dots 1.065$, що знайшло своє відображення в погіршенні паливної економічності до 18%.

Висновки:

1. Неузгодженість розподілу експлуатаційної ваги машинно-тракторного агрегату між ведучими мостами повно приводного трактора призводить до появи кінематичної невідповідності коліс.

2. Найбільш дієвим способом усунення кінематичної невідповідності між колесами повно приводного трактора є обґрунтований розподіл експлуатаційної ваги МТА між мостами трактора та встановлення раціональних значень тиску в шинах.

Література:

1. Водяник И. И. Воздействие ходовых систем на почву: (научные основы) / И. И. Водяник. – М. : Агропромиздат, 1980. – 172 с
2. Гуськов В.В. Тракторы. Теория: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» / В. В. Гуськов [и др.]; под общ. ред. В. В. Гуськова. – Москва : Машиностроение, 1988. – 375 с.
3. Кухаренко П. М. Сучасні підходи ефективної експлуатації та енергозбереження широкозахватних сільськогосподарських агрегатів / П. М. Кухаренко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2017. – Вип. 181. – С. 148-156.
4. Кухаренко П.М. Улучшение тягово-сцепных свойств тракторов на спареных колесах // Materials V International Scientific Congress «Agricultural machinery» Year I. Vol. 1/1. June 2017. – Varna, 2017. – P. 119-121.
5. Керівництво по експлуатації трактору «John Deere»
6. Надикто В.Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві: навч. посібник (НЛ) / В. Т. Надикто [и др.]. – Мелітополь, 2005. – 337 с.
7. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / Д.А. Чудаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1972. – 384 с

Summary

Kuharenko P.M. Research on the effect of setting parameters for technical-operating indicators and reliability of machine-tractor units on the John Deere 8335r traktor base

Modern trends in the compiling of machine-tractor units in Ukrainian farms are focused on increasing the share of tractors used by world-known firms. In particular, the Ukrainian market is widely represented by John Deere tractors. Compiling of machine-tractor units, with such tractors, when performing a wide range of technological operations in crop production, has its own special aspects. These aspects, in the first place, lies in the appropriate algorithm of the tractor's operational settings for work with the specific type and model of the agricultural machine.

In recent years, increased attention of tractor equipment manufacturers has been paid to universal wheeled tractors with full drive, high traction power, classical 4K4a arrangement where front wheels has smaller size than the rear ones, which include John Deere 8335R tractors.

The development of this componentry scheme has led to increase in the role of the front driving axle by increasing the proportion of the bulk of the tractor that falls on it, to usage of enlarged-size tires on the front wheels to improve soil adhesion. The feature of compiling the aggregates with tractors of such componentry scheme is the possibility of ballasting the tractor. This means providing a wide range of changes in tractor bulk depending on the work being done and the tools used, which results the most efficient use of traction power and fuel economy. This approach makes it possible to significantly expand the range of tractors' traction efforts, which is limited primarily by the reliability of powertrains of tractors. Therefore, manufacturers, without limiting the width of the capture of aggregates, demand rigid conditions for the high-speed motion mode of the unit. Without counting these features, it is not possible to achieve the acceptable technical and operational performance of the machine-tractor units and its operational reliability.

The article substantiates and proposes the basic algorithm for adjusting the John Deere 8335R tractor machine on the basis of its equipment, in order to improve its main technical and operational performance and reduce the wear intensity of the front axle pneumatic tires.

During the study of the influence of settings on the technical and operational parameters and the reliability of machine-tractor units for the research object was taken a serial tractor such as the John Deere 8335R tractor and the John Deere 3810 plow that carried out the plowing of soil in the field after corn harvesting on grain in the Dnipropetrovsk region.

As a result of the research, the appearance of a kinematic inconsistency between the rear and front axle wheels was confirmed as a result of different distribution of soil bearing reactions under different ballast variants. Estimated coefficients of kinematic inconsistency were within $k_n = 1.026 \dots 1.065$, which was reflected in the deterioration of fuel efficiency to 18%.

Keywords: machine tractor unit, tractor, kinematic inconsistency, speed, driving wheels, towing, fuel efficiency, operating weight, tire wear, ballasting, blocked axle drive, leading bridge.

References

1. Vodyanik I.I. Vozdejstvie hodovyh sistem na pochvu: (nauchnye osnovy) / I.I. Vodyanik. – M.: Agropromizdat, 1980. – 172 s
2. Gus'kov V.V. Traktory. Teoriya: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchihsya po special'nosti «Avtomobili i traktory» / V.V. Gus'kov [i dr.]; pod obsheh. red. V. V. Gus'kova. – Moskva: Mashinostroenie, 1988. – 375 s.
3. Kuharenko P.M. Suchasni pidhodi efektyvnoï ekspluatacii ta energozberezhennya shirokozahvatnih sil's'kogospodars'kih agregativ / P.M. Kuharenko // Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo tekhnichnogo universitetu sil's'kogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. – 2017. – Vip. 181. – S. 148-156.
4. Kuharenko P.M. Uluchshenie tyagovo-scepnyh svojstv traktorov na sparenyh kolesah // Materials V International Scientific Congress «Agricultural machinery» Year I. Vol. 1/1. June 2017. – Varna, 2017. – P. 119-121.
5. Kerivnictvo po ekspluatacii traktoru «John Deere»
6. Nadikto V.T. Novi mobil'ni energetichni zasobi Ukraïni. Teoretichni osnovi vikoris-tannya v zemlerobstvi: navch. posibnik (NL) / V.T. Nadikto [i dr.]. – Melitopol', 2005. – 337 s.
7. Chudakov D.A. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya / D.A. Chudakov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Kolos, 1972. – 384 s.