



Научная статья

# ТЯГОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШИН РАЗЛИЧНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКТАЦИИ ДВИЖИТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПЯТОГО КЛАССА ТЯГИ

*В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко,  
И.М. Меликов, Е.С. Гасанова*

## *Аннотация*

**Обоснование.** Свойства шины являются основными факторами, определяющими тяговые и агротехнологические показатели колесных мобильных энергетических средств.

**Целью исследования** является изучение эффективности тяговых показателей крупногабаритных шин различных конструкций для оснащения ходовой системы мобильных энергетических средств пятого класса тяги.

**Материалы и методы.** Тяговый КПД, как универсальный показатель эффективности эксплуатации колесной мобильной энергетической машины, в значительной степени определяется конструкцией пневматических шин её ходовой системы. Поэтому в качестве объектов исследования были использованы серийные шины 30,5R-32 и 33R-32, шины имеющие оптимизированное армирование оболочки 30,5R-32M и 33R-32M, шины экспериментального (диагонально-параллельного) конструктивного исполнения 33DP-32.

Исследования шин, предназначенных для ведущих колёс тракторов пятого класса тяги, для установления их тягово-энергетических показателей проводились экспериментальными методами путём проведения их испытаний на специально изготовленной установке «шинный тестер».

Испытания тягово-сцепных свойств шин при различных давлениях воздуха в них проводили на различных опорных основаниях: бетоне, стерне зерновых колосовых и поле для посева.

Подтверждение полученных результатов были получены при тяговых испытаниях трактора К-701М при комплектации его ходовой системы испытанными шинами.

В результате проведённых тяговых испытаний трактора пятого класса тяги (К-701М) было установлено несомненное преимущество установки на его ведущие колёса шин с параметрами внутреннего армирования, имеющими оптимальные значения, перед оснащением их шинами серийного изготовления.

Все шины при испытании на бетонном основании показали практически одинаковые тяговые показатели, но всё же шины 30,5R-32M, 33R-32M и 33DP-32 имели их значения несколько выше.

На стерне и поле для посева шины 30,5R-32M, 33R-32M и 33DP-32 по сравнению с серийными показали в основном за счёт уменьшения буксования на 5...16 % тяговый КПД выше на 0,03 и более. Следует отметить заметное преимущество шин 33R-32M и 33DP-32 по тяговым показателям на обоих агрофонах при установлении пониженного внутришинного давления, которое составляет для них соответственно на стерне 0,11 и 0,09 МПа и на поле для посева 0,09 и 0,07 МПа.

**Выводы.** Доказано, что трактор К-701М, на ведущие колёса которого устанавливались модернизированные и экспериментальные шины, показал более высокий (от 7 до 19 %) условный тяговый КПД по сравнению с комплектацией его ходовой системы серийными шинами.

Установлено, что серийные шины 30,5R-32 и 33R-32 при их испытании на жёстком опорном показали практически одинаковое значение тягового КПД. Наилучшие тягово-энергетические показатели на бетоне показали шины модернизированная 33R-32M и, особенно, 33DP-32, показавшая значение тягового КПД почти 0,84 за счёт незначительного буксования (3,2%).

На различных агрофонах наименьшие тяговые показатели продемонстрировала серийная шина 30,5R-32, а наивысшие – диагонально-параллельная шина 33DP-32.

**Ключевые слова:** мобильное энергетическое средство; движитель; пневматическое колесо; шина; сопротивление самоходу; проскальзывание; тяговая эффективность

**Для цитирования.** Кравченко, В. А., Кравченко, Л. В., Меликов, И. М., & Гасanova, Е. С. (2025). Тяговые показатели шин различного конструктивного исполнения для комплектации движителей мобильных энергетических средств пятого класса тяги. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-2), 579-596. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-2-1587>

---

Original article

## **TRACTION CHARACTERISTICS OF TIRES OF VARIOUS DESIGNS FOR THE COMPLETE SET OF MOBILE PROPULSION DEVICES OF THE FIFTH TRACTION CLASS**

*V.A. Kravchenko, L.V. Kravchenko,  
I.M. Melikov, E.S. Hasanova*

### *Abstract*

**Background.** Tire properties are the main factors determining traction and agricultural technological performance of wheeled mobile energy vehicles.

**Purpose.** The purpose of the research is to study the traction indicator efficiency of large-sized tires of various designs for equipping the running system of mobile power equipment of the fifth traction class.

**Materials and methods.** Traction efficiency, as a universal indicator of the operation efficiency of a wheeled mobile energy machine, is largely determined by the pneumatic tire design of a running system. Therefore, serial tires 30.5R-32 and 33R-32, tires with optimized shell reinforcement 30.5R-32M and 33R-32M, and tires of experimental (diagonal-parallel) design 33DP-32 were used as objects of research.

The research of tires designed for tractors' driving wheels of the fifth traction class, in order to establish their traction and energy parameters, was carried out experimentally by testing them on a specially manufactured tire test bench.

Traction properties tests of tires (at various air pressures in them) were carried out on different supporting bases: concrete, stubble of grain ears, and a field for sowing.

Results' confirmation was obtained during traction tests of the K-701M tractor when its running system was equipped with tested tires.

**Results.** As a result of the traction tests carried out on a tractor of the fifth traction class (K-701M), the undoubted advantage of installing tires with optimal internal reinforcement parameters on its driving wheels over equipping them with mass-produced tires was established.

All tires tested on a concrete base showed almost the same traction characteristics, but still the 30.5R-32M, 33R-32M and 33DP-32 tires had slightly higher values.

On stubble and in the field for sowing, the 30.5R-32M, 33R-32M and 33DP-32 tires showed a higher traction efficiency of 0.03 or more due to a decrease in

slipping by 5...16% compared to the production ones. It should be noted that the 33R-32M and 33DP-32 tires have a noticeable advantage in traction performance at both agricultural ranges when setting a reduced intraperitoneal pressure, which is 0.11 and 0.09 MPa for them, respectively, on stubble and 0.09 and 0.07 MPa in the field for sowing.

**Conclusion.** It is proved that the K-701M tractor, which had upgraded and experimental tires installed on the driving wheels, showed a higher (from 7 to 19%) conditional traction efficiency compared to the complete set of its chassis system with serial tires.

It was found that the serial tires 30.5R-32 and 33R-32, when tested on a rigid support, showed almost the same traction efficiency. The best traction and energy performance on concrete was shown by the upgraded 33R-32M tires and, especially, the 33DP-32, which showed a traction efficiency of almost 0.84 due to slight slipping (3.2%).

At various agricultural farms, the serial tire 30.5R-32 demonstrated the lowest traction performance, while the diagonal-parallel tire 33DP-32 demonstrated the highest traction performance.

**Keywords:** mobile energy vehicle; propulsion; pneumatic wheel; tire; self-propelled resistance; slippage; traction efficiency

**For citation.** Kravchenko, V. A., Kravchenko, L. V., Melikov, I. M., & Hasanova, E. S. (2025). Traction characteristics of tires of various designs for the complete set of mobile propulsion devices of the fifth traction class. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-2), 579-596. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-2-1587>

## Введение

Важнейшей задачей работников сельского хозяйства Российской Федерации является обеспечение на основе эффективного конкурентоспособного агропромышленного производства продовольственной безопасности нашей страны и успешное интегрирование в мировой рынок сельскохозяйственной продукции. Для этого требуется на основе применения в агропромышленном комплексе (АПК) новых технологий и совершенствования мобильных энергетических средств (МЭС) добиться существенного снижения себестоимости растениеводческой продукции путём повышения качества выполнения технологических операций, а также снижения трудовых и эксплуатационных затрат за счёт значительного прироста производительности машинно-тракторных агрегатов (МТА) и уменьшения удельного расхода топлива.

Анализ развития показывает, что на ходовые системы мобильных средств, с помощью которых выполняются различные технологические операции при выращивании растениеводческой продукции, устанавливаются гусеничные или колесные движители [1-3]. В мире и России применение в сельском хозяйстве МЭС с колёсными ходовыми системами превышает 85 % вследствие их более высокой универсальности. Однако они в настоящее время по некоторым эксплуатационным показателям (энергозатраты на перемещение, уплотняющее воздействие на почву и т.д.) уступают гусеничным машинам [4-7].

Поэтому весьма актуальным является решение **проблемы** повышения тягово-энергетических показателей функционирования колёсной мобильной сельскохозяйственной техники.

Эффективность МТА можно повысить за счёт увеличения их ширины захвата и эксплуатации на повышенных скоростях, но это требует использование в составе агрегата МЭС, имеющего высокие тяговые показатели [2; 3].

Известно [8; 9], что тяговый КПД МЭС зависит главным образом от КПД движителей, так как в них происходят главные непроизводительные потери энергии при перемещении МТА, в связи с чем, технико-экономические показатели МЭС (тяговая характеристика, плавность хода, агротехнические и агротехнологические показатели и т.д.) с высокой степенью достоверности можно установить по результатам испытаний единичных пневматических колёс.

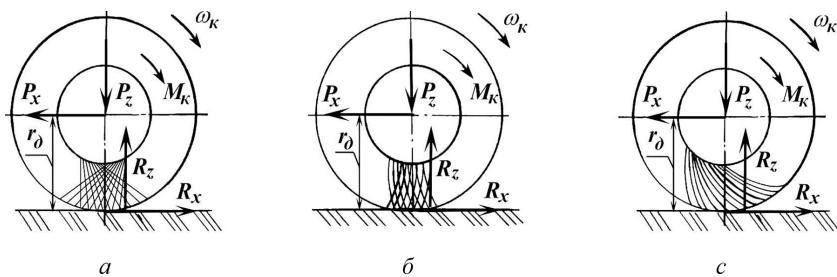
Поэтому при разработке и модернизации мобильной сельскохозяйственной техники (МСТ) необходимо обращать пристальное внимание на научные изыскания, главной задачей которых является совершенствование составных элементов ходовых систем сельскохозяйственных машин.

Подбор и комплектование ходовых систем сельскохозяйственных тракторов и зерноуборочных комбайнов шинами диагонального конструктивного исполнения в недавний исторический период производились, опираясь, в основном, на их долговечность и высокую несущую способность, что привело к возникновению проблемы переуплотнения почвы со всеми вытекающими последствиями.

Поэтому одним из путей решения вышеуказанных проблем (повышение тягово-энергетических показателей и агротехнической проходимости МСТ) является модернизация внутреннего армирования существующих диагональных и радиальных шин и разработка шин принципиально нового конструктивного исполнения для комплектования ими ходовых систем МТА [1, 7].

На основании вышеизложенного, задачей представляемого в данной статье научного исследования является сравнительная оценка тягово-энергетических показателей шин, имеющих различное конструктивное исполнение, для комплектования ходовых систем МЭС тягового класса 5.

Принципиальные схемы конструктивного исполнения шин представлены на рисунке 1.



шина конструктивного исполнения:

*a* – диагонального; *b* – радиального; *c* – диагонально-параллельного

**Рис. 1.** Принципиальные схемы конструктивного исполнения  
пневматических шин

В диагональных шинах (рисунок 1 *а*) волокна в оболочке расположены в обоих направлениях под углом от 15° до 45° к меридиану. Это обеспечивает оболочке очень высокую жёсткость, поэтому такие шины широко использовали для установки на колёса МСТ и транспортных средств, у которых создавались в процессе передвижения высокие вертикальные нагрузки на оси мостов. Но такие шины не гарантировали щадящее воздействие на агрофоны.

У радиальных шин (рисунок 1 *б*) волокна в оболочке расположены к меридиану под углом 0°...15°, что способствует обеспечению им гибкости, увеличению площади контакта с почвой до 20 %, чем диагональных шин таких же габаритных размеров, и росту тяговых показателей. Поэтому радиальные шины сейчас широко устанавливают на сельскохозяйственных МЭС и автомобилях.

В шинах диагонально-параллельного конструктивного исполнения, армированные которых выполнены по патенту РФ № 2677817 (рисунок 1 *с*), волокна в оболочках укладываются под углом к меридиану как в диагональных шинах, но в отличие располагаются параллельно в нескольких смежных слоях, поэтому зонах действия касательных сил волокна оболочки испытывают деформации растяжения, а в зоне соприкосновения их с

опорным основанием – деформацию изгиба. За счёт этого обеспечивается при качении этих шин по агрофонам значительное уменьшение гистерезисных потерь и давления на почву в площасти контакта колеса с почвой.

### **Метод исследования**

При исследовании нами использовались серийные шины 30,5R-32 и 33R-32, модернизированные шины с оптимизированным внутренним армированием оболочки 30,5R-32M, 33R-32M и экспериментальные шины 33DP-32 (см. патент РФ № 2677817), некоторые характеристики которых представлены в таблице 1.

*Таблица 1.*  
**Некоторые характеристики испытываемых шин**

Геометрические параметры шин		Ед. изм.	Испытываемые шины				
			30,5R-32	30,5R-32M	33R-32	33R-32M	33DP-32
Габариты	диаметр	мм	1830±4	1825±4	1924±4	1930±3	1723
	ширина	мм	768	725	829	830	1100
Рисунок протектора	высота грунтозацепов	мм	52	65	54	54	54
	шаг грунтозацепов	мм	274	276	288	290	295
	коэффициент насыщенности	-	0,318	0,328	0,300	0,300	0,300
Максимальная нагрузка	кН	51,0	51,0	44,2	44,2	68,0	

Исследования тягово-энергетических показателей шин, предназначенных для ведущих колёс тракторов пятого класса тяги, проводились экспериментальными методами путём проведения их испытаний на специально изготовленной установке «шинный тестер» (см. патенты РФ №, 2107275, 2167402 и др.).

Нормальная нагрузка на испытуемое колесо устанавливалась с помощью грузов: на шинах 33R-32, 33R-32M, 33DP-32 – 40,8 кН, а на шинах 30,5R-32 и 30,5R-32M – 40,0 кН.

Испытания тягово-цепных свойств шин при различных давленияния воздуха в них проводили на различных опорных основаниях: бетоне, стерне зерновых колосовых и поле для посева.

Подтверждение полученных результатов были получены при тяговых испытаниях трактора К-701М при комплектации его ходовой системы испытанными шинами.

В таблице 2 приведены характеристики сельскохозяйственных агрофонов, на которых походили испытания шин и трактора К-701М.

Таблица 2.  
Характеристики сельскохозяйственных агрофонов  
при испытании шин и трактора К-701М

Почвенные показатели по слоям	Глубина слоя, см	Единица измерения	Сельскохозяйственный агроном	
			стерня зерновых культур	поле под посев
Удельная плотность почвы по слоям	0 – 10	г/см <sup>3</sup>	1.078	0.875
	10 – 20		1.167	1.186
	20 – 30		1.134	1.262
Влажность почвы по слоям	0 – 10	%	16.93	9.39
	10 – 20		19.48	19.86
	20 – 30		21.01	20.89
Высота стерневого покрова		см	15.0	–

Условия проведения испытаний шин и трактора К-701М при различной комплектации его движителей соответствовали требованиям соответствующих стандартов.

### Результаты исследований

При испытаниях шин на шинном тестере мы проводили измерения следующих параметров при качении колеса на ведущем режиме: крутящий момент  $M_k$  на оси колеса; горизонтальные силы соответственно на левой и правой сторонах ведущей оси колеса  $R_1, R_2$ ; нагрузку по нормали  $R$  на ось колеса; массу колеса  $m_k$ , определяемую совместно с приводом, закрепленным на оси; угол наклона  $\alpha$  рамы «шинного тестера» к горизонту; расстояние  $S_{on}$ , пройденное колесом при испытании; обороты  $n_k$  колеса; свободный кинематический радиус  $r_k^C$  колеса.

По этим данным в дальнейшем производился расчёт по широко известным зависимостям следующие тягово-энергетические показатели:

– развиваемое колесом тяговое усилие  $P_k$ :

$$P_k = R_1 + R_2 \pm (R - m_k \cdot g) \cdot \alpha, \quad (1)$$

– кинематический радиус колеса  $r_K$ :

$$r_K = \frac{s_{\text{он}}}{2\pi n_K}, \quad (2)$$

– тяговый КПД колеса:

$$\eta_K = \frac{P_K}{M_K} \cdot r_K, \quad (3)$$

– величину буксования колеса:

$$\delta = 1 - \frac{r_K}{r_K^C}, \quad (4)$$

– коэффициент сопротивления самоподвижения колеса:

$$f = \frac{M_K}{r_K^C m_K g}. \quad (5)$$

Модернизировать движители МСТ можно различными способами. На наш взгляд наиболее рациональными из них представляется улучшение показателей движителей путём оптимизации строения оболочек шин, а также применение шин нового (диагонально-параллельного) конструктивного исполнения в соответствии с патентом РФ № 2677817.

Параметры оптимизированного внутреннего строения шин зависят от назначения мобильного сельскохозяйственного средства. Для универсальных МЭС в результате оптимизации параметров армирования шин их движителей необходимо обеспечить достижение максимального значения тяговой мощности при допустимой радиальной деформации шин и минимизации уровня негативного воздействия на почвенное основание. Для зерноуборочных комбайнов и пропашных МЭС следует обеспечить достижение максимальной величины площади контакта шины ведущего колеса с почвой и её допустимого прогиба при максимальном тяговом КПД.

При оптимизации армирования оболочек шин нами в работе использовались симплекс-метод Данцига (для зерноуборочных комбайнов) и метод «исследование пространства параметров» (для универсальных тракторов пятого класса тяги), в результате чего были установлены параметры внутреннего строения крупногабаритных радиальных шин.

В качестве примера приводим данные внутреннего армирования радиальных шин 30,5R-32 для различных вариантов применимости:

– для зерноуборочного комбайна число слоёв брекера должно быть равно 7, число слоёв каркаса – 6, угол укладки нитей корда брекера –  $62^\circ$ , угол укладки нитей корда каркаса –  $15^\circ$ ;

– для МЭС пятого класса тяги значения аналогичных параметров соответственно равны 4, 6,  $70^\circ$  и около 0°.

В результате анализа тяговых показателей трактора К-701М на стерне озимого ячменя при установке на его движители шин 30,5R-32 и 30,5R-32M (таблица 3), было доказано существенное преимущество второго вариантом шин.

Таблица 3.  
Тяговые показатели трактора К-701М на стерне озимого ячменя

Стандартный размер шин	Ходовая часть	Тяговое усилие на крюке, кН	Рабочая скорость, км/ч	Буксование, %	Условный коэффициент тяговой эффективности	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
30,5R-32	2-1	78.0	5.6	27.1	0.548	407
	2-2	69.0	7.4	20.4	0.641	364
	3-2	64.0	8.2	16.6	0.658	356
	3-3	54.5	10.3	11.2	0.704	322
	2-4	49.5	11.5	9.2	0.714	319
30,5R-32M	2-1	72.5	6.7	20.8	0.605	363
	2-2	70.0	7.4	18.4	0.660	358
	3-2	65.0	8.4	14.2	0.685	336
	3-3	54.5	10.4	8.2	0.711	319
	2-4	50.0	11.0	6.2	0.716	317

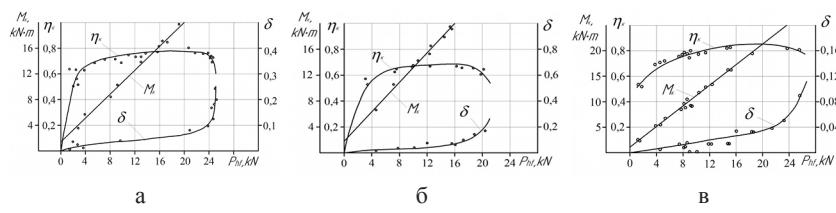
Трактор К-701М, оснащенный шинами с оптимальными параметрами, показал при контрольных сменах более высокий условный тяговый КПД по сравнению с серийной версией на 7...19 % при снижении удельного расхода топлива на единицу мощности от 3 до 9 г/кВт·ч.

При выполнении транспортных операций часовой расход топлива МТА на базе МЭС при комплектации ведущих колёс модернизированными шинами уменьшился на 13 %, несмотря на рост скорости перемещения до 0,5 км/ч.

Графические зависимости крутящего момента на оси ведущего колеса от величины тягового усилия (рисунки 2...4) для всех выбранных шин имеют практически прямолинейный характер.

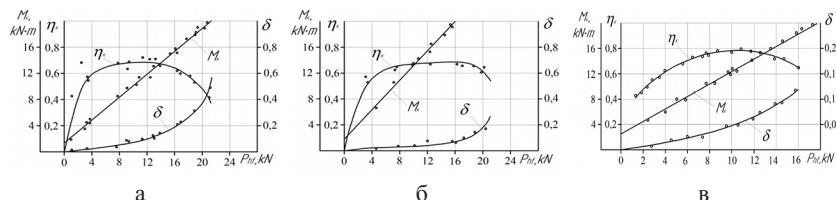
В работе была сделана оценка изменения радиуса качения  $r_k(P_k)$  и буксования  $\delta(P_k)$  испытываемых шин на различных опорных основаниях в зависимости от величины тягового усилия.

Анализом результатов испытаний установлено, что на жёстком основании для всех шин до достижения величины тягового усилия выше номинального (12,5 кН) закономерности изменения этих характеристик носят прямолинейный характер. При увеличении тягового усилия вплоть до возникновения буксования всех контактирующих элементов шины с бетоном, зависимости  $r_k(P_k)$  и  $\delta(P_k)$  совершают резкий изгиб.



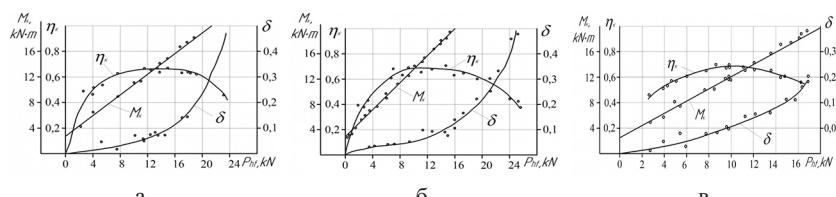
а – шина 30,5R-32М (давление в шине 0,11 МПа); б – шина 33R-32 (давление в шине 0,11 МПа); в – шина стандартного размера 33DP-32 (давление в шине 0,13 МПа)

Рис. 2. Основные и тяговые характеристики испытуемых шин на бетоне



а – шина 30,5R-32М (давление в шине 0,11 МПа); б – шина 33R-32 (давление в шине 0,09 МПа); в – шина 33DP-32 (давление в шине 0,09 МПа)

Рис. 3. Основные и тяговые характеристики испытуемых шин на стерне зерновых культур



а – шина 30,5R-32М (давление в шине 0,11 МПа); б – шина 33R-32 (давление в шине 0,07 МПа); в – шины 33DP-32 (давление в шине 0,07 МПа)

Рис. 4. Основные и тяговые характеристики испытуемых шин на поле, подготовленном к посеву

Результаты испытаний шин на агрофонах показали практическое отсутствие на графиках функциональных зависимостей  $r_k(P_k)$  и  $\delta(P_k)$  прямолинейных участков. По сравнению с движением по бетону кинематические радиусы колес при перемещении по агрофонам становится значительно меньше, а буксование намного выше, особенно это характерно для парового поля.

Как показали исследования, основной энергетический показатель (тяговый КПД) всех выбранных для испытания шин имеет в зоне номинального тягового усилия четко выраженное максимальное значение.

Анализом результатов испытаний шин (таблица 4) нами были установлены соответствия величин тяговых усилий  $P_k$  и буксования  $\delta$  шин, полученных при максимальном значении их тягового КПД  $\eta_{max}$ , а также значений тягового КПД  $\eta_k$  шин и их буксования  $\delta$  при номинальном тяговом усилии ( $P_k = 12,5$  кН).

Установлено, что серийные шины 30,5R-32 и 33R-32 при их испытании на жёстком опорном показали практически одинаковое значение тягового КПД. Наилучшие тягово-энергетические показатели на бетоне показали шины модернизированная 33R-32M и, особенно, 33DP-32, показавшая значение тягового КПД почти 0,84 за счёт незначительного буксования (3,2%), полученное вследствие её более высокой жёсткости и в продольном и в окружном направлениях.

Анализом данных испытаний шин на основных агрофонах установлено, что по сравнению с шиной 30,5R-32 шины 30,5R-32M, 33R-32M и 33DP-32 имеют более высокие тягово-энергетические показатели: величины тяговых КПД выше на 0,03 и более при меньшем буксовании их на 5...16 %. Следует отметить заметное преимущество шин 33R-32M и 33DP-32 по тяговым показателям на обоих агрофонах при установлении пониженного внутришинного давления, которое составляет для них соответственно на стерне 0,11 и 0,09 МПа и на поле для посева 0,09 и 0,07 МПа. Этот эффект объясняется тем, что при указанных величинах давлениях  $p_w$  в оболочке шин снижаются гистерезисных потери энергии, обеспечивается более равномерное распределение давления колеса по всей площади контакта колеса с почвой, а глубина колеи – практически одинаковой по всей её ширине.

Таблица 4.

**Показатели тяговой эффективности шин для оснащения тракторов пятого класса тяги на различных грунтах**

Шина	30,5R32M		33R-32		33R-32M		33DP-32						
	Давление в шине, МПа												
	0,07	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11	0,13					
Стерня зерновых культур													
Показатели при максимальном коэффициенте тяговой эффективности $\eta_{max}$	$\eta$	0,73	0,75	0,75	0,74	0,75	0,73	0,77	0,78	0,76	0,78	0,74	0,73
	$P_k$ , кН	11,3	11,5	11,3	11,7	11,5	11,3	11,3	11,8	11,7	11,7	11,5	11,3
	$\delta$ , %	10,0	9,6	9,4	9,2	8,4	10,8	8,2	8,4	8,0	8,6	8,0	8,0
Показатели при $P_k = 12,5$ кН	$\eta$	0,72	0,73	0,73	0,72	0,74	0,72	0,76	0,77	0,75	0,77	0,73	0,71
	$\delta$ , %	12,8	12,0	11,8	11,2	10,5	12,0	10,2	10,2	10,4	12,0	10,0	10,6
Поле, подготовленное к посеву													
Показатели при максимальном коэффициенте тяговой эффективности $\eta_{max}$	$\eta$	0,67	0,67	0,67	0,70	0,69	0,68	0,69	0,71	0,70	0,71	0,69	0,68
	$P_k$ , кН	11,1	11,0	11,0	10,8	10,5	11,0	11,2	11,3	11,0	11,4	11,2	11,3
	$\delta$ , %	10,4	10,8	10,4	9,8	10,0	10,8	10,2	10,4	10,2	10,4	9,8	9,2
Показатели при $P_k = 12,5$ кН	$\eta$	0,66	0,67	0,66	0,69	0,67	0,67	0,69	0,70	0,69	0,70	0,68	0,67
	$\delta$ , %	12,6	13,0	12,8	11,6	12,8	13,0	11,2	12,0	11,4	11,8	11,2	10,8

Как показали результаты экспериментальных испытаний выбранных для сравнения шин, что все они на стерне при развиваемом тяговом усилии  $P_K = 12,5$  кН и более имели максимальные величины тягового КПД, а это имеет важное значение для МЭС пятого класса тяги.

### **Выводы**

Доказано, что трактор К-701М, на ведущие колёса которого устанавливались модернизированные и экспериментальные шины, показал более высокий (от 7 до 19 %) условный тяговый КПД по сравнению с комплектацией его ходовой системы серийными шинами.

Установлено, что серийные шины 30,5R-32 и 33R-32 при их испытании на жёстком опорном показали практически одинаковое значение тягового КПД. Наилучшие тягово-энергетические показатели на бетоне показали шины модернизированная 33R-32M и, особенно, 33DP-32, показавшая значение тягового КПД почти 0,84 за счёт незначительного буксования (3,2%). На различных агрофонах наименьшие тяговые показатели продемонстрировала серийная шина 30,5R-32, а наивысшие – диагонально-параллельная шина 33DP-32. По сравнению с шиной 30,5R-32 шины 30,5R-32M, 33R-32M и 33DP-32 имеют более высокие тягово-энергетические показатели: величины тяговых КПД выше на 0,03 и более при меньшем буксовании их на 5...16 %.

Результаты исследований показывают настоятельную необходимость оптимизации внутреннего армирования шин 30,5DP-32 и 33DP-32.

**Информация о конфликте интересов.** Конфликт интересов отсутствует.

### **Список литературы**

1. Godwin, R., Misiewicz, P., White, D., et al. (2015). Results from recent traffic systems research and the implications for future work. *Acta Technologica Agriculturae*, 18(3), 57–63. <https://doi.org/10.1515/ata-2015-0013>
2. Galambošová, J., Macák, M., Rataj, V., et al. (2017). Field evaluation of controlled traffic farming in central Europe using commercially available machinery. *Transactions of the ASABE*, 60(3), 657–669. <https://doi.org/10.13031/trans.11833>. EDN: <https://elibrary.ru/YIBCXT>
3. Buxmann, V., Meskhi, B., Mozgovoy, A., et al. (2020). Innovative technologies and equipment from “Amazone” company for fertilizer application. *E3S Web of Conferences* (8, Rostov-on-Don, 19–30 August 2020), 04002. <https://doi>.

- org/10.1051/e3sconf/202021004002. EDN: <https://elibrary.ru/EXXKZL>
- 4. Ski, J. B., & Sergiel, L. (2013). Effect of wheel passage number and tyre inflation pressure on soil compaction in the wheel track. *Annals of Warsaw University of Life Sciences — SGH. Agriculture*, 5–15.
  - 5. Bulinski, J., Niemczyk, H., & Frackiewicz, P. (2016). Impact of soil compaction by wheels of agricultural machinery in potato cultivation on physical properties of the soil and yield. *Annals of Warsaw Agricultural University. Agriculture*, 68, 21–30.
  - 6. Sergiel, L., & Bulinski, J. (2016). Soil compaction changes in the area of wheel passage at different type pressure values. *Annals of Warsaw Agricultural University. Agriculture*, 67, 19–28.
  - 7. Melikov, I., Hasanova, E., Kravchenko, V., et al. (2019). Traction and energy efficiency tests of oligomeric tires for category 3 tractors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 September 2019), 403, 012126. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012126>. EDN: <https://elibrary.ru/BUJQQF>
  - 8. Годжаев, Т. З., Зубина, В. А., & Малахов, И. С. (2022). Обоснование функциональных характеристик сельскохозяйственных мобильных энергосредств в многокритериальной постановке. *Тракторы и сельхозмашины*, 89(6), 411–420. <https://doi.org/10.17816/0321-4443-121325>. EDN: <https://elibrary.ru/XTFDEB>
  - 9. Хафизов, К. А., Хафизов, Р. Н., Тюрин, И. Ю., et al. (2023). Оптимальные параметры трактора и пахотного агрегата по различным критериям оптимизации. *Аграрный научный журнал*, (1), 155–160. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i1pp155-160>. EDN: <https://elibrary.ru/ZIUWJV>
  - 10. Sparkes, E., Hagenlocher, M., Cotti, D., Banerjee, S., Masys, A. J., Rana, M. S., Shekhar, H., Sodogas, V. A., Surtiari, G. A. K., Ajila, A. V., & Werners, S. E. (2023). *Understanding and characterizing complex risks with impact webs: A guidance document*. UNU-EHS. Retrieved from <https://collections.unu.edu/view/UNU:9266>
  - 11. Kumar, S., & Khan, N. (2021). Application of remote sensing and GIS in land resource management. *Journal of Geography and Cartography*, 4(2). <https://doi.org/10.24294/jgc.v3i1.437>. EDN: <https://elibrary.ru/JARHQE>
  - 12. Wagg, D., Worden, K., Bartheorpe, R., & Gardner, P. (2020). Digital twins: State-of-the-art future directions for modelling and simulation in engineering dynamics applications. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 6.

13. Bogomyagkikh, V. A., Trembich, V. P., & Pakhailo, A. I. (1997). *Substantiation of parameters and modes of operation of vault-destroying devices of dosing systems of agricultural machines and installations.* VNIPTIMESH.
14. Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Afonin, A. E., et al. (2020). Universal equipment for determining traction resistance of working bodies and their combinations designed for soil treatment. *Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019)* (Kazan, 13–14 November 2019), 00010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700010>. EDN: <https://elibrary.ru/DQXDBI>
15. Ерзамаев, М. П., Гниломедов, В. Г., & Сазонов, Д. С. (2013). Обоснование тягового сопротивления комбинированного плуга для ярусной обработки почвы. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*, (3), 8–13. EDN: <https://elibrary.ru/QJCHJB>

### References

1. Godwin, R., Misiewicz, P., White, D., et al. (2015). Results from recent traffic systems research and the implications for future work. *Acta Technologica Agriculturae*, 18(3), 57–63. <https://doi.org/10.1515/ata-2015-0013>
2. Galambošová, J., Macák, M., Rataj, V., et al. (2017). Field evaluation of controlled traffic farming in central Europe using commercially available machinery. *Transactions of the ASABE*, 60(3), 657–669. <https://doi.org/10.13031/trans.11833>. EDN: <https://elibrary.ru/YIBCXT>
3. Buxmann, V., Meskhi, B., Mozgovoy, A., et al. (2020). Innovative technologies and equipment from “Amazone” company for fertilizer application. *E3S Web of Conferences* (Vol. 8, Rostov on Don, August 19–30, 2020), 04002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021004002>. EDN: <https://elibrary.ru/EXXKZL>
4. Ski, J. B., & Sergiel, L. (2013). Effect of wheel passage number and tyre inflation pressure on soil compaction in the wheel track. *Annals of Warsaw University of Life Sciences — SGH. Agriculture*, 5–15.
5. Bulinski, J., Niemczyk, H., & Frackiewicz, P. (2016). Impact of soil compaction by wheels of agricultural machinery in potato cultivation on physical properties of the soil and yield. *Annals of Warsaw Agricultural University. Agriculture*, 68, 21–30.
6. Sergiel, L., & Bulinski, J. (2016). Soil compaction changes in the area of wheel passage at different type pressure values. *Annals of Warsaw Agricultural University. Agriculture*, 67, 19–28.

7. Melikov, I., Hasanova, E., Kravchenko, V., et al. (2019). Traction and energy efficiency tests of oligomeric tires for category 3 tractors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov on Don, September 10–13, 2019), 403, 012126. EDN: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012126>. EDN: <https://elibrary.ru/BUJQQF>
8. Godzhaev, T. Z., Zubina, V. A., & Malakhov, I. S. (2022). Justification of functional characteristics of agricultural mobile power units in a multi-criteria formulation. *Tractors and Agricultural Machinery*, 89(6), 411–420. <https://doi.org/10.17816/0321-4443-121325>. EDN: <https://elibrary.ru/XTFDEB>
9. Khafizov, K. A., Khafizov, R. N., Tyurin, I. Yu., et al. (2023). Optimal parameters of a tractor and plowing unit according to various optimization criteria. *Agrarian Scientific Journal*, (1), 155–160. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i1pp155-160>. EDN: <https://elibrary.ru/ZIUWJV>
10. Sparkes, E., Hagenlocher, M., Cotti, D., Banerjee, S., Masys, A. J., Rana, M. S., Shekhar, H., Sodogas, V. A., Surtiari, G. A. K., Ajila, A. V., & Werners, S. E. (2023). *Understanding and characterizing complex risks with impact webs: A guidance document*. UNU EHS. Retrieved from: <https://collections.unu.edu/view/UNU:9266>
11. Kumar, S., & Khan, N. (2 Newton). Application of remote sensing and GIS in land resource management. *Journal of Geography and Cartography*, 4(2). <https://doi.org/10.24294/jgc.v3i1.437>. EDN: <https://elibrary.ru/JARHQE>
12. Wagg, D., Worden, K., Barthorpe, R., & Gardner, P. (2020). Digital twins: State of the art future directions for modelling and simulation in engineering dynamics applications. *ASCE ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 6.
13. Bogomyagkikh, V. A., Trembich, V. P., & Pakhailo, A. I. (1997). *Substantiation of parameters and modes of operation of vault destroying devices of dosing systems of agricultural machines and installations*. VNIPTIMESH.
14. Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Afonin, A. E., et al. (2020). Universal equipment for determining traction resistance of working bodies and their combinations designed for soil treatment. *Bio web of conferences: International Scientific Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019)* (Kazan, November 13–14, 2019), 00010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700010>. EDN: <https://elibrary.ru/DQXDBI>
15. Erzamaev, M. P., Gnilomedov, V. G., & Sazonov, D. S. (2013). Justification of traction resistance of a combined plow for tiered soil cultivation. *Proceedings of Samara State Agricultural Academy*, (3), 8–13. EDN: <https://elibrary.ru/QJCHJB>

## ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Кравченко Владимир Алексеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Техника и технологии пищевых производств»  
*Донской государственный технический университет*  
*пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Российская Федерация*  
*a3v2017@yandex.ru*

**Кравченко Людмила Владимировна**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Проектирование и технический сервис транспортно-технологических систем»  
*Донской государственный технический университет*  
*пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Российская Федерация*  
*lvkravchenko@donstu.ru*

**Меликов Иззет Мелукович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей»  
*Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова*  
*ул. Магомета Гаджиева, 180, г. Махачкала, 367032, Республика Дагестан, Российская Федерация*  
*izmelikov@yandex.ru*

**Гасанова Эльнара Саладиновна**, кандидат филологических наук, доцент кафедры «Иностранные языки»  
*Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова*  
*ул. Магомета Гаджиева, 180, г. Махачкала, 367032, Республика Дагестан, Российская Федерация*  
*elngas@yandex.ru*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Vladimir A. Kravchenko**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Equipment and Technologies

*Don State Technical University*  
1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation  
[a3v2017@yandex.ru](mailto:a3v2017@yandex.ru)  
SPIN-code: 9983-4293  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9152-5851>  
ResearcherID: AIF-4514-2022  
Scopus Author ID: 57204159481

**Lyudmila V. Kravchenko**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Design and Technical Service of Transport  
and Technological Systems  
*Don State Technical University*  
1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation  
[lvkravchenko@donstu.ru](mailto:lvkravchenko@donstu.ru)  
SPIN-code: 9684-8955  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9228-3313>  
ResearcherID: ABD-9790-2021  
Scopus Author ID: 57204646125

**Izzet M. Melikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the  
Department of Technical Operation of Cars  
*Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov*  
180, Magomed Gadzhiyev Str., Makhachkala, 367032, Republic of  
Dagestan, Russian Federation  
[izmelikov@yandex.ru](mailto:izmelikov@yandex.ru)  
SPIN-code: 3194-9952  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8928-8714>  
Scopus Author ID: 57211759742

**Elnara S. Gasanova**, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor  
of the Department of Foreign Languages  
*Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov*  
180, Magomed Gadzhiyev Str., Makhachkala, 367032, Republic of  
Dagestan, Russian Federation  
[elngas@yandex.ru](mailto:elngas@yandex.ru)  
SPIN-code: 8712-8653  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1981-6128>