

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАКТОРА НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ В СКЛАДІ АГРЕГАТУ ЗМІННОЇ МАСИ

**Шуляк М.Л., д.т.н., проф., Крамаренко О.В., Марченков С.П., маг-ти**  
*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*В аграрному секторі транспорт займає важливе місце: він починає і завершує процеси виробництва продукції рослинництва і тваринництва та здійснює технологічні зв'язки між окремими етапами робіт. На частку транспортних робіт, що виконують трактори в аграрному секторі, припадає понад 35% від обсягу основних видів робіт. Однак, як для транспортних, так і для транспортно-технологічних агрегатів властиво не повне використання потужності двигуна трактора, що призводить до неефективного використання тракторів. Одним з відомих способів поліпшення паливної економічності за рахунок більш повного завантаження двигуна, є перехід на знижені обороти двигуна і підвищену передачу трансмісії. Цей спосіб широко застосовується при роботі трактора тягової концепції, при переході до тягово-енергетичної концепції має деякі обмеження викликані зв'язком між оборотами двигуна і ВВП.*

**Вступ.** Сільськогосподарське виробництво розосереджено на величезних площах і вимагає переміщення великої кількості технологічних і експлуатаційних матеріалів, проміжної і кінцевої продукції. Тому в аграрному секторі транспорт займає важливе місце: він починає і завершує процеси виробництва продукції рослинництва і тваринництва та здійснює технологічні зв'язки між окремими етапами робіт. По мірі розвитку сільськогосподарського виробництва роль транспорту неухильно підвищується, і якщо в даний час на кожен гектар ріллі припадає в середньому 45...50 т різних вантажів, то в найближчі роки очікується тільки збільшення цього обсягу.

**Аналіз основних досліджень та публікацій.** За типом рухомого складу розрізняють автомобільні та тракторні транспортні засоби. Вантажні перевезення поділяють на внутрішньогосподарські і позагосподарські. Внутрішньогосподарські перевезення (польові, позафермерські) виконуються на короткі (від 0,5 до 10 км) відстані переважно тракторним транспортом; позагосподарські перевезення виконуються на порівняно великі (30 – 50 км) відстані – автомобільним транспортом. На частку транспортних робіт, що виконуються тракторами в аграрному секторі, припадає понад 35% від обсягу основних видів робіт [1]. Транспортний процес в аграрному секторі має транспортно-технологічні спрямованості: збирально-транспортну, транспортну, транспортно-розподільчу [2]. В збирально-транспортному процесі здійснюється операція збирання (збір матеріалу, розподіленого по поверхні, і подача його в кузов), в транспортному процесі переміщується зібрана продукція за місцем

призначення, в транспортно-розподільчому процесі розвантажувальна операція замінюється розподільною (видачею матеріалу з кузова, ємності і т.д. і розподілом його по поверхні). Технічні засоби, що поєднують функції транспортних і технологічних машин і агрегатів (підбирачі-транспортувальники, розкидачі добрив і т.п.) називаються транспортно-технологічними засобами.

Підвищення енергонасиченості тракторів і розвиток технологій виробництва призвело до випередження зростання маси технологічної частини МТА щодо зростання маси трактора, що унеможливило його подальше використання в якості тягача і вимагає нових напрямків використання потужності його двигуна.

**Основна частина.** Для тракторних поїздів (ТП) максимально повна маса причепа  $m_n$  може бути обмежена [3] або потужністю двигуна при достатньому зчепленні ведучих коліс трактора і заданої швидкості  $v$ :

$$m_n \leq \frac{N_{e\max} \eta_m (1 - \delta)}{q\psi} - m_m, \quad (1)$$

або по зчепленню ведучих коліс:

$$m_n \leq m_m \frac{\varphi \lambda_g + (1 - ftg\gamma)[\varphi - (f + i)tg\gamma]}{[1 + (\varphi - f)tg\gamma](f + i)}, \quad (2)$$

де:  $N_{e\max}$  – максимальна потужність двигуна;  
 $\eta_m$  – ККД трансмісії;  
 $\delta$  – коефіцієнт буксування ведучих коліс трактора;  
 $m_m$  – маса трактора;  
 $\psi$  – сумарний коефіцієнт опору опорної поверхні;  
 $\lambda_g = G_o / qm_m$  – коефіцієнт статичного довантаження зчпного пристрою від сили  $G_o$ , яка довантажує задній міст трактора часткою маси причепа;  
 $\gamma$  – кут нахилу сили тяги трактора по відношенню до опорної поверхні.

Для визначення оптимального поєднання параметрів тракторного поїзда необхідно залучення додаткових критеріїв. Передбачається [4] в якості такого критерію для оцінки раціонального співвідношення вантажопідйомності і швидкості руху транспортного агрегату (ТА) прийняти безрозмірний показник питомої витрати палива:

$$\Gamma = Q/W, \quad (3)$$

де:  $Q = 9,8q_m Gf v_2 / (100\eta_{mp})$  – годинна витрата палива, кг/год;  
 $q_m$  – питома витрата палива, кг/(кВт·год.);  
 $f$  – коефіцієнт опору кочення;  
 $W = 3,6Ev_2 \tau / \ell$  – годинна продуктивність, кг/год;  
 $E$  – вантажопідйомність агрегату;

$\tau$  – коефіцієнт часу зміни;  
 $\ell$  – відстань перевезення, км.

Так, при порівнянні ефективності транспортних агрегатів МТЗ-80+ПТС-7 та Т-150К + ПТС-14 за допомогою залежності (3) отримано, що трактор МТЗ-80 вигідніше використовувати на будь-якій відстані перевезення вантажів. При недостатній кількості даних тракторів на відстані до 5 км можна використовувати Т-150К+ПТС-7, а понад – Т-150К+ПТС-14.

Розвиток сільськогосподарських ТА і ТТА супроводжується вдосконаленням транспортного, технологічного та допоміжного обладнання, встановлюваних на транспортних шасі, причепах, напівпричепах і напівначіпних причепах.

Прагнення до всебічного підвищення ефективності і якості роботи викликає необхідність все більш широкої заміни засобів механізації загального призначення (універсальних) спеціалізованими. Рухомий склад сільськогосподарського транспорту спеціалізують при цьому за операціями, що виконуються і видом вантажів та матеріалів, що транспортуються. При сезонному, переривчастому характері сільськогосподарського виробництва, спеціалізація рухомого складу неминуче супроводжується зменшенням його річної зайнятості.

Однак, як для транспортних, так і для транспортно-технологічних агрегатів властиво не повне використання потужності двигуна трактора, що призводить до неефективного використання тракторів. Час роботи трактора на режимах, при яких експлуатаційна навантаження дизеля не перевищує 60 - 70% при номінальній частоті обертання становить 30-60% [5].

Особливо актуально постає питання ефективного використання саме агрегатів змінної маси де до негативних чинників, що викликають недовикористання потужності двигуна додається постійна зміна маси вантажу в причепі (бочці).

Транспортні агрегати відносяться до класу складних технічних систем, ефективність роботи яких на протязі заданого часу забезпечується при виконанні своїх загальних функцій у межах, встановлених нормативними вимогами за умови протидії зовнішнім дестабілізуючим факторам.

Розглянемо підвищення ефективності експлуатації МТА в складі трактора ХТА – 200 – 10 та ПРТ-10.

Агротехнічно допустима швидкість для цього агрегату становить 8-10 км/год. згідно технічної документації.

Швидкість максимально можлива по завантаженню двигуна, визначається за формулою [6]:

$$V_{P_{\max}}^{N_e} = \frac{(N_{e_n} \cdot \eta_{N_e} - N_{BOM} / \eta_{BOM}) \cdot \eta_{MT} \cdot \eta_{\delta}}{R_M + G \cdot \left( f + \frac{i}{100} \right)}, \quad (4)$$

де:  $N_{e_n}$  – номінальна потужність, кВт;

$\eta_{N_e}$  – коефіцієнт оптимального завантаження двигуна,  $\eta_{N_e} = 0,8 \dots 0,95$ ;

$N_{BOM}$  – потужність на привід активних робочих органів;  
 $\eta_{BOM}$  – ККД валу відбору потужності,  $\eta_{BOM} = 0,94..0,96$ ;  
 $\eta_{MG}$  – ККД трансмісії;  
 $\eta_{\delta}$  – ККД буксування;  
 $R_M$  – тяговий опір машини, Н;  
 $i$  – нахил місцевості, %;  
 $G$  – вага трактора, Н.  
 Тяговий опір робочої машини визначається за формулою:

$$R_M = (G_{PP} + G_{GP}) \left( f + \frac{i}{100} \right), \quad (5)$$

де:  $G_{PP}$  – конструктивна вага машини, Н;  
 $G_{GP}$  – вага вантажу в кузові, Н;  
 Коефіцієнт завантаження двигуна можна визначити:

$$\eta_{Nep} = \frac{N_{ep}}{N_{en}}, \quad (6)$$

де:  $N_{ep}$  – ефективна потужність двигуна на робочому режимі, кВт.  
 Ефективну потужність двигуна визначаємо за формулою [6]:

$$N_{ep} = \frac{(R_M + P_f + P_a) \cdot V_p}{\eta_{MG} \cdot \eta_{\delta}} + \frac{N_{BOM}}{\eta_{BOM}}, \quad (7)$$

де:  $P_f, P_a$  – сила, що витрачається на переміщення та підйом трактора, Н

$$(P_f + P_a) = G \cdot \left( f_T + \frac{i}{100} \right). \quad (8)$$

Згідно наведених формул, проводимо розрахунки для початкового і кінцевого станів роботи МТА (рис. 1).

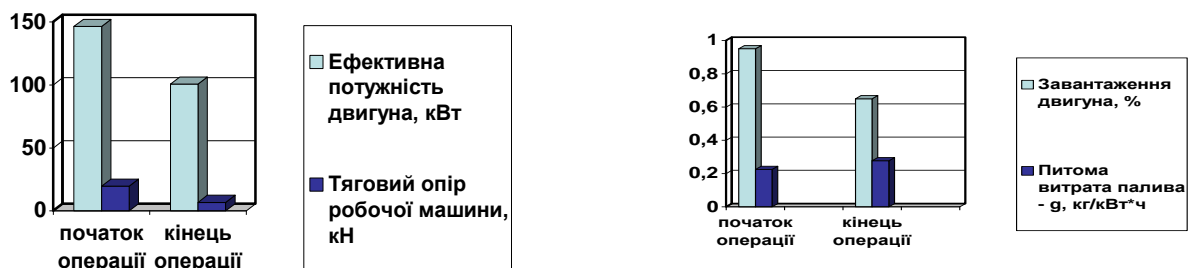


Рис. 1 – Результати розрахунку моделювання роботи МТА змінної маси

Як видно з наведеного розрахунку зміна маси сільськогосподарської машини істотно вплинуло на коефіцієнт завантаження двигуна.

Проаналізувавши регуляторну характеристику двигуна Д-260 і багатопараметрові трактора ХТА – 200 – 10. Можна стверджувати, що питома витрата палива погіршиться на 18% і складе для першого випадку 225 кг/кВт·год; для другого 274 кг/кВт·год.

Одним з відомих способів поліпшення паливної економічності за рахунок більш повного завантаження двигуна, є перехід на частковий швидкісний режим роботи і підвищену передачу трансмісії. Цей спосіб широко застосовується при роботі трактора в межах тягової концепції, при переході до тягово-енергетичної концепції, його використання ускладнене, навіть при використанні робочих машин з постійною масою, залежністю частоти обертання двигуна і ВВП.

**Висновки.** Одним з напрямків підвищення ефективності експлуатації енергонасиченого трактора в агрегаті з сільськогосподарською машиною змінної маси є більш повне завантаження двигуна за рахунок переходу на частковий швидкісний режим. Експлуатація трактора тягово-енергетичної концепції за умови переходу його двигуна на частковий швидкісний режим неможлива без додаткової стабілізації частоти обертання ВВП, бо це призведе до погіршення якості виконання технологічної операції.

### Список використаних джерел

1. Аникин, Н. В. Анализ внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственной продукции / Н. В. Аникин, Н. В. Бышов, И. А. Успенский, И.А. Юхин и [др.] // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: II Международная научно-производственная конференция – Пенза : Изд-во ПГУАС, 2009. С. 111 - 113.
2. Шалягин В.Н. Транспортные и транспортно-технологические средства повышенной проходимости / В.Н. Шалягин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 254 с.
3. Тракторные поезда / П.П. Артемьев, Ю.А. Атаманов, Н.В, Богдан и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 286 с.
4. Евтушенков Н.Е. Рациональное соотношение грузоподъемности и скорости движения транспортного агрегата / Н.Е. Евтушенков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 8. С. 19-20.
5. Володін В.М. Оценка эксплуатационной топливной экономичности тракторных и комбайновых дизелей // Тракторы и сельхозмашины. – 1990. № 1. – С. 14-16.
6. Шуляк М.Л. Підвищення ефективності експлуатації енергонасиченого трактора в агрегаті з сільськогосподарською машиною змінної маси / М.Л. Шуляк // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 148 – С. 280 - 286.

## **Аннотация**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАКТОРА НА ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТАХ В СОСТАВЕ АГРЕГАТА ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ**

Шуляк М.Л., Крамаренко А.В., Марченков С.П.

*В аграрном секторе транспорт занимает важное место: он начинает и завершает процессы производства продукции растениеводства и животноводства и осуществляет технологические связи между отдельными этапами работ. На долю транспортных работ, выполняемых тракторами в аграрном секторе, приходится более 35% от объема основных видов работ. Однако, как для транспортных, так и для транспортно-технологических агрегатов свойственно не полное использование мощности двигателя трактора, что приводит к неэффективному использованию тракторов. Одним из известных способов улучшения топливной экономичности за счет более полной загрузки двигателя, является переход на пониженные обороты двигателя и повышенную передачу трансмиссии. Этот способ широко применяется при работе трактора тяговой концепции, при переходе к тягово-энергетической концепции имеет некоторые ограничения вызванные связью между оборотами двигателя и ВОМ.*

## **Abstract**

### **IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRACTOR IN TRANSPORT WORKS IN THE COMPOSITION OF THE VARIABLE MASS UNIT**

M. Shuliak, A. Kramarenko, S. Marchenkov

*In the agrarian sector, transport occupies an important place: it starts and completes the processes of crop production and livestock production and implements the technological links between the individual stages of work. The share of transport work performed by tractors in the agricultural sector accounts for more than 35% of the volume of the main types of work. However, both for transport and transport-technological units it is characteristic not to use the engine power of the tractor completely, which leads to inefficient use of tractors. One of the known ways to improve fuel efficiency due to a more complete engine load, is to switch to lower engine rpm and higher transmission. This method is widely used in the operation of the tractor traction concept, in the transition to the traction and energy concept has some limitations caused by the connection between the engine speed and the PTO.*