

УДК 631.372

05.00.00 Технические науки

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ
ДИАГОНАЛЬНЫХ И РАДИАЛЬНЫХ ШИН
ДВИЖИТЕЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ
КОМБАЙНОВ**

Кравченко Владимир Алексеевич
доктор технических наук, профессор
РИНЦ SPIN-код = 9983-4293
E-mail: a3v2017@yandex.ru

*Азово-Черноморский инженерный институт –
филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный
аграрный университет» в г. Зернограде
Ростовская область, 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*

Целью исследования являлось изучение закономерностей деформирования диагональных и радиальных шин движителей для зерноуборочных комбайнов высокой производительности. Метод исследования – экспериментальный с использованием «шинного тестера» и специально разработанных приспособлений для определения деформаций внутренней и внешней оболочек шины относительно обода в окружном и радиальном направлениях. Выходные показатели колеса с пневматической шиной определяются, в основном, способностью шины деформироваться так, чтобы при малых гистерезисных потерях в резинкордной оболочке и приемлемых в ней напряжениях, исходя из ресурса, создавалась наибольшая площадь контакта с опорным основанием. Указанное обстоятельство приобретает особую значимость при разработке шин для зерноуборочных комбайнов высокой производительности, закономерности деформирования которых в настоящее время мало изучены. Анализ проведённых экспериментальных исследований показал целесообразность применения на движителях зерноуборочных комбайнов вместо диагональных радиальных шин такого же типоразмера. Сопротивление качению у радиальных шин 30,5R-32 ниже, чем у диагональных шин 30,5L-32, а развиваемая площадь контакта за счёт увеличения длины выше, что обеспечивает снижение уплотняющего воздействия на почву

Ключевые слова: ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ
КОМБАЙН, ДВИЖИТЕЛЬ, ШИНА,

UDC 631.372

Technical sciences

**REGULARITIES OF DEFLECTION IN THE
DIAGONAL AND RADIAL TIRES OF THE
GRAIN COMBINE PROPULSIONS**

Kravchenko Vladimir Alekseevich
Doctor of Technical Sciences, professor
RSCI SPIN – code 9983-4293
E-mail: a3v2017@yandex.ru

*Azov-Black Sea engineering institute
FSBEE HE «Don state agrarian university»,
Zernograd, Rostov reg., Russian Federation*

Melikov Izzet Melukovich

Cand.Tech.Sci., associate professor
RSCI SPIN – code=3194-9952
E-mail: izmelikov@yandex.ru

*FSBEI HE «Dagestan state agrarian University»,
Russian Federation*

The aim of the study is to investigate the regularities of deflection in the diagonal and radial tires for the grain combine propulsions of high productivity. The research method is experimental. The "tire tester" and specially designed devices for revealing the deflections of the inner and outer tube relative to the rim in the circumferential and radial directions have been used. The outcome indices of the pneumatic-tired wheel are determined with the tire capability to deflect so, that at low - hysteresis losses in the rubber-cord casing and its acceptable tensions, based on a resource, the largest area of contact with supporting base would be created. This circumstance acquires the particular significance developing tires for grain combines of high performance, the deflection regularities of which are poorly studied at present. The analysis of experimental studies showed the feasibility of using the grain combine propulsions instead of the diagonal radial tires of the same size. The resistance to rolling of radial tires 30.5 R-32 is lower than in diagonal tires 30.5 L-32, and the developed contact area due to the increase of length is higher, which reduces sealing effect on the soil

Keywords: GRAIN COMBINE, PROPULSION,
TIRE, TIRE DEFLECTION

ДЕФОРМАЦИЯ ШИНЫ

Doi: 10.21515/1990-4665-134-014

ВВЕДЕНИЕ

Появление на полях страны новых зерноуборочных комбайнов высокой производительности вызвало необходимость решения сложных инженерных задач по разработке способов и методов повышения показателей функционирования их ходовых устройств, с целью улучшения качества выполняемого комбайнами рабочего процесса, снижения часового расхода горюче-смазочных материалов, уплотнения почвы, а также повышения уровня условий труда операторов.

Уменьшение негативного воздействия на почву любой мобильной сельскохозяйственной техники, в том числе и зерноуборочной, означает необходимость обеспечения таких условий функционирования машины, при которых бы не разрушалась структура почвы, не повышалась бы её эрозия, не изменялись бы в ней процессы аэрации и влагообмена, которые влияют на обеспечение развития растений, а также не возрастали бы затраты энергии на обработку земли при последующих операциях[1,2,3,4].

В процессе работы колеса, работающего в ведущем режиме, по деформируемому основанию (почве) происходят радиальная и тангенциальная деформации шины, проскальзывание отдельных частей и пятна контакта шины в целом относительно опорной поверхности, вертикальные колебания и смятие грунта[1, 2, 3, 4, 5], на что требуются затраты энергии двигателя.

Движитель, перекатываясь по опорному основанию (почве), деформирует её, перемещает и раздробляет почвенные частицы, в результате чего изменяется водный, воздушный, тепловой режим почв и, как следствие этого, ухудшается агробиологический процесс в почве, что приводит к снижению урожая[1, 2, 3, 4, 5].

На эксплуатационные показатели шин большое влияние оказывает их внутреннее строение. Корд является основным силовым элементом [1, 6].

У диагональных шин (рисунок 1 а) корд располагается от борта к борту под углом $15^\circ \dots 45^\circ$ к меридиану и в обоих направлениях, образуя весьма жесткую на растяжение и изгиб оболочку. В боковых стенках такая жесткость является чрезмерной и определяет общую повышенную жесткость шины. У радиальных шин (рисунок 1 б) нити корда расположены под углом $0^\circ \dots 15^\circ$ к меридиану. Эти шины имеют большую податливость, большую площадь контакта, лучшие тягово-сцепные свойства.

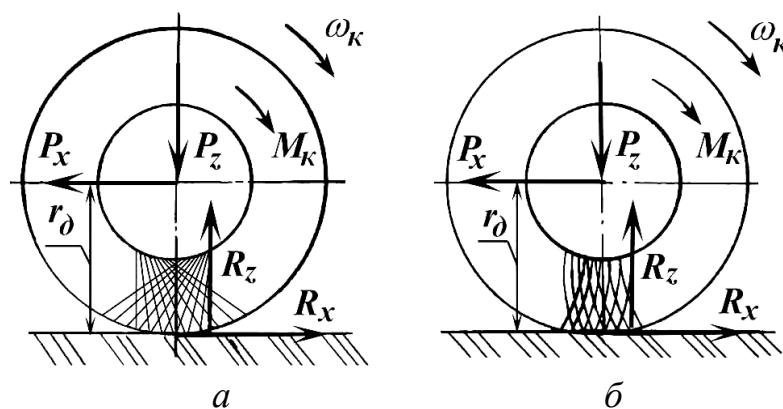


Рисунок 1 – Конструктивное исполнение диагональных (а) и радиальных (б) шин ведущих колёс

Цели, задачи, объект и предмет исследования.

Целью этих исследований пневматических шин было получение информации о характере и закономерностях деформирования шин типоразмера 30,5-32 различного конструктивного исполнения при нагружении их крутящим моментом, продольной и вертикальной нагрузками.

Объект исследования – технологические процессы деформирования шин 30,5L-32 и 30,5R-32, которые применяют и можно применять для комплектации зерноуборочных комбайнов высокой производительности.

Предмет научных исследований – закономерности деформирования

диагональных и радиальных шин типоразмера 30,5-32 ведущих движителей зерноуборочных комбайнов.

Метод исследования.

Метод исследования – экспериментальный с использованием «шинного тестера» и специально разработанных приспособлений для определения деформаций внутренней и внешней оболочек шины относительно обода в окружном и радиальном направлениях.

Для ускоренного проведения научно-исследовательских работ испытания шин типоразмера 30,5-32 проводились на специальных мобильных установках типа «шинный тестер» [7]. Комплекс измерительной аппаратуры для экспериментальных исследований позволял фиксировать [3, 4] показатели деформации пневматической шины, угол поворота оси колеса, крутящий момент на оси колеса, длину пятна отпечатка шины.

Результаты исследований.

Результаты экспериментальных исследований радиальной и окружной деформаций шины 30,5L-32 представлены в виде графиков зависимостей $Z = f(\alpha)$ и $X = f(\alpha)$ на рисунке 2.

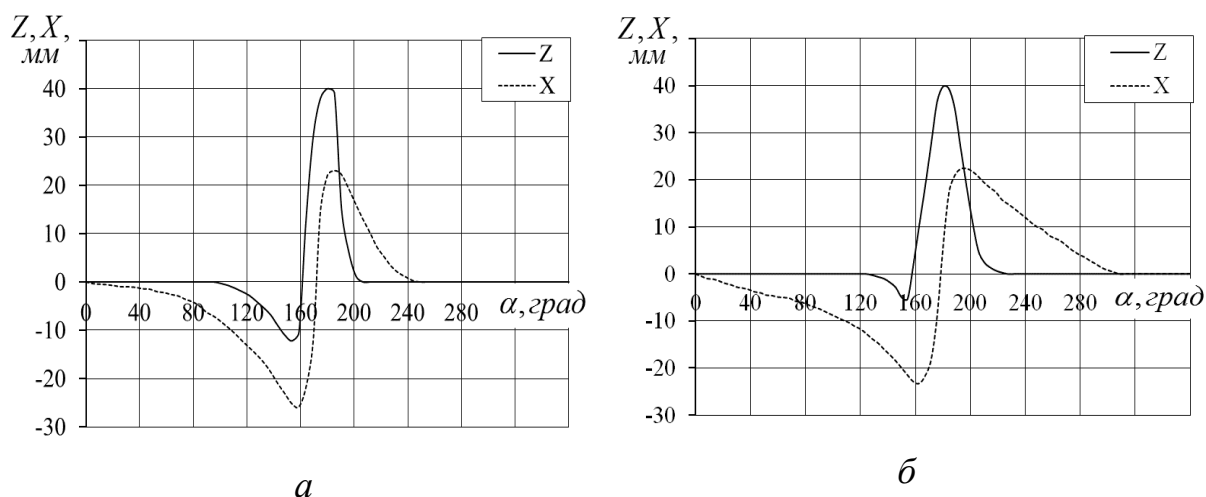


Рисунок 2 – Деформация шины 30,5L-32 при ведущем (а) и ведомом (б) режимах нагружения

Из полученных данных по деформационным свойствам оболочки

пневматических шин 30,5L-32 (рисунок 2) можно выделить следующее:

– радиальная деформация Z оболочки шины 30,5L-32 по её экватору имеет направление к оси колеса и от неё перед входом в контакт с опорным основанием: при ведомом и ведущем режимах качения шина испытывает радиальную деформацию в секторе окружающем контакт;

– под действием вертикальной нагрузки элементы шины перед входом в контакт с опорным основанием деформируются в сторону от оси колеса, поэтому происходит «выпучивание» оболочки (оно больше при ведущем режиме качения);

– угол поворота оси колеса, определяющий начало радиальной деформации диагональной шины типоразмера 30,5-32, приблизительно равен 129° для ведомого режима и 101° для ведущего режима качения колеса, а полное снятие деформации в радиальном направлении шины заканчивается, соответственно, при 201° и 227° (максимальное значение величины радиальной деформации – в центре контакта);

– окружная деформация X оболочки шины 30,5L-32 по экватору зависит от режима качения колеса: она определяется вертикальной нагрузкой на колесо и крутящим моментом, приложенным к оси колеса;

– диагональная шина 30,5L-32 как в ведомом, так и в ведущем режимах качения испытывает знакопеременную окружную деформацию;

– шина 30,5L-32 в ведомом режиме испытывает окружную деформацию практически по всему периметру, причем смещение элементов оболочки шины относительно обода и в передней части шины, и в задней после контакта – к верху шины;

– угол поворота оси колеса, определяющий начало окружной деформации шины 30,5L-32 равен 0° ;

– полное снятие деформации в окружном направлении заканчивается при 300° в ведомом режиме качения и при 240° – в ведущем режиме качения.

Результаты экспериментальных исследований радиальной и окружной деформаций шины 30,5R-32 представлены в виде графиков зависимостей $Z = f(\alpha)$ и $X = f(\alpha)$ на рисунке 3.

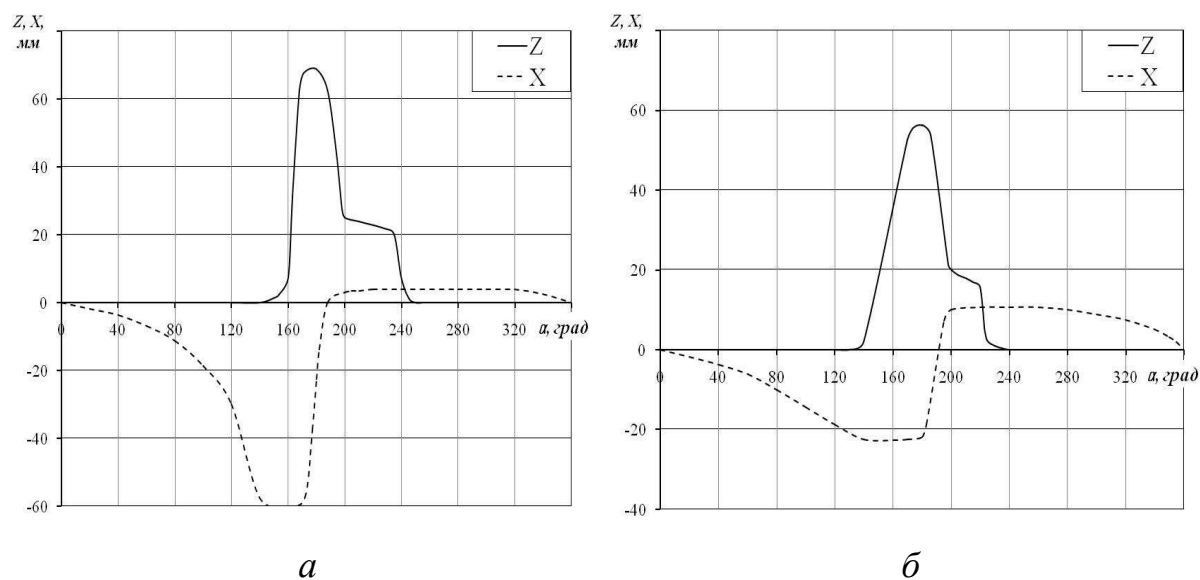


Рисунок 3 – Деформация шины 30,5R-32 при ведущем (а) и ведомом (б) режимах нагружения

Анализ зависимостей (рисунок 3) позволяет установить следующее:

– радиальная деформация по экватору шины 30,5R-32 всегда имеет только одно направление – к оси колеса: при ведомом режиме качения деформация начинается ещё до контакта протектора с опорным основанием, при ведущем – практически в точке контакта;

– максимальное значение величины деформации наблюдается по центру контакта, полное её снятие происходит уже после выхода элементов протектора из контакта, причём такое «запаздывание» больше при ведущем режиме качения;

– полное снятие радиальной деформации у шины 30,5R-32 происходит при величине угла поворота колеса 240° , что объясняется, прежде всего, взаимосвязью всех видов деформации оболочки: нормальная нагрузка на колесо передаётся опорному основанию всей оболочкой шины, а нижняя часть шины деформируется и от силы, создающей давлением воздуха[6];

– из-за гистерезисных потерь от внутреннего трения в материале шины и трения элементов протектора в контакте участок радиальной деформации шины 30,5R-32 после контакта больше, чем до него;

– давление воздуха в шине 30,5R-32 пренебрежимо мало, а перелома брекера на границе площадки контакта не происходит, поэтому радиальная деформация оболочки и вне контакта будет направлена к оси колеса[6];

– особенностью полученных зависимостей является наличие явно выраженных площадок с примерно постоянной величиной радиальной деформации элементов шины 30,5R-32 на выходе из контакта, появление которых обусловлено работой на преодоление сухого трения элементов шины в контакте, связанной со скольжением элементов протектора к центру контакта;

– величина радиальной деформации шины 30,5R-32 больше, чем у диагональной шины (оболочка деформируется больше, а контактная площадка получает развитие за счёт длины), поэтому уплотняющее воздействие на почву данной шины вследствие этого будет меньше;

– окружная деформация X внешних элементов протектора по экватору шины у шины 30,5R-32 происходит по всему периметру оболочки: с верхней точки и до середины контактной площадки, элементы шины испытывают сжатие, на оставшейся части – также сжатие, но в противоположном направлении, причём, деформация сжатия набегающих волокон шины значительно больше деформации сжатия сбегаящих волокон;

– при ведомом режиме качения шины 30,5R-32 единственным фактором, вызывающим сжатие набегающих волокон шины, является нормальная нагрузка на колесо, а при ведущем режиме качения шины 30,5R-32 сжатие дополнительно увеличивается от прилагаемого крутящего момента;

– при ведомом режиме качения шины 30,5R-32 сжатие сбегаящих

волокон шины 30,5R-32 происходит в связи с тем, что элементы протектора в задней части контактной площадки скользят к её центру вперёд по ходу движения и, тем самым, задерживают не только снятие радиальной, но и создают условия для окружной деформации;

– при ведущем режиме шины 30,5R-32 элементы протектора не скользят к её центру вперёд по ходу движения, а растяжение под действием крутящего момента сбегающих волокон частично компенсируется их сжатием от нормальной нагрузки, и, вследствие этого, величина деформации сжатия меньше по сравнению с ведомым режимом качения;

– от крутящего момента набегающие волокна шины 30,5R-32 испытывают дополнительное окружное сжатие, а выходящие из контакта – растяжение, поэтому в зоне после контакта, где нормальная сила сжимает волокна, а крутящий момент их растягивает, суммарная деформация шины в окружном направлении при номинальном значении M_k практически равна нулю[6];

– по сравнению с ведомым режимом качения сжатие набегающих волокон при номинальном значении крутящего момента возрастает на 56%, причём максимальной величины сжатие волокон достигает до контакта шины с опорным основанием и, вследствие зоны скольжения в начале контактной площадки [6], затем уменьшается, увеличиваясь снова в зоне сцепления.

Выводы

1. Недостатком диагональной конструкции шины является то, что радиальная деформация её оболочки перед контактом направлена от центра колеса. Такое «выпучивание» элементов шины увеличивает гистерезисные потери в ней, отчего сопротивление качению неминуемо возрастает.

2. Величина радиальной деформации шины 30,5R-32 больше, чем у <http://ej.kubagro.ru/2017/10/pdf/14.pdf>

шины 30,5L-32(оболочка деформируется больше, а контактная площадка получает развитие за счет длины), поэтому уплотняющее воздействие на почву данной шины вследствие этого будет меньше.

3. Основным фактором окружной деформации является нормальная нагрузка на колесо: с увеличением крутящего момента окружная деформация пропорционально возрастает.

4. Применение в качестве ведущих радиальных шин 30,5R-32 для зерноуборочных комбайнов предпочтительно.

Литература

1. Кравченко, В.А. Транспорт в сельскохозяйственном производстве / В.А. Кравченко. – Зерноград, АЧГАА, 2003. – 320 с.

2. Повышение эксплуатационных качеств колёсных движителей / В.В. Коптев, В.А. Кравченко, В.Г. Яровой и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 5. – С. 33...34.

3. Кравченко, В.А. Повышение динамических и эксплуатационных показателей сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов: монография / В.А. Кравченко. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА. – 2010. – 224 с.

4. Кравченко, В.А. Повышение эффективности МТА на базе колёсных тракторов / В.А. Кравченко, В.А. Оберемок, Л.В. Кравченко. // Технология колёсных и гусеничных машин. – 2014. – № 6 (16). – С. 45...50.

5. Кравченко, В.А. Математическая модель машинно-тракторного агрегата с УДМ в трансмиссии трактора / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко, В.В. Серёгина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 103. – IDA: 1031409016. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/16.pdf>, – С. 251...261.

6. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. – М., Автотрансиздат, 1960. – 229 с.

7. Патент 2167402 Российская Федерация, С2 7 G01 М 17/02. Шинный тестер / В.А. Кравченко, В.Г. Яровой, М.В. Годунов, К.Н. Уржумов, А.В. Зацаринный; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО АЧГАА.– № 99114900/28; заявл. 08.07.1999; опубл. 20.05.2001, Бюл. № 14. – 5 с.

References

1. Kravchenko, V.A. Transport v sel'skhozjajstvennom proizvodstve / V.A. Kravchenko. – Zernograd, AChGAA, 2003. – 320 s.

2. Povyshenie jekspluatacionnyh kachestv koljosnyh dvizhitelej / V.V. Koptev, V.A. Kravchenko, V.G. Jarovoj i dr. // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2000. – № 5. – S. 33...34.

3. Kravchenko, V.A. Povyshenie dinamicheskikh i jekspluatacionnyh pokazatelej sel'skhozjajstvennyh mashinno-traktornyh agregatov: monografija / V.A. Kravchenko. –

<http://ej.kubagro.ru/2017/10/pdf/14.pdf>

Zernograd: FGOU VPO AChGAA. – 2010. – 224 s.

4. Kravchenko, V.A. Povyshenie jeffektivnosti MTA na baze koljosnyh traktorov / V.A. Kravchenko, V.A. Oberemok, L.V. Kravchenko. // Tehnologija koljosnyh i gusenichnyh mashin. – 2014. – № 6 (16). – S. 45...50.

5. Kravchenko, V.A. Matematicheskaja model' mashinno-traktornogo agregata s UDM v transmissii traktora / V.A. Kravchenko, L.V. Kravchenko, V.V. Serjogina // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 103. – IDA: 1031409016. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/16.pdf>, – S. 251...261.

6. Knoroz V.I. Rabota avtomobil'noj shiny. – M., Avtotransizdat, 1960. – 229 s.

7. Patent 2167402 Rossijskaja Federacija, C2 7 G 01 M 17/02. Shinnyj tester / V.A. Kravchenko, V.G. Jarovoj, M.V. Godunov, K.N. Urzhumov, A.V. Zacarinnij; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO AChGAA.– № 99114900/28; zajavl.08.07.1999; opubl.20.05.2001, Bjul. № 14. – 5 s.

7. Patent 2167402 Rossijskaja Federacija, C2 7 G 01 M 17/02. Shinnyj tester / V.A. Kravchenko, V.G. Jarovoj, M.V. Godunov, K.N. Urzhumov, A.V. Zacarinnij; zajavi-tel' i patentoobladatel' FGOU VPO AChGAA.– № 99114900/28; zajavl.08.07.1999; opubl.20.05.2001, Bjul. № 14. – 5 s.