

УДК 631.372

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

ОЦЕНКА ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ШИН ТИПОРАЗМЕРА 33-32

Меликов Иззет Мелукович

канд. техн. наук, доцент

РИНЦ SPIN-код=3194-9952

E-mail: izmelikov@yandex.ru*ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова», г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия*

Цель исследования: сравнительный анализ тягово-сцепных свойств крупногабаритных шин типоразмера 33-32 и 30,5-32, предназначенных для ходовых систем тракторов класса 5. Метод исследования – экспериментальный с использованием измерительного комплекса «шинный тестер», который обеспечивал измерение всех необходимых параметров для определения тягово-сцепных свойств исследуемых шин. Повышение технического уровня машинно-тракторного парка в сравнительно короткие сроки может быть достигнуто путём совершенствования выпускаемых моделей, их модернизацией, выпуском комплектаций, обеспечивающим существенное повышение их производительности, универсальности и других эксплуатационных качеств. В задачу представляемых исследований и испытаний входила оценка технико-экономических показателей шин 33R-32 к тракторам класса 5. Установлено, что шина 33R-32 превосходит серийную шину 30,5R-32 по тяговому показателю на 5..10 %; по буксованию и сопротивлению качению – в среднем на 8 %. Сопротивление качению шин 33R-32 и 30,5R-32 при ведущем с номинальной силой тяги режиме, в сравнении со свободным, увеличивается в 1,2...1,5 раза на бетоне и в 1,4...2,4 раза на стерне и поле, подготовленном под посев; темп нарастания больше у шины 30,5R-32. При изменении давления воздуха в шине 33R-32 от 0,07 до 0,11 МПа величина тягового КПД и коэффициента сопротивления качению не подчиняются общепринятым закономерностям, что указывает на необходимость конструктивной доработки испытываемой шины 33R-32. Материалы статьи могут быть использованы работниками сельскохозяйственных предприятий, учебных и научных организаций

Ключевые слова: ШИНА, ШИННЫЙ ТЕСТЕР, ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-162-021>

UDC 631.372

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

ASSESSMENT OF TRACTION AND ADHESION PROPERTIES OF THE 33-32 TIRES

Melikov Izzet Melukovich

Cand.Tech.Sci., associate professor

RSCI SPIN – code=3194-9952

E-mail: : izmelikov@yandex.ru*Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia*

The purpose of the study: comparative analysis of the traction and adhesion properties of the large-sized 33-32 and 30, 5-32 tires, intended for undercarriage systems of the class 5 tractors. The research method is experimental and with the use of the “tire tester” measuring complex, which has provided the measurement of all the necessary parameters to determine the traction and adhesion properties of the investigated tires. The increase in the technical level of the machine and tractor fleet in a relatively short time can be achieved by improving the manufactured models, modernizing them, producing completing units that provide the significant increase in their productivity, versatility and other operational qualities. The task of the presented studies and tests was to assess the technical and economic indices of the 33R-32 tires for the class 5 tractors. It has been found that the 33R-32 tire surpasses the serial 30,5R-32 tire on the traction index by 5..10%; for slipping and rolling resistance - by an average of 8%. The rolling resistance of the 33R-32 and 30,5R-32 tires in the driving mode with the nominal tractive force, in comparison with the free mode, increases 1,2 ... 1,5 times on the concrete and 1,4 ... 2,4 times on the stubble and field prepared for sowing; the rate of rise is higher in the 30,5R-32 tire. When the air pressure in the 33R-32 tire changes from 0,07 to 0,11 MPa, the traction efficiency and rolling resistance coefficient do not obey the generally accepted laws, and that indicates the need for the constructive refinement of the tested 33R-32 tire. The materials of the article can be used by employees of agricultural enterprises, educational and scientific organizations

Keywords: TIRE, TIRE TESTER, TRACTION AND ENERGY INDICES

Введение. Основной задачей, которая ставится перед агропромыш-

ленным комплексом, является достижение стабильного роста показателей сельскохозяйственного производства с целью обеспечения страны сырьём и продовольствием. Важнейший фактор выполнения этой задачи – неуклонное повышение технического уровня качества и надёжности тракторов и других сельскохозяйственных машин.

Поэтому машиностроителям для сельского хозяйства страны настоятельно необходимо решить ряд важнейших задач:

- ускоренное перевооружение машинно-тракторного парка и реализацию потенциальных возможностей составляющих его основных мобильных средств;

- повышение эффективности выпускаемых тракторов, комбайнов и другой сельскохозяйственной техники путём создания модификаций, и комплектаций, обладающих улучшенными показателями по приспособленности к различным технологическим процессам;

- проведение модернизации и создание новых моделей, обеспечивающих существенное повышение эффективности и технического уровня.

Повышение технического уровня тракторного парка в сравнительно короткие сроки может быть достигнуто путём совершенствования выпускаемых моделей, их модернизацией, выпуском комплектаций, обеспечивающим существенное повышение их производительности, универсальности и других эксплуатационных качеств.

Весь этот комплекс работ возможен при широком развитии научных исследований и испытаний функциональных возможностей узлов, агрегатов и машин [1, 2, 3, 4, 5].

В связи с существующими нормами воздействия ходовых систем мобильных средств на почву следует искать эффективные пути создания ходовых систем тракторов и других мобильных энергетических средств, обеспечивающих выполнение установленных норм. Выпуск тракторов и сельскохозяйственных машин с модернизированными ходовыми система-

ми должен исключить недопустимое уплотнение почв, вызывающих деградацию и потерю урожая [5]. Кроме того, это позволит сэкономить топливо-энергетические ресурсы на обработку полей.

Следует отметить, что решение этой проблемы должно осуществляться при условии сохранения высоких технико-экономических показателей двигателей [5].

В задачу комплекса представляемых исследований и испытаний входила оценка технико-экономических показателей новых перспективных моделей шин к тракторам класса 5.

На основании вышеизложенного в данной работе **целью исследований** является сравнительный анализ тягово-сцепных свойств ходовых систем колёсных мобильных средств, оснащённых шинами разного типоразмера.

Объект исследования – процесс взаимодействия почвенного основания и двигателей мощных тракторов сельскохозяйственного назначения в комплектации шинами повышенного типоразмера 33R-32.

Методы исследований. Основным при исследовании являлся экспериментальный метод с использованием шинного тестера, который обеспечивал определение показателей тягово-сцепных свойств двигателя в комплектации с шиной 33R-32.

Для сравнения в качестве эталона использовалась серийная шина 30,5R-32, устанавливаемая на отечественных тракторах класса 5.

Техническая характеристика этих шин приведена в таблице 1, характеристика почвенных фонов – в таблице 2.

Вертикальная нагрузка на шину типоразмера 33R-32 при испытаниях устанавливалась за счёт сменных грузов в размере 40,8 кН, а для шины 30,5R-32 – 40 кН.

Давление воздуха в шине 33R32 при испытаниях её на различных опорных основаниях устанавливалась величиной 0,07; 0,09; 0,11 МПа.

Давление внутри серийной шины 30,5R-32 по рекомендациям завода-изготовителя трактора класса 5 была равна 0,11 МПа.

Таблица 1 – Техническая характеристика испытываемых шин

Параметры	Шины	
	33R-32	30,5R-32
Диаметр шины наружный, мм	1924	1820
Ширина профиля шины, мм	829	768
Шаг грунтозацепов протектора шины, мм	288	274
Высота грунтозацепов протектора шины, мм	54	52
Коэффициент насыщенности рисунка протектора	0,30	0,31
Параметры армирования оболочки:		
число слоёв:		
– каркаса	4	6
– брекера	4	6
угол наклона нитей корда к меридиану:		
– в каркасе	5,0	5,0
– в брекере	65	65

Таблица 2 – Показатели агрофизических свойств почвенных фонов при проведении испытаний одиночных шин

Показатели	Фон	
	стерня зерновых колосовых	пар
Плотность сложения почвы по слоям, г/см ³		
0 – 10 см	1,079	0,875
10 – 20 см	1,167	1,185
20 – 30 см	1,134	1,262
средняя	1,127	1,107
Влажность почвы в слоях, %		
0 – 10 см	16,93	9,39
10 – 20 см	19,47	19,85
20 – 30 см	21,00	20,89
Высота стерни, см	15,0	–

Бетонная дорожка и выбранные участки поля для испытаний шин были ровными с углом уклона во всех направлениях не более 2⁰.

На участках проведения испытаний отсутствовали следы, оставленные ходовыми системами сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов после выполнения предыдущей технологической операции, а пока-

затели, характеризующие состояние почвенных фонов, находились в пределах равновесных значений для данной зоны. Выбранные участки для испытаний располагались далее 50 м от краёв поля.

Следует отметить, что такая низкая влажность верхнего слоя стерни (0...10 см) является обычным явлением для летне-осеннего периода на Северном Кавказе, относящегося к острозасушливым зонам страны.

Испытания шин проведены на мобильной установке типа «шинный тестер» в соответствии с рекомендуемыми для такого вида исследовательских работ стандартами и отраслевыми методикам.

Измерительный комплекс «шинный тестер», принцип действия и работу которого освещены в литературных источниках [5, 6, 7, 8 и др.], позволял получить для оценки тягово-энергетических качеств шин при ведущем режиме силового нагружения колеса показатели:

- силу тяги P_k ;
- ведущий момент, подводимый к оси движителя M_k ;
- кинематический радиус качения движителя r_r ;
- коэффициенты, характеризующие величину буксования δ и сопротивления качению f движителя;
- тяговый КПД η_k .

Показатели тягово-сцепных свойств испытываемой шины вычислены по формулам:

– сила тяги:

$$P_k = P_1 + P_2 \pm (R - m_k \cdot g) \cdot \alpha, \quad (1)$$

где P_1 , P_2 - значения горизонтальных сил, действующих на левой и правой опоре оси движителя;

R – вертикальная нагрузка на движитель;

m_k – масса движителя и деталей его привода, установленных на оси;

α – угол расположения рамы тестера по отношению к горизонту;

- кинематический радиус качения движителя:

$$r_k = \frac{S_{on}}{2 \cdot \pi \cdot n_k} = r_n \cdot \frac{n_n}{n_k}, \quad (2)$$

где S_{on} - пройденное движителем при испытании расстояние, определяемое по частоте вращения путеизмерительного колеса;

- тяговый КПД:

$$\eta = \frac{P_k}{M_k} \cdot r_k; \quad (3)$$

- коэффициент буксования:

$$\delta = 1 - \frac{r_k}{r_k^c}, \quad (4)$$

где r_k^c – свободный радиус качения испытываемого колеса.

При свободном режиме движения ($P_{кр}=0$) ведущий момент M_k , подводимый к оси испытываемого колеса, будет равен величине момента M_f , определяющего силой сопротивления качению P_f . Отсюда, коэффициент f легко определяется по зависимости

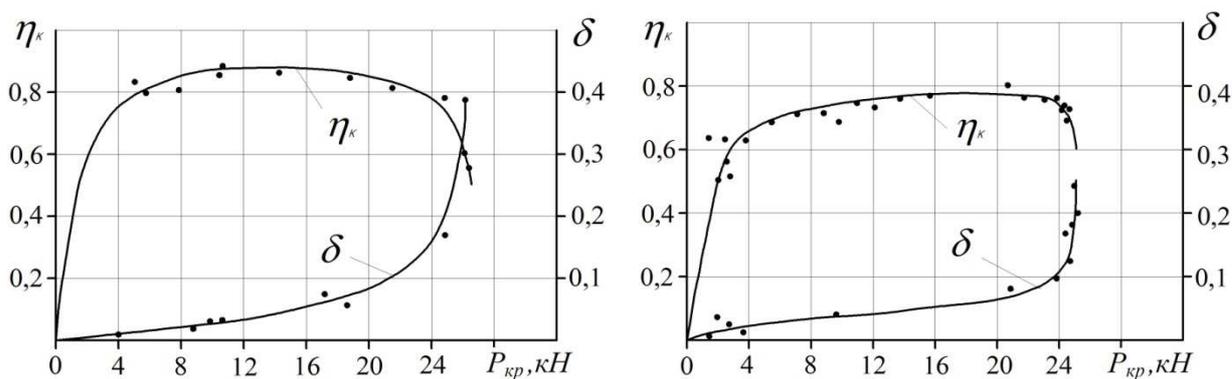
$$f = \frac{P_f}{m_k \cdot g} = \frac{M_k}{r_k^c \cdot m_k \cdot g}. \quad (5)$$

Результаты исследований

Как показали результаты исследования, характерной особенностью зависимости крутящего момента от силы тяги является её строгая прямолинейность, независимо от агрофона. До определённого и значительно превышающего номинальную величину (12,5 кН) значения силы тяги зависимости радиуса качения $r_k(P_k)$ и, соответственно, коэффициента буксования $\delta(P_k)$ шин на бетоне также прямолинейны. Вблизи максимально возможной по сцеплению силы тяги кривые $r_k(P_k)$, $\delta(P_k)$ резко загибаются из-за начавшегося проскальзывания элементов контактной площадки. При качении ведущего колеса на почвенных фонах: стерне зерновых колосовых и пару, прямолинейные участки на графиках $r_k(P_k)$ и $\delta(P_k)$ менее выраже-

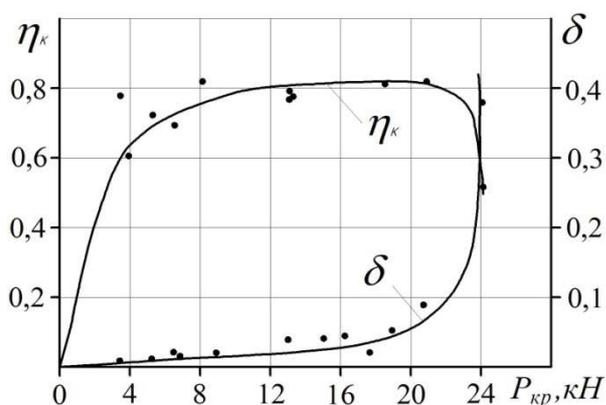
ны или вообще отсутствуют. Радиусы качения принимают меньшие, а коэффициенты буксования – большие значения, чем на бетоне.

Обобщающий показатель тягово-энергетических качеств шины – тяговый КПД имеет выраженный максимум, нередко с довольно пологим протеканием кривой $\eta_{\kappa}(P_{\kappa})$ в данной зоне (рисунки 1...4).



а

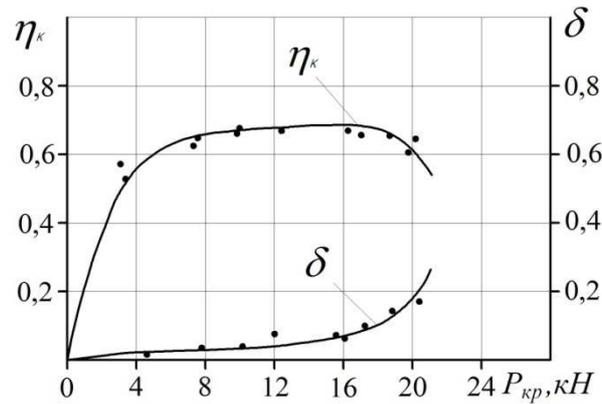
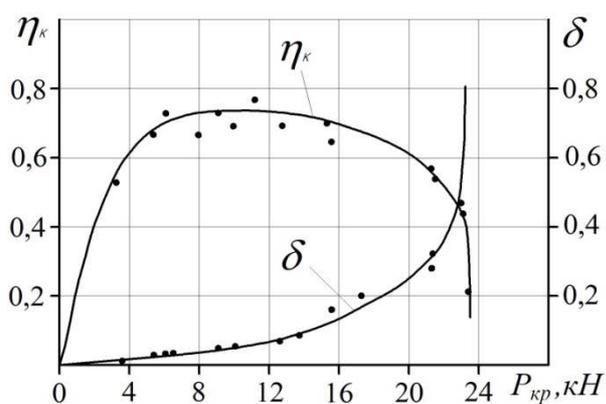
б



в

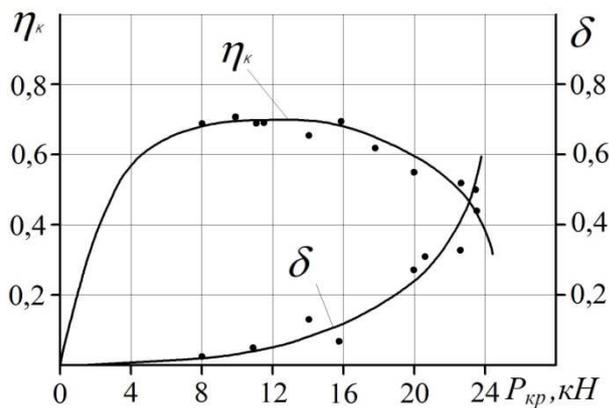
внутришинное давление воздуха:
 а - 0,07 МПа; б – 0,09 МПа;
 в – 0,11 МПа

Рисунок 1 – Тяговая характеристики шины 33R-32 на бетоне



а

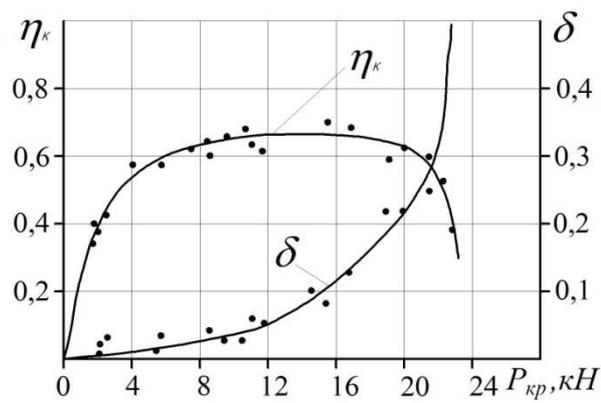
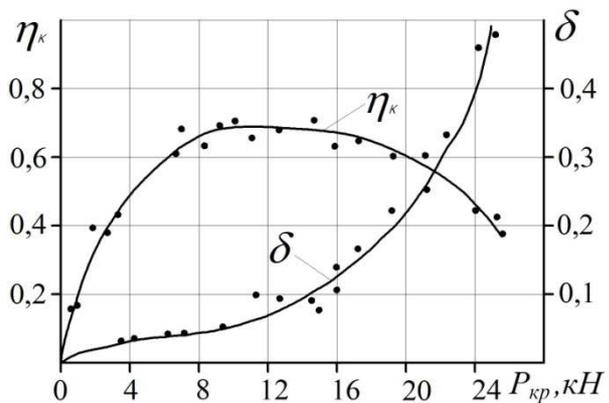
б



внутришинное давление воздуха:
а - 0,07 МПа; б - 0,09 МПа;
в - 0,11 МПа

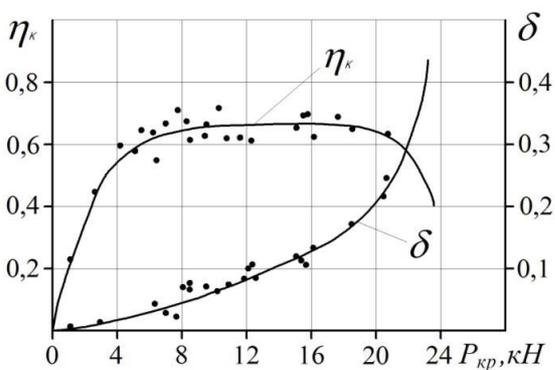
Рисунок 2 – Тяговая характеристики шины 33R-32 на стерне зерновых колосовых

в



а

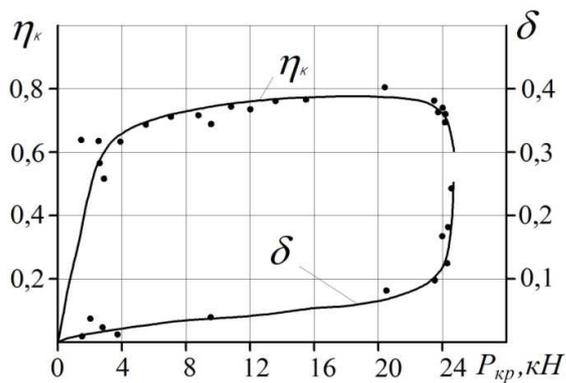
б



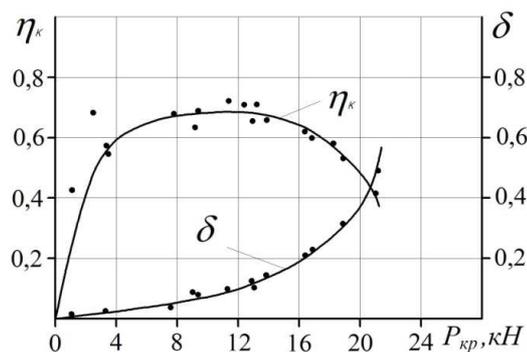
внутришинное давление воздуха:
а - 0,07 МПа; б - 0,09 МПа;
в - 0,11 МПа.

Рисунок 3 – Тяговая характеристики шины 33R-32 на пару

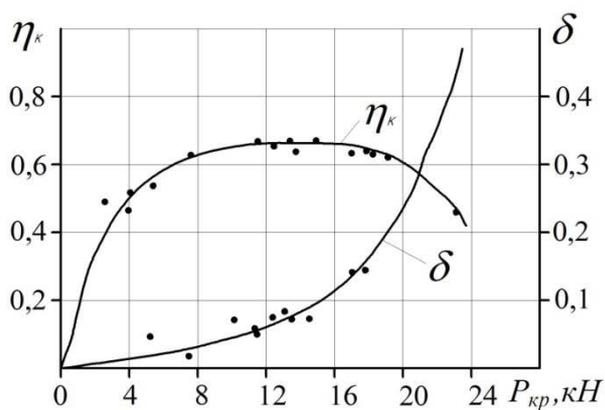
в



а



б



в

а - на бетонном основании;
 б - на стерне зерновых колосовых;
 в - на пару.

Рисунок 4 – Тяговые характеристики шины 30,5R-32 при давлении воздуха в шине 0,11 МПа.

Таблица 3 – Тяговые показатели шин 33R-32 и 30,5R-32

Показатели	Шины и агрофон											
	33R-32									30,5R-32		
	Бетон			Стерня зерновых колосовых			Пар			Бетон	Стерня зерновых колосовых	Пар
	$p_w=0,07$ МПа	$p_w=0,09$ МПа	$p_w=0,1$ МПа	$p_w=0,07$ МПа	$p_w=0,09$ МПа	$p_w=0,1$ МПа	$p_w=0,07$ МПа	$p_w=0,09$ МПа	$p_w=0,1$ МПа	$p_w=0,11$ МПа		
Показатели при свободном режиме силового нагружения: – радиус качения, м – коэффициент сопротивления качению	0,891	0,900	0,909	0,910	0,906	0,912	0,925	0,921	0,925	0,884	0,890	0,901
	0,030	0,041	0,027	0,038	0,047	0,045	0,077	0,082	0,079	0,037	0,052	0,082
Показатели при номинальной (12,5 кН) силе тяги: – тяговый КПД – коэффициент буксования, % – коэффициент сопротивления качению	0,865	0,770	0,890	0,730	0,680	0,690	0,680	0,655	0,660	0,805	0,680	0,660
	3,5	3,8	2,2	7,3	4,5	6,0	7,5	6,0	9,0	2,0	8,0	9,0
	0,034	0,054	0,031	0,083	0,130	0,110	0,110	0,140	0,120	0,057	0,110	0,130
Показатели при максимальном тяговом КПД: – сила тяги, кН – коэффициент буксования, %	0,860	0,790	0,890	0,730	0,680	0,690	0,680	0,655	0,665	0,815	0,685	0,660
	14,0	18,0	18,0	12,0	14,0	12,5	12,0	13,0	14,0	18,0	11,0	14,0
	4,0	5,5	3,5	6,0	6,0	6,0	6,5	6,5	9,2	3,5	8,0	8,5

Соответствующие этому максимуму значения силы тяги и коэффициента буксования для сравниваемых вариантов шин приведены в таблице 3. Здесь же приведены и показатели шин при свободном режиме силового нагружения и минимальной 12,5 кН силе тяги.

В целом шина 33R-32 превосходит серийную шину 30,5R-32: её тяговый КПД выше на 5...10 %, буксование и сопротивление качению в среднем меньше на 8 %. Сила тяги при максимуме КПД у этих шин на бетоне больше, на почвенных фонах практически равна номинальной.

Довольно близкие значения показателей, полученных на стерне зерновых колосовых и пару, объясняется тем, что их пахотные горизонты имеют плотность сложения, величина которой находится на верхней границе равновесного состояния.

Сопротивление качению, оцениваемое коэффициентом f , зависит также от агрофона, внутришинного давления воздуха и тяговой нагрузки. По сравнению с режимом свободного качения, когда $P_{\kappa} = 0$ коэффициент f при $P_{\kappa} = 12,5$ кН увеличивается в 1,2...1,5 раза на бетоне, в 1,4...2,4 раза на стерне зерновых колосовых и пару. Темп нарастания сопротивления качению больше у шины 30,5R-32. Причина отмеченного явления заключается в увеличении с ростом силы тяги на бетоне гистерезисных потерь в оболочке шины, а на почвенных фонах – дополнительно ещё и энергозатрат на образование более глубокой из-за возросшего буксования колеи.

Внутреннее давление воздуха в шине 33R-32 влияет на величину коэффициента f неоднозначно. При повышении давления с 0,07 до 0,11 МПа сопротивление качению на бетоне снижается, на стерне зерновых колосовых и пару, увеличивается. Снижение составляет 10...12 %, увеличение – 24...32 % на стерне зерновых колосовых и 3...9 % на пару.

При практически одинаковой глубине колеи больший прирост коэффициента на стерне можно объяснить повышенными энергозатратами на

смятие верхнего (0...10 см) слоя, более плотного, чем на пару.

Здесь следует также отметить одну особенность.

При давлении воздуха 0,09 МПа сопротивление качению возрастает, а тяговый КПД шины 33R-32 снижается по сравнению с этими показателями, получаемых при испытаниях шины с давлениями воздуха в ней, равными 0,07 и 0,11 МПа.

Такой результат возникает в связи с аномальным деформированием каркаса испытываемой шины при давлении именно 0,09 МПа в ней.

Следовательно, в целом более высокие, чем у серийной шины 30,5R-32, тягово-энергетические показатели шины 33R-32 могут быть ещё улучшены в результате их конструктивной доработки.

Выводы

По тяговым показателям шина 33R-32 превосходит серийную шину 30,5R-32 по тяговому показателю – на 5..10 %; по буксованию и сопротивлению качения – в среднем на 8 %.

Сопротивление качению шин 33R-32 и 30,5R-32 при ведущем с номинальной силой тяги режиме в сравнении со свободным увеличивается в 1,2...1,5 раза на бетоне и в 1,4...2,4 раза на почвенных основаниях, причём темп нарастания коэффициента сопротивления самопередвижению для шины 30,5R-32 выше.

При изменении давления воздуха в шине 33R-32 от 0,07 до 0,11 МПа величина тягового КПД и коэффициента сопротивления качению не подчиняются общепринятым закономерностям, что указывает на необходимость конструктивной доработки шины 33R-32.

Список литературы

1. Кравченко, В.А. Влияние упругодемпфирующего механизма на показатели пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4 / В.А. Кравченко, В.В. Дурягина // Вестник аграрной науки Дона. – 2015. – № 3 (31). – С. 13-21.
2. Кравченко, В.А. Упругодемпфирующий механизм / В.А. Кравченко, Д.А. Гончаров, В.В. Дурягина // Сельский механизатор. – 2008. – № 11. – С. 40-41.

3. Кравченко, В.А. Исследование эффективности упругого элемента в трансмиссии трактора класса 5 / В.А. Кравченко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2004. – № 2. – С. 95-97.
4. Кравченко, В.А. Результаты испытаний машинно-тракторного агрегата на базе трактора класса 1,4 с переменной вращающейся массой двигателя / В.А. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 99. – С. 356...371.
5. Совершенствование пневматических шин мобильной техники/ В.Г. Яровой, В.А. Кравченко, А.Ф. Шкарлет, В.А. Оберемок, С.Г. Пархоменко, А.В. Яровой, И.М. Меликов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 7. – С. 27-30.
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.

References

1. Kravchenko, V.A. Vliyaniye uprugodempfiruyushchego mekhanizma na pokazateli pakhot-nogo agregata na baze traktora klassa 1,4 / V.A. Kravchenko, V.V. Duryagina // Vestnik ag-rarnoy nauki Dona. – 2015. – № 3 (31). – S. 13-21.
2. Kravchenko, V.A. Uprugodempfiruyushchiy mekhanizm / V.A. Kravchenko, D.A. Goncharov, V.V. Duryagina // Sel'skiy mekhanizator. – 2008. – № 11. – S. 40-41.
3. Kravchenko, V.A. Issledovaniye effektivnosti uprugogo elementa v transmissii traktora klassa 5 / V.A. Kravchenko // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskkiye nauki. – 2004. – № 2. – S. 95-97.
4. Kravchenko, V.A. Rezul'taty ispytaniy mashinno-traktornogo agregata na baze traktora klassa 1,4 s peremennoy vrashchayushcheysya massoy dvigatelya / V.A. Kravchenko // Po-litematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 99. – S. 356...371.
5. Sovershenstvovaniye pnevmaticheskikh shin mobil'noy tekhniki/ V.G. Yarovoy, V.A. Kravchenko, A.F. SHkarlet, V.A. Oberemok, S.G. Parkhomenko, A.V. Yarovoy, I.M. Me-likov // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. – 2001. – № 7. – S. 27-30.
6. Patent 2085891 Rossiyskaya Federatsiya, C1 6 G01 M 17/02. SHinnyy tester / S.G. Parkhomenko, V.G. Yarovoy, V.A. Kravchenko, I.M. Melikov; zayavitel' i patentoobladatel' Azovo-CHernomorskiy institut mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva. – № 95111419 / 11; zayavl. 03.07.1995; opubl. 27.07.1997, Byul. № 21.
7. Patent 2092806 Rossiyskaya Federatsiya, C1 6 G01 M 17/02. SHinnyy tester / I.M. Melikov, V.G. Yarovoy, A.V. Yarovoy, V.A. Kravchenko, S.G. Parkhomenko; zayavitel' i paten-toobladatel' Azovo-CHernomorskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya. – № 96103746 / 11; zayavl. 26.02.1996; opubl. 10.10.1997, Byul. № 28.

8. Patent 2107275 Rossiyskaya Federatsiya, C1 6 G 01 M 17/02. SHinnyy tester / V.A. Kravchenko, V.G. Yarovoy, S.G. Parkhomenko, I.M. Melikov, A.V. Yarovoy; zayavitel' i patentoobladatel' Azovo-CHernomorskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya. – № 96109279 / 28; zayavl. 05.05.1996; opubl. 20.03.1998, Byul. № 8.