



УДК 631.37

## ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ БАЛАСТУВАННЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ЗА УМОВОЮ ЕКОФІЛЬНОСТІ ШИНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТИСКУ ПОВІТРЯ В НЕЇ

Кувачов В.П., к.т.н,

Мітков В.Б., к.т.н,

Аюбов А.М., к.т.н.,

Шульга О.В., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел./факс (0619) 42-12-65. E-mail: kuvachoff@mail.ru

**Анотація** – В роботі розглянуто можливості баластування колісних тракторів за мовою екофільності шини з урахуванням тиску повітря в неї. Досліджено вплив тиску в шинах на потенційно можливу масу баласту колісного трактора.

**Ключові слова:** трактор, баластування, колесо, тиск в шині, екофільність.

*Постановка проблеми.* Відомо, що з позиції правильного баластування колісних тракторів, визначену масу баласту завжди слід перевіряти на відповідність умові екофільності шини [1]. Згідно якої, з однієї сторони, тиск на ґрунт, створюваний тим чи іншим трактором (неважливо - забаластованим чи ні), не повинен перевищувати норм, регламентованих ДСТУ 4521:2006 «Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунт». З іншої – експлуатаційне навантаження на шину рушія має бути не більшим за його допустиму вантажопідйомність, встановлену ГОСТ 7463-2003. Також загальновідомо, що, як перша, так і друга вимога вказаної умови екофільності шини залежить від тиску повітря в неї. Нерідко значення цього параметру недооцінюють та не враховують при визначенні маси баласту, наприклад [2,3]. Проте більшість сучасних тракторів оснащують системами зміни тиску повітря в шині. Тому розв'язання проблематики баластування колісних тракторів за умовою екофільності шини при зміні тиску повітря в неї є актуальною науково-практичною задачею.

*Аналіз останніх досліджень.* В роботі [4] автор звертає увагу на залежність взаємозв'язку оптимального баласту і тиску повітря в шинах трактора від типу і розмірів трактора; типу, розмірів і кількості шин;

типу ґрунту і ґрунтових умов; тягового опору, який обумовлений типом, шириною і робочою глибиною роботи ґрунтообробного знаряддя. За відсутністю будь яких математичних залежностей ним пропонується покроковий алгоритм дій для визначення оптимальності вказаних параметрів. Зокрема вказується, що для встановлення потрібного рівня тиску в шинах слід скористатися діаграмою навантажень тиску повітря в шинах, за даними виробника конкретної марки шин.

В роботі [1] проф. В.Т. Надикто більш конкретно математично формалізована умова екофільності шини у вигляді:

$$\frac{N_{\text{еш}} < P_{\text{вш}}}{F_{\text{оп}}} < [Q_{\text{тг}}], \quad (1)$$

де  $N_{\text{еш}}$  – експлуатаційне навантаження на рушій, Н;

$P_{\text{вш}}$  – допустима вантажопідйомність шини, Н;

$F_{\text{оп}}$  – площа опорної поверхні шини, м<sup>2</sup>;

$[Q_{\text{тг}}]$  – допустимий питомий тиск на ґрунт, Па.

За рівнянням (1) цим науковцем в [1] запропонована блок-схема алгоритму визначення можливості баластування рушія колісного енергетичного засобу. Але, вказаний алгоритм недостатньо розв'язує поставлену нами проблему. Оскільки при визначенні маси баласту, яка припадає на одиночний рушій, не враховується величина тиску в шині. Тому, ймовірно матимуть місце випадки, коли за вимогами норм дії ходових систем на ґрунт виявиться, що «баластування неможливе». А, враховуючи те, що зі зниженням тиску в шинах збільшується поверхня контакту із ґрунтом, тобто загальне навантаження розподіляється по більшій площі, баластування навпаки, буде можливим. Такі суперечливі твердження потребують уточнення методології визначення маси баласту за умов екофільності шини з урахуванням тиску повітря в неї.

*Формулювання цілей статті.* Метою даної роботи є розробка методології визначення маси баласту колісного трактора за умов екофільності шини в контексті впливу тиску повітря в неї, як вхідного параметру.

*Основна частина.* В умові екофільності шини колісного трактора за рівнянням (1) врахуємо відшукування масу баласту  $M_6$ , яка, помножена на прискорення вільного падіння  $g$ , є складовою до статичного навантаження на рушій  $N_{\text{ек}}$ . В результаті умову (1) представимо системою двох нерівностей:

$$\begin{cases} (N_{\text{ек}} + M_6 \cdot g) < P_{\text{вш}} \\ \frac{(N_{\text{ек}} + M_6 \cdot g)}{F_{\text{оп}}} < [Q_{\text{тг}}] \end{cases} \quad (2)$$

де  $N_{\text{ек}}$  – статичне експлуатаційне навантаження (без баласту) на рушій, Н;  
 $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.



Зрозуміло, що опорна поверхня шини  $F_{оп}$  другої нерівності системи (2) є функцією від тиску повітря в ній. Залежність щодо її визначення для колісного енергетичного засобу має вигляд [1]:

$$F_{оп} = \frac{\pi \cdot D \cdot B \cdot \rho_w \cdot \sqrt{D \cdot B}}{2}, \quad (3)$$

де  $\sqrt{D \cdot B}$  – угин шини, м;

$D$  – статичний діаметр шини, м;

$B$  – ширина профілю шини, м;

$\rho_w$  – тиск повітря в шині, Па.

Допустима вантажопідйомність шини  $P_{вш}$  першого рівняння системи (2), за ГОСТ 7463-2003 також є функцією від тиску повітря в ній. Причому, аналіз даних табл. Б.1 вказаного стандарту, щодо норм навантажень на шини при різному внутрішньому тиску, дозволив з високою точністю апроксимувати вказану взаємозалежність параметрів лінійним рівнянням:

$$P_{au} = k_0 \cdot \rho_w + k_1, \quad (4)$$

де  $k_0$  і  $k_1$  – постійні коефіцієнти, які залежать від типорозміру шини.

Тоді, за системою нерівностей (2), з урахуванням (3) та (4), можна знайти відшукувану масу баласту  $M_б$  і представити її, як функцію від тиску повітря в шині  $\rho_w$ :

$$\left\{ \begin{aligned} & M_{б0} \\ & M_{б1} \sqrt{D \cdot B} + k_1 \sqrt{D \cdot B} \end{aligned} \right. \quad (5)$$

$$a_0 = \frac{k_0 - N_{ек}}{g};$$

$$a_1 = \frac{k_1}{g};$$

$$b_0 = \frac{N_{ек}}{g};$$

$$b_1 = \frac{\pi (D - B) \sqrt{D \cdot B}}{2g};$$

$$b_2 = \frac{\pi}{2g \cdot [Q_{m2}]};$$

$$b_3 = [Q_{m2}]^2 \cdot D \cdot B \cdot (D - B)^2;$$

$$b_4 = 4 \cdot D^2 \cdot B^2.$$

Тепер, за системою (5), можна аналізувати потенційні можливості баластування будь якого колісного трактора з урахуванням величини тиску повітря в його шинах. Зрозуміло, що загальне рішення системи нерівностей (5) і буде визначати величину потенційно (максимально) можливої маси баласту, яка припадає на одиночний рушій трактора.

В якості прикладу проаналізуємо закономірності зміни максимальної-можливої маси баласту  $M_b$ , яка припадає на одиночний рушій трактора ХТЗ-17221, від тиску повітря в його шинах. Діапазон значень останнього приймемо в допустимих межах, які обумовлені ГОСТ 7463-2003, що для шин вказаного трактора становлять  $\rho_w=60\dots120$  кПа. Поставлену задачу вирішимо для двох варіантів агрофону:

1) агрофон щільністю  $0,9$  г/см<sup>3</sup> і вологістю  $0,4$ НВ (пухка будова шару ґрунту), де допустимий питомий тиск на ґрунт становить  $[Q_{гр}] = 120$  кПа;

2) агрофон щільністю  $1,2-1,3$  г/см<sup>3</sup> і вологістю не більше  $0,7$ НВ ( $\approx 17\%$ ), тут допустимий питомий тиск на ґрунт становить  $[Q_{гр}] = 135$  кПа.

Для трактора ХТЗ-17221 значення необхідних для (5) його параметрів наступні: типорозмір шин 23,1R26, для яких  $D=1,6$ м,  $B=0,587$ ,  $P_{вш\ max}=30,9$  кН при  $\rho_{w\ max}=120$ кПа, значення апроксимованих коефіцієнтів за (4) дорівнюють:  $k_1=0,1322$ ,  $k_0=15044$ ; експлуатаційне навантаження на рушій переднього моста  $N_{ек\ п.м.}=27,3$  кН; заднього –  $N_{ек\ з.м.}=15,4$  кН.

Розв'язок системи (5) в середовищі Mathcad за вказаними умовами дозволив встановити зони можливого баластування переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 (рис. 1 та 2).

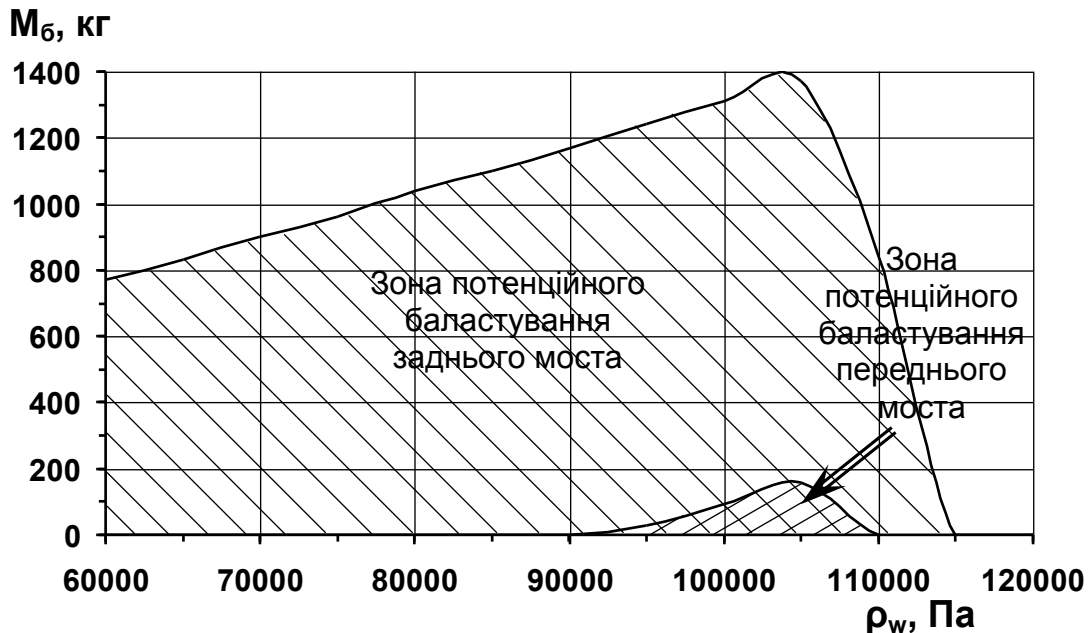


Рис. 1. Потенційні можливості баластування переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 масою  $M_b$ , яка припадає на одиночний рушій, в залежності від тиску повітря  $\rho_w$  в шині при допустимому тиску на ґрунт  $[Q_{гр}] = 120$  кПа.

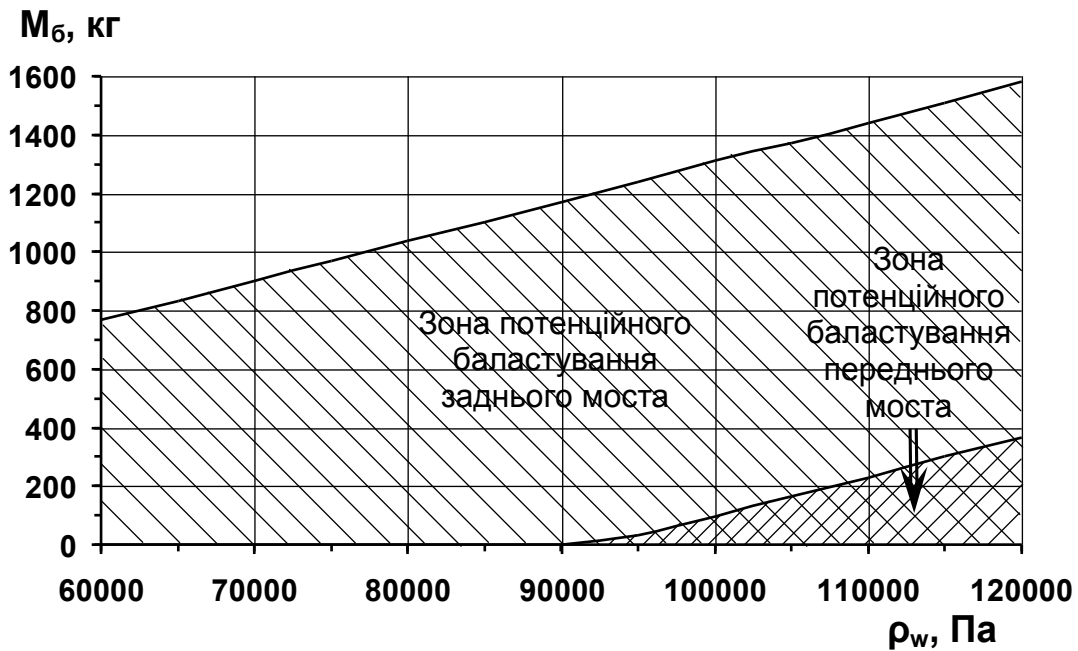


Рис. 2. Потенційні можливості баластування переднього і заднього мостів трактора ХТЗ-17221 масою  $M_b$ , яка припадає на одиночний рушій, в залежності від тиску повітря  $\rho_w$  в шині при допустимому тиску на ґрунт  $[Q_{гр}] = 135$  кПа.

Аналіз графічних залежностей, представлених на рис. 1 та 2, підтверджує факт суттєвого впливу величини тиску в шинах на можливості потенційного баластування трактора. При цьому, з рис. 1 очевидно, що існує оптимум вказаного параметру, значення якого визначає максимально-можливу масу баласту, яка припадає на одиночний рушій. На вказаному графіку цей оптимум знаходиться в межах допустимого тиску повітря в шині трактора ХТХ-17221 і дорівнює  $\rho_w = 104$  кПа. І навпаки, для інших вимог агрофону (рис. 2) – цей оптимум знаходиться поза межами допустимого тиску.

Також стає очевидним і той факт, за яким значення тиску в шинах визначає зони або «можливого», або «неможливого» баластування трактора. Наприклад, для вимог агрофону за 1 варіантом (див. рис. 1) баластування трактора можливе при тиску в шинах його переднього моста  $\rho_w = 90-110$  кПа і для заднього моста – при  $\rho_w = 60-115$  кПа. При цьому, як збільшення, так і зменшення тиску в шинах відносно його оптимального значення зменшує максимально можливу масу баласту. Пояснити це можна так. При збільшенні тиску в шині за рівнянням (3) зменшується площа поверхні контакту її із ґрунтом. Зрозуміло, при цьому зменшується і величина потенційно можливої маси баласту. При надто високому тиску в шинах питома навантаження на ґрунт стає ще більшим і перевищує допустимий



рівень, що свідчить про неможливість баластування трактора. При зменшенні тиску в шинах навпаки площа опорної поверхні шини за (3) збільшується, а тиск на ґрунт зменшується. Але ж при цьому і зменшується допустима вантажопідйомність шини за рівнянням (4). Внаслідок чого зменшується і потенційно можлива маса баласту. При надто малому (але в межах допустимого) тиску в шині експлуатаційне навантаження, що діє на неї перевищує її вантажопідйомність, тому стає неможливим і баластування. Звідси випливає, що використовувати системи для регулювання тиску в шинах баластуємих колісних тракторів слід вкрай обережно, щоб не потрапити в зону, де його баластування стає неможливим.

*Висновок.* Проблему баластування колісних тракторів за умов екофільності шини слід розв'язувати з урахуванням тиску повітря в шинах їх рушіїв. Саме цей параметр визначає межі за якими баластування трактора або можливе, або неможливе. Як свідчать результати досліджень тільки оптимальне значення тиску в шині дає змогу реалізувати потенційні можливості баластування конкретного колісного трактора в конкретних умовах його роботи. Встановлено, що зі зміною величини тиску в шині відносно оптимального значення зменшується при цьому і максимально можлива маса баласту. Також слід врахувати і те, що для баластуємих колісних тракторів використовувати системи для регулювання тиску в шинах слід вкрай обережно, щоб не потрапити в зону, де його баластування стає неможливим.

#### *Література*

1. *Надикто В.Т.* Проблеми баластування колісних тракторів / В.Т.Надикто // Техніка і технології в АПК. – 2013. – №2. – С.7-9.
2. *Цукаров А.М.* Методика расчёта эксплуатационной массы трактора по ограничению воздействия на почву / А. М. Цукаров // Тракторы и сельхозмашины. – 1998. – № 2. – С.12-14.
3. *Селиванов Н.И.* Рациональное балластирование энергонасыщенных колесных тракторов разной комплектации // Вестник КрасГАУ. 2016. №8. – С. 123-129.
4. *Козлов Д.Г.* К вопросу о выборе шин и балластировании трактора при выполнении технологических операций // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. № 3(46) – С.119-125.



**ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
БАЛЛАСТИРОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ИЗ  
УСЛОВИЯ ЭКОФИЛЬНОСТИ ШИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ  
ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В НЕЙ**

В.П. Кувачев, В.Б. Митков, А.М. Аюбов, А.В. Шульга

*Аннотация* – в работе рассмотрены возможности балластирования колесного трактора из условия экофилльности шины с учетом давления воздуха в ней. Исследовано влияние давления в шинах на потенциально возможную массу балласта колесного трактора.

**THE POTENTIAL BALLASTING OF WHEELED TRACTOR  
FROM THE CONDITION OF ECOFILL TIRES DEPENDING ON  
THE PRESSURE OF THE AIR IN IT**

V. Kuvachov, V. Mitkov, A. Aubov, A. Shulga

*Summary*

The paper possibility of ballasting wheeled tractor from the condition of ecofill tires with consideration to the pressure of the air in it a discusses. The effect of tires pressure on the potential weight of the ballast wheeled tractor a researched.