МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 629.113

П.О. Береснев, А.В. Михеев, А.М. Беляев, А.В. Папунин, З.А. Кострова, В.Е. Колотилин, А.А. Еремин, В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков, А.А. Куркин

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, МАССО-ИНЕРЦИОННЫХ, МОЩНОСТНЫХ И СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГООСНЫХ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассматривается влияние грузоподъемности на мощность двигателя и скорость движения многоосных колесных транспортно-технологических машин, которые обусловливают их подвижность, производительность и эффективность. Приводится методика рационального выбора типа машины, систем управления маневренностью, обеспечение общей потребной мощности, грузоподъемности, максимальной скорости движения.

Ключевые слова: колесо, тип шины, диаметр и ширина колеса, колесный движитель, колесная машина, мощность и масса многоосной колесной машины.

В общем количестве транспортно-технологических машин (ТТМ) парк колесной техники составляет более 70%. Колесный движитель (КД) является наиболее распространенной тягово-опорной системой, которая применяется на ТТМ (рис. 1).

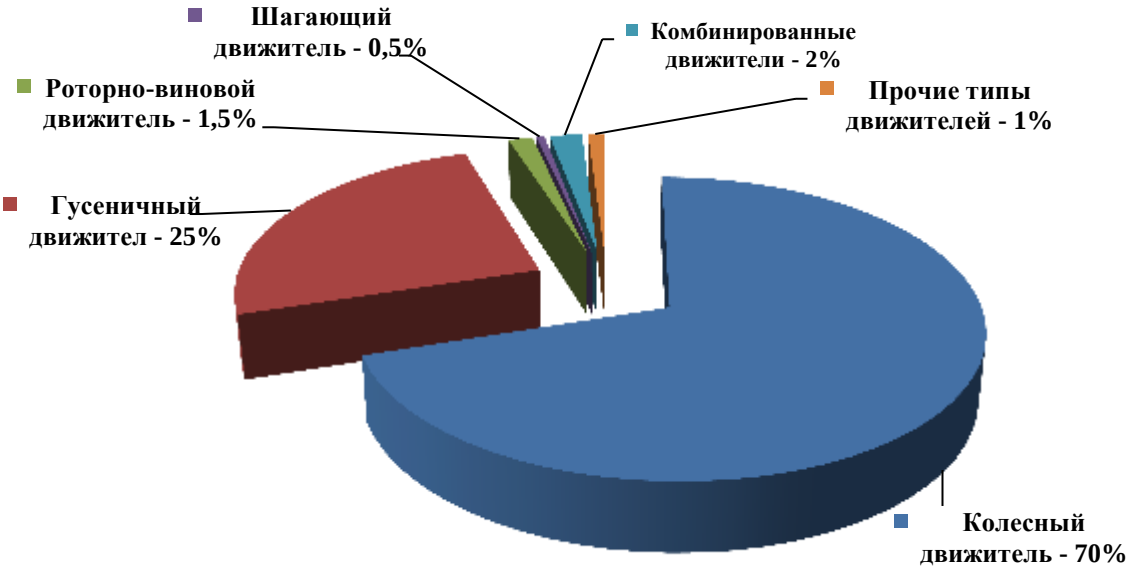
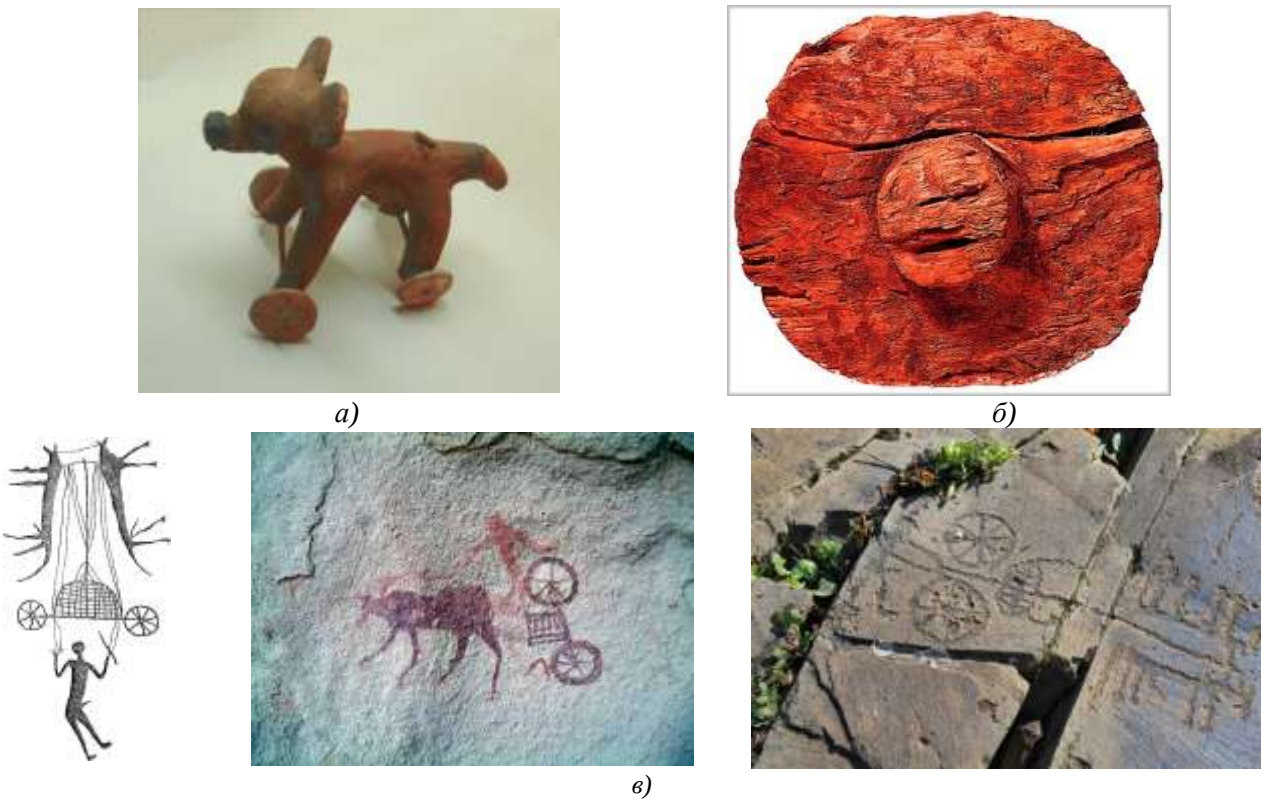


Рис. 1. Распределение в процентах типов движителей, применяемых на транспортно-технологических машинах

© Береснев П.О., Михеев А.В., Беляев А.М., Папунин А.В., Кострова З.А., Колотилин В.Е., Еремин А.А., Макаров В.С., Зезюлин Д.В., Беляков В.В., Куркин А.А., 2015.

Колесо было изобретено в середине IV тыс. до н. э. К тому времени человеческая цивилизация проходила стадию «бронзового века». Люди уже умели создавать сплавы, строили каналы и корабли, играли на сложных музыкальных инструментах. Однако напрашивается вопрос, почему колесо было изобретено так поздно? Ответ на этот вопрос сформулировал антрополог Дэвид Энтони из Хартвик-колледжа (США): «*Дело не столько в круглых чурках, сколько в присоединении их к стационарной платформе посредством оси*». Решение этой задачи осложнялось тем, что в природе не существует прототипа шарнира, как подшипника качения. Все естественные шарниры, реализующие вращательное движение, представляют собой сферические соединения, то есть натурального образца шарнира качения в природе нет. Таким образом, человечеству пришлось абстрактно решить проблему, состоящую из ряда технических задач. Во-первых, для соединения неподвижной ось с вращающимися колёсами, концы оси должны быть гладкими и круглыми, как и отверстия в центре колеса, иначе - избыток трения, и колесо будет плохо вращаться. Во-вторых, ось должна плотно прилегать к отверстию в колесе, но не слишком - иначе опять же не будет свободного вращения. В-третьих, успех создания колесного опорно-тягового устройства в значительной степени зависит и от размера оси. Тонкая способна снизить силу трения, но не выдержит большую нагрузку. Толстая чересчур увеличит трение. Древние люди решили эту проблему, сделав первые телеги очень узкими, чтобы ось была короткой и не слишком толстой. Как отмечается в работе [«Изобретение колеса», интернет источник: science.compulenta.ru]: «*Сложность и чувствительность системы говорят о том, что она не могла быть разработана в несколько этапов. Её надо было изобрести всю сразу… Изобрести систему «ось - колёса» было настолько сложно, что, скорее всего, это произошло лишь однажды и в каком-то одном месте*».

По словам Аско Парполы, индолога Хельсинкского университета (Финляндия): «*настоящим телегам предшествовали миниатюрные модели, которые обычно встречаются археологам в степях Евразии*» (рис. 2, *а*).



а) *б)*

в)

Рис. 2. Первые колесные опорные элементы:
а – миниатюрные культовые фигурки американских индейцев [http://science.compulenta.ru , дата доступа 23.07.2015 г.]; *б* – одно из первых колес (6000 лет назад) [источник: http://pozmir.ru/?cat=7, дата доступа 23.07.2015 г.]; *в* – наскальные изображения колесных повозок

Другие источники [1] утверждают, что колесо изобрели 6000 лет назад жители Месопотамии. Первые колеса были сделаны из толстых срезов древесных стволов (рис. 2, *б*). Они были очень крепкими и прочными, но слишком тяжелыми. Позднее стали делать более легкие колеса, состоявшие из обода и спиц. Изобретение колеса было большим скачком в развитии техники, и племена, которые им пользовались, стали быстро развиваться. При помощи колесных тачек и повозок стало легче перевозить грузы; на основе колеса был создан гончарный круг, позволивший делать красивую и качественную глиняную посуду, а также прялка и различные виды мельниц. Есть ряд опровержений данной теории, в частности: «*Многие ошибочно полагают, что колесо придумали в конце IV тысячелетия до н. э. в Месопотамии. Однако, скорее всего, колесо - дитя не Востока, а Запада: задолго до шумеров его открыли в Европе. Самый древний образец, возрастом около 6,2 тысячи лет, найден в Румынии*» [интернет источник: http://ftp.galileo-tv.com/node/8281 , дата доступа 23.07.2015 г.].

Таким образом, применительно к опорно-тяговым системам, получившим дальнейшее значительное развитие в транспортных системах, наряду с волокушами, снегоступами (лыжами) было колесо. Эволюция колеса прошла длинный путь от простых деревянных катков до безвоздушных эластичных и гранулонаполненных колес (рис. 3). При этом технико-технологическая эволюция колес затронула не только само колесо, но и колесный движитель в целом. Наряду с традиционными, чисто колесным движителями (рис. 4), появились не традиционные движители (рис. 5): некруглые колеса, катковогусеничный, планетарноколесный, пневмошагающая опорно-тяговая система Мецкерле, сферические и конические колеса, а также ряд других конструкций.

Несмотря на разнообразие функциональных назначений колесных машин (КМ) и многообразие их конструкционных решений и компоновок ходовых частей возможны классификационные обобщения. Опуская классификации колесных машин по назначению (транспортные и специальные), можно классифицировать машины по конструкционным особенностям [2-5]: по грузоподъемности, типу энергитической (двигатель) и силовой (трансмиссия) установок, по способу курсовой ориентации (управляемые колеса, оси, бортовой способ), по расположению колес по базе машины, по колесной формуле, определяющей число ведущих колес в общем их числе.

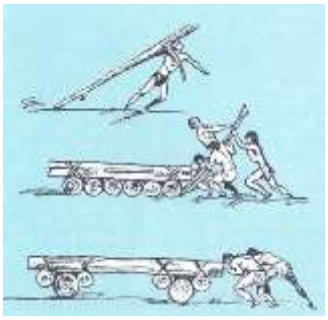
В данной статье рассматриваются соотношения конструкционных параметров только для многоосных полноприводных колесных машин: 4х4, 6х6, 8х8. Регрессионные уравнения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Регрессионные уравнения соотношения конструкционных параметров колесных машин

Зависимости	Тип машины	Колесная формула		
		4х4	6х6	8х8
Мощность двигателя от полной массы машины, [кВт - т]	Вездеходы	$P_e = 22\ M_a + 55$	$P_e = 40\ M_a$	$P_e = 15\ M_a + 13$
	Грузовые		$P_e = 12\ M_a + 81$	$P_e = 4\ M_a + 135$
	Специальные		$P_e = 7{,}7\ M_a + 235$	$P_e = 13\ M_a + 21$
Удельная мощность двигателя от полной массы машины, [кВт/т - т]	Вездеходы	$p_e = 75\ M_a^{-0,45}$	$p_e = 47\text{-}9\ \ln(M_a)$	$p_e = 27\text{-}5\ \ln(M_a)$
	Грузовые			
	Специальные			
Грузоподъемность от полной массы машины, [т - т]	Вездеходы	$M_г = 0{,}2\ M_a$	$M_г = 0{,}3\ M_a$	$M_г = 0{,}3\ M_a$
	Грузовые	$M_г = 0{,}3\ M_a$	$M_г = 0{,}7\ M_a - 3{,}3$	$M_г = 0{,}8\ M_a - 9{,}1$
	Специальные		$M_г = 0{,}14\ M_a$	$M_г = 1$
Максимальная скорость от полной массы машины, [км/ч - т]	Вездеходы	$V_a = 75$	$V_a = 7\ M_a + 35$	$V_a = 38\ M_a^{0,3}$
	Грузовые	$V_a = 130\ M_a^{-0,15}$	$V_a = 80$	$V_a = 80$
	Специальные		$V_a = 100$	$V_a = 38\ M_a^{0,3}$

Производительность и эффективность колесной машины определяется количеством транспортно-технологической работы, выполненной ей в типичных условиях её эксплуатации (транспортных, технологических, дорожных и природно-климатических).



Бревенчатые катка древнего мира



Колесо из Румынии (возрастом 6,2 тыс. лет)



Колесо из Месопотамии (возрастом 6 тыс. лет)



Классическое колело гужевого транспорта



Паровозное колесо



Жесткие тракторные колеса



Первый автомобильный пневматик



Пневматические автотракторные колеса



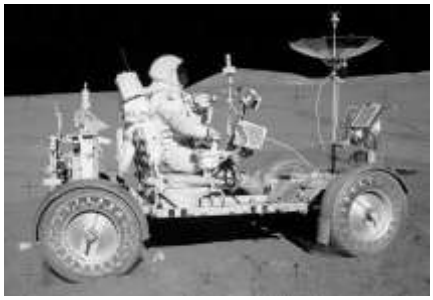
Колеса оснащенные защитой



Непневматические колеса



Металлоупругое колесо Лунохода



Металлоупругое колесо Лунного Ровера



Гранулированые колеса «iRings»



Нетрадиционные типы колес

Рис. 3. Эволюция колеса



Легковые автомобили



Автобусы





Грузовые автомобили





Тракторы, сельско-лесохозяйственные, землеройные и специальные машины



Мотоциклы



Военные машины

Рис. 4. Традиционные колесные движители





4x4





6x6





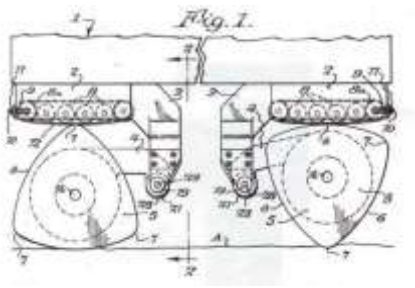
8x8






Рис. 4. Традиционные колесные движители (окончание)







Shark Wheel

Некруглые колеса







Трактор М7 с эллипсоидными колёсами (испытания 1946 год). [Фото из архива LIFE]





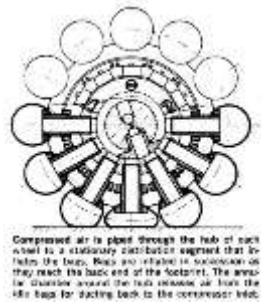


Планетарно-колесный движитель: самоходная гаубица М101 и машина «Terrastar» фирмы Lockheed Ground Vehicle Systems





Движитель катково-гусенчный «АЭРОЛ»







Активный пневмошагающий движитель Мецкерле

Рис. 5. Нетрадиционные колесные движители



Полусферические полые колеса изобретателя Elie P. Aghnides



Металлоупругие колеса планетоходов



Нетрадиционный движитель погрузчика

Рис. 5. Нетрадиционные колесные движители (окончание)

Транспортные условия эксплуатации предусматривают вид, объем и расстояния перевозок грузов и/или пассажиров, условия погрузки (посадки) разгрузки (высадки), организацию перевозок, условия обслуживания, ремонта и хранения подвижного состава, а также предопределяют выбор типа и конструкцию транспортно-технологической машины (ТТМ).

Технологические условия эксплуатации предусматривают вид, объем, сложность и организацию технологических операций, которые выполняются ТТМ, а также условия обслуживания, ремонта и хранения ТТМ и технологического оборудования, и предопределяют выбор типа и конструкцию транспортно-технологической машины.

Дорожные условия определяются типом, видом опорного основания, рабочей среды и местности, на которых и где выполняются транспортно-технологические операции. Дорожные условия являются одним из важнейших факторов, оказывающих непосредственное влияние на технико-экономические показатели работы, технические характеристики и конструкцию колесных машин.

Природно-климатические условия эксплуатации существенно регламентируют состояние местности (географические условия, температура, осадки и т.п.) и опорно-рабочей среды (влажность, заснеженность, обледенелость, заболоченность и т.д.). Эти условия во многом определяют мощностные, скоростные и экономические показатели колесных ТТМ.

Совокупность транспортных, технологических, дорожных и природно-климатических условий эксплуатации определяют ***нагрузочные режимы*** деталей, узлов и агрегатов колесных машин, что в значительной степени влияет на собственную массу машины, грузоподъемность, скорость движения, а следовательно, и на их подвижность и производительность.

На основании анализа и обработки параметров основных характеристик существующих транспортно-технологических машин (ТТМ), оснащенных колесными движителями, были получены основные соотношения базовых массогабаритных, мощностных и скоростных характеристик (см. табл. 1), которые представлены на рис. 6–9.

Используя представленные данные и зависимости, можно выбрать начальные параметры колесных транспортно-технологических машин. Дальнейшее уточнение выбранных параметров и характеристик возможно произвести только после тягово-скоростного расчета, компоновочных и инженерно-проектных работ, проведенных для конкретного объекта проектирования.

Представленные в табл. 1 и на рис. 6–9 зависимости предназначены для расчета параметров колесных машин, выполненных по традиционным схемам (рис. 4). Для нетрадиционных схем машин оснащенных оригинальными колесными движителями (рис. 5), требуется получение уникальных зависимостей для определения исходных массогабаритных, мощностных и скоростных характеристик. Подобные зависимости приводятся в специальной технической литературе [6–12].

Характеристики энерговооруженности и максимальной скорости (рис. 8) функции грузоподъёмности КМ показывают, что сегодня, в отличие от гусеничных или шнекороторных машин, возможно создать оптимальную (рациональную) колесную транспортную систему в отношении её грузоподъёмности и подвижности как на дорогах, так и вне дорог (на бездорожье). Причем выделяются три взаимно непересекающиеся группы транспортных средств: колесные вездеходы, грузовые (автомобили) и специальные колесные машины. Исключение составляют многоосные машины с числом осей более трех, для которых становится несущественным различие между понятием специальная машина или вездеход (рис. 8, *в*).

Различие по типажу колесных машин наиболее существенно прослеживается на уровне определения грузоподъемности и полной массы (рис. 6).

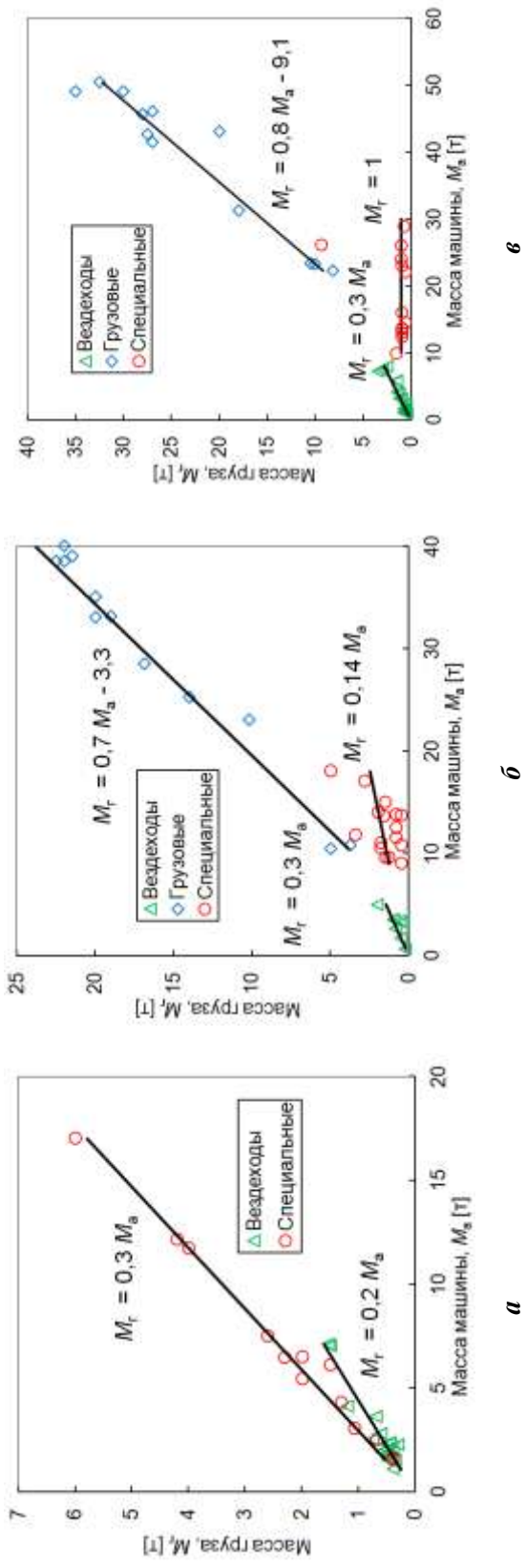


Рис. 6. Грузоподъёмность: *а* – 4х4; *б* – 6х6; *в* – 8х8

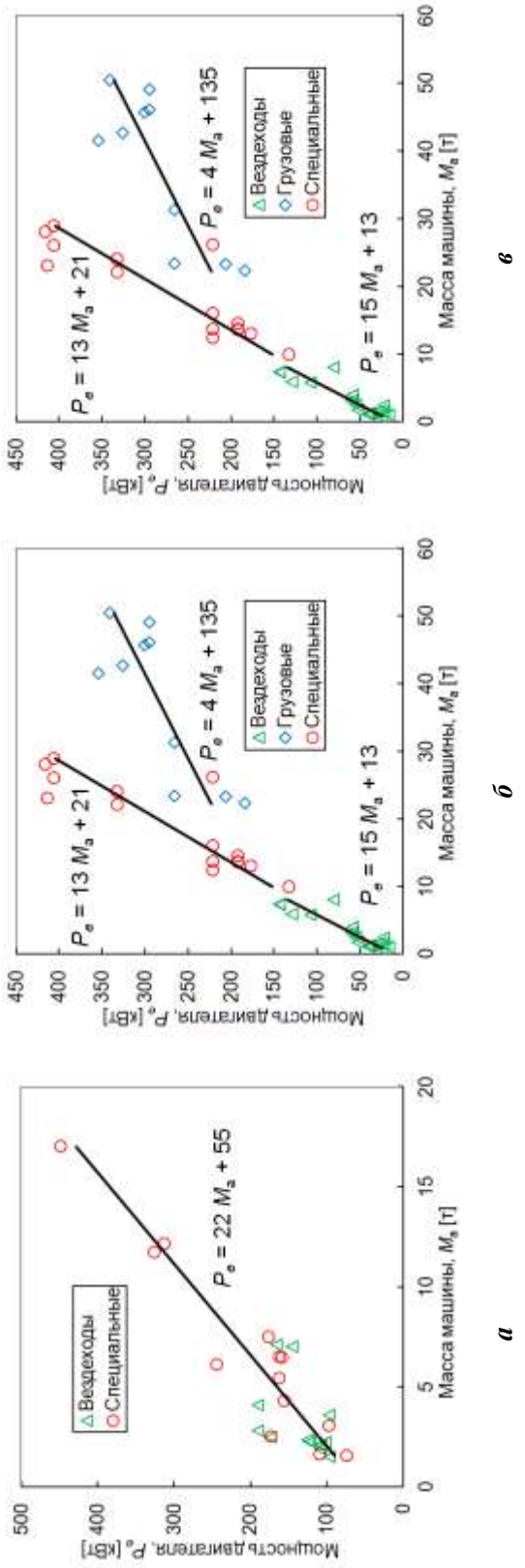


Рис. 7. Мощность двигателя: *а* – 4х4; *б* – 6х6; *в* – 8х8

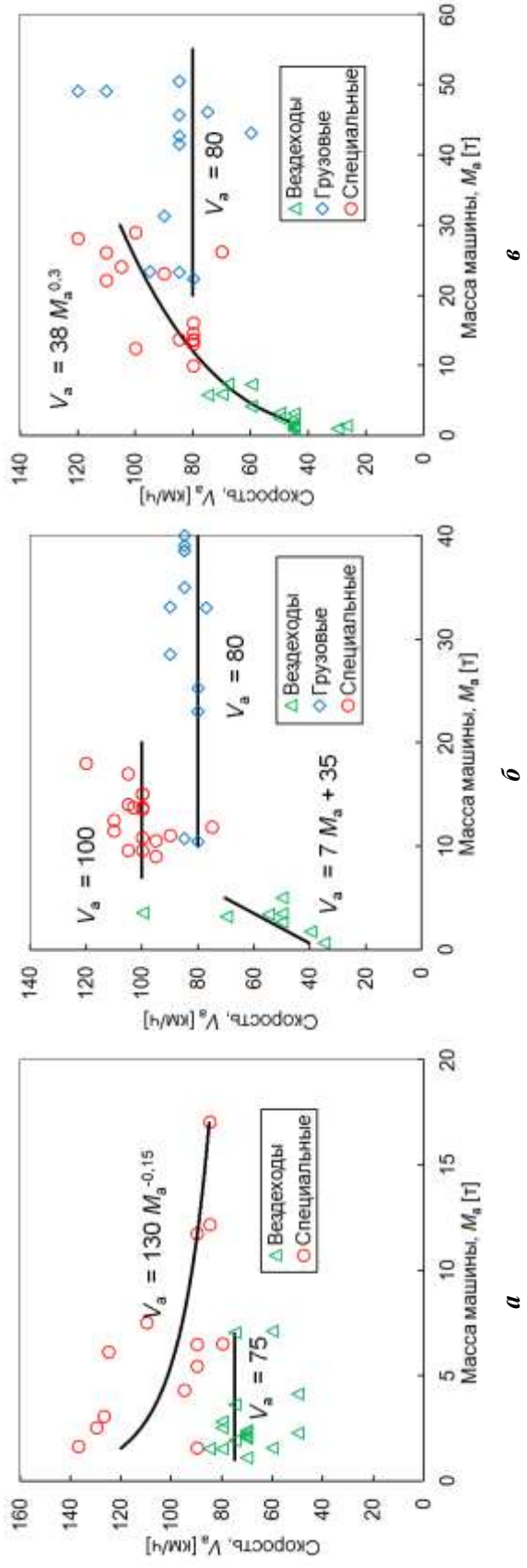


Рис. 8. Максимальная скорость движения: *а* – 4х4; *б* – 6х6; *в* – 8х8

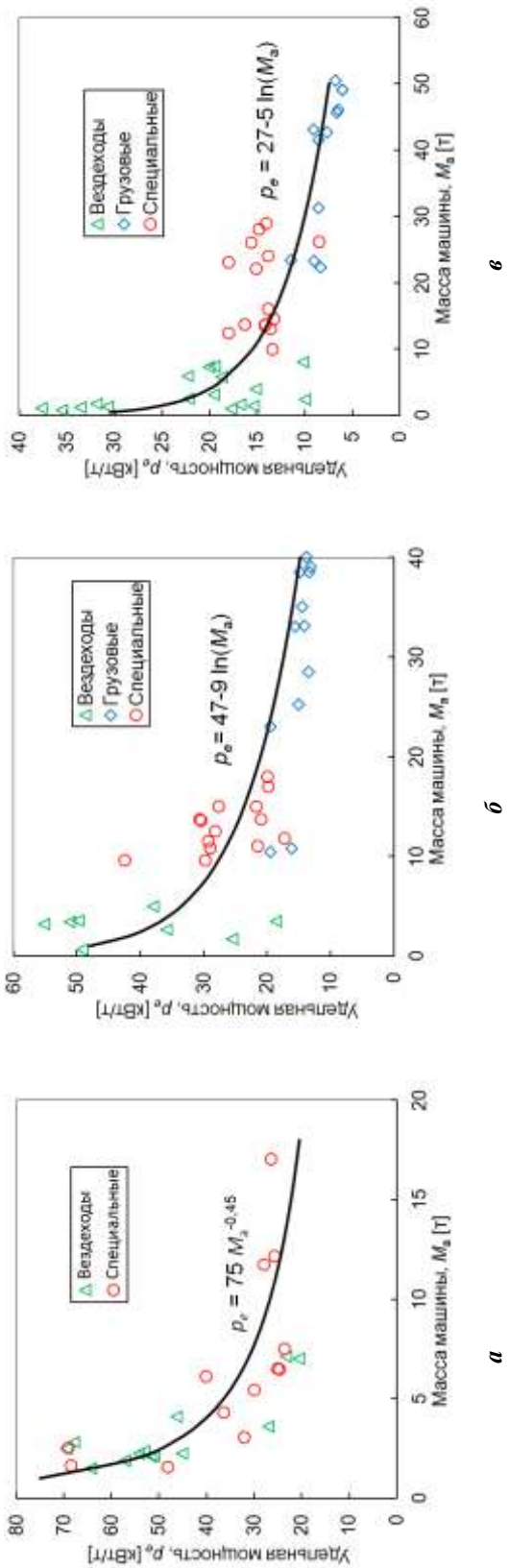


Рис. 9. Удельная мощность двигателя: *а* – 4х4; *б* – 6х6; *в* – 8х8

На рис. 9 показана зависимость удельной мощности двигателя машины от её поной массы. Как видно из рисунка, вездеходные машины требуют большей мощности двигателя, чем специальные или грузовые транспортно-технологические средства. Это связано с необходимостью обеспечения подвижности вездеходных колесных транспортно-технологических средств в более тяжелых дорожных и природно-климатических условиях эксплуатации, чем для грузовых и специальных машин.

Итогом выполненного графического анализа, представленного на рис. 6-9, предполагается то, что после выбора исходных параметров возможно будет провести математическое моделирование движения транспортно-технологических машин, оснащенных колесными движителем, в условиях пересеченной местности с учетом разработанных моделей местности и полотна пути, представленных в работах [13-40]. Это может послужить основой для расчета оценки подвижности и производительности ТТМ на колесном движителе по методикам, представленным в работах [41-53].

Представленные результаты получены в ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» (соглашение № 14.574.21.0089 (уникальный идентификатор соглашения - RFMEFI57414X0089))

Библиографический список

1. **Новоженов, В.А.** Чудо коммуникаций и древнейший колесный транспорт Евразии / В.А. Новоженов; под ред. Е. Е. Кузьминой. – М.: Таус, 2012. – 500 с.
2. Грузовые автомобили / М.С. Высоцкий [и др.]. – М. Машиностроение 1973. – 394 с.
3. Армейские автомобили / А.С. Антонов [и др.]. – М., Воениздат, 1970 – 479 с.
4. **Осепчугов В.В.** Автобусы / В.В. Осепчугов. – М.: Машиностроение, 1971. – 312 с.
5. **Родионов, В.Ф.** Легковые автомобили / В.Ф. Родионов, Б.М. Фиттерман. – М.: Машиностроение, 1971. – 504 с.
6. **Беляков В.В.** Взаимодействие со снежным покровом эластичных движителей специальных транспортных машин: дисс. … на соискание ученой степени доктора технических наук / Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 1999.– 485 с.
7. **Беляков В.В** Методика расчета и анализ путей повышения проходимости многоосных колесных машин по снегу: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 1992. – 16 с.
8. **Козлов, В.С.** Шагающие аппараты. Развитие теории взаимодействия движителя с грунтом / В.С. Козлов, В.В. Беляков. – Нижний Новгород, 1999. – 140 с.
9. **Беккер, М.Г.** Введение в теорию систем местность-машина / М.Г. Беккер. – М.: Машиностроение, 1973. – 520 с.
10. **Кошарный, Н.Ф.** Технико-эксплуатационные свойства автомобилей высокой проходимости / Н.Ф. Кошарный. – Киев.: Высш. шк., 1981. – 208 с.
11. Движители специальных строительных и дорожных машин / В.Е. Колотилин [и др.]; НГТУ. – Н. Новгород:, 1995. – 208 с.
12. Вездеходные транспортно-технологические машины Основы теории движения / В.В. Беляков [и др.]; под общ. ред. В. В. Белякова и А. П. Куляшова. Н. Новгород, 2004.
13. **Беляков В.В.** Концепция подвижности наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 3 (100). – С. 145–174.
14. **Беляков, В.В.** Подвижность наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 4. – С. 72–77.
15. **Макаров, В.С.** Многоуровневая модель снега как полотна пути для транспортно-технологических машин на примере территории Российской Федерации / В.С.Макаров, Д.В.Зезюлин, В.В. Беляков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–2. – С. 270–276.
16. **Вахидов, У.Ш.** Математическое описание дорог типа «stone-road» / У.Ш. Вахидов, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 151.

17. **Вахидов, У.Ш.** Определение характеристик микропрофиля в поймах рек северного кавказа / У.Ш. Вахидов, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. – № 1. – С. 82–88.
18. **Макаров, В.С.** Определение характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин / В.С. Макаров [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 113.
19. **Макаров, В.С.** Характер изменения снежного покрова как полотна пути с учетом неравномерности его залегания на местности / В.С. Макаров [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 33.
20. **Гончаров, К.О.** Проведение замеров микропрофиля поверхности движения типа ровное поле / К.О. Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Леса России и хозяйство в них. – 2012. – Т. 1–2. – № 42–43. – С. 29–30.
21. **Беляков, В.В.** К вопросу выбора экспериментальных данных для составления статистических моделей снежного покрова как полотна пути для транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 1 (102). – С. 136–141.
22. **Макаров, В.С.** Снег как полотно пути для транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 4. – С. 21–24.
23. **Редкозубов, А.В.** О целесообразности моделирования дорог при помощи фрактального исчисления / А.В. Редкозубов, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Леса России и хозяйство в них. – 2012. – Т. 1-2. – № 42-43. – С. 87–88.
24. Полотно пути транспортно-технологических машин (справочные материалы к теории «машина – местность») / В.В. Беляков [и др.]; под общей ред. В.В. Белякова и А.А. Куркина. – Нижний Новгород, 2014. – 447 с.
25. **Барахтанов, Л. В.** Проходимость автомобиля / Л. В. Барахтанов, В. В. Беляков, В. В. Кравец; НГТУ. – Н. Новгород:, 1996. – 200 с.
26. **Куркин, А.А.** Новые тенденции в обследовании цунами / А.А. Куркин [и др.] // Экологические системы и приборы. 2014. № 12. С. 40–55.
27. **Папунин, А.В.** О влиянии ландшафта местности на характеристики снежного покрова и на проходимость транспортных средств / А.В. Папунин [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 4 (106). – С. 331–335.
28. **Беляков, В.В.** Многокритериальная оптимизация в задачах подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем / В.В. Беляков, М.Е. Бушуева, В.И. Сагунов; НГТУ. – Н. Новгород, 2001. – 271 с.
29. **Папунин, А.В.** О влиянии характерных участков ландшафта местности подвижность транспортных средств / А.В. Папунин, А.В. Редкозубов, В.В. Беляков // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 11 частях. – 2014. – С. 112–113.
30. **Федоренко, А.В.** Анализ изменения плотности снежного покрова в зимний период / А.В. Федоренко, В.В. Беляков // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 11 частях. – 2014. – С. 140–142.
31. **Беляев, А.М.** Анализ изменения высот снежного покрова в зимний период / А.М. Беляев, В.В. Беляков // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 11 частях. – 2014. – С. 28–30.
32. **Гончаров, К.О.** Характер изменения жесткости, связности и угла внутреннего трения снега в зависимости от плотности и продолжительности залегания снежного покрова / К.О. Гончаров, В.В. Беляков // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 11 частях. – 2014. – С. 48–50.
33. **Макаров, В.С.** Анализ данных для составления статистических моделей снежного покрова как полотна пути для транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 11 частях. – 2014. – С. 96–97.
34. **Макаров, В.С.** Обзор исследований по влиянию местности на характеристики снежного по-

крова / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 3 (105). – С. 154–162.

35. **Папунин, А.В.** О влиянии ландшафта местности на характеристики снежного покрова и на проходимость транспортных средств / А.В. Папунин, В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – №4(106). – С. 331–335.
36. **Редкозубов А.В.** Математическая модель поверхности движения лесных дорог / А.В. Редкозубов [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – №4(106). – С. 348–352.
37. **Макаров В.С., Зезюлин Д.В., Беляков В.В.** О влиянии влажности снега на изменение характеристик снежного покрова и на проходимость транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – №8-2. – С. 62.
38. **Макаров, В.С.** Об изменение характеристик снежного покрова в течение зимы и их влияние на проходимость транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – №8-2. – С. 89–90.
39. **Макаров, В.С.** Учет особенностей ландшафта при построении характеристик снежного покрова в течение зимы / В.С. Макаров [и др.] // Перспективы развития науки и образования: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 8 частях. – 2013. – С. 87–88.
40. **Михеев, А.В.** Оценка деформации колеса, оснащенного непневматической шиной при компьютерном моделировании вертикального статического нагружения / А.В. Михеев [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2015. – №2(109). – С. 162–169.
41. **Макаров, В.С.** Обзор существующих конструкций сочлененных гусеничных машин и рекомендации по выбору их параметров / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им Р.Е. Алексеев. – 2015. – №2(109). – С. 170–176.
42. **Колотилин, В.Е.** Статистическая модель выбора геометрических параметров, массово-инерционных и мощностных характеристик транспортно-технологических машин на роторно-винтовых движителях / В.Е. Колотилин [и др.] // Труды НГТУ им Р.Е. Алексеева. – 2015. – №3(110).
43. **Макаров, В.С.** Методика расчета и оценка проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 2009. – 161 с.
44. **Гончаров, К.О.** Оценка влияния экскавационно-бульдозерных эффектов на проходимость многоосных колесных машин при криволинейном движении по снегу: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 2010. – 259 с.
45. **Зезюлин, Д. В.** Разработка методики выбора конструкционных параметров движителей, обеспечивающих эффективность движения колесных машин по снегу: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 2013. – 218 с.
46. **Зезюлин, Д.В.** К вопросу определения эффективности транспортных средств в зимний период / Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 11 частях. – 2014. – С. 74–75.
47. **Куркин, А.А.** Новые тенденции в обследовании цунами / А.А. Куркин [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2014. – № 12. – С. 40–55.
48. **Зезюлин, Д.В.** Методика расчета сопротивления качению колеса по снежному полотну пути с учетом неравномерности распределения давлений в зоне контакта / Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №3. – С. 52.
49. **Макаров В.С.** Оценка эффективности колесных машин в течение зимы с учетом изменчивости характеристик снежного покрова / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 4 (106). – С. 342–347.
50. **Тесленко, Д.С.** Использование метода конечных элементов для решения задач террамеханики / Д.С. Тесленко, В.В. Беляков, В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – №5. – С. 52–58.
51. **Беляков В.В.** Шасси Робототехнического комплекса мониторинга прибрежной зоны / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – №4(106). – С. 353–357.

52. **Папунин, А.В.** Оценка проходимости колесных машин с учетом изменчивости характеристик снежного покрова в течение зимы / А.В. Папунин, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 34 частях. – 2013. – С. 115–116.
53. **Зезюлин Д.В.** Метод повышения эффективности движения колесных машин по снегу путем выбора рациональных параметров движителей / Д.В. Зезюлин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – №10–6. – С. 1203–1208.

Дата поступления
в редакцию 30.09.2015

P.O. Beresnev, A.V. Miheev, A.M. Belyaev, A.V. Papunin, Z.A. Kostrova, V.E. Kolotilin, A.A. Eremin, D.V. Zeziulin, V.S. Makarov, V.V. Belyakov, A.A. Kurkin

STATISTICAL MODEL OF SELECTION OF GEOMETRIC PARAMETERS, MASS- INERTIA AND POWER CHARACTERISTICS OF MULTI-WHEELED TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL VEHICLES

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

The article deals with dependencies and conclusions about the correlation between load capacity, engine power and speed of multi-wheeled transportation and technological vehicles that determine their mobility, productivity and efficiency. The methodology of rational choice of vehicles type, maneuverability control system, provision of total power, load capacity, maximum speed is given. The presented results were obtained in Nizhny Novgorod state technical university n.a. R. E. Alexeev in the framework of the Federal Target Program «Research and development on priority directions of scientific-technological complex of Russia for 2014 - 2020 years» (agreement № 14.574.21.0089 (unique identifier of agreement - RFMEFI57414X0089)).

Key words: wheel, tire type, diameter and width of wheel, wheeled mover, wheeled vehicle, power and the mass of the multi-wheeled vehicle.