

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРОВ КИРОВЕЦ К-7М

С. А. Серебряков, Н. Л. Анисимов, М. И. Дмитриев

АО «Петербургский тракторный завод», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В работе представлены аналитические зависимости буксования для повышения точности прогнозирования тяговых характеристик современных тракторов серии К-7М «Кировец». В ходе исследования также определено значение рационального тягового усилия, которое соответствует максимальному значению тяговому КПД, для тракторов серии К-7 «Кировец».

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор 4К4б, колесный движитель, тяговая характеристика, коэффициент буксования.

ON THE ISSUE OF PLOTTING THE POTENTIAL TRACTION CHARACTERISTICS OF KIROVETS K-7M TRACTORS

S. A. Serebryakov, N. L. Anisimov, M. I. Dmitriev

JSC Peterburgsky Tractorny Zavod, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. The article presents the calculated dependences of slipping for the most accurate prediction of traction characteristics of modern tractors of the K-7 «Kirovets» series. The study also determined the value of rational traction force corresponding to the maximum traction efficiency for tractors of the K-7 Kirovets series.

Keywords: agricultural tractor 4K4b, wheeled propulsion systems, traction characteristic, slip ratio.

В процессе проектирования или совершенствования сельскохозяйственного трактора важно выполнить построение теоретической и потенциальной тяговых характеристик для оценки эффективности работы трактора в составе машинно-тракторного агрегата. Для построения тяговых характеристик необходимо определить буксование движителя трактора, которое оценивают по коэффициенту буксования. Обычно буксование определяют в процессе тяговых испытаний и представляют графически в зависимости от тягового усилия или удельного тягового усилия. В инженерной

практике для вновь проектируемых тракторов применяют расчетные зависимости буксования, либо используют зависимость буксования трактора-прототипа.

Многие существующие расчетные модели расчета буксования получены на основе обработки экспериментальных данных. Преимущество такие моделей заключается в простоте использования, однако они справедливы для определенных условий эксплуатации техники. Актуальность работы заключается в обосновании зависимости, подходящей для описания буксования современных тракторов компоновочной схемы 4К46, для изучения их тяговых характеристик. Цель работы заключается в выборе аналитической зависимости буксования для построения тяговой характеристики тракторов 4К46 серии К-7М «Кировец».

В процессе изучения научных работ выбраны зависимости определения значения буксования от тягового усилия, которые представлены в таблице 1. По уравнениям из таблицы 1 построены кривые буксования в функции от удельного тягового усилия G и совмещены с результатами тяговых испытаний тракторов серии К-7 «Кировец» с одинарными колесами, проведенных на машинно-испытательной станции по единой методике на стерне. Масса трактора принята 16161 кг. Результаты представлены на рисунке 1.

Таблица 1 - Существующие расчетные зависимости буксования и значения R

№	Уравнение	Источник	R^2
1	$\hat{\lambda} = -0,05 \ln \frac{D-G}{14-GJJ}$	[1]	0
2	$\hat{\lambda} = \frac{A}{B} \ln \frac{1}{\max - \Phi_4}$	[2]	0,704
3		[3]	0,291
4	$\hat{\lambda} = B'$	[4]	0,149
5	$\hat{\lambda} = 0,110^{-v_{тр}}$	[5]	0,685

Обозначения, принятые в таблице 1:

Для трактора со всеми ведущими колесами вес $G — m_{mp} \cdot g$

P_k - сила тяги на ведущих колесах;

$B = \Phi > \cdot \max$ - коэффициент сцепления шин с грунтом;

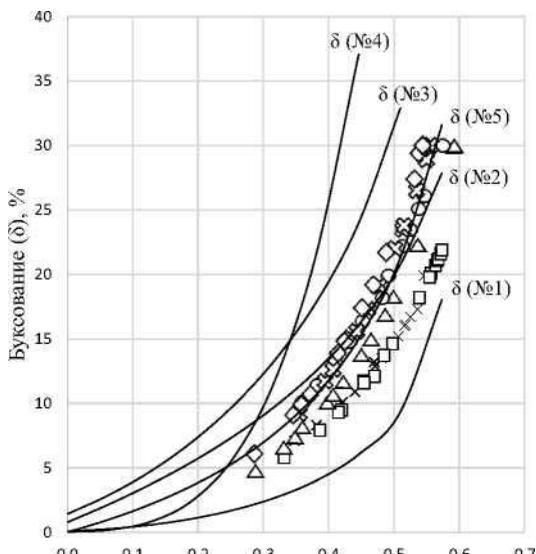
$\hat{\alpha}_{кр\max}$, $\langle \Delta_{кр}$ - максимальное и текущее значения удельного тягового усилия на крюке;

A , B - коэффициенты, зависящие от типа трактора, типа и состояния опорной поверхности, для трактора 4К46, движущегося по стерне: $L = 0,708,5 = 7,15$, $\hat{\alpha}_{кр\max} = 0,67$ [1];

$P_{k\max}$ - максимальное касательное тяговое усилие;

n - экспериментальный коэффициент; для стерни принято $n = 4,1$ [5].

Для оценки степени соответствия расчетных зависимостей буксования экспериментальным данным выбран коэффициент аппроксимации R^2 . Результаты расчета приведены в таблице 1.



Удельное тяговое усилие на крюке (фкр)

X №1 (710/70R38)

□ №2 (710/70R38)

A №3 (710/70R38)

O №4 (30,5R32)

* №5 (30,5LR32)

o №6 (800/65R32)

Рисунок 1 - Сопоставление кривых буксования с экспериментальными данными

$$R^2 = 1 -$$

где y_i - фактическое значение; Y , - значение аппроксимирующей функции;

\bar{y} - среднее арифметическое.

Как показано на рисунке 1, кривая № 2 ($R^2 = 0,704$) и кривая № 5 ($R^2 = 0,685$) наиболее удовлетворительно описывают экспериментальные данные среди всех рассмотренных зависимостей буксования.

Для анализа, обобщения и практического использования данные тяговых испытаний тракторов серии К-7 «Кировец» были аппроксимированы экспоненциальной зависимостью. Полученные расчетные зависимости буксования и соответствующие значения коэффициента аппроксимации R^2 приведены в таблице 2.

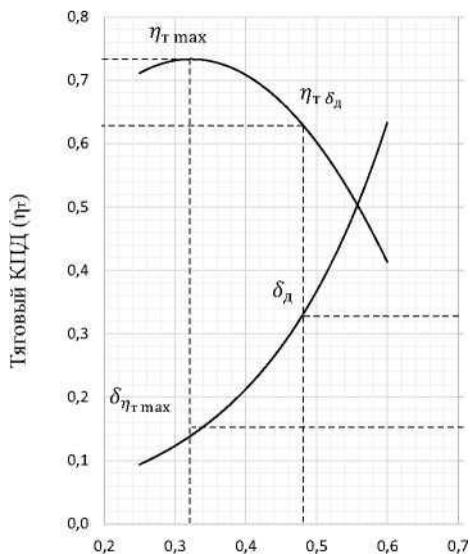
Таблица 2 - Полученные расчетные зависимости буксования

№	Уравнение	R^2	Получено на основе тяговых испытаний тракторов Кировец К-7
1	$\delta = 1,1977 \cdot e^{5,4585\lambda}$	$R^2 = 0,852$	с посадочными диаметрами шин 32" и 38"
2	$\delta = 1,0809 \cdot Y''$	$R^2 = 0,959$	с посадочным диаметром шин 38"
3	$\delta = 1,3018 \cdot$	$R^2 = 0,9861$	с посадочным диаметром шин 32"

Учитывая, что экспериментальные данные получены при определенном диапазоне изменения тягового усилия, уравнения №1-№3из таблицы 2 справедливы для $\phi_{кр} \in [0,29;0,6]$.

Для выбора оптимального удельного тягового усилия выполнено построение кривой тягового КПД по уравнению, полученному при обработке опытных данных, и кривой буксования, с использованием уравнения № 1 таблицы 2, в зависимости от удельного тягового КПД. На рисунке 2 показано графическое представление зависимостей.

Как показано на рисунке 2, максимальное значение η_{max} получено при $\rho_{кр} = 0,32$, при этом $\beta = 7\%$. Допустимому коэффициенту буксования = 16 % соответствует удельное тяговое усилие равное $\hat{\rho}_{кр} = 0,48$.



Удельное тяговое усилие на крюке (фкр)

Рисунок 2 - Оптимальное удельное тяговое усилие на стержне

В результате выявлены расчетные зависимости буксования с наименьшей погрешностью, которые описывают экспериментальные данные тяговых испытаний тракторов «Кировец» серии К-7, а также в результате обработки экспериментальных данных получены новые зависимости для расчетной оценки буксования. Установлено оптимальное значение удельного тягового усилия тракторов серии К-7 «Кировец». Полученные результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования буксования в ходе построения потенциальной и теоретической тяговых характеристик тракторов компоновочной схемы 4К46 серии К-7М «Кировец».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носов, Н. А. Тягово-экономический расчёт трактора: методические указания / Н. А. Носов, В. Ю. Павлов, А. Д. Самойлов. - СПб : СПб.гос.техн.ун-т, 1995. - 30 с.

1. Городецкий, К. И. Обобщенные тяговые показатели сельскохозяйственных тракторов / К. И. Городецкий, А. П. Парфенов, А. М. Лавлинский // Тракторы и сельхозмашины. - 2017. - №2. - С. 3-8.

3. Гинзбург, Ю. В. Промышленные тракторы / Ю. В. Гинзбург, А. И. Швед, А. П. Парфенов. - М. : Машиностроение, 1986. - 293 с.

4. Махмутов, М. М. Тягово-сцепные свойства колесных машинно-тракторных агрегатов / М. М. Махмутов, Н. В. Кондаурова // Научное обозрение. Технические науки. - 2016. - №3. - С. 70-71.

5. Селиванов, Н. И. Показатели динамических и тягово-сцепных свойств тракторов «Кировец» серии К-744 / Н. И. Селиванов, В. Н. Запрудский // Вестник КрасГАУ. - 2012. - №5. - С. 297-305.

Об авторах:

Серебряков Сергей Александрович, директор АО «Петербургский тракторный завод» (198097, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47).

Анисимов Николай Леонидович, ведущий инженер конструктор, АО «Петербургский тракторный завод» (198097, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47).

Дмитриев Михаил Игоревич, начальник инженерного отдела - главный конструктор АО «Петербургский тракторный завод» (198097, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47), кандидат технических наук.

About the authors:

Sergej A. Serebryakov, Director of JSC «Peterburgsky Tractomy Zavod» (198097, Russian Federation, St. Petersburg, Stachek Ave., 47).

Nikolaj L. Anisimov, project engineer JSC «Peterburgsky Tractomy Zavod» (198097, Russian Federation, St. Petersburg, Stachek Ave., 47),

Mikhail I. Dmitriev, Head of the Engineering Department - Chief Designer of JSC «Peterburgsky Tractomy Zavod» (198097, Russian Federation, St. Petersburg, Stachek Ave., 47), Cand.Sc. (Engineering).