

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШИН НА ПОДВИЖНОСТЬ МНОГООСНЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Галкин Д.А.¹, Макаров В.С.², Беляков В.В.²

¹ ООО «Военно-промышленная компания», г. Москва, Россия.

² ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева», г. Нижний Новгород, Россия (603950, ГСП-41, Н.Новгород, ул. Минина, д.24), e-mail: makvl2010@gmail.com

В статье дается определение подвижности транспортно-технологических машин. Частными задачами являются подвижность по мобильности и подвижность по живучести. На основании экспериментальных данных получены новые зависимости для определения параметров шин влияющих на проходимость многоосных колесных машин. Впервые приводятся эмпирические зависимости статического радиуса шин КИ-80, КИ-133 и удельного давления на грунт. Значения даны в зависимости от нагрузки на колесо, при различных давлениях воздуха в шине. Приведены диаграммы радиального прогиба шины модели И-112 на снежной целине в зависимости от жесткости снега при различном внутреннем давлении воздуха. Впервые приводится эмпирическая зависимость по проценту вышедших из строя шин в зависимости от пробега машин. Сделан вывод, что машины данного типа будут сохранять подвижность по условию выхода шин из строя порядка до 8 тыс. км при движении по трассам с ухудшенными дорожными условиями.

Ключевые слова: подвижность, проходимость, многоосные колесные машины

THE INFLUENCE OF TIRE PARAMETERS ON THE MOVABILITY OF MULTI-AXIS WHEELED VEHICLES

Galkin D.A.¹, Makarov V.S.², Belyakov V.V.²

¹Ltd. «Military Industrial Company» Moscow, Russia

²Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E.Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia (603950, Nizhny Novgorod, street Minina, 24), e-mail: makvl2010@gmail.com

The paper provides a definition of the movability of transport and technological vehicles. Particular challenges are movability for mobility and movability for survivability. On the basis of experimental data according to the new definition of tire parameters affecting flotation ability of multi-axis wheeled vehicles. We first give empirical relations static tire radius of KI-80, KI-133 and ground pressure. Values are based on the load on the wheel, with different tire pressure. Chart shows the radial tire deflection model I-112 in the virgin snow, depending on the hardness of snow at various internal air pressure. The first time provides an empirical formula based on the percentage out-of standing tire of mileage cars. It is concluded that this type of machine will retain movability on condition of tires out of order up to 8 thousand km when driving on highways with deteriorated road conditions.

Key words: movability, flotation ability, multi-axis wheeled vehicles

Одним из важнейших свойств характеризующих транспортные средства является подвижность. **Подвижность** можно определить как интегральное эксплуатационное свойство транспортно-технологических машин (ТТМ) определяющее способность ТТМ выполнять поставленную задачу с оптимальной адаптивностью к условиям эксплуатации и состоянию самой машины. Можно выделить потерю подвижности по живучести и мобильности. *Живучесть (подвижность по живучести)* – это отказная надежность транспортного средства ТС. *Мобильность (подвижность по мобильности)* – эксплуатационная надежность ТС. При этом *проходимость* – это эксплуатационное свойство, определяющее возможность движения автомобиля в ухудшенных дорожных условиях, по бездорожью, а также при преодолении различных препятствий, которая

относится к критическим условиям подвижности машины по мобильности [1, 8, 9].

Одним из параметров влияющих на проходимость многоосных колесных машин является давление воздуха в шине. Основываясь на опытных данных ООО «ВПК», ООО «ВИЦ», ОАО «АМЗ» [3, 4] для машин рассматриваемого типа, а также на исследованиях Белякова В.В. по машине ГПИ-3901 [6, 7], разработанной в ОНИЛ ВМ НГТУ [2, 5], рассмотрим, как влияет давление на некоторые показатели, позволяющие адекватно создавать математические модели движущегося колеса.

Исследованиям по взаимодействию колесного движителя с опорным основанием посвящено много работ. Основными параметрами, которые необходимы для расчетов, являются: динамический радиус шины, удельное давление на грунт, а также как эти параметры меняются в зависимости от давления воздуха в шине и нагрузки на колесо. Существуют зависимости для определения этих параметров. Их можно применять для предварительной оценки. Но более точные результаты могут быть получены, если имеются данные по реальным шинам, применяемых на рассматриваемых машинах.

Располагая экспериментальными данными, получим эмпирические зависимости именно для этих типов шин.

Для шины КИ-80 предложены следующие зависимости определения статического

$$\text{радиуса: } r_{cm} = (a_1 m^2 + a_2 m + a_3) k_\rho, \quad (1)$$

где a_i - эмпирические коэффициенты, $a_1 = e^{2,5} 10^{-6}$, $a_2 = 2e \cdot 10^{-2}$, $a_3 = 580$; m - масса, приходящаяся на колесо; k_ρ - коэффициент учитывающий давление в шинах и нагрузку на

$$\text{колесо. } k_\rho = 0,4(\rho_b - 0,5)(1 - k_G) + k_G, \quad (2)$$

где ρ_b - давление воздуха в шинах, кг/см²; k_G - коэффициент, учитывающий нагрузку на колесо. $k_G = (e^{33,7} 10^{-6} m)^{-1}$.

Для шины КИ-80 предложены следующие зависимости для определения удельного давления на грунт: $\rho_r = (b_1 m + b_2) k_r$, (3)

где b_i - эмпирические коэффициенты, $b_1 = 1,8e 10^{-4}$, $b_2 = e^{0,73}$; k_r - коэффициент, учитывающий давление в шине, $k_r = (\rho_b - 0,5) 0,4^2 + 0,6$.

Шина КИ-80

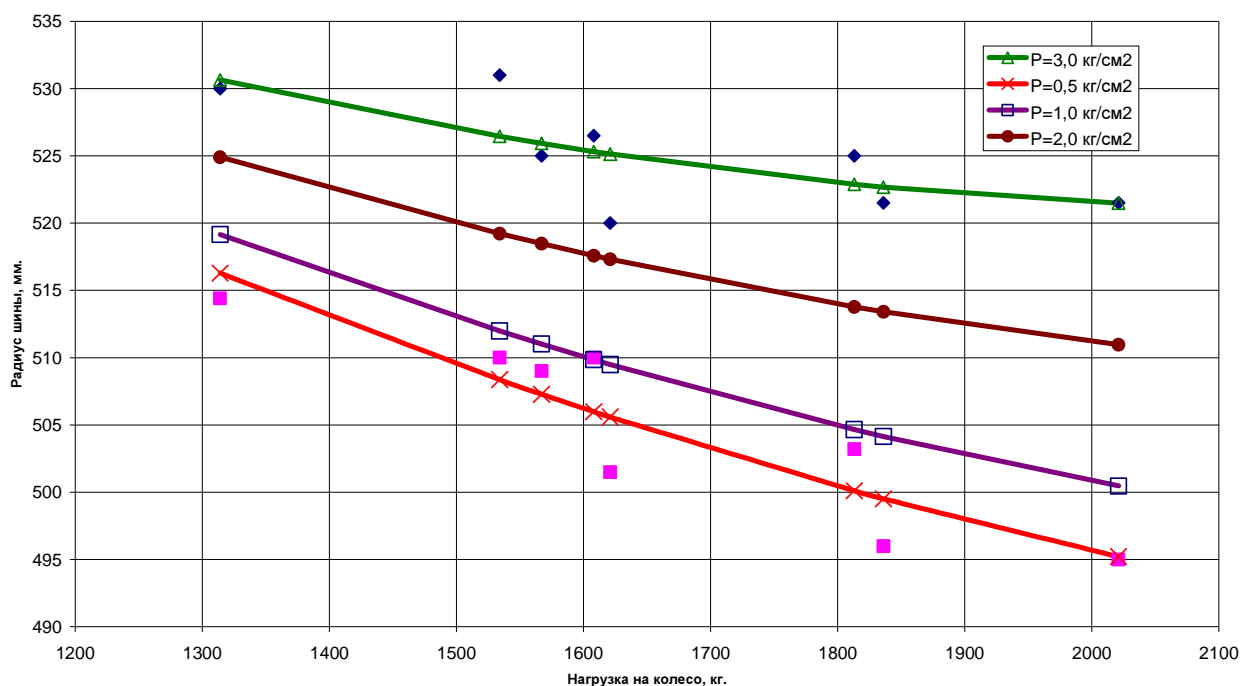


Рис. 1. Эмпирические зависимости статического радиуса шины в зависимости от нагрузки на колесо при различных давлениях воздуха в шине. Точками показаны экспериментальные данные для давлений в шинах 0,5 и 3 кг/см².

Шина КИ-80

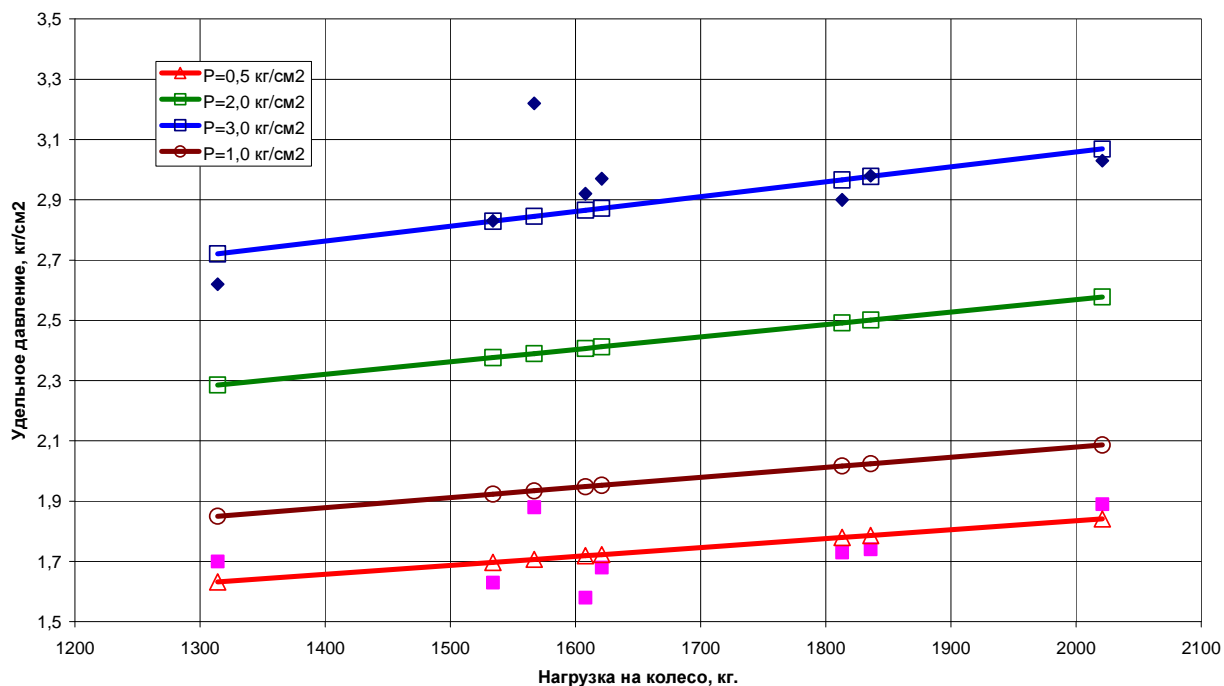


Рис. 2. Эмпирические зависимости удельного давления на грунт в зависимости от нагрузки на колесо при различных давлениях воздуха в шине. Точками показаны экспериментальные данные для давлений в шинах 0,5 и 3 кг/см².

Для шины КИ-133 предложены следующие зависимости для определения удельного давления на грунт в зависимости от давления в шине при разных нагрузках на колесо:

$$\rho_{\Gamma} = \rho_1 + 750(\rho_2 - \rho_1)(m - 2400)^{-1}, \quad (4)$$

где ρ_1 и ρ_2 - коэффициенты учета давления в шине, m - масса, приходящаяся на колесо.

$$\rho_1 = 0,1\rho_{\text{в}}^2 + e^{-1,05e}\rho_{\text{в}} + 2,3, \quad \rho_2 = \rho_1 \left(1,1\rho_{\text{в}}^{-e^{-\pi}}\right).$$

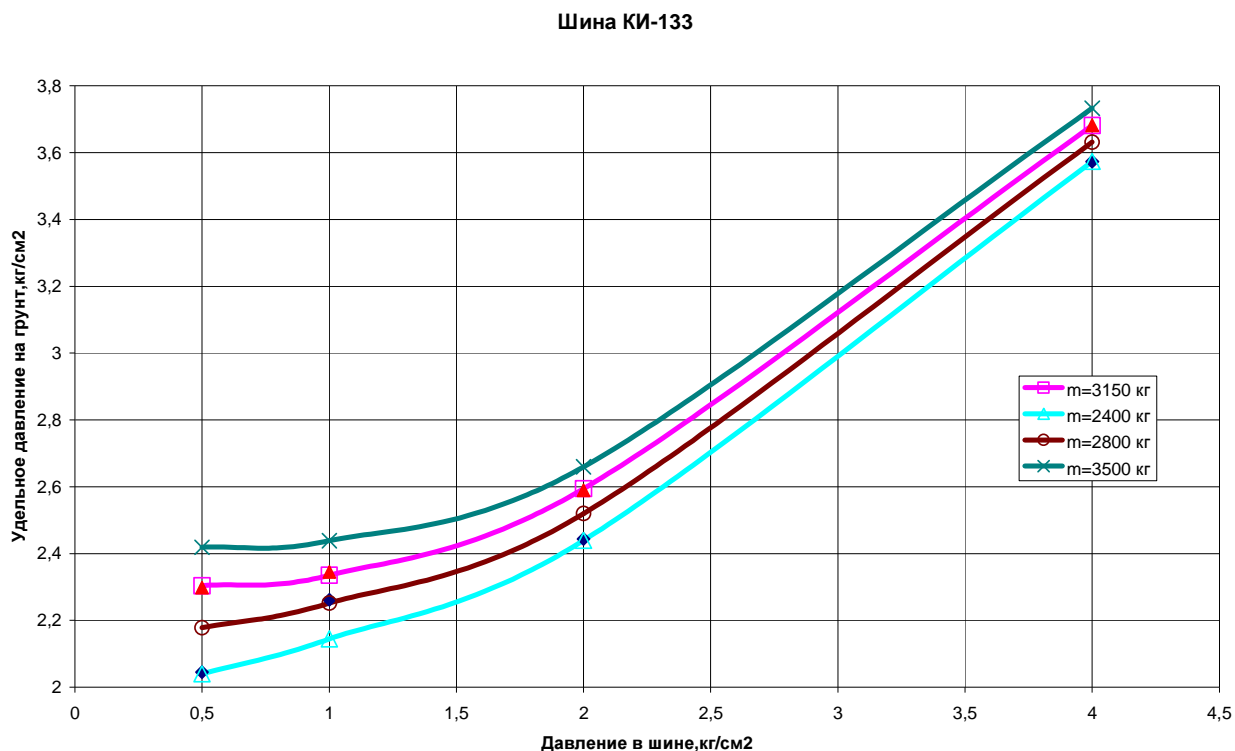


Рис. 3. Эмпирические зависимости удельного давления на грунт в зависимости от давления воздуха в шине при различной нагрузке на колесо. Точками показаны экспериментальные данные при нагрузке на шину 2400 и 3150 кг.

В соответствии с работой проф. Белякова В.В. [2, 5] для шин И-112 при движении по снегу для статики процесса, когда $\omega_k = 0$ и $v_{кд} = 0$, формула статического прогиба имеет

$$\text{следующий вид: } h_z^{\text{ст}} \approx K_{\text{кор}} \frac{p_{\text{в}} K_{\text{ж}}}{(p_{\text{в}} + p_0)(p_{\text{в}} + K_{\text{ж}})} G_k^{3/4}, \quad (5)$$

где $K_{\text{кор}} = 10^{-4}$, м⁴/Н - коэффициент размерности.

На рис. 4 а представлены диаграммы изменения прогиба шины в зависимости от жесткости снега $K_{\text{ж}}$ при различном давлении воздуха в шине $p_{\text{в}}$ и нагрузке на шину модели И-112 (13.00-18) - $G_k=10000$ Н.

Ввиду того, что снег является весьма податливой средой, с точки зрения

деформирования, то, как видно из рис. 4 а, нормальный прогиб шины h_z небольшие значения. Максимальное значение величина h_z достигает при давлениях воздуха $p_e = 0,5 \cdot 10^5$ Па и коэффициенте жесткости снега $K_{ж} = 0,1 \cdot 10^6$ Н/м³. При этом с уменьшением жесткости снега и увеличением давления воздуха в шине ее деформация уменьшается.

Нормальный прогиб шины в зависимости от радиуса качения колеса:

$$h_z^{\text{дин}} = h_z^{\text{ст}} (1 - e^{-R_{kk}}). \quad (6)$$

На рис.4.б представлены диаграммы изменения величины h_z в зависимости от радиуса качения колеса R_{kk} при различной жесткости снежного полотна пути $K_{ж}$. При этом, как и на рисунке 4 а, деформация шины возрастает с ростом жесткости снега. Увеличение деформации шины также связано с ростом радиуса качения колеса. Это обуславливается тем, что при переходе режима движения колеса из буксования в юз снег под колесом начинает существенно уплотняться и его жесткость возрастает. На рис. 4 б указана исходная жесткость снега.

По мере уменьшения радиуса качения колеса, то есть при переходе из режима юза в буксование, вследствие разрыхления снега, его жесткостные свойства уменьшаются, что приводит к снижению деформации шины.

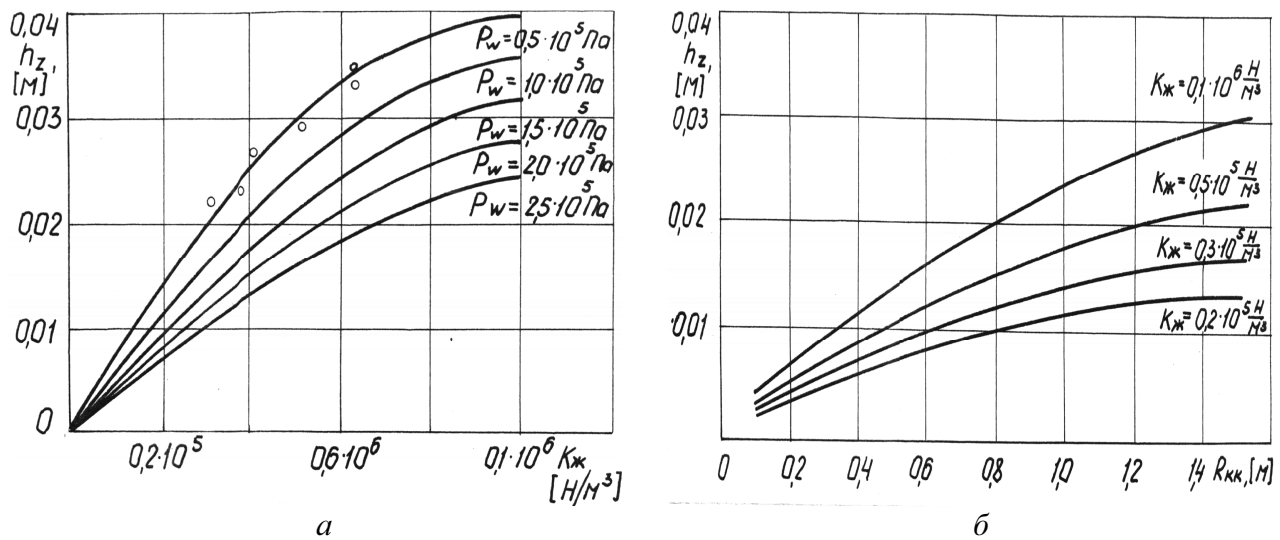


Рис. 4. Диаграммы радиального прогиба шины модели И-112 (13.00-18) при вертикальной нагрузке 10000 Н на снежной целине: а - статическая деформация шины в зависимости от жесткости снега при различном внутреннем давлении воздуха; б - динамическая деформация шины в зависимости от радиуса качения колеса при различной жесткости снега и внутреннем давлении воздуха $0,1 \cdot 10^5$ Па

Рассмотренные параметры на рис. 1-4 характеризуют подвижность по мобильности, однако для машин рассматриваемого типа немаловажным является подвижность по живучести.

Для оценки работоспособности шин воспользуемся экспериментальными данными об их ресурсе. На рис. 5. приведены данные о проценте вышедших из строя шин (на примере КИ-80), в зависимости от пробега. Эмпирическая зависимость процента выхода из строя шин носит линейный характер: $N_{\%} = 5,8 L_{\text{тыс.км}} - 9,3$, . (6)

где $L_{\text{тыс.км}}$ - пробег шины.

Так как на машины рассматриваемого класса устанавливаются шины с аналогичными характеристиками, различие лишь в грузоподъемности (так как они применяются на машины разной массы), можно судить о вероятной потере подвижности машины или по ее снижению. Например, по данной зависимости можно сделать вывод о том, что при пробеге порядка 6 тыс.км. пробега в среднем две шины на многоосной машине (8x8) выйдут из строя.

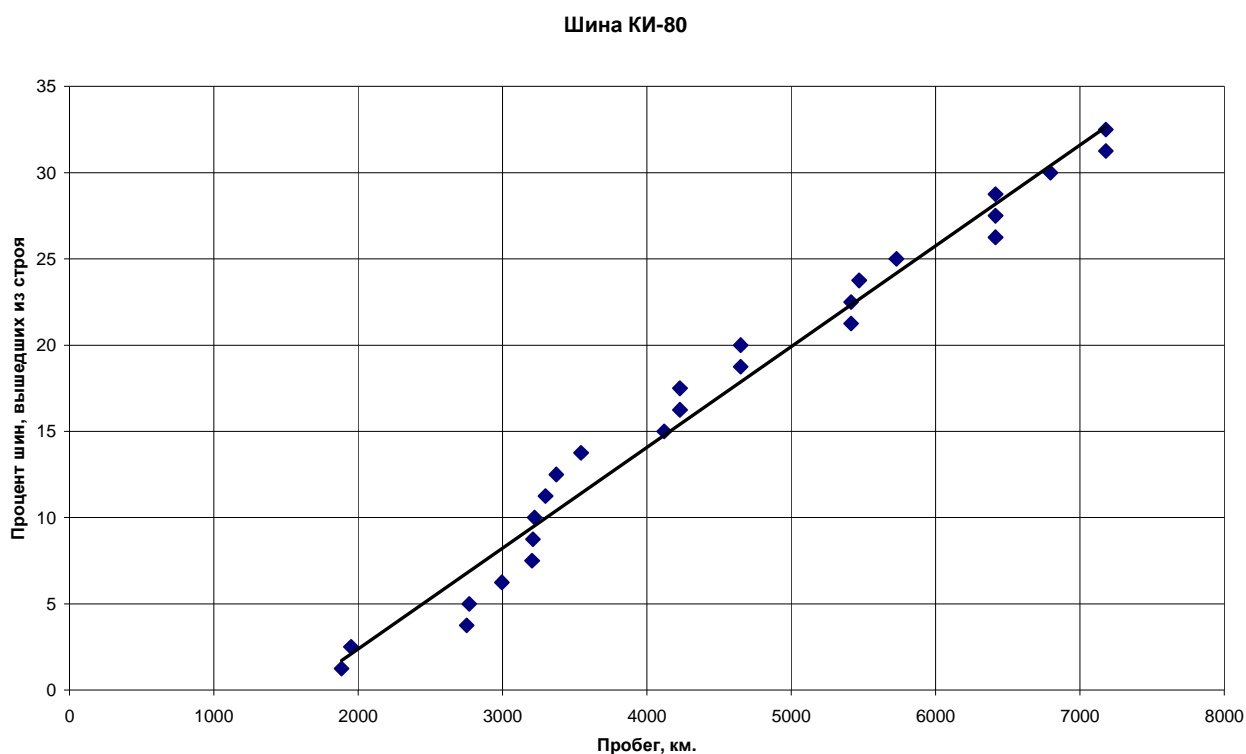


Рис. 5. Эмпирическая зависимость по проценту вышедших из строя шин в зависимости от пробега машин. Точками показаны экспериментальные данные.

Также анализ данных по ходимости ГПИ-3901 [2, 5] при условии отсутствия колес машины с колесной формулой 8x8 показывает, что она сохраняет возможность передвижения при потере 2 колес по борту. Таким образом, можно сделать вывод, что машины данного типа будут сохранять подвижность по условию выхода шин из строя

порядка до 8 тыс. км при условии их движения по трассам с ухудшенными дорожными условиями.

Зависимости на рис. 1-3 и 5 по шинам данного типа получены впервые. Их можно использовать при определении подвижности по мобильности и живучести многоосных колесных машин.

Список литературы

1. Барахтанов Л.В. Экспериментально-теоретические исследования опорной проходимости многоосных колесных машин / Л.В. Барахтанов, В.В. Беляков, Д.А. Галкин, А.С. Зайцев, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. 2012. №3 С. 162-170.
2. Беляков В.В. Взаимодействие со снежным покровом эластичных движителей специальных транспортных средств. Дис...док.тех.наук: 05.05.03. Нижний Новгород 1999. 485 с.
3. Беляков В.В. Оценка эффективности специальных транспортных средств при движении по снегу/ В.В. Беляков, Д.А. Галкин, А.С. Зайцев, Д.В. Зезюлин, Е.М. Кудряшов, В.С. Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. 2012. №2 С. 156-166.
4. Беляков В.В. Подвижность специальных транспортных средств по дорогам типа «stone-road» / В.В. Беляков, У.Ш. Вахидов, Д.А. Галкин, А.С. Зайцев, Е.М. Кудряшов, В.С. Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. 2012. №1 С. 143-151.
5. Вездеходные транспортно-технологические машины // Под редакцией В. В. Белякова и А. П. Куляшова. – Н. Новгород.: ТАЛАМ, 2004. 960 с.
6. Гончаров К.О. Влияние экскавационно-бульдозерных эффектов возникающих при криволинейном движении колеса на сопротивление качению / К.О Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2010 № 6 С. 3-3.
7. Гончаров К.О. Экспериментальные исследования многоосной колесной машины / К.О Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2010 № 12 С. 10-10.
8. Зезюлин Д.В. Влияние параметров движителей на показатели эффективности колесных машин при движении по снегу / Д.В. Зезюлин, У.Ш. Вахидов, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5 С № 84-84.
9. Макаров В.С. Определение характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин/ В.С. Макаров, К.О. Гончаров, В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, А.М. Беляев, А.В. Папунин, А.В. Редкозубов // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. С. 113-113.

Рецензенты:

Кравец В.Н. д.т.н., профессор кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева», г. Нижний Новгород.

Барахтанов Л.В. д.т.н., профессор кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева», г. Нижний Новгород.