

## Проблеми баластування колісних тракторів

Розглянуто можливості баластування колісних енергетичних засобів з урахуванням вантажопідйомності їх шин та допустимих норм впливу на ґрунт. Виведено умови екофільності шин та можливості баластування трактора.

**Ключові слова:** трактор, баласт, колесо, шина, вантажопідйомність, опорна поверхня, ущільнення, екофільність.

**Суть проблеми.** Останнім часом науковцями і практиками відстоюється думка щодо розв'язання низки проблем агрегування сільськогосподарської техніки шляхом баластування енергетичних засобів, що стосується не лише тягової, а й тягово-енергетичної концепції. В роботі [1], наприклад, однозначно стверджується, що «...повна реалізація потужності двигуна енергосабору підвищеного рівня енергонасиченості через тягове зусилля може бути здійснена за рахунок його баластування». Більше того, якщо до недавнього часу цю операцію рекомендувалося реалізовувати в межах 0-23% від експлуатаційної ваги трактора [2], то нині, за декларацією закордонних фірм, – до 100% і навіть більше. Тобто, той чи інший трактор може бути забаластований масою, рівною або більшою за його експлуатаційну. А це вже, як підкреслюється в роботі [1], може істотно впливати на його позицію в загальному типорозмірному ряду мобільних енергетичних засобів.

У цій статті спробуємо з'ясувати, яка насправді складається ситуація з розв'язанням цієї важливої проблеми.

**Методика.** Загальновідомо, що баластування енергетичного засобу найбільш ефективно на твердій поверхні, в той час як потреба у такому конструктивному рішенні виникає саме на м'якому агротехнічному фоні. А останній, особливо у ранньо-весняний період, більш схильний до такого негативного процесу, як ущільнення ґрунту. З огляду на це тиск на нього, створюваний тим чи іншим трактором (неважливо – забаластованим чи ні), не повинен перевищувати норм  $[Q_{\text{тг}}]$ , регламентованих ДСТУ 4521:2006 «Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунт».

З іншого боку, експлуатаційне навантаження на рушій  $N_{\text{ек}}$  (далі будемо розглядати лише шину) має бути не більшим за його допустиму вантажопідйомність  $P_{\text{вш}}$ , встановлену ГОСТ 7463-2003.

Об'єднавши ці дві вимоги в одну, отримуємо умову екофільності шини:

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

де  $F_{\text{оп}}$  – площа опорної поверхні шини.

З виразу (1) однозначно випливає умова можливості баластування рушія:

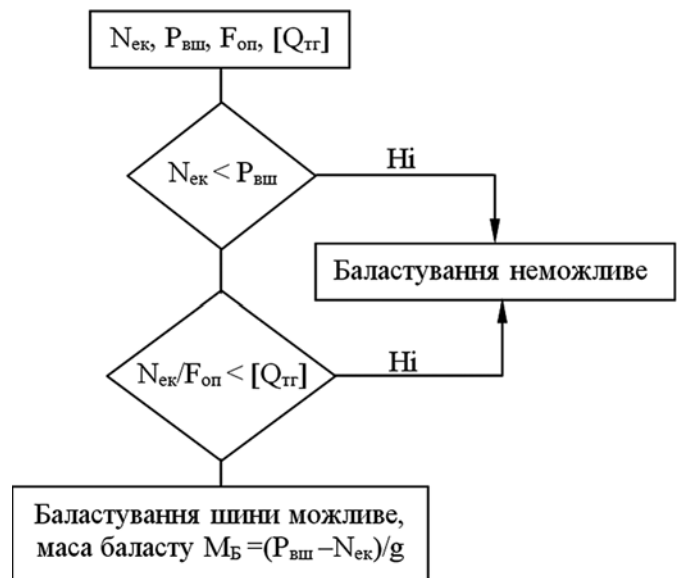


Рис. 1 – Блок-схема алгоритму визначення можливості баластування рушія колісного енергетичного засобу

$$\frac{N_{\text{ек}} < P_{\text{вш}}}{F_{\text{оп}}} < [Q_{\text{тг}}]. \quad (2)$$

Якщо вимога (2) виконується, то масу баласту  $M_{\text{б}}$ , яка припадає на одиничний рушій, можна знайти з виразу:

$$M_{\text{б}} = (P_{\text{вш}} - N_{\text{ек}}) / g, \quad (3)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння.

В формалізованому вигляді процес встановлення можливості баластування того чи іншого колісного енергетичного засобу описується простим алгоритмом (рис. 1).

Тепер, враховуючи отримані залежності (1), (2) і (3), проаналізуємо потенційні можливості баластування одного з найбільш розповсюдженого в нашій країні трактора, яким є енергетичний засіб серії ХТЗ-170 (ХТЗ-17221, наприклад).

### Коротка технічна характеристика ХТЗ-17221

Експлуатаційна маса (Мт),	
кг (сила ваги, кН)	8700 (85,4)
Потужність двигуна (ЯМЗ-236Д-3), кВт	129
Шини	23,1R26
Статичне навантаження на шину (N <sub>ек</sub> ), кН:	
- передній міст	27,3

- задній міст	15,4
Статичний діаметр шини (D), м	1,6
Ширина профілю шини (B), м	0,587
Максимальна вантажопідйомність шини (P <sub>вш</sub> ) (за тиску повітря 120 кПа), кН	30,9

Опорна поверхня шини цього енергетичного засобу може бути розрахована з використанням таких залежностей [3]:

$$F_{оп} = \pi \cdot Hz \cdot \sqrt{(D - Hz) \cdot (B - Hz)},$$

де  $Hz = N_{ек} / \pi \cdot \rho_w \cdot \sqrt{D \cdot E}$  – глибина колії, яку утворює рушій;  $\rho_w$  – тиск повітря в шині.

Аналіз розрахунків показує, що баластування трактора серії ХТЗ-170 можливе лише за допустимого питомого тиску на ґрунт 135 кПа і більше. Така вимога задовольняється на агрофоні щільністю 1,2-1,3 г/см<sup>3</sup> і вологістю не більше 0,7 НВ ( $\approx 17\%$ ).

За пухкої будови шару ґрунту (щільність – 0,9 г/см<sup>3</sup>, вологість – 0,4 НВ) баластування названого трактора при штатній його комплектації взагалі неможливе, тому що значення [Q<sub>т</sub>] в цьому випадку дорівнює 120 кПа.

Що ж стосується допустимої маси баласту при [Q<sub>т</sub>] > 135 кПа, то вона залежить від експлуатаційного вертикального навантаження на рушій. Для переднього мосту M<sub>б</sub> = 366 кг на одну шину або 1464 кг на трактор, що становить всього 16,8% від його експлуатаційної маси.

Допустиме баластування кожної з шин заднього мосту ХТЗ-17221 більше і дорівнює 1584 кг. Проте сказати, що загальний баласт трактора становитиме при цьому 1584·4=6336 кг, – не можна, оскільки будуть перевантажені шини переднього мосту. Реальна маса додаткового вантажу в даному випадку дорівнюватиме 3900 кг (1584·2 + 366·2). І хоча цей рівень баластування становить 44,8% від експлуатаційної маси, але він не перевищує навіть і половини того, про який мова йшла вище.

Довести баластування трактора ХТЗ-17221 до рівня 100% можна лише при застосуванні подвоєння шин, і то лише за умови, що допустимий питомий тиск на ґрунт може бути більшим за 120 кПа. Весною таке можливе за його щільності 0,9-1,0 г/см<sup>3</sup> і вологості, яка не перевищує 0,6 НВ. Влітку та восени – за рівноважного стану в шарі 0-10 см (1,2-1,3 г/см<sup>3</sup>) і вологості менше 0,7 НВ.

За згадуваної вище пухкої будови ґрунту умова (2) **не виконується навіть при застосуванні подвоєння шин** рушіїв трактора ХТЗ-17221.

Проте припустимо, що польові умови дозволяють тиск рушіїв на ґрунт принаймні 125 кПа. У цьому разі, як показують розрахунки за викладеним вище алгоритмом (рис. 1), існує потенційна можливість довести рівень баластування трактора з подвоєними шинами до рівня, який дорівнює 100% і навіть більше. Автори роботи [1] стверджують, що такий захід дозволить перевести енергетичний засіб з одного тягового класу в інший, більш високий.

Трактор ХТЗ-17221 має масу 8700 кг і відноситься до тягового класу 3. Згідно з вимогами ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) експлуатаційна маса енергетичного засо-

бу тягового класу 5 має знаходитися в межах 11480-13776 кг. Формально виходить, що для переведення трактора ХТЗ-17221 до класу 5 досить обладнати його баластом, який дорівнює принаймні 2800 кг. Таке при застосуванні подвоєння шин є цілком реальним.

Водночас енергетичні засоби більш високого класу мають не лише більшу експлуатаційну масу, а й вищу потужність двигуна. Причому для її реалізації в тяговому варіанті енергонасиченість трактора (E<sub>т</sub>) повинна знаходитися на рівні 14 кВт/т [4]. За більшого значення E<sub>т</sub> енергетичний засіб репрезентує вже не тягову, а тягово-енергетичну концепцію.

Звідси виходить, що для зарахування трактора ХТЗ-17221 до тягового класу 5 він має бути оснащений двигуном потужністю: N<sub>е</sub> = E<sub>т</sub>·M<sub>т</sub> = 14·(8,7+2,8) = 161 кВт. А це на 32 кВт більше за ту, яку розвиває його штатний двигун.

Більше того, аби такому трактору на рівних конкурувати з реальними представниками тягового класу 5, потужність його двигуна має бути визначена з урахуванням вищої межі експлуатаційної маси для даного класу, що становить 13,7 т. В цьому варіанті N<sub>е</sub> за того ж самого граничного рівня енергонасиченості E<sub>т</sub>=14 кВт/т повинна дорівнювати вже 193 кВт, що на 64 кВт більше за дійсну. Якщо ж на забаластованому ХТЗ-17221 не збільшити потужність двигуна, то він номінальне (або інше) тягове зусилля буде реалізовувати за значно меншої швидкості, ніж трактор-аналог тягового класу 5. В процесі практичної експлуатації це призвело б до отримання меншої продуктивності і більш високих питомих витрат палива МТА на основі енергетичного засобу серії ХТЗ-170.

Та все ж припустимо, що на тракторі ХТЗ-17221 з подвоєними шинами встановлено двигун потужністю 193 кВт, а його експлуатаційна маса шляхом баластування збільшена на 5 т і доведена, таким чином, до 13700 кг. Перш ніж зарахувати даний трактор до тягового класу 5, слід відповісти на одне запитання, яке автор цієї статті уже ставив у роботах [4, 5]: **чи витримає (а якщо так, то як довго) трансмісія енергетичного засобу тягового класу 3 те навантаження, яке притаманне трактору тягового класу 5?**

Нині відповіді на нього ні в літературних, ні в інших доступних джерелах знайти поки що не вдається.

Насамкінець ще одна обставина. Сфера застосування трактора з подвоєними шинами (і тим паче – з потроєними) певною мірою обмежена. А на твердому агрофоні за відносно малих тягових зусиль і на транспортних операціях таке налаштування енергетичного засобу не лише малоефективне, а й шкідливе.

**Висновки.** Проблема баластування колісних енергетичних засобів слід розв'язувати лише з урахуванням запропонованої умови екофільності шин, що об'єднує в собі їх вантажопідйомність та обмеження тиску на ґрунт. Така вимога справедлива навіть при застосуванні подвоєння шин колісних енергетичних засобів.

## Список літератури

1. Шкарівський Г.В., Шкарівський Р.В. Про експлуатаційну масу енергозасобів //Науковий вісник

Таврійського державного агротехнологічного університету (електронне фахове видання), 2012. – Вип. 2, – Т. 3. [Електронний ресурс: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/index.html>].

2. Ксеневич И.П. и др. Рациональный типоразмерный ряд перспективных сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. – № 11.

3. Бойков В.П., Белковский В.Н. Шины для тракторов и сельскохозяйственных машин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 240 с.

4. Надикто В.Т. Роль енергонасиченості тракторів в формуванні їх типажа // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 3.

5. Надикто В.Т. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 9.

**Аннотация.** Рассмотрена возможность балластирования колесных энергетических средств с учетом грузоподъемности их шин и допустимых норм воздействия на почву. Выведено условие экофильности шин и возможности балластирования трактора.

**Summary.** Possibility ballasting of the wheeled power facilities is considered taking into account the carrying capacity of their tires and possible norms of affecting soil. The condition of ecofill tires and possibility ballasting of tractor is shown out.

Стаття надійшла до редакції 2012 р.