

УДК 631.372

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

ВЛИЯНИЕ БОКОВОГО УВОДА ШИН НА ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДВИЖИТЕЛЯ ТРАКТОРА ТЯГОВОГО КЛАССА 5

Кравченко Владимир Алексеевич
доктор технических наук, профессор
РИНЦ SPIN-код = 9983-4293
E-mail: a3v2017@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Меликов Иззет Мелукович
канд. техн. наук, доцент
РИНЦ SPIN-код=3194-9952
E-mail: izmelikov@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет», г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

Цель исследования: установление влияния бокового увода на тяговые показатели шин ходовых систем колёсных тракторов тягового класса 5. Метод исследования – теоретико - экспериментальный с использованием измерительного комплекса «шинный тестер», который позволял получить данные, способствующие оценить тягово-энергетические свойства при движении с боковым уводом различных шин, предназначенных для комплектации ходовых систем тракторов тягового класса 5. Анализ проведённых экспериментальных исследований показал, что значение величины наибольшего тягового КПД на стерне зерновых колосовых и на пару, у шин ФД-12 и Ф-81 практически одинаково, а у шины Ф-85 оно значительно ниже; буксование, связанное со сдвигом почвенных слоёв, составляет 70...80% общего буксования движителя; тяговое усилие, которое развивает движитель с шиной Ф-85 при максимальном значении тягового КПД, меньше, чем у движителей с шинами моделей Ф-81 и ФД-12 на 16...21 % на обоих почвенных фонах; затраты мощности на буксование движителя составляют 37...46 % от общей суммы потерь энергии, из них на псевдобуксование – 9...12 %, а на самопередвижение – 54...63 %; качение ведущего колеса с уводом, возникающим при совместном действии продольных и боковых сил, приводит к увеличению при том же тяговом усилии большего по значению буксования в продольном направлении; при значении угла бокового увода три градуса повышение буксования, связанного со сдвигом почвы, увеличивается до 30...60 % при росте силы на самопередвижение движителя от 12 до 23 %, что приводит к снижению на 6...11 % величин

UDC 631.372

05.20.01 Technology and mechanization of agriculture (technical sciences)

EFFECT OF THE TIRE LATERAL SKID ON TRACTION AND ENERGY PERFORMANCE OF THE PROPULSION UNIT IN THE TRACTOR OF CLASS 5 TRACTION

Kravchenko Vladimir Alekseevich
Doctor of Technical Sciences, professor
RSCI SPIN – code 9983-4293
E-mail: a3v2017@yandex.ru
FSBEI HE «Don State Technical University», Rostov-on-Don, Russia.

Melikov Izzet Melukovich
Cand. Tech. Sci., associate professor
RSCI SPIN – code=3194-9952
E-mail: izmelikov@yandex.ru
FSBEI HE «The Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhabulatov», Makhachkala, Russia.

The purpose of the study: to establish the effect of lateral skid on the traction performance of the tires of undercarriage systems in the wheeled tractors of traction class 5. The research method, using the "tire tester" measuring complex which makes it possible to obtain data that helps to assess the traction and energy properties with lateral skid of various tires intended for completing the undercarriage systems in tractors of traction class 5 when driving, is theoretical and experimental. The analysis of the conducted experimental studies has shown that the value of the highest traction efficiency on the stubble of grain crops and on the fallow of the FD-12 and F-81 tires is practically the same; the value of the highest traction efficiency on the stubble of grain crops and on the fallow of the F-85 tire is much lower; skidding associated with the shearing of soil layers is 70 ... 80% of the total skidding of the propulsion unit; the tractive effort developed by the propulsion unit equipped with the F-85 tire at the maximum value of the traction efficiency is 16 ... 21% less than the F-81 and FD-12 tires on both soil covers; power losses for the skidding of the propulsion unit is 37 ... 46% of the total amount of energy losses, 9 ... 12% of which is for pseudo skidding, and 54 ... 63% is for self-movement; rolling of the driving wheel with skid which occurs after the combined action of longitudinal and lateral forces, at the same tractive effort leads to the increase in greater skidding in terms of value in longitudinal direction; at the value of three degrees of the lateral skid angle, skidding enhancement associated with the soil shearing increases to 30 ... 60% at force increase for the propulsion unit self-movement from 12 to 23%, which leads to 6 ... 11% decrease in its traction efficiency.

ны его тягового КПД

Ключевые слова: ТРАКТОР, ДВИЖИТЕЛЬ, ШИНА, УВОД ШИН, ТЯГОВЫЙ КПД, СДВИГ ПОЧВЕННОГО ФОНА

Keywords: TRACTOR, PROPULSION UNIT, TIRE, TIRE SKID, TRACTION EFFICIENCY, SOIL SHEARING

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-170-012>

Введение. Анализ развития сельскохозяйственного производства показывает, что выполнение различных технологических операций в растениеводстве производится, и будет производиться в перспективе, с помощью мобильных энергетических средств, в которых предполагается установка ходовых систем на основе гусеничных или колёсных движителей.

Как известно, в настоящее время преимущественное распространение подавляющего числа мобильных энергетических средств получили колёсные движители. В России они составляют более 65 %, в других странах мира – более 85 %. Это особенно характерно для всех зернопроизводящих районов России, отличающихся как районов острозасушливой зоны земледелия. Выигрыш от применения колёсного движителя вместо других типов (гусеничного, полугусеничного) заключается в реализации вполне приемлемых показателей мобильных энергетических средств при более низких себестоимостью изготовления и затратами на их эксплуатацию, по сравнению с другими движителями. Не вызывает также сомнений общеизвестная универсальность применения колёсного движителя.

Проводимые научные исследования в последние годы направлены на поиск и реализацию различных мероприятий, обеспечивающих увеличение производства продуктов растениеводства, которое предполагает рост производительности мобильной техники, определяемый в основном повышением энергоёмкости. Поиск альтернативных технических средств обработки полей, обеспечивающих высокую производительность, натолкнулся на ряд технических трудностей и к настоящему времени не вышел на реализуемый уровень.

Для колёсного движителя мобильной машины первостепенное значение для достижения необходимых качеств принадлежит пневматической шине. Более того, её свойства являются определяющими для создания необходимых тяговых показателей [1, 2, 3].

При выполнении некоторых сельскохозяйственных операций мощными энергетическими средствами пятого тягового класса неизбежно возникают силы и моменты, приводящие к качению движителей с боковым уводом, что вызывает снижение их тягово-сцепных свойств [4].

Исходя из вышеизложенного, целью представленных в статье исследований было установление конструктивного совершенства по энергетическим показателям при качении их с боковым уводом существующих шин для движителей тракторов пятого класса тяги.

Для исследований были приняты следующие варианты шин для комплектации ходовых систем трактора пятого тягового класса: Ф-81, ФД-12 и Ф-85.

Методы исследований. При проведении полевых испытаний основной задачей было определение тяговых показателей шин, предназначенных для движителей энергетических средств пятого класса тяги, качение которых сопровождается боковым уводом.

Нами принят для достижения поставленной цели теоретико - экспериментальный метод, для которого были разработаны и созданы оригинальные технические средства. Испытания шин проведены с использованием измерительного комплекса типа «шинный тестер» [5, 6, 7, 8, и др.], который позволял получить данные для оценки влияния увода шин на тягово-сцепные свойства движителей тракторов тягового класса 5.

Условия испытаний для определения основных тяговых показателей шин движителей удовлетворяли требованиям ГОСТ 7057-2001.

Результаты исследования. За обобщающий показатель, которым оцениваются тягово-энергетические свойства движителей мобильных энергетических средств принимается тяговый КПД [4]

$$\eta_T = \frac{P_{кр} \cdot V}{M_K \cdot \omega_K}, \quad (1)$$

где $P_{кр}$ - развиваемое движителем тяговое усилие;

V – скорость движения движителя в заданном направлении;

M_K - ведущий момент на оси движителя;

ω_K - угловая скорость движителя.

На тяговый КПД η_T ведущего колеса в зависимости от развиваемого им тягового усилия $P_{кр}$ влияет типоразмер шины и её внутреннее строение, нагрузка, а также внутришинное давление и вид почвенного фона [4, 9, 10].

Для установления влияния бокового увода шин на тягово - энергетические показатели движителей были проведены в начале испытания при совпадении вектора скорости качения с продольной плоскостью колеса.

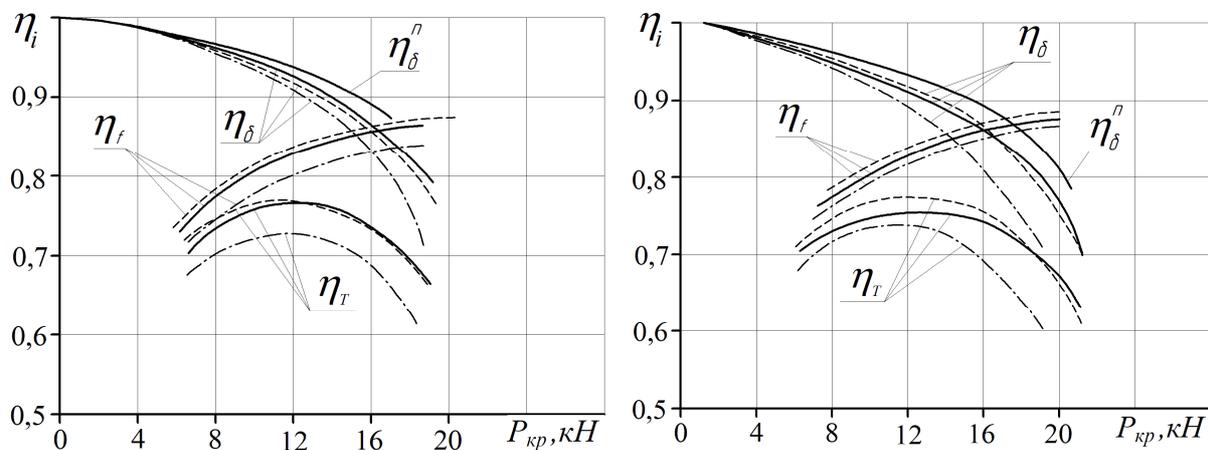
Полученные в результате испытаний движителей в комплектации шинами различных моделей (Ф-81, ФД-12 и Ф-85), показатели, характеризующие тягово-энергетические свойства испытываемых шин при движении без бокового увода при установленной на колесо нормальной нагрузке 40 кН, представлены в виде графиков на рисунках 1, 2.

В результате анализа данных натуральных экспериментов установлено, что значение величины наибольшего тягового КПД η_T на стерне зерновых колосовых и на пару, у шин ФД-12 и Ф-81 практически одинаково, а у шины Ф-85 оно значительно ниже.

При увеличении нормальной нагрузки на движитель значение буксования его снижается и тяговое усилие, которое соответствует максимальному значению тягового КПД η_T , увеличивается. Например, шина Ф-81 максимальные значения тягового КПД η_T на стерне зерновых колосовых

показывает 12,5, 15 и 17 кН при нормальных нагрузках на движитель, соответственно, 40, 45 и 50 кН. Но значение тяговых КПД η_T при этом становится меньше, причём наибольшее снижение тягового КПД η_T наблюдается при нагрузке на шину, превосходящих рекомендуемых заводом - изготовителем.

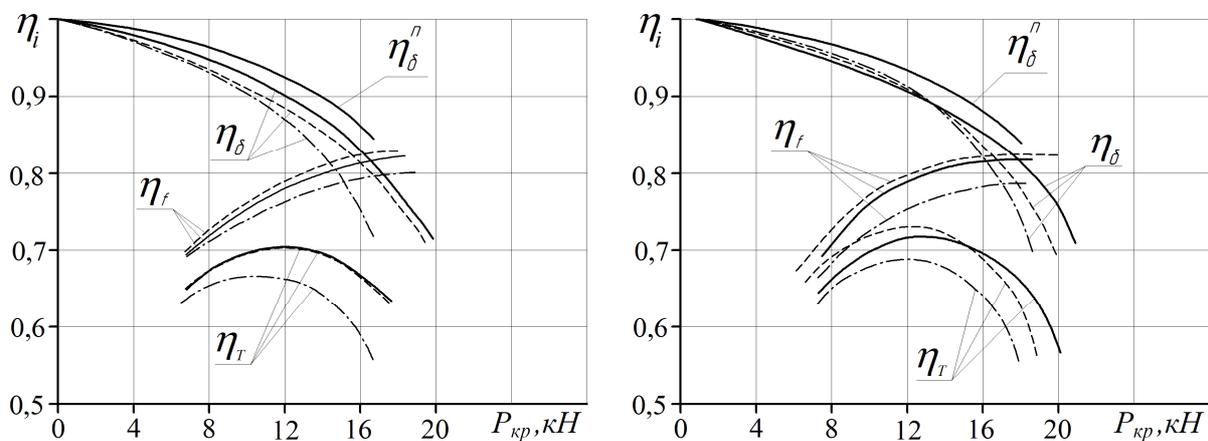
Снижение внутришинного давления воздуха оказывает незначительное влияние на изменение тягового КПД η_T на любом почвенном фоне. Однако снижение внутришинного давления с 0,16 МПа до 0,13 МПа приводит к небольшому росту тягового КПД η_i .



а – внутришинное давление $P_w = 0,16$ МПа б – внутришинное давление 0,13 МПа

----- - ФД-12; ——— - Ф-81; - · - · - · - Ф-85

Рисунок 1 – Графики изменения показателей шин на стерне зерновых колосовых в зависимости от тягового усилия, развиваемого движителем



а – внутришинное давление $P_w = 0,16$ МПа б – внутришинное давление 0,13 МПа

----- - ФД-12; ——— - Ф-81; -·-·-·-·-· - Ф-85

Рисунок 2 – Графики изменения показателей шин на пару в зависимости от тягового усилия, развиваемого двигателем

Установлено, что тяговое усилие, которое развивает двигатель с шиной Ф-85 при максимальном значении тягового КПД η_t , меньше, чем у двигателей с шинами моделей Ф-81 и ФД-12 на 16...21 % на обоих почвенных фонах.

На основе анализа тягово-энергетических показателей испытываемых шин (рисунки 1, 2) были получены расчётным путём данные тяговых показателей шин при нормальной нагрузке на двигатели равной 40 кН (таблица 1).

Таблица 1 – Значения тяговых показателей испытываемых шин

Мо- дель шины	Тяго- вый КПД	Сила само- передвиже- ния колеса, кН	Общее буксо- вание, %	Буксование от сдвига почвы, %	Затраты мощности на качение, %	Затраты мощности на буксование, %
Стерня						
Ф-81	0,760	2,65	9,0	7,0	62,5	37,5
	0,770	2,40	9,5	7,5	58,7	41,3
ФД-12	0,770	2,50	8,5	6,0	63,0	37,0
	0,775	2,30	9,0	6,5	60,0	40,0
Ф-85	0,725	3,05	10,5	9,0	61,8	38,2
	0,750	2,50	12,0	10,5	52,0	48,0
Пар						
Ф-81	0,700	3,35	11,0	9,0	63,3	36,7
	0,708	3,50	11,0	8,0	62,3	37,7
ФД-12	0,710	3,20	12,5	10,5	56,9	43,1
	0,708	3,30	10,5	8,0	64,0	36,0
Ф-85	0,680	3,60	14,0	12,0	56,2	43,8
	0,700	3,90	10,5	8,5	65,0	35,0

Примечание: в числителе приведены данные испытаний шин при внутришинном давлении $P_w = 0,16$ МПа; в знаменателе – при давлении $P_w = 0,13$ МПа.

Значения величины общего буксования δ , представленные в таблице 1, были получены в результате проведенных экспериментов, а величина буксования, обусловленная сдвигом контактного отпечатка почвы δ_x^n , – по формуле

$$\delta \cong \delta_x^n + \frac{\lambda}{r_k^c}, \quad (2)$$

где λ – величина деформации шины в продольном направлении;

r_k^c – кинематический радиус колеса при его качении в свободном режиме.

Анализ данных таблицы 1 показал, что буксование, связанное со сдвигом почвенных слоёв, составляет 70...80% общего буксования движителя. Уменьшение внутршинного давления с 0,16 МПа до 0,13 МПа приводит к снижению на 1...2% буксование, связанное со сдвигом почвенных слоёв, в связи с увеличением площади контактного отпечатка движителя с почвенным основанием. Надо заметить, что уменьшение внутршинного давления ведёт к снижению силы, затрачиваемой на самопередвижение колеса. Затраты мощности в шине от буксования движителя составляют 37...46%, от общей суммы потерь энергии, из них на псевдобуксование – 9...12%. Затраты мощности на самопередвижение движителя доходят до 54...63%, то есть большая часть потерь мощности приходится на самопередвижение его по почвенному фону.

Качение движителя (при $Q = 40$ кН) с боковым уводом, сопровождается совместным действием как продольных, так и боковых сил, что, в связи с потерей связности почвы, приводит к увеличению при том же тяговом усилии большего по значению буксования в продольном направлении (см. таблицу 2, рисунки 3...5).

Таблица 2 – Значения тяговых показателей исследуемых шин ($\Theta = 3^0$).

Мо- дель шины	Тяго- вый КПД	Сила сопро- тивления качению, кН	Общее буксо- вание, %	Буксование от сдвига почвы, %	Потери мощ- ности на ка- чение, %	Потери мощ- ности на бук- сование, %
Стерня						
Ф-81	<u>0,715</u>	<u>2,95</u>	<u>12,0</u>	<u>10,5</u>	<u>57,9</u>	<u>42,1</u>
	0,725	2,60	11,5	10,0	69,3	30,7
ФД-12	<u>0,730</u>	<u>2,60</u>	<u>12,0</u>	<u>9,5</u>	<u>55,6</u>	<u>44,4</u>
	0,740	2,50	10,5	7,5	59,6	40,4
Ф-85	<u>0,665</u>	<u>3,60</u>	<u>14,5</u>	<u>12,0</u>	<u>56,7</u>	<u>43,3</u>
	0,700	2,90	14,0	11,5	53,3	46,7
Пар						
Ф-81	<u>0,655</u>	<u>3,90</u>	<u>13,0</u>	<u>11,5</u>	<u>62,3</u>	<u>37,7</u>
	0,675	3,60	12,5	9,0	61,5	38,5
ФД-12	<u>0,675</u>	<u>3,65</u>	<u>13,0</u>	<u>11,0</u>	<u>60,0</u>	<u>40,0</u>
	0,675	3,60	12,5	9,0	61,5	38,5
Ф-85	<u>0,610</u>	<u>4,20</u>	<u>18,0</u>	<u>13,5</u>	<u>53,8</u>	<u>46,2</u>
	0,635	4,20	16,0	12,5	56,2	43,8

Примечание: в числителе приведены данные испытаний шин при внутришинном давлении $P_w = 0,16$ МПа; в знаменателе – при давлении $P_w = 0,13$ МПа.

Например, при значении угла бокового увода $\Theta = 3^0$ повышение буксования, связанного со сдвигом почвы, увеличивается до 30...60 % при росте силы от 12 до 23 % на самопередвижение движителя, что приводит к снижению на 6...11 % величина его тягового КПД. При увеличении углов бокового увода шин наблюдается снижение тягово-энергетических показателей движителя ещё более значительно.

Поэтому при конструировании и модернизации шин необходимо, прежде всего, обратить внимание на уменьшение потерь на самопередвижение, не забывая об улучшении её тягово-сцепных свойств, так как при передаче движителем максимальных тяговых усилий затраты мощности на его буксование являются преобладающими.

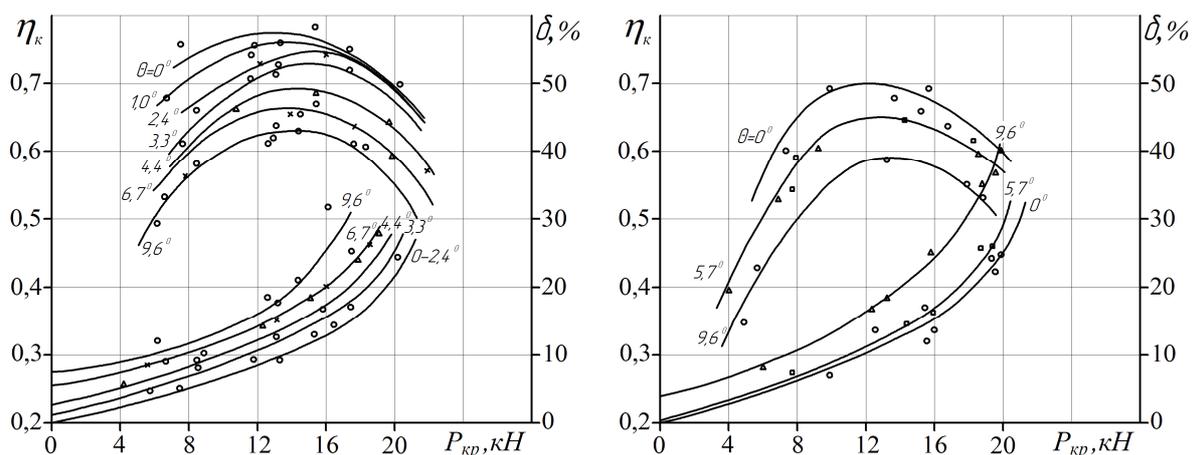


Рисунок 3 – Графики тяговых показателей движителя с шиной Ф-81 в зависимости от тягового усилия движителя на стерне (а) и пару (б) при $P_w = 0,13$ МПа.

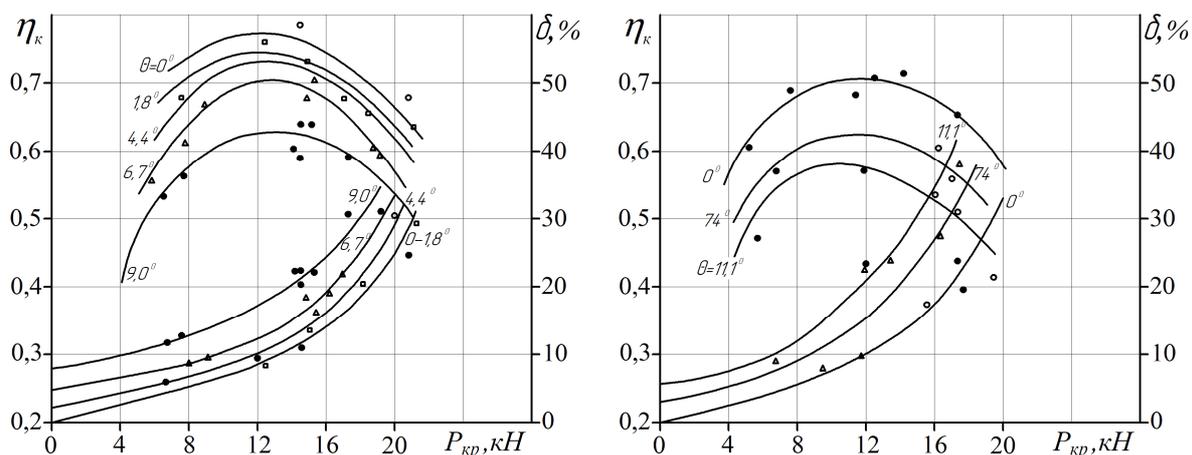


Рисунок 4 – Графики тяговых показателей движителя с шиной ФД-12 в зависимости от тягового усилия движителя на стерне (а) и пару (б) при $P_w = 0,13$ МПа.

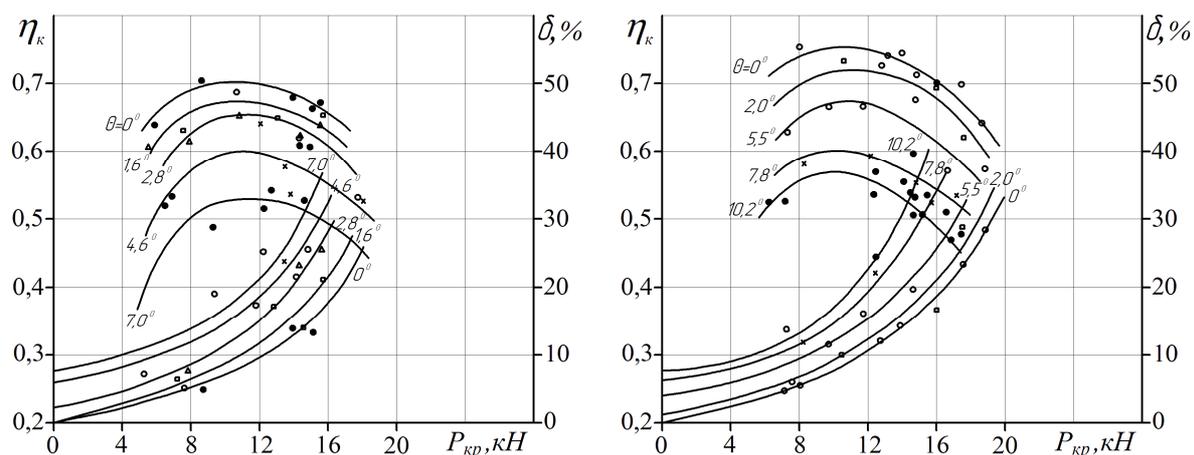


Рисунок 5 – Графики тяговых показателей движителя с шиной Φ -85 в зависимости от тягового усилия движителя на стерне (а) и пару (б) при $P_w = 0,13$ МПа.

Проведённые исследования позволяют сделать такие **выводы**:

- значение величины наибольшего тягового КПД η_t на стерне зерновых колосовых и на пару, у шин ФД-12 и Ф-81 практически одинаково, а у шины Ф-85 оно значительно ниже;
- буксование, связанное со сдвигом почвенных слоёв, составляет 70...80% общего буксования движителя;
- тяговое усилие, развиваемое движителем в комплектации с шиной Ф-85 при максимальном значении тягового КПД η_t , меньше, чем у движителей с шинами моделей Ф-81 и ФД-12 от 16 до 21 % на обоих почвенных фонах;
- затраты мощности на буксование движителя составляют 37...46 % от общей суммы потерь энергии, из них на псевдобуксование – 9...12 %, а на самопередвижение – 54...63 %;
- качение ведущего колеса с уводом, возникающим при совместном действии продольных и боковых сил, приводит к увеличению при том же тяговом усилии большего по значению буксования в продольном направлении;

– при значении угла бокового увода $\Theta = 3^0$ повышение буксования, связанного со сдвигом почвы, увеличивается до 30...60 % при росте силы на самопередвижение движителя от 12 до 23 %, что приводит к снижению на 6...11 % величины его тягового КПД.

Литература

1. Кравченко, В.А. Характер деформирования крупногабаритных шин низкого давления движителей тракторов класса 5 / Кравченко В.А., Яровой В.Г., Меликов И.М. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2017. – № 132. – С. 1230-1241.
2. Кравченко, В.А. Оценка тягово-сцепных свойств мощных тракторов и комбайнов в комплектации с шинами различного исполнения / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко, И.М. Меликов // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 83-88.
3. Кравченко, В.А. Оптимизация параметров армирования шин движителей колёсных тракторов / В.А. Кравченко, В.А. Оберемок, И.М. Меликов // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – № 4 (32). – С. 126-132.
4. Яровой, В.Г. Совершенствование сельскохозяйственного колёсного движителя: монография / В.Г. Яровой. – зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 158 с.
5. Сергеев, Н.В. Мобильная установка «шинный тестер» для проведения экспериментальных исследований пневматических шин / Н.В. Сергеев // Евразийское Научное Объединение, 2015. – Т. 1. – № 2 (24). – С. 33-37.
6. Патент 2085891 Российская Федерация, С1 6 G01 М 17/02. Шинный тестер / С.Г. Пархоменко, В.Г. Яровой, В.А. Кравченко, И.М. Меликов; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморский институт механизации сельского хозяйства. – № 95111419 / 11; заявл. 03.07.1995; опубл. 27.07.1997, Бюл. № 21.
7. Патент 2092806 Российская Федерация, С1 6 G01 М 17/02. Шинный тестер / И.М. Меликов, В.Г. Яровой, А.В. Яровой, В.А. Кравченко, С.Г. Пархоменко; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – № 96103746 / 11; заявл. 26.02.1996; опубл. 10.10.1997, Бюл. № 28.
8. Патент 2107275 Российская Федерация, С1 6 G 01 М 17/02. Шинный тестер / В.А. Кравченко, В.Г. Яровой, С.Г. Пархоменко, И.М. Меликов, А.В. Яровой; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – № 96109279 / 28; заявл. 05.05.1996; опубл. 20.03.1998, Бюл. № 8.
9. Кравченко, В. А. Влияние давления в шинах на агротехнологические показатели ходовых систем трактора класса 5 / В.А. Кравченко, И.М. Меликов, Б.А. Кондра. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2021. – № 167. – С. 164-176.
10. Кравченко, В. А. Влияние габаритных размеров шин на тягово-сцепные и агротехнические показатели трактора тягового класса 5 / В.А. Кравченко, И.М. Меликов, Б.А. Кондра. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2021. – № 166. – С. 53-67.

References

1. Kravchenko, V.A. Karakter deformirovaniya krupnogabaritny`x shin nizkogo davleniya dvizhitelej traktorov klassa 5 / Kravchenko V.A., Yarovoj V.G., Melikov I.M. // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2017. – № 132. – S. 1230-1241.
2. Kravchenko, V.A. Ocenka tyagovo-scepnny`x svoystv moshhny`x traktorov i kombajnov v komplektacii s shinami razlichnogo ispolneniya / V.A. Kravchenko, L.V. Kravchenko, I.M. Melikov // Agrarny`j nauchny`j zhurnal. – 2020. – № 8. – S. 83-88.
3. Kravchenko, V.A. Optimizaciya parametrov armirovaniya shin dvizhitelej kolyosny`x traktorov / V.A. Kravchenko, V.A. Oberemok, I.M. Melikov // Problemy` razvitiya APK regiona. – 2017. – № 4 (32). – S. 126-132.
4. Yarovoj, V.G. Sovershenstvovanie sel`skoxozyajstvennogo kolyosnogo dvizhitelya: monografiya / V.G. Yarovoj. – Zernograd: FGOU VPO AChGAA, 2008. – 158 s.
5. Sergeev, N.V. Mobil`naya ustanovka «shinny`j tester» dlya provedeniya e`ksperimental`ny`x issledovaniy pnevmaticheskix shin / N.V. Sergeev // Evrazijskoe Nauchnoe Ob`edinenie, 2015. – T. 1. – № 2 (24). – S. 33-37.
6. Patent 2085891 Rossijskaya Federaciya, C1 6 G01 M 17/02. Shinny`j tester / S.G. Parxomenko, V.G. Yarovoj, V.A. Kravchenko, I.M. Melikov; zayavitel` i patento-obladatel` Azovo-Chernomorskij institut mexanizacii sel`skogo xozyajstva. – № 95111419 / 11; zayavl. 03.07.1995; opubl. 27.07.1997, Byul. № 21.
7. Patent 2092806 Rossijskaya Federaciya, C1 6 G01 M 17/02. Shinny`j tester / I.M. Melikov, V.G. Yarovoj, A.V. Yarovoj, V.A. Kravchenko, S.G. Parxomenko; zayavitel` i patentoobladatel` Azovo-Chernomorskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya. – № 96103746 / 11; zayavl. 26.02.1996; opubl. 10.10.1997, Byul. № 28.
8. Patent 2107275 Rossijskaya Federaciya, C1 6 G 01 M 17/02. Shinny`j tester / V.A. Kravchenko, V.G. Yarovoj, S.G. Parxomenko, I.M. Melikov, A.V. Yarovoj; zayavitel` i patentoobladatel` Azovo-Chernomorskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya. – № 96109279 / 28; zayavl. 05.05.1996; opubl. 20.03.1998, Byul. № 8.
9. Kravchenko, V. A. Vliyanie davleniya v shinax na agrotexnologicheskie pokazateli xodovy`x sistem traktora klassa 5 / V.A. Kravchenko, I.M. Melikov, B.A. Kondra. // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2021. – № 167. – S. 164-176.
10. Kravchenko, V. A. Vliyanie gabaritny`x razmerov shin na tyagovo-scepnny`e i agrotexnicheskie pokazateli traktora tyagovogo klassa 5 / V.A. Kravchenko, I.M. Melikov, B.A. Kondra. // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2021. – № 166. – S. 53-67.