

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА МАКСИМАЛЬНЫЙ ТЯГОВЫЙ КПД

**С. Н. Девянин, А. В. Куриленко**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

***Аннотация.** Среди большого числа машин, используемых в сельском хозяйстве тракторы, занимают одно из первых мест. В классической компоновке трактор создаёт энергию при помощи ДВС и передаёт её посредством трансмиссии и ВОМ, но постепенно на первый план выходят двигатели на электрической тяге, в которых потребность в механической трансмиссии отпадает. А значит встаёт вопрос эффективного управления таким двигателем или мотор-колесом. В данной статье предлагается рассмотреть критерий, по которому возможно эффективное управление ведущим колесом.*

***Ключевые слова:** трактор; энергоэффективность; буксование; производительность.*

## ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE MAXIMUM TRACTION EFFICIENCY

**S. N. Devyanin, A. V. Kurylenko**

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** Among the large number of machines used in agriculture, tractors occupy one of the first places. In the classic layout, the tractor creates energy using the internal combustion engine and transmits it through the transmission and PTO, but gradually electric engines come to the fore in which the need for a mechanical transmission disappears. This means that the question of effective control of such an engine or a motor-wheel arises. This article proposes to consider the criterion by which it is possible to effectively control the driving wheel.*

***Keywords:** tractor; energy efficiency; slippage; performance.*

Ни одна сельскохозяйственная машина не является более вездесущей, чем трактор. По своей сути трактор – это транспортное средство, обеспечивающее высокую тяговую мощность на малых скоростях. Первые тракторы были не более чем двигателем и

колесами с рулевым колесом, но сегодня это передовые машины с продвинутыми вычислениями. Тракторы в основном используются для буксировки плугов, обрабатывающих почву, и оборудования для посева семян. До изобретения двигателей животные или люди должны были перемещать сельскохозяйственное оборудование. Двигатели намного мощнее, чем люди или животные, поэтому они работают намного быстрее и эффективнее.

Эффективность работы трактора в полевых условиях можно оценить по следствиям его эксплуатации, а именно:

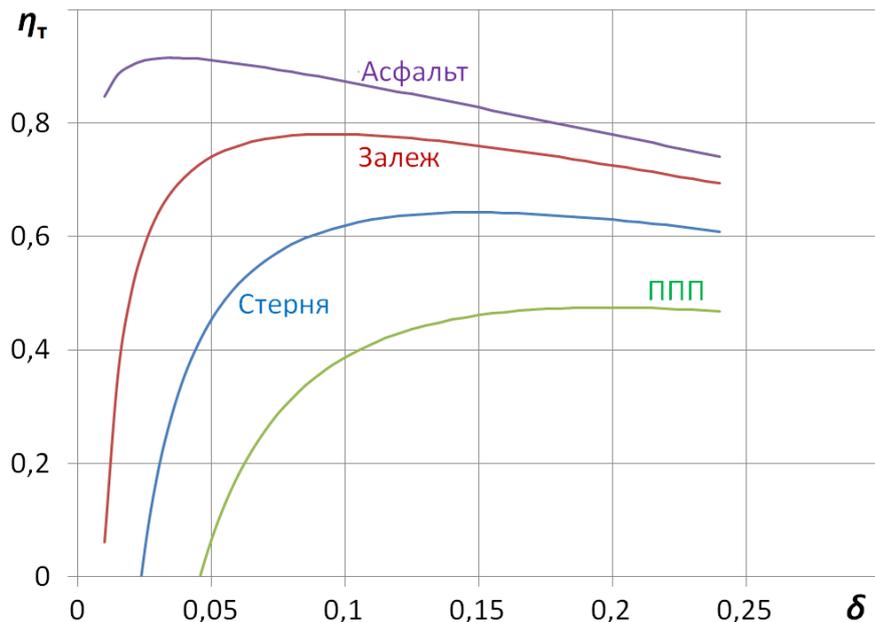
- повышением производительности машины и сокращение сроков выполнения сельскохозяйственных работ;
- повышением надёжности работы трактора, в частности, исключая его работу с перегрузкой;
- повышение урожайности высаживаемых производителем сельскохозяйственных культур и рентабельности производства при использовании данного средства механизации.

Для обеспечения механизации сельского хозяйства эффективность работы трактора во многом определяется эффективностью его тягово-сцепных свойств, которые зависят от свойств опорной поверхности, почвы, свойств движителя поэтому улучшение сцепных качеств ведущих колёс определяет эффективность работы трактора.

Одним из способов повышения эффективности тягово-сцепных свойств трактора является обеспечение оптимального буксования, при котором достигается его максимальный тяговый КПД. Ведь буксование – это показатель потери скорости и обеспечения тяговой силы, его оптимизация обеспечит максимальный тяговый КПД и как следствие эффективность работы трактора.

Для получения взаимосвязи факторов влияющих на тягово-сцепные свойства трактора во время его работы с буксованием рассмотрим зависимость тягового КПД ведущего колеса от условий работы трактора рисунок 1 и выведем формулу для определения тягового КПД трактора через его буксование.

Трактор работает в изменяющихся условиях почвенного фона, а следовательно, его тяговая характеристика тоже изменяется как представлено на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Диаграмма зависимости тягового КПД от буксования ведущего колеса на различных почвенных фонах**

Рассмотрим зависимость тягового КПД ведущего колеса от условий работы трактора.

Тяговый КПД ведущего колеса определяется по формуле:

$$\eta_k = \frac{N_T}{N_k}, \quad (1)$$

где  $N_T$  – тяговая мощность ведущего колеса;

$N_k$  – мощность, подведенная к ведущему колесу;

Используем нижеприведённые зависимости для расчёта параметров:

$$N_T = P_{кр} \cdot V_k, \quad (2)$$

где  $P_{кр}$  – тяговая сила на крюке;

$V_k$  – действительная скорость колеса;

$$N_k = P_k \cdot r_d \cdot \omega_k, \quad (3)$$

где  $P_k$  – касательная сила тяги колеса;

$r_d$  – динамический радиус колеса;

$\omega_k$  – угловая скорость колеса;

$$P_{кр} = (P_k - P_f), \quad (4)$$

где  $P_f$  – сила сопротивления качению;

$$P_f = G_g \cdot f, \quad (5)$$

где  $G_e$  – нагрузка на колесо;

$f$  – коэффициент сопротивления качению;

$$\varphi(\delta) = P_k(\delta) / G_e, \quad (6)$$

где  $\varphi(\delta)$  – соотношение между касательной силой тяги, буксованием и нагрузкой на колесо;

$$\omega_k = \omega_o / i_{mp}, \quad (7)$$

где  $\omega_o$  – угловая скорость коленчатого вала двигателя;

$i_{mp}$  – передаточное число трансмиссии;

$$\omega_k = \frac{V_T}{r_k}, \quad (8)$$

где  $V_T$  – теоретическая скорость колеса;

$r_k$  – кинематический радиус колеса;

$$V_k = V_T \cdot (1 - \delta), \quad (9)$$

где  $\delta$  – коэффициент буксования.

При индивидуальном приводе ведущих колёс целесообразно исключать потери КПД в трансмиссии.

После подстановки и преобразования, получим:

$$\eta_k = \left[ 1 - \frac{f}{\varphi(\delta)} \right] \cdot (1 - \delta) \quad (10)$$

Одним из направлений развития тракторов является использование электро-трансмиссии. Ее особенность заключается в том, что мы можем управлять каждым ведущим колесом, которое имеет отдельный автономный привод т.е. каждое колесо – это мотор колесо, отсюда тракторы с электрическим приводом имеют преимущество по сравнению с тракторами с механической трансмиссией. Отсюда встаёт вопрос, если трактор будет с индивидуальным приводом колёс, то нам необходимо правильно управлять этими колёсами и нам необходимо выбрать параметр, по которому мы будем управлять каждым ведущим колесом и в качестве такого параметра прилагается рассмотреть буксование ведущего колеса.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Девянин, С. Н. Особенности тяговых характеристик тракторов с электроприводом / С. Н. Девянин, А. В. Бижаев // Чтения академика В. Н.

Болтинского: семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 292-299.

2. Гузалов, А. С. Улучшение мощностных показателей автотракторных двигателей / А. С. Гузалов, А. В. Куриленко // Тепловые двигатели, автомобили и тракторы : Материалы Международной студенческой научной конференции имени профессора А. М. Гуревича. Сборник научных трудов, Киров, 29 марта 2021 года. – Киров: ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», 2021. – С. 3-4.

3. Севостьянов, А. Л. Тракторы и автомобили / А. Л. Севостьянов, Т. Г. Павленко. – Орёл: Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, 2022. – 128 с.

4. Метод управления буксованием колесного движителя автомобиля и трактора / Р. Л. Газизуллин, Х. Чжен, Г. О. Котиев, Б. Б. Косицын // Тракторы и сельхозмашины. – 2021. – Т. 88, № 6. – С. 29-44.

5. Сидоров, М. В. Тракторы и автомобили. Конструкция автомобиля: Учебник / М. В. Сидоров, О. А. Царев, Н. И. Еременко. – Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2023. – 124 с.

6. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

#### ***Об авторах:***

**Девянин Сергей Николаевич**, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49). доктор технических наук, профессор.

**Алексей Викторович Куриленко**, аспирант ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49).

#### ***About the authors:***

**Sergey N. Devyanin**, professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor.

**Aleksej V. Kurilenko**, postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).