

УДК 631.372

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

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ НА АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРА КЛАССА 5

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

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Меликов Иззет Мелукович
канд. техн. наук, доцент
РИНЦ SPIN-код=3194-9952
E-mail: izmelikov@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет», г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

Кондра Богдан Анатольевич
магистрант
E-mail: bogdanryuuk@yandex.ru

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Цель исследования: определение степени воздействия на почвенное основание ходовых систем колёсных тракторов тягового класса 5, оснащённых шинами с различным давлением. Метод исследования – экспериментальный с применением специально разработанного шинного тестера, позволяющий получить для оценки контакта шин с опорным основанием следующие показатели: площадь, длина и ширина контакта; средние и максимальные давления; равномерность распределений давлений по длине контакта и ширине протектора в соответствии с рекомендуемыми для такого вида исследовательских работ стандартами и отраслевыми методикам. Определяющим качеством шин является минимальное воздействие на почву, обеспечивающим после прохода мобильного агрегата такую её плотность сложения, которая была бы соответствующей оптимальным условиям развития различных сельскохозяйственных культур. Установлено, что выходные показатели пневматического колеса по степени воздействия на почвенное основание определяются величиной внутришинного давления. Однако установка практически допустимого внутришинного давления в универсальных моделях шин не способствует выполнению требований стандартов по воздействию на почву. Несмотря на большую площадь контакта шины Ф-147 и меньшее среднее давление с опорным основанием, по сравне-

UDC 631.372

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

THE EFFECT OF THE TIRE PRESSURE ON THE AGROTECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE UNDERCARRIAGE SYSTEMS IN THE TRACTORS OF CLASS 5

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, Russia.

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

FSBEI HE «The Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhabulatov», Makhachkala, Russia

Kondra Bogdan Anatolievich
undergraduate
E-mail: bogdanryuuk@yandex.ru

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

The purpose of the study is to determine the undercarriage system level of effect in the wheeled tractors of class 5, equipped with tires with different pressure, on the soil base. The method of the research, allowing to obtain the following parameters for assessing the contact of tires with the supporting base: the area, length and width of contact; medium and maximum pressures; uniformity of pressure distributions over the contact length and the tread width in accordance with the standards and industry standards recommended for this type of the research work, is experimental involving a specially designed «tire tester». The defining quality of tires is the minimal effect on the soil, providing such its consistence after the passage of the mobile unit that it would be appropriate to the optimal conditions for the development of various crops. It has been found that according to the degree of effect on the soil base the output indicators of a pneumatic wheel are determined by the value of the tire internal pressure. However, the adjustment of the practically acceptable tire internal pressure in the universal tire models does not help to meet the requirements of the standards on the soil effect. In spite of the greater contact area of the F-147 tire and the lower average pressure with the supporting base compared to the F-81 tire, its maximum pressure on the soil base is higher due to the high nonuniformity of the stresses distribution in contact with the soil base over the full width of the tread. As a result of

нию с шиной модели Ф-81, создаваемое ей максимальное давление на почвенное основание выше, вследствие высокой неравномерности распределения напряжений в контакте с почвенным основанием по всей ширине протектора. В результате расчётов по методике стандартов установлено, что энергетические средства пятого тягового класса в комплектации с испытанными шинами, независимо от внутришинного давления, на полевых работах в условиях Нижнего Дона и Северного Кавказа может применяться только в летне-осенний период. В ходе испытаний установлено, что стандарты, регламентирующие нормы воздействия на почву, недостаточно учитывают макроагрегатный состав почвы, содержание в ней органического вещества и др.

Ключевые слова: ТРАКТОР, ДВИЖИТЕЛЬ, ШИНА, ДАВЛЕНИЕ В КОНТАКТЕ ШИНЫ, НАПРЯЖЕНИЯ В ПОЧВЕ

standard calculations, it has been found that the energy devices of traction class 5, equipped with the tested tires, irrespective of the tire internal pressure, on the field works in the conditions of the Lower Don and the North Caucasus can be used only in the summer and autumn period. During the tests it has been found that the standards, regulating the soil effect norms do not sufficiently take into account the soil macroaggregate structure, its organic matter content, etc.

Keywords: TRACTOR, PROPULSION UNIT, TIRE, TIRE CONTACT PRESSURE, SOIL STRESSES

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-167-011>

Введение. В качестве одного из путей роста эффективности использования машинно-тракторных агрегатов (МТА) исследователями предлагается повышение рабочих скоростей и применение на обработке почв широкозахватной техники. А это требует применения тракторов с высоким уровнем тяги. В свою очередь, реализация экстремальных значений тяговых усилий невозможна без увеличения, как касательных, так и нормальных напряжений в контактирующих с почвой элементах движителей.

В литературе приводятся многочисленные данные по отрицательному воздействию на почву мобильной техники, используемой при проведении технологических операций по выращиванию продуктов растениеводства [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Это подтверждается изменением структуры и физико-механических свойств почв в энергетических затратах на последующую её обработку после прохода мобильных машинно-тракторных агрегатов, а также снижением урожайности зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Одной из задач комплекса научно-исследовательских работ и испытаний ходовых систем тракторов сельскохозяйственного назначения является поиск технических решений и эксплуатационных режимов, обеспечи-

вающих минимизацию их негативного воздействия на почвенное основание.

Результаты проведённых в значительном объёме натурных экспериментов по оценке степени воздействия ходовых систем колёсных мобильных средств на почвенное основание показывают об эффективности установления пониженного внутришинного давления. В этом случае обеспечивается равномерная по всей контактной объёму нагрузка на элементы оболочки шины, что приводит к снижению возникающего в контакте с почвенным основанием давления, глубины образующейся колеи после прохода движителей, а так же энергетических затрат на их самопередвижение. Кроме того, наблюдения при проведении экспериментов в полевых условиях показывают на лучшую очищаемость поверхности шин, в которых установлено пониженное внутреннее давлением воздуха.

В соответствии с вышесказанным **целью исследований** является определение агротехнологических показателей на различных почвенных фонах колёсных тракторов класса 5, имеющих различное давление в шинах ходовых систем.

Методы исследований. Основной задачей проведения экспериментальных исследований в полевых условиях является оценка степени воздействия на почвенное основание ходовых систем энергетических средств пятого тягового класса при изменении внутришинного давления с целью определения соответствия полученных показателей требованиям ГОСТ 26955-86.

Для исследований были приняты следующие варианты радиальных шин для комплектации ходовых систем трактора класса 5 (трактор К-701М): Ф-81 (30,5R-32) и Ф-147 (33R-32) (таблица 1).

На жёстком опорном основании показатели определены по методикам, рекомендованных стандартами ГОСТ 26953-86 и ГОСТ 26954-86, на почвенном фоне – по специальной методике [7, 8].

Таблица 1 – Параметры шин радиальной конструкции, устанавливаемых на ходовую систему трактора К-701М

Параметры	Модель и типоразмер шины	
	Ф-81 30,5R-32	Ф-147 33R-32
Наружный диаметр, мм	1830	1925
Ширина профиля, мм	775	838
Глубина рисунка протектора, мм	55	55
Коэффициент насыщенности рисунка протектора	0,31	0,33
Максимальная допускаемая нагрузка, кг	4500	5200
Масса шины, кг	335	340

Полученный в процессе полевых опытов объём данных позволил произвести оценку расчётных по методикам стандартов и фактических значений контактных давлений и напряжений в различных горизонтах почвы колёсных движителей тракторов тягового класса 5.

В соответствии с методикой ГОСТ 26953-86 среднее давление в контакте шины с жёстким опорным основанием определяется из отношения статической нагрузки на колесо к площади пятна отпечатка шины. Площадь контактной поверхности колеса на жёстком опорном основании определялось методом планиметрирования отпечатков-следов контактных элементов шины, предварительно окрашенных краской. Для получения полной конфигурации отпечатка следы накладывались многократным воздействием с поворотом колеса на некоторый угол после каждого опыта.

Среднее давление по результатам эксперимента определялось из отношения статической нагрузки на колесо к фактической площади контакта движителя с почвой.

Максимальное давление пневматического движителя на почвенное основание вычислялось по методике стандарта ГОСТ 26953-86, а также определялось по показаниям датчиков, расположенных на грунтозацепах шины [7, 8]. Напряжения в почве, возникающие на глубине 0,5 м, вычислялись по методике стандарта ГОСТ 26954-86, а также определялись прямым их измерением [7, 8].

Бетонная дорожка и участки поля, на которых проводились исследования, были ровными, наклон поверхности был менее 2^0 . На поверхности участков отсутствовали следы от прохода другой техники при проведении предыдущей операции технологического процесса. Показатели, характеризующие агрофизические свойства почвенного фона, не выходили за пределы равновесных значений. Участки, на которых проводились испытания, находились от краёв поля не ближе 50 м. То есть, условия испытаний соответствовали требованиям стандартов (ГОСТ 7057-2001). При проведении испытаний шин применялся мобильная установка типа «шинный тестер» [5, 8, 9] в соответствии с рекомендуемыми для такого вида исследовательских работ стандартами и отраслевыми методикам.

Испытания шин проведены на мобильной установке типа «шинный тестер» в соответствии с рекомендуемыми для такого вида исследовательских работ отраслевыми методиками и стандартами [9, 10, 11, 12].

Так как при вычислении основных показателей уплотняющего воздействия на почвенное основание по ГОСТ 26955-86 используется величина площади пятна отпечатка шины, определяемого на жёстком опорном основании, при исследовании необходимо было установить динамику её изменения в зависимости от давления в исследуемых шинах.

При анализе данных экспериментальных исследований (таблица 2) было установлено, что площадь контакта любой исследуемой шины с жёстким опорным основанием при снижении давления интенсивно увеличивается.

Таблица 2 – Величина площади контакта шины с жёстким опорным основанием при изменении внутришинного давления.

Модель шины (нагрузка на колесо, кН)	Контурная площадь (см^2) при внутришинном давлении, МПа				
	0,09	0,10	0,11	0,14	0,17
Ф-147 (45,0 кН)	4774	4500	4175	3551	2798
Ф-81 (45,0 кН)	4320	4160	3998	3302	2864

При снижении внутришинного давления темп роста величины площади контакта уменьшается, что объясняется увеличением доли нагрузки, приходящейся на каркас, и изменением геометрического значения величины отпечатка в продольной и поперечной плоскости.

Данные экспериментальных исследований (таблица 3) свидетельствуют о явно выраженной аномалии в деформировании шины Ф-147 (33R-32) при её обжатии на бетоне.

Таблица 3 – Параметры контакта шин с опорным основанием.

Показатели	Типоразмер шины							
	33R-32						30,5R-32	
	бетон			стерня			бетон	стерня
	$p_w=0,07$ МПа	$p_w=0,09$ МПа	$p_w=0,1$ МПа	$p_w=0,07$ МПа	$p_w=0,09$ МПа	$p_w=0,11$ МПа	$p_w=0,09$ МПа	$p_w=0,11$ МПа
Площадь контакта, м ²	0,4717	0,4639	0,4423	0,6224	0,5592	0,4864	0,3488	0,4464
Длина контактной площадки, м	0,790	0,775	0,790	0,890	0,785	0,715	0,640	0,665
Ширина контактной площадки, м	0,775	0,780	0,765	0,790	0,790	0,790	0,705	0,730
Среднее давление, кПа	86,5	88,0	92,2	65,6	73,0	83,9	114,7	89,6
Максимальное давление, кПа				350	375	405		320
Коэффициенты ГОСТ 26953-86:								
K_1				1,32	1,20	1,10		1,28
K_2				1,32	1,38	1,34		1,43

При внутреннем давлении воздуха $p_w = 0,09$ МПа длина контактного отпечатка уменьшается, а ширина увеличивается по сравнению с этими же показателями при давлении воздуха $p_w = 0,07$ МПа и $p_w = 0,11$ МПа. Причиной этого являются особенности деформационно-напряжённого состояния каркаса и брекера, изменяющегося в зависимости от внутришинного давления воздуха. Наиболее неблагоприятная величина модуля, определяющего соотношение продольной и поперечной деформации оболочки, будет, очевидно, при $p_w = 0,09$ МПа. Для устранения этого недостатка необходима доработка конструкции шины 33R-32 с вероятным изменением параметров армирования её оболочки [13].

Как следовало ожидать, контактная площадь шины 33R-32 больше,

чем шины 30,5R-32 на бетоне – на 27 %, на стерне – на 9 %.

Средние давления в таком же соотношении меньше.

В таблице 4 представлены опытные данные по динамике развития площади контакта шины на вспаханном поле при изменении внутреннего давления, из которых видно, что во всём исследуемом диапазоне внутришинного давления абсолютное изменение площади контакта примерно одинаково.

Таблица 4 – Величина площади контакта шины с почвенным основанием (пар) при различном внутришинном давлении.

Модель шины (нагрузка на колесо, кН)	Площадь контакта шины с почвой (см ²) при давлении в шинах, мПа				
	0,09	0,10	0,11	0,14	0,17
Ф-147 (45,0 кН)	5768	5548	5330	4680	–
Ф-81Э (44,5 кН)	5250	5010	4890	4200	3690

При повышенных внутришинных давлениях изменение площади контакта происходит за счёт роста глубины колеи, а это, как известно, приводит к значительным энергетическим затратам на самопередвижение мобильного средства.

При снижении внутришинного давления увеличение площади контакта происходит за счёт роста деформации оболочки пневматика при меньшей деформации почвенного основания. Больше в среднем изменение площади контакта возникает у шины Ф-147.

Среднее приращение опорной поверхности на мягких почвах шины Ф-81 сохраняется в пределах 900...950 см², шины Ф-147 – 1200...1500 см², что определяет существенное преимущество шин повышенного диаметра.

Фактическая величина максимальных давлений на стерне зависит, кроме величины площади контакта, так же от геометрии протектора, а также равномерности давлений по площади контактной поверхности. Последнее настолько существенно, что у шин Ф-147 и Ф-81 с практически одинаковой насыщенностью и глубиной рисунка протектора, максималь-

ные давления разные. Они больше у шины Ф-147 с менее равномерным распределением давлений по ширине протектора, несмотря на меньшую величину средних давлений в контакте этой шины по сравнению с шиной Ф-81.

В таблице 5 приведены комплексные показатели воздействия колёсного движителя трактора К-701М методом уменьшения давления в шинах модели Ф-147 на ранневесенних работах.

Таблица 5 – Показатели, характеризующие степень воздействия на почвенное основание энергетического средства пятого тягового класса (трактор К-701М) при комплектации шинами Ф-147 с различным внутришинным давлением.

Показатели	Давление в шинах, МПа	
	0,08	0,11
Нагрузка на шину, кН	45,0	45,0
Контурная площадь отпечатка, см ²	4990	4175
Среднее контактное давление (по ГОСТ 26953-86), кПа	90,2	107,8
Максимальное контактное давление (эксперимент), кПа	166,5	198,4
Максимальное контактное давление (по ГОСТ 26953-86), кПа	123,0	147,0
То же по уточнённым коэффициентам K_1 и K_2 , кПа	112,0	134,8
Максимальные напряжения в почве, кПа	34,2	38,8
Объёмная масса почвы, г/см ³ на ранне-весенних работах:		
	по колее	1,12
вне колеи	1,05	1,05

На основе анализа данных, представленных в таблице 5, можно утверждать, что в условиях проведения полевых опытов по установлению влияния величины давления в шинах Ф-147, установленных на тракторе К-701М, показатели воздействия на почвенное основание, рассчитанные в соответствии со стандартом ГОСТ 26955-86, не имеют практического влияния на изменение объёмной массы почвенного основания.

Важным результатом проведения экспериментов является установление зависимости нормальных напряжений в почвенном основании, как в абсолютных значениях, так и распространение их по глубине, от внутришинного давления в движителях энергетического средства.

Наиболее существенное изменение нормальных напряжений при снижении внутришинного давления наблюдается в верхнем (пахотном) горизонте почвенного основания. Данные опытов показывают, что в почвенном основании на глубине 5...10 см средние значения нормальных напряжений составляют 250 кПа, а на глубине 30...40 см – 50 кПа.

На глубине почвенного основания равной 0,5 м уменьшение внутришинного давления с 0,16 МПа до 0,10 МПа обеспечивает снижение нормальных напряжений практически в два раза (с 50 до 25 кПа).

Представленные на рисунках 1 и 2 графические зависимости нормальных напряжений в различных слоях почвенного основания при проходе трактора К-701М, укомплектованного шинами Ф-81, имеющих различное внутришинное давление.

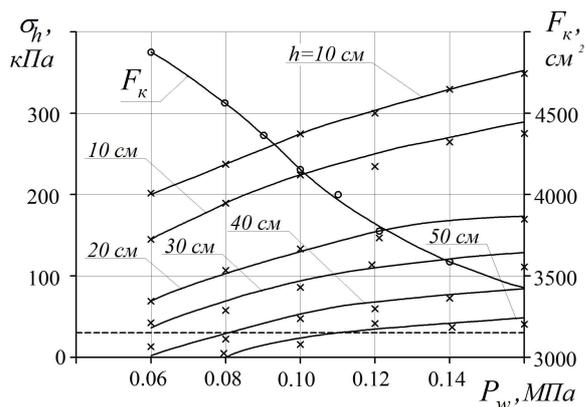


Рисунок 1 – Графические зависимости нормальных напряжений в различных слоях почвенного основания от внутришинного давления.

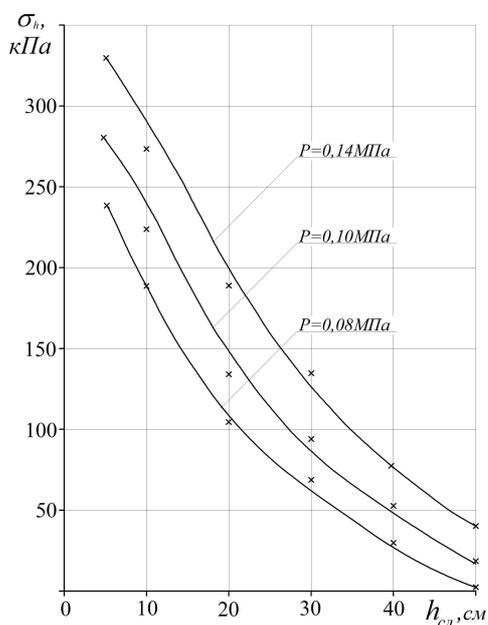


Рисунок 2 – Графические зависимости значений нормальных напряжений от глубины почвенного основания

Результаты получены при проведении ранневесенних операций. Влажность почвенного основания составляла 27 %.

Для установления степени корреляции значений давления в контакте пневматика и возникающих напряжений в различных слоях почвенного основания на рисунке 1 показана кривая изменения площади F_k контактного отпечатка, полученного на бетоне.

Анализ кривых, изображённых на рисунках, показывает, что корреляционная связь между нормальными напряжениями в почвенном основании и давлением в пятне контакта отсутствует. Так, при снижении внутришинного давления с 0,14 МПа до 0,10 МПа возникающее в пятне контакта давление становится в 1,28 раза меньше, а нормальные напряжения – в 2,25 раза.

Результаты расчёта максимальных давлений в пятне контакта и нормальных напряжений на глубине 0,5 м почвенного основания по методикам, рекомендуемым стандартами (ГОСТ 26953-86, ГОСТ 26954-86), установили, что, исходя из требований ГОСТ 26955-86, энергетическое средство пятого тягового класса, укомплектованного испытываемыми шинами, даже при самом минимально допустимом внутришинном давлении может применяться только в летне-осенний период и только при влажности почвы до 0,6 НВ включительно. Причём такое ограничение происходит, по существу, из-за недопустимой величины напряжений в почве, методика определения которой осуществляется по ГОСТ 26954-86 и ГОСТ 26955-86.

Полученные при полевых опытах данные вызывают сомнения в корректности предлагаемой стандартами методики расчёта, а также в необходимости введения двух критериев воздействия на почву, так как вышеуказанные стандарты недостаточно учитывают тип почвы, её макроагрегатный состав, содержание в ней органического вещества.

Наиболее объективной оценкой воздействия на почвенное основание мобильной техники, на наш взгляд, является изменение объёмной массы

почвенного основания после прохода МТА.

Однако данные о влиянии внутришинного давления на степень снижения негативного воздействия ходовых систем колёсных энергетических средств на почвенное основание не отрицают, а подтверждают, что при снижении внутришинного давления обеспечивается улучшение энергетических показателей самопередвижения мобильных средств по рыхлых почвенных основаниях, агропроходимости и показателей давления.

Выводы

1. Уменьшение внутришинного давления служит эффективным средством улучшения показателей, определяющих воздействие мобильных средств на почвенное основание, но при установлении даже минимальных, допустимых из условий работоспособности, внутришинных давлений практически не выполняются нормативные показатели, ограничивающие воздействие на почву.

2. Несмотря на большую площадь контакта шины Ф-147 и меньшее среднее давление с опорным основанием, по сравнению с шиной модели Ф-81, создаваемое ей максимальное давление на почвенное основание выше, вследствие высокой неравномерности распределения напряжений в контакте с почвенным основанием по всей ширине протектора;

3. В результате расчётов по методике стандартов установлено, что энергетические средства пятого тягового класса в комплектации с испытанными шинами, не зависимо от внутришинного давления, на полевых работах в условиях Нижнего Дона и Северного Кавказа может применяться только в летне-осенний период.

4. Стандарты, устанавливающие требования к мобильной технике по нормам воздействия на почвенное основание, практически не учитывают ни тип почвы, ни её исходное состояние и др.

Литература

1. 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.
2. Bulinski, J. Effect of wheel passage number and type inflation pressure on soil compaction in the wheel track / J. Bulinski, L. Sergiel, // Annals of Warsaw agr. univ. Agriculture. – Warsaw, 2013. – № 62. – p.p. 5-15.
3. Results from Recent Traffic Systems Research and the Implications for Future Work / Godwin R., Misiewicz P., White D. i and. // Acta technol. agr. – 2015. – Vol.18. – № 3. – p.p. 57-63.
4. Кравченко, В.А. Математическое моделирование тяговой нагрузки МТА / В.А. Кравченко, В.В. Дурягина, И.Э. Гамолина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – № 125. – С. 346-361.
5. 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.
6. Кравченко, В.А. Агротехнические показатели функционирования ходовой системы зерноуборочного комбайна высокой производительности / В.А. Кравченко, И.М. Меликов // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 3 (43). – С. 30-36.
7. Методы оценки воздействия на почву колёсных движителей сельскохозяйственных машин / В.Г. Яровой, В.А. Кравченко, В.Ф. Яламов и др. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 1994. – № 3-4. – С. 179-188.
8. Кравченко, В.А. Оценка агротехнических свойств движителей зерноуборочных комбайнов с шинами различного конструктивного исполнения / В.А. Кравченко, И.М. Меликов // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 5. – С. 93-98.
9. Сергеев, Н.В. Мобильная установка «шинный тестер» для проведения экспериментальных исследований пневматических шин / Н.В. Сергеев // Евразийское Научное Объединение, 2015. – Т. 1. – № 2 (24). – С. 33-37.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Кравченко, В.А. Оптимизация параметров армирования шин движителей колёсных тракторов / В.А. Кравченко, В.А. Оберемок, И.М. Меликов // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – № 4 (32). – С. 126-132.

References

1. Kravchenko, V.A. Povysheniye effektivnosti MTA na baze kolēsnykh traktorov / V.A. Kravchenko, V.A. Oberemok, L.V. Kravchenko. // *Tekhnologiya kolēsnykh i gusenichnykh mashin*. – 2014. – № 6 (16). – S. 45...50.
2. Bulinski, J. Effect of wheel passage number and type inflation pressure on soil compaction in the wheel track / J. Bulinski, L. Sergiel, // *Annals of Warsaw agr. univ. Agriculture*. – Warsaw, 2013. – № 62. – p.p. 5-15.
3. Results from Recent Traffic Systems Pesearch and the Implications for Future Work / Godwin R., Misiewicz P., White D. i and. // *Acta technol. agr.* – 2015. – Vol.18. – № 3. – p.p. 57-63.
4. Kravchenko, V.A. Matematicheskoye modelirovaniye tyagovoy nagruzki MTA / V.A. Kravchenko, V.V. Duryagina, I.E. Gamolina // *Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta (Nauchnyy zhurnal Kub-GAU) [Elektronnyy resurs]*. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – № 125. – S. 346-361.
5. Kravchenko, V.A. Vliyaniye uprugodempfiruyushchego mekhanizma na pokazateli pakhotnogo agregata na baze traktora klassa 1,4 / V.A. Kravchenko, V.V. Duryagina // *Vestnik agrarnoy nauki Dona*. – 2015. – № 3 (31). – S. 13-21.
6. Kravchenko, V.A. Agrotekhnicheskiye pokazateli funktsionirovaniya khodovoy sistemy zernouborochnogo kombayna vysokoy proizvoditel'nosti / V.A. Kravchenko, I.M. Melikov // *Vestnik agrarnoy nauki Dona*. – 2018. – № 3 (43). – S. 30-36.
7. Metody otsenki vozdeystviya na pochvu kolēsnykh dvizhiteley sel'skokhozyaystvennykh mashin / V.G. Yarovoy, V.A. Kravchenko, V.F. Yalamov i dr. // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskkiye nauki*. – 1994. – № 3-4. – S. 179-188.
8. Kravchenko, V.A. Otsenka agrotekhnicheskikh svoystv dvizhiteley zernouborochnykh kombaynov s shinami razlichnogo konstruktivnogo ispolneniya / V.A. Kravchenko, I.M. Melikov // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. – 2020. – № 5. – S. 93-98.
9. Sergeev, N.V. Mobil'naya ustanovka «shinnyy tester» dlya provedeniya eksperimental'nykh issledovaniy pnevmaticheskikh shin / N.V. Sergeev // *Evraziyskoye Nauchnoye Ob'yedineniye*, 2015. – T. 1. – № 2 (24). – S. 33-37.
10. 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.
11. 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 patentoobladatel' Azovo-Chernomorskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya. – № 96103746 / 11; zayavl. 26.02.1996; opubl. 10.10.1997, Byul. № 28.
12. 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.
13. Kravchenko, V.A. Optimizatsiya parametrov armirovaniya shin dvizhiteley kolēsnykh traktorov / V.A. Kravchenko, V.A. Oberemok, I.M. Melikov // *Problemy razvitiya APK regiona*. – 2017. – № 4 (32). – S. 126-132.