

УДК 631.372

UDC 631.372

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИ ШИН ДВИЖИТЕЛЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРА МТЗ-80

THE INFLUENCE OF THE TIRE MODEL OF THE MOVERS ON THE TRACTION CHARACTERISTICS OF THE MTZ-80 TRACTOR

Кравченко Владимир Алексеевич
доктор технических наук, профессор
РИНЦ SPIN-код = 9983-4293
[E-mail: a3v2017@yandex.ru](mailto:a3v2017@yandex.ru)
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия

Kravchenko Vladimir Alekseevich
Doctor of Technical Sciences, Professor
RSCI SPIN code = 9983-4293
E-mail: a3v2017@yandex.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don, pl.Gagarina, 1, Russia

Кравченко Людмила Владимировна
доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой

РИНЦ SPIN-код = 9684-8955
[e-mail: lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru](mailto:lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru)
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия

Kravchenko Lyudmila Vladimirovna
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department
RSCI SPIN-code = 9684-8955
e-mail: lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don, pl.Gagarina, 1, Russia

Журба Виктор Викторович
кандидат технических наук, доцент
РИНЦ SPIN-код = 1453-5517
e-mail: vic.zhurba@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия

Zhurba Viktor Viktorovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
RSCI SPIN-code = 1453-5517
e-mail: vic.zhurba@yandex.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don, pl.Gagarina, 1, Russia

Цель данной статьи – это сравнительная оценка тяговых показателей трактора МТЗ-80 при комплектации его шинами типоразмера 18,4R-38 разных моделей (206B, ТМ300S, VL-32). Для колёсного МЭС достижение высоких тяговых показателей, плавности хода, уровня уплотняющего воздействия на опорное основание будет определяться свойствами шины ведущих колёс. В результате тяговых испытаний на «шинном тестере» одиночных шин различных моделей типоразмера 18,4R-38 установлено, что при рекомендуемом внутришинном давлении шина модели VL-32 имела на обоих фонах значения силы сопротивления качения и коэффициента буксования ниже по сравнению с другими испытываемыми моделями шин, поэтому она показала тяговый КПД выше. Анализ данных тяговых испытаний показал, что трактор МТЗ-80 с установленными на движители шинами VL-32 имел наилучшие тяговые показатели по сравнению с

The purpose of the work is a comparative assessment of the traction indicators of the MTZ-80 tractor when equipped with tires of size 18.4R-38 of different models (206B, TM300S, VL-32). For a wheeled MES, the achievement of high traction indicators, smooth running, and the level of sealing effect on the support base will be determined by the properties of the driving wheel tires. As a result of the traction tests on the "tire tester" of single tires of various models of size 18.4R-38, it was found that at the recommended intra-tire pressure, the tire of the VL-32 model had on both backgrounds the values of the rolling resistance force and the slipping coefficient lower compared to other tested tire models, therefore it showed traction The efficiency is higher. The analysis of traction test data showed that the MTZ-80 tractor with VL-32 tires mounted on propellers had the best traction performance compared to other tested models. The MTZ-80 tractor on serial 206B tires on both agrophones showed

другими испытываемыми моделями. Трактор МТЗ-80 на серийных шинах 206Б на обоих агрофонах показал наихудшие тяговые показатели. Производственной проверкой установлено, что агрегат МТЗ-80+КСО-4 на шинах модели VL-32 показал наибольшую эффективность его функционирования

the worst traction indicators. The production check established that the MTZ-80+CSR-4 device with the VL-32 model tires showed the greatest efficiency of its functioning

Ключевые слова: КОЛЁСНОЕ МОБИЛЬНОЕ ЭНЕРГОСРЕДСТВО, КОЛЁСНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ, ШИНА, ТЯГОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Keywords: WHEELED MOBILE POWER EQUIPMENT, WHEEL MOVER, TIRE, TRACTION INDICATORS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-188-005>

Введение. Анализ технической оснащённости агропромышленного комплекса показывает, что при выращивании растениеводческой продукции применялись, и будут применяться в ближайшем обозримом будущем, мобильные энергетические средства (МЭС) [1].

В данный момент времени при возделывании сельскохозяйственных культур около 85 % всех МЭС используются энергосредства, имеющие колёсные ходовые системы, что объясняется их универсальностью, низкими производственными и эксплуатационными затратами, а также достаточно высокими тягово-сцепными показателями. Но мобильные энергетические средства на колёсном ходу показывают некоторые эксплуатационные показатели ниже гусеничных тракторов. Так, например, на их передвижение и буксование по всем типам агрофонов необходимо затрачивать больше энергии, а также они оказывают повышенное негативное воздействие на почву, вплоть до её разрушения [2].

Отсюда возникающий научный интерес к проблеме повышения тягово-сцепных свойств пневматических движителей МЭС при одновременном выполнении допустимого стандартами их воздействия на почву.

Для любого колёсного МЭС достижение высоких тяговых показателей, плавности хода, уровня уплотняющего воздействия на опорное основание, а также характеристик движения по заданной траектории будет определяться эластичными свойствами шины ведущих колёс [3].

<http://ej.kubagro.ru/2023/04/pdf/05.pdf>

Согласование характеристик шин движителей с другими составляющими элементами ходовой части МЭС является весьма сложной задачей, так как при составлении матмоделей движения всех звеньев машинно-тракторного агрегата (МТА) с высокой степенью достоверности часто встречаются существенные трудности. Особенно они возникают при создании моделей движения пневматического колеса по опорному основанию на различных режимах его силового и моментного нагружения. Поэтому **целью настоящих исследований** является сравнительная оценка тяговых показателей трактора МТЗ-80 при комплектации его шинами типоразмера 18,4R-38 разных производителей.

Методы исследований. При исследовании влияния шин типоразмера 18,4R-38 различных производителей на показатели тяговых характеристик трактора МТЗ-80 использовался экспериментальный метод. Условия испытаний соответствовали ГОСТ 7057-2001. Для сравнительных испытаний были выбраны шины серийной модели 206Б, модели VL-32 и импортной модели TM300S. Испытания проводились на двух основных агрофонах: стерне колосовых культур и поле под посев. При тяговых испытаниях давление в атмосфере и температура воздуха замерялись барометром и ртутным термометром. Температура топлива, масла в поддоне силовой установки и охлаждающей жидкости фиксировалась дистанционными термометрами.

Пройденное трактором расстояние и продолжительность испытаний определялись при помощи системы автоматического накопления и обработки данных, разработанной в ФГБНУ «АНЦ Донской» (подразделение СКНИИМЭСХ).

Результаты исследования. Известно, что тяговый КПД любого энергетического средства с достаточной степенью точности обуславливается значением КПД его ходовой системы, так как в ней возникают при движении под нагрузкой основные потери мощности силовой установки. Поэтому вначале нами были проведены сравнительные испытания единичных движите-

лей с различными моделями шин с помощью мобильной установки «шинный тестер» [4 и др.].

При анализе сравнительных испытаний шин различных моделей на «шинном тестере» было установлено следующее (таблица 1):

– при рекомендуемом внутришинном давлении ($p_w=0,11$ МПа) шина модели VL-32 имела на обоих фонах значения силы сопротивления качения P_f и коэффициента буксования δ ниже по сравнению с другими испытываемыми моделями шин, поэтому она показала тяговый КПД η_k выше;

– при максимальном значении КПД шины модели VL-32 и ТМ300S показали развиваемые тяговые усилия практически одинаковые: 5,7 и 5,8 кН на стерне и 5,2 и 5,3 кН на поле под посев;

– шина серийного исполнения (модель 206Б), имеющая такой же жёсткий каркас и параметры внешней геометрии как у шины модели ТМ300S, показала самые низкие тяговые показатели.

Таблица 1 – Тяговые показатели шин различных моделей

Модель	Вид агрофона	Внутришинное давление, МПа	Тяговое усилие, кН	Коэффициент сопротивления самопередвижению колеса	Буксование колеса	Максимальный тяговый КПД,
206Б	Стерня	0,11	5,2	0,047	0,098	0,801
	Поле под посев		5,2	0,079	0,139	0,671
VL-32	Стерня	0,11	5,7	0,044	0,065	0,843
	Поле под посев	0,11	5,2	0,073	0,098	0,731
		0,08	5,8	0,060	0,096	0,746
ТМ300S	Стерня	0,11	5,8	0,047	0,067	0,835
	Поле под посев		5,3	0,075	0,135	0,725

Загрузочным устройством на тяговых испытаниях трактора МТЗ-80 при его комплектации различными шинами типоразмера 18,4R-38 являлась тяговая лаборатория, изготовленная сотрудниками Сев.-Кав. МИС на базе трактора ЛТЗ-155 (рисунок 1).

Приведённый к оси движителей момент инерции I_{np} всех масс тяговой лаборатории

$$I_{np} = m_0 \cdot r_k \cdot \delta_{ep}, \quad (1)$$

где m_0 – масса тяговой лаборатории; r_k – кинематический радиус движителя; δ_{ep} – коэффициент, учитывающий вращающиеся массы тяговой лаборатории.

Приведённая масса тяговой лаборатории

$$m_{np} = m_0 \cdot \delta_{np}. \quad (2)$$



1 – мерный бачок; 2 – ЭМА-ПМ; 3 – самописец динамографа; 4 – тахометр

Рисунок 1 – Измерительный комплекс для тяговых испытаний трактора МТЗ-80 на базе трактора ЛТЗ-155 (а) и размещение регистрирующей аппаратуры в кабине оператора (б)

Коэффициент, характеризующий относительную ведомую массу

$$\lambda_{zy} = (I_{np} - I_1 \cdot i_{mp}^2) / I_1 \cdot i_{mp}^2 = I_{np} / (I_1 \cdot i_{mp}^2) - 1, \quad (3)$$

где I_1 – момент инерции всех вращающихся масс силовой установки; i_{mp} – передаточное число силовой передачи трактора МТЗ-80.

В формуле (3) произведение $I_1 \cdot i_{mp}^2$ представляет момент инерции всех вращающихся масс силовой установки, приведённый к оси движителя.

Ведомая масса испытательного комплекса, состоящего из трактора МТЗ-80 и тяговой лаборатории

$$\lambda_a = \frac{I_{npa}}{I_1 \cdot i_{mp}^2} - 1, \quad (4)$$

где $I_{пра}$ – момент инерции (приведённый) испытательного комплекса.

При движении испытываемого трактора МТЗ-80 сила сопротивления перекачивания его

$$P_f = f_m \cdot G_m,$$

где f_m – коэффициент, характеризующий силу сопротивления перекачиванию испытываемого трактора МТЗ-80; G_m – вес трактора МТЗ-80.

Отсюда, приведённый момент сопротивления движению трактора МТЗ-80 на холостом ходу

$$M_{cхх} = P_f \cdot r_k / (i_{mp} \cdot \eta_{mp}) = f_m \cdot G_m \cdot r_k / (i_{mp} \cdot \eta_{mp}).$$

Тогда степень загрузки силовой установки на холостом ходу

$$\chi = M_{cхх} / M_n = f_m \cdot G_m \cdot r_k / (M_n \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}), \quad (5)$$

где M_n – момент, развиваемый силовой установкой на номинальном режиме.

При загрузке трактора МТЗ-80 тяговой лабораторией

$$P_c = f_{zy} \cdot G_{zy} + f_k \cdot G_{mp} + \frac{M_{\partial x} \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k}$$

$$M_c = \frac{(f_{zy} \cdot G_{zy} + f_k \cdot G_{mp}) \cdot r_k}{i_{mp} \cdot \eta_{mp}} + M_{\partial x} \quad (6)$$

$$\chi = \frac{(f_{zy} \cdot G_{zy} + f_k \cdot G_{mp}) \cdot r_k}{M_n \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}} + \frac{M_{\partial x}}{M_n},$$

где P_c – сила сопротивления движению испытательного комплекса; f_{zy} – коэффициент сопротивления движению тяговой лаборатории; G_{zy} – вес тяговой лаборатории; $M_{\partial x}$ – момент прокрутки силовой установки на установленной передаче.

Величина тягового сопротивления изменялась путём кинематического несоответствия при движении трактора МТЗ-80 и тяговой лаборатории.

При проведении сравнительных испытаний применялся измерительный комплекс, в который входили приборы определения оборотов коленвала дви-

гателя ω_1 , ведущего вала трансмиссии ω_2 , двигателей ω_3 и ведомых колёс трактора ω_k ; крутящих моментов M_i , подводимых к осям двигателей; тяговое усилие P_e , а также расход топлива.

Датчиками частот вращения являлись различные тахогенераторы. Для измерения значений крутящих моментов, подводимых к осям двигателей трактора, использовались фольговые тензорезисторы, которые были наклеены на полуоси и соединены по мостовой схеме.

Конструкция тягового динамометра разработана ВИСХОМ.

Датчики для измерения крутящего момента на полуосях тарировались на тракторе, а тяговый динамометр – на разрывной машине ГСМ-50 путём последовательного изменения нагрузки и разгрузки. Тарировочные работы проводили с шестикратной повторностью до и после экспериментов.

Расход топлива определялся путём фиксации его уровня в мерном бачке до и после испытаний.

Для оценки величины тягового КПД при расчётах принималась максимальная мощность силовой установки трактора как среднее значение её, определённого при стендовых испытаниях до и после опытов.

Для правомерной оценки сравнительных испытаний опыты проводились в течение одного дня на одном и том же поле. При этом при всех вариантах комплектации трактором шинами управление им осуществлялось несменяемым трактористом.

Значения тяговых показателей испытываемого трактора МТЗ-80 получали с помощью известных зависимостей.

Значения оборотов коленвала двигателя ω_1 вычислялись по формуле:

$$\omega_1 = \omega_{\text{в.ом}} \cdot i_{\text{т.р}}, \quad (7)$$

где $\omega_{\text{в.ом}}$ – частота вращения ВОМ; $i_{\text{т.р}}$ – передаточное число.

Тяговая мощность, развиваемая трактором $N_{\text{кр}}$, определялась по зависимости:

$$N_{кр} = P_{кр} \cdot V_{\delta}, \quad (8)$$

где $P_{кр}$ – тяговое усилие, развиваемое испытываемым трактором; V_{δ} – действительная скорость испытываемого трактора ($V_{\delta} = L / t_{он}$, где L – расстояние, пройденное трактором при его испытании; $t_{он}$ – время проведения опыта).

Буксование испытываемого трактора δ определялось по формуле

$$\delta = \left(1 - \frac{\omega_{нк} \cdot r_{нк}}{\omega_{к} \cdot r_{к}} \right) \cdot 100, \%, \quad (9)$$

где $\omega_{нк}$, $\omega_{к}$ – частоты вращения путеизмерительного колеса и движителей соответственно; $r_{нк}$, $r_{к}$ – радиусы качения путеизмерительного колеса и движителей соответственно.

Тяговый КПД η_T трактора на передачах определялся по зависимости:

$$\eta_T = N_{кр} / N_{e\max}, \quad (10)$$

где $N_{e\max}$ – максимальная мощность силовой установки.

Расход топлива G_m за час проведённых испытаний определялся по формуле

$$G_m = \frac{\Delta V \cdot \rho_T}{t_{он}}, \quad (11)$$

где ΔV – объём топлива, израсходованного за опыт; ρ_T – плотность топлива.

Тогда удельный расход топлива $g_{кр}$:

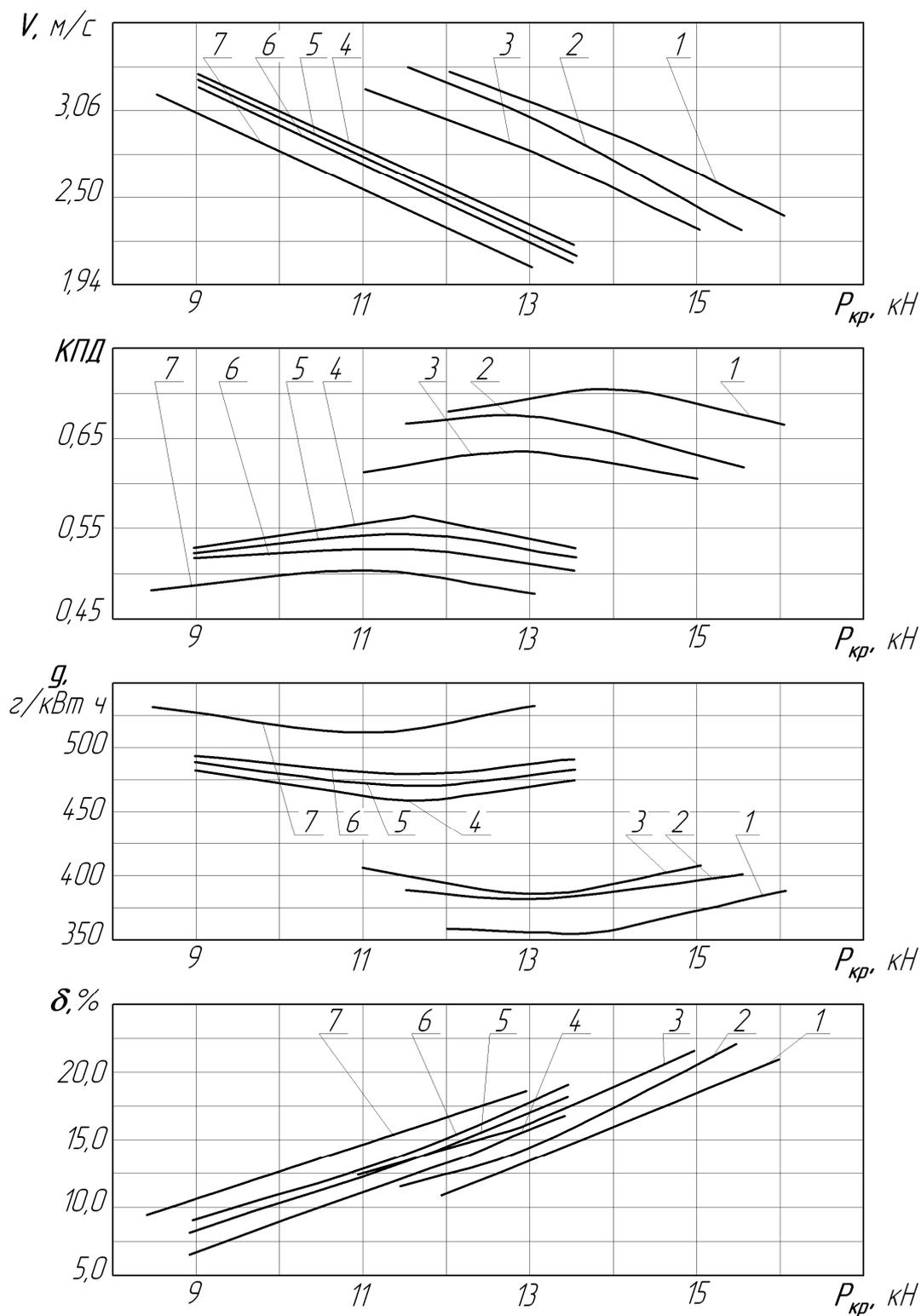
$$g_{кр} = \frac{G_m}{N_{кр}}. \quad (12)$$

В результате анализа данных тяговых испытаний МЭС класса тяги 1,4 (трактора МТЗ-80) при установке на его движители шин испытываемых моделей (рисунок 2, таблица 2) было установлено:

– трактор МТЗ-80 на движителях с шинами VL-32 при рекомендуемом заводами-изготовителями в них давлении 0,11 МПа показал наилучшие тяговые показатели среди испытываемых вариантов;

- при комплектации двигателей трактора МТЗ-80 шинами модели ТМ300S были получены промежуточные значения его тяговых показателей;
- трактор МТЗ-80 при комплектации его двигателей серийными шинами модели 206Б на обоих агрофонах показал наихудшие показатели;
- трактор МТЗ-80 на шинах VL-32 при установке давления в них 0,08 МПа показал на поле, предназначенном под посев, наибольшие тяговые показатели.

При проведённых испытаниях буксование трактора МТЗ-80 на всех моделях шин было ниже допустимого значения (16%).



Стерня: 1 – VL-32; 2 – ТМ300S; 3 – 206Б ($p_w = 0,11$ МПа);

Поле под посев: 5 – VL-32; 6 – ТМ300S; 7 – 206Б ($p_w = 0,11$ МПа);

4 – VL-32 ($p_w = 0,08$ МПа);

Рисунок 2 – Тяговые показатели трактора МТЗ-80 при комплектации его движителей различными моделями шин

Таблица 2 – Максимальные значения тяговых показателей трактора МТЗ-80 при установке на его движители шин разных производителей

Фон	Шина	Давление в шине, МПа	Усилие на крюке трактора, кН	Буксование трактора, %	Скорость движения трактора, м/с	Тяговая мощность трактора, кВт	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	Тяговый КПД
Стерня	206Б	0,11	13,0	16,0	2,80	36,5	386	0,634
	VL-32		14,0	15,8	2,90	40,5	358	0,703
	TM300S		13,0	14,5	2,97	38,7	382	0,672
Поле под посев	206Б	0,11	11,0	14,5	2,55	28,1	512	0,501
	VL-32		11,5	13,2	2,63	30,3	472	0,540
	TM300S		11,5	13,7	2,58	29,7	481	0,524
	VL-32	0,08	11,5	11,8	2,69	31,0	461	0,553

Для производственной проверки эффективности комплектации ходовых систем трактора МТЗ-80 различными моделями шин нами был выбран культиваторный агрегат МТЗ-80+КСО-4, как наиболее применяемый в сельскохозяйственном производстве (таблица 3).

Таблица 3 – Эксплуатационные показатели агрегата МТЗ-80+КСО-4

Показатели	Внутришинное давление p_w , МПа			
	0,11			0,08
	206Б	TM300S	VL-32	VL-32
Производительность агрегата за час, га/ч	3,60	3,84	3,89	4,06
Сменная производительность агрегата, га	21,64	23,11	23,39	24,44
Повышение производительности агрегата, %	–	6,81	8,09	12,81
Производительность труда, га/чел.·ч	3,10	3,31	3,35	3,49
Повышение производительности труда, %	–	6,80	8,09	12,9

В результате производственной проверки установлено, что агрегат МТЗ-80+КСО-4 при установке на движители шин VL-32 имел более высокие основные эксплуатационные показатели, чем при комплектации трактора шинами TM300S и 206Б, особенно при внутришинном давлении 0,08 МПа.

Следует отметить, что культиваторный агрегат на шинах модели TM300S показал лучшие показатели, чем на серийных шинах модели 206Б.

Вывод. Движители мобильных энергетических средств класса тяги 1,4 для получения максимальной эффективности при их эксплуатации желательно комплектовать шинами модели VL-32.

ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Фомин, А. О состоянии и перспективах машинно-тракторного парка сельхозпредприятий России / А. Фомин. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – № 3. – С. 56...60.
2. Charge maximale admissible a la roue – une variable caracteristique utile pour la pratique / A. Chervet, W.G. Sturny, S. Gut et autres // Recherche Agronomique Suisse, – 2016. – № 7-8. – p.p. 330-337.
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). – Т. 4. – С. 126-132.
4. Патент 2107275 Российская Федерация, С1 6 G01 М 17/02. Шинный тестер / В.А. Кравченко, В.Г. Яровой, С.Г. Пархоменко, И.М. Меликов, А.В. Яровой, заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО АЧГАА. – № 96109279/28; Заявл. 05.05.1996; Оpubл. 20.03.1998, Бюл. № 8.

References

1. Fomin, A. O sostoyanii i perspektivax mashinno-traktornogo parka sel`-hozpredpriyatij Rossii / A. Fomin. // Mezhdunarodny`j sel`skoxozyajstvenny`j zhurnal. – 2015. – № 3. – p.p. 56...60.
2. Charge maximale admissible a la roue – une variable caracteristique utile pour la pratique / A. Chervet, W.G. Sturny, S. Gut et autres // Recherche Agronomique Suisse, – 2016. – № 7-8. – p.p. 330-337.
3. Kravchenko, V.A. Optimizaciya parametrov armirovaniya shin dvizhitelej kolyos-ny`x traktorov / V.A. Kravchenko, V.A. Oberemok, I.M. Melikov. // Problemy` razvitiya APK regiona. – 2017. – № 4 (32). – Т. 4. – p.p. 126-132.
4. Patent 2107275 Rossijskaya Federaciya, C1 6 G01 M 17/02. Shinny`j tester / V.A. Kravchenko, V.G. Yarovoj, S.G. Parxomenko, I.M. Melikov, A.V. Yarovoj; zayavitel` i patentobladatel` FGOU VPO AChGAA. – № 96109279/28; Zayavl. 05.05.1996; Opubl. 20.03.1998, Byul. № 8.