

Транспортное и энергетическое машиностроение

УДК 629.113

10.18698/0536-1044-2016-10-39-48

Разработка шасси многоосного вездеходного транспортного средства с гидрообъемной трансмиссией*

В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.А. Куркин

ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева, 603950, Нижний Новгород, Российская Федерация, ул. Минина, д. 24

The Development of a Multi-Axle All-Terrain Vehicle with a Hydrostatic Transmission

V.V. Belyakov, D.V. Zezyulin, V.S. Makarov, A.A. Kurkin

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, 603950, Nizhny Novgorod, Russian Federation, Minin St., Bldg. 24



e-mail: nauka@nntu.nnov.ru, balakhnaman@gmail.com, makvl2010@gmail.com, aakurkin@gmail.com



Рассмотрена актуальность создания многофункционального вездеходного транспортного средства с гидрообъемной трансмиссией. Представлены вездеходные машины с колесной формулой 8×8. На основе анализа их параметров — мощности, удельной мощности двигателя, грузоподъемности, среднего давления на грунт и полной массы — выбраны рациональные данные для перспективной конструкции. Приведены примеры многоосных машин с бесступенчатыми электромеханическими и гидрообъемными трансмиссиями, способными обеспечить индивидуальный регулируемый силовой привод каждого колеса и позволяющими реализовать их максимальные сцепные возможности. Представлены основные формулы для расчета параметров гидрообъемной трансмиссии. Приведен пример полученных динамических характеристик. По результатам численного моделирования проанализирована эффективность работы и расход топлива многофункционального вездеходного транспортного средства при различных законах управления гидрообъемной трансмиссией. Полученные данные свидетельствуют о том, что относительное повышение эффективности может достигать 10 %, а относительное уменьшение расхода топлива — 18 % при использовании системы управления гидрообъемной трансмиссией с различными алгоритмами управления при работе машины на местности.

Ключевые слова: многофункциональное вездеходное транспортное средство, гидрообъемная трансмиссия, эффективность, расход топлива.

* Работа выполнена в ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева при финансовой поддержке прикладных научных исследований Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.574.21.0107 (уникальный идентификатор RFMEFI57414X0107)).

i This article considers the relevance of developing a multifunctional all-terrain vehicle with hydrostatic transmission. All-terrain 8×8 vehicles are presented. An analysis of the parameters is performed (engine power, specific power, load capacity, average pressure on the ground and fully loaded weight), and the rational parameters for a future vehicle design are selected. Examples of multi-axle vehicles with continuously variable electro-mechanical and hydrostatic transmissions are given. These transmissions are able to provide an individual adjustment actuator for each wheel and allow the vehicles to realize the maximum adhesion capabilities. Basic formulas for the calculation of hydrostatic transmission parameters are presented. Examples of the obtained dynamic characteristics are given. Based on the results of the numerical simulation, the authors analyze the operational efficiency and fuel consumption of the multifunctional all-terrain vehicle for various control laws of the hydrostatic transmission driveline. The data indicates that the relative increase of movement efficiency can reach 10 %, and the relative decrease in the fuel consumption can reach 18 % when the hydrostatic transmission control system with different control algorithms is used to operate the vehicle on terrain.

Keywords: multifunctional all-terrain vehicle, hydrostatic transmission, efficiency, fuel consumption.

Две трети Российской Федерации составляют неосвоенные и малоосвоенные территории, расположенные в труднодоступных местах. Результаты маркетинговых исследований показывают, что ежегодно частные лица и организации в России приобретают 700–750 ед. новой вездеходной техники. Наиболее распространены многофункциональные вездеходные транспортные средства (МВТС) с колесной формулой 4×4 (47 %). На долю машин с колесной формулой 6×6 и 8×8 приходится соответственно 30 и 20 % МВТС. Средние и тяжелые вездеходы с колесной формулой 8×8 составляют конкуренцию гусеничным транспортным сред-

ствам, вызывая меньшее разрушение почвенного покрова при движении.

Цель работы — получение значимых научно-технических результатов, позволяющих обосновать параметры и характеристики конструкции МВТС с колесной формулой 8×8, обладающих подвижностью и высокой эффективностью.

Поставленная цель потребовала решения следующих задач:

- анализ компоновочных схем и конструкций машин с колесной формулой 8×8;
- получение статистических зависимостей мощностных характеристик, грузоподъемности



Рис. 1. Вездеходные транспортные средства с колесной формулой 8×8:
 а — Шаман [1]; б — Тундра [2]; в — Вектор [3]; г — Хрен [4]; д — Тром [5]; е — Старатель [6]

и среднего давления на грунт от полной массы машин;

- выбор рациональных параметров проектирования МВТС;
- определение типа бесступенчатой трансмиссии, выбор параметров и анализ законов управления ею с позиций подвижности, эффективности и топливной экономичности.

На рис. 1 приведены примеры вездеходных машин с колесной формулой 8×8, производимые в России.

Анализ различных транспортных средств с колесной формулой 8×8 позволил выбрать рациональные параметры для перспективной конструкции МВТС. Зависимости мощности,

удельной мощности двигателя, грузоподъемности и среднего давления на грунт от полной массы машин [7] приведены на рис. 2.

На рис. 2 показаны данные о выпускаемых вездеходных (Δ), грузовых (◇) и специальных машинах (○) и линии тренда для них. Анализ этих данных позволил получить исходные параметры для проектирования конкурентоспособного МВТС с колесной формулой 8×8.

Рекомендуемые параметры МВТС

Полная масса, кг	8 000...9 000
Грузоподъемность, кг	Не менее 3 000
Удельная мощность, кВт/т	Не более 15
Среднее давление (расчетное) шины на грунт, кПа	10,2...10,8

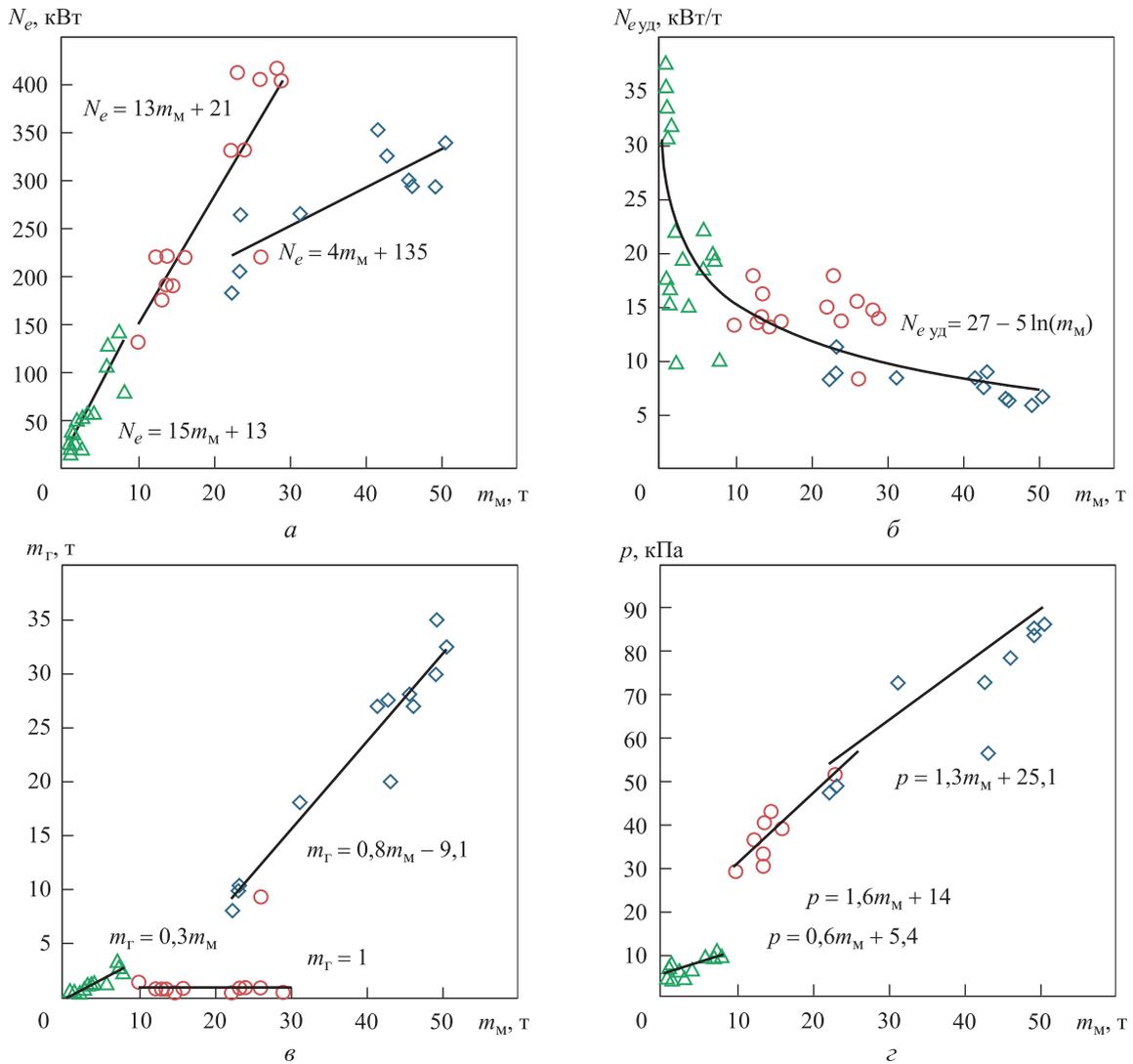


Рис. 2. Зависимости параметров вездеходных (Δ), грузовых (◇) и специальных (○) машин с колесной формулой 8×8 от их полной массы m_M :
 а — мощности двигателя N_e ; б — удельной мощности двигателя $N_{e\text{уд}}$; в — грузоподъемности m_Γ ;
 г — среднего давления на грунт p

Следует отметить, что в сегменте многоосных машин на шинах сверхнизкого давления все аналоги создаваемого МВТС имеют механическую трансмиссию (редукторы, карданные передачи и т. д.). Для передвижения по труднопроходимой местности этого недостаточно. Машинам рассматриваемого класса необходима бесступенчатая автоматическая трансмиссия, сочетающая в себе индивидуальный регулируемый силовой привод каждого колеса и автоматическое электронное управление. Изменение требуемым образом крутящих моментов на каждом из колес позволяет реализовать их максимальные сцепные возможности при движении по различным грунтам, т. е. с помощью

контроля буксования обеспечивается максимальная сила тяги и минимальное сопротивление качению колеса. Применение индивидуального привода позволяет радикально повысить проходимость и энергоэффективность машины, а также улучшить ее управляемость и устойчивость.

В настоящее время на многоосных колесных машинах применяют гидрообъемные (ГОТ) и электромеханические трансмиссии (рис. 3).

Из существующих бесступенчатых трансмиссий наиболее подходящей для условий российской индустрии является гидрообъемная. Известной российской машиной с ГОТ является разработанный Центральным научно-иссле-



Рис. 3. Машины с электромеханической трансмиссией:
а — NEMTT A3 компании Oshkosh; б — Hybrid Electric Drive (HED) компании QinetiQ;
в — БАЗ-М6910Э (экспериментальный образец)



Рис. 4. Внешний вид (а) и конструктивная схема (б) автомобиля «Гидроход-49061»

довательским автомобильным и автотормным институтом «НАМИ» трехосный автомобиль «Гидроход-49061» (рис. 4) [8].

Из результатов анализа спроса на создаваемое МВТС с колесной формулой 8×8 и рекомендуемыми параметрами следует, что конкурентоспособная машина должна относиться к меньшей весовой категории, иметь независимую подвеску, систему управления поворотом всех колес и шины сверхнизкого давления.

Для выбора параметров ГОТ необходимо провести тягово-скоростной расчет. Динамический фактор определяется по зависимости [8]

$$D_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^{z_M} T_i}{G_a r_k} = \frac{i_{p,m} \eta_{p,m} \left[(p_H^{\max} - p_n - \Delta p_{\text{пот}}) q_M^{\max} \eta_{M,m} \right] z_M}{2\pi \cdot 10^2 G_a r_k},$$

а максимальная скорость движения по выражению [8]

$$v_{\max} = 0,377 \frac{\omega_{e \max} z_n q_n^{\max} \eta_{V_n}^{p_w \min} r_k}{i_{p,n} i_{p,m} (2 - \eta_{V_M}^{p_w \min}) z_M q_n^{\min}},$$

где T_i — момент, подводимый к i -му колесу машины; G_a — масса автомобиля; r_k — радиус качения колеса; $i_{p,m}$ и $i_{p,n}$ — передаточные числа редукторов мотора и насоса; $\eta_{p,m}$ — КПД редуктора мотора; p_H^{\max} — максимальное давление, развиваемое насосом; p_n — давление подпитки; $\Delta p_{\text{пот}}$ — потери давления в гидроконтуре; q_M^{\max} — максимальный рабочий объем мотора; $\eta_{M,m}$ — механический КПД мотора; z_M — число моторов и насосов; $\omega_{e \max}$ — максимальная угловая скорость двигателя; z_n — число моторов и насосов; q_n^{\max} и q_n^{\min} — максимальный и минимальный рабочие объемы насоса; $\eta_{V_n}^{p_w \min}$ и $\eta_{V_M}^{p_w \min}$ — объемные КПД насоса и мотора при минимальном перепаде давлений рабочей жидкости в нагнетательной и сливной гидролиниях.

Примеры полученных динамических характеристик показаны на рис. 5.

Для повышения эффективности функционирования и снижения энергетических затрат на движение МВТС необходимо осуществлять индивидуальное управление движителями, что требует разработки алгоритмов управления гидромашинами.

Для первоначальной настройки и регулировки ГОТ разработана модель в программном комплексе Matlab/Simulink. Основные уравне-

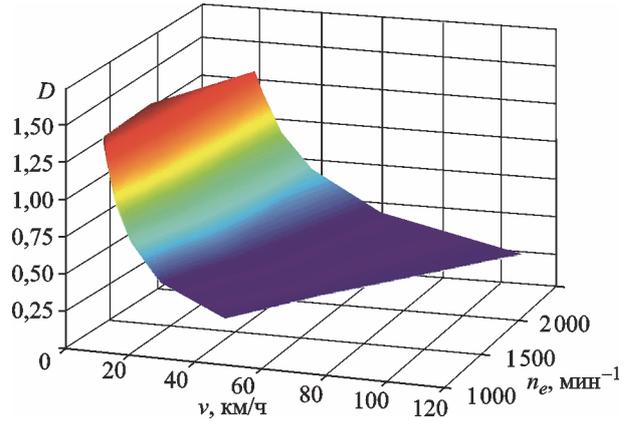


Рис. 5. Динамическая характеристика МВТС (n_e — частота вращения коленчатого вала двигателя)

ния взаимосвязи параметров гидромашин имеют следующий вид:

- для насоса

$$T_H = p_w q_n (2\pi \eta_n)^{-1}; \quad Q_H = q_n \omega_n \eta_{V_n};$$

- для мотора

$$T_M = p_w q_m \eta_M (2\pi)^{-1}; \quad Q_M = q_m \omega_M \eta_{V_M}^{-1},$$

где T_H , T_M и Q_H , Q_M — крутящие моменты и подачи насоса и мотора соответственно; η_n и η_M — КПД насоса и мотора; p_w — перепад давлений рабочей жидкости в нагнетательной и сливной гидролиниях; q_n , q_m и η_{V_n} , η_{V_M} — рабочие объемы и объемные КПД насоса и мотора соответственно; ω_n и ω_M — частоты вращения насоса и мотора.

Соотношение моментов на валах гидромоторов рассчитывается из следующего соотношения [8]:

$$T_{M1} : T_{M2} : T_{M3} : \dots : T_{Mn} \approx q_{M1} : q_{M2} : q_{M3} : \dots : q_{Mn}.$$

Угловые скорости гидромоторов вычисляются из зависимости [8]

$$Q_H \approx q_{M1} \omega_{M1} + q_{M2} \omega_{M2} + q_{M3} \omega_{M3} + \dots + q_{Mn} \omega_{Mn}.$$

Подводимый к ведущему колесу крутящий момент от гидронасоса идет на преодоление сопротивлений качению, разгон колеса и реализацию тягового усилия. Общее уравнение динамики колеса имеет вид:

$$I_k \dot{\omega}_k = T_M i_{p,m} \eta_{p,m} - T_{\text{сопр}},$$

где I_k — момент инерции колеса; $\dot{\omega}_k$ — ускорение вращения колеса; $T_{\text{сопр}}$ — момент сопротивления вращению колеса.

Моделирование взаимодействия колеса с местностью имеет свои особенности для шин

сверхнизкого давления, так как характер распределения давлений для них в значительной степени обусловлен жесткостью каркаса шины.

Момент сопротивления вращению колеса определяется моментом сопротивления качению колеса и моментом, который создает тангенциальная составляющая силы взаимодействия колеса с опорным основанием:

$$T_{\text{сопр}} = T(R_z) + T(R_x).$$

Более подробно модель работы ГОТ при движении многоосного транспортного средства описана в работах [8–10].

Представленный расчетный аппарат позволяет анализировать алгоритмы регулирования параметров ГОТ для достижения требуемых показателей подвижности, проходимости и энергоэффективности в условиях бездорожья с учетом факторов, влияющих на параметры работы МВТС. При этом контроль буксования обеспечивает максимальную силу тяги и минимальное сопротивление качению колеса.

Для выбора рациональных настроек системы управления ГОТ анализировались следующие алгоритмы [11–15]:

- регулирования буксования колес борта по известной линейной скорости движения центра масс шасси МВТС;
- «высокопорогового» (по «сильному» колесу) регулирования колес борта шасси МВТС (с ограничением углового ускорения колес);
- регулирования буксования колес по средней скорости вращения колес борта шасси МВТС.

При моделировании МВТС двигалось по разным опорным основаниям. Например, виртуальные заезды осуществлялись по поверхности с высоким сцеплением и переездом на участок с низким, а также по поверхности с высокими сцепными свойствами с чередованием

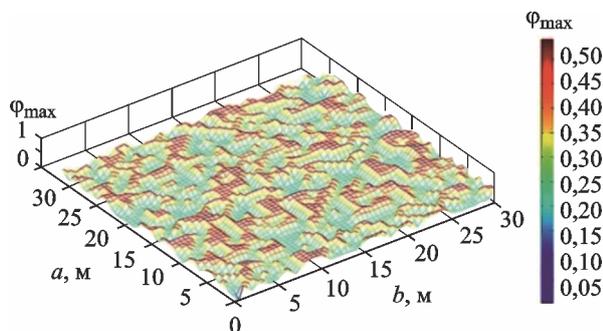


Рис. 6. Графическая интерпретация задания условий движения (ϕ_{max} — коэффициент сцепления)

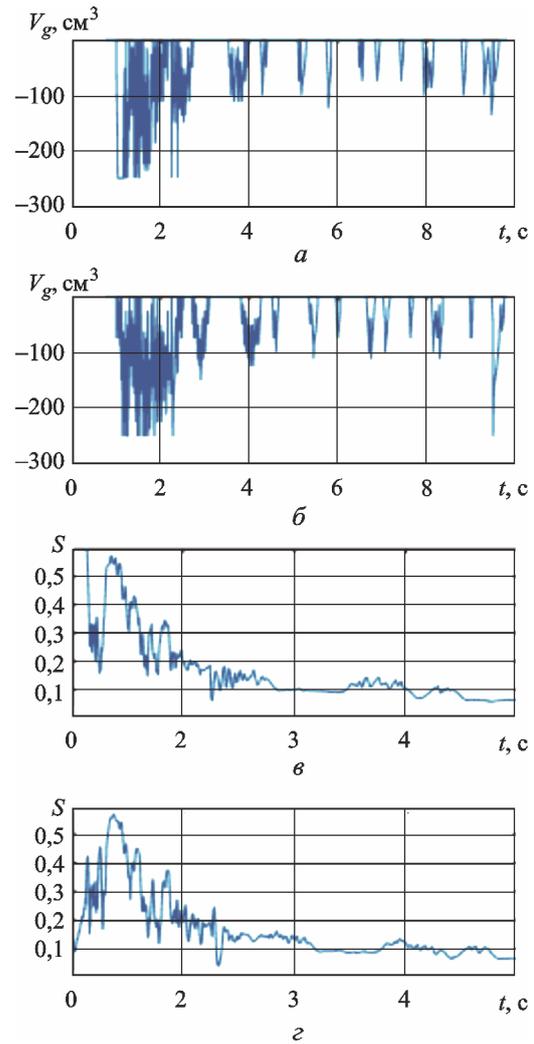


Рис. 7. Зависимости объемов V_g третьего (а), четвертого (б) гидромоторов и буксования S третьего (в), четвертого (з) колес правого борта МВТС от времени t

участков с низким сцеплением. Наиболее сложным для работы системы управления ГОТ является поверхность типа «микст» со случайным заданием параметров. При моделировании задавалось сочетание поверхностей типа снег и грунт с характеристиками, распределенными по нормальному закону распределения. Графическая картина участка движения показана на рис. 6, а примеры изменения параметров ГОТ и МВТС по результатам моделирования работы системы управления — на рис. 7.

По результатам численного моделирования сделаны выводы об эффективности использования разработанных алгоритмов управления гидрообъемным приводом колесных движителей МВТС. Эффективность работы системы управления ГОТ тем выше, чем изменчивее ха-

рактические опорных оснований, по которым происходит движение. Так, для ступенчатого изменения параметров полотна пути, характерных для случая движения по поверхности с высоким сцеплением и переездом на участок с низким сцеплением, повышение эффективности и снижение расхода топлива составляют десятые доли процента. При движении по поверхности с высокими сцепными свойствами с чередованием участков с низким сцеплением эффективность увеличивается на 3...5 %, а расход топлива уменьшается на 8...14 % в зависимости от выбранной схемы регулирования. При движении по поверхности типа «микст» повышение эффективности составляет 5...10 %, а снижение расхода топлива — 11...18 % в зависимости от выбранной схемы регулирования.

Следует отметить, что с реальными условиями движения МВТС наиболее соотносится опорная поверхность типа «микст». Поэтому можно сделать вывод о том, что наряду с радикальным увеличением подвижности разработанные алгоритмы управления позволяют повысить эффективность работы ГОТ до 10 % и снизить расход топлива до 18 %.

Общий вид 3D-модели создаваемого МВТС [16, 17] приведен на рис. 8, а технические характеристики — ниже.

Основные технические характеристики МВТС

Колесная формула	8×8
Число посадочных мест	13
Кузов	Цельнометаллический
Грузоподъемность, кг	3 500
База, мм	4 350
Колея, мм	2 100
Дорожный просвет, мм	550
Двигатель:	
мощность двигателя/ЧВКВ, кВт (л.с.)/ мин ⁻¹	110 (150)/2 400
крутящий момент/ЧВКВ, Н·м/ мин ⁻¹	490/1 500...1 700
Трансмиссия	Гидростатическая
Гидронасосы:	
тип	С регулируемым объемом
рабочий объем, см ³	125
число, шт.	2
Гидромоторы:	
тип	С регулируемым объемом
рабочий объем, см ³	107
число, шт.	8
Размер шин	1 300×700
Рабочее давление в шине, кПа (кг/см ²)	15...80 (0,15...0,8)

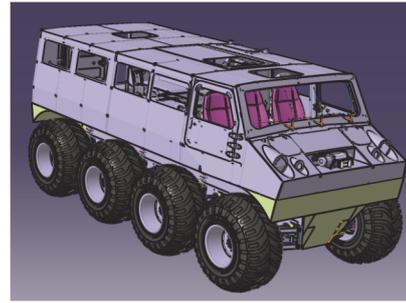


Рис. 8. Общий вид 3D-модели МВТС

Минимальное давление шины на грунт, кПа (кг/см ²)	12 (0,12)
Максимальная скорость передвижения, км/ч:	
по автодороге	60
по воде	5
Габаритные размеры, мм:	
длина	5 650
ширина	2 800
высота	2 800
Снаряженная масса, кг	4 500

Примечание. ЧВКВ — частота вращения коленчатого вала.

Выводы

1. Проведен анализ компоновочных схем и конструкций вездеходных машин с колесной формулой 8×8.
2. Получены статистические зависимости мощностных характеристик, грузоподъемности и среднего давления на грунт от полной массы машин данного класса, а также рациональные параметры для проектирования конкурентоспособного МВТС: полная масса 8 000...9 000 кг, грузоподъемность не менее 3 000 кг, удельная мощность не более 15 кВт/т, среднее давление шины на грунт 10,2...10,8 кПа.
3. Обосновано, что из существующих бесступенчатых трансмиссий для условий российской индустрии наилучшей является гидрообъемная.
4. Проанализированы различные законы управления ГОТ: по известной линейной скорости движения центра масс, алгоритм «высокопорогового» (по «сильному» колесу) регулирования колес борта шасси МВТС (с ограничением углового ускорения колес), по средней скорости вращения колес борта.
5. Установлено, что в зависимости от выбранной схемы регулирования и условий движения эффективность увеличивается до 10 %, а расход топлива снижается до 18 %.

6. Дальнейшая работа связана с проведением экспериментальных исследований в условиях бездорожья. При этом планируется получить необходимые результаты, которые будут способствовать устранению недостатков конструкции и алгоритмов управления работой ГОТ, а также наметить пути повышения энергоэффективности машины.

Литература

- [1] URL: <http://avtoros.info/en/node/240> (дата обращения 16 мая 2016).
- [2] URL: <http://www.skarn.ru> (дата обращения 29 апреля 2016).
- [3] URL: <http://www.gruzovikpress.ru> (дата обращения 1 марта 2016).
- [4] URL: <http://xpen.komi-nao.ru/> (дата обращения 11 мая 2016).
- [5] URL: <http://trom8x8.ru/> (дата обращения 5 мая 2016).
- [6] URL: <http://komz.ru> (дата обращения 15 марта 2016).
- [7] Барахтанов Л.В., Беяков В.В., Зезюлин Д.В., Макаров В.С., Манянин С.Е., Тропин С.Л. Обоснование рациональной конструкции вездеходного транспортного средства с колесной формулой 8×8. *Вестник машиностроения*, 2015, № 6, с. 3–5.
- [8] Шухман С.Б., Соловьев В.И., Прочко Е.И. *Теория силового привода колес автомобилей высокой проходимости*. Москва, Агробизнесцентр, 2007. 336 с.
- [9] Белоусов Б.Н., Шухман С.Б. *Прикладная механика наземных тягово-транспортных средств с мехатронными системами*. Москва, Агроконсалт, 2013. 612 с.
- [10] Курмаев Р.Х. *Метод повышения эффективности полноприводной многоосной машины с гидрообъемной трансмиссией за счет использования корректирующих алгоритмов*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2009. 229 с.
- [11] Лепешкин А.В. Методика создания «интеллектуальной» системы автоматического адаптивного управления трансмиссией многоприводной колесной машины. *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*, 2012, т. 1, № 2 (14), с. 222–228.
- [12] Горелов В.А., Масленников А.А., Тропин С.Л. Прогнозирование характеристик криволинейного движения многоосной колесной машины при различных законах всеколесного рулевого управления. *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2012, № 5. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/403845.html> (дата обращения 10 апреля 2016).
- [13] Котиев Г.О., Горелов В.А., Мирошниченко А.В. Синтез системы управления тяговыми электродвигателями для индивидуального привода ведущих колес автомобиля. *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2011, № 12. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/282533.html> (дата обращения 20 августа 2012).
- [14] Горелов В.А., Котиев Г.О., Мирошниченко А.В. Алгоритм управления индивидуальным приводом колесных движителей транспортных средств. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2011, спец. вып. Энергетическое и транспортное машиностроение, с. 39–58.
- [15] Серебряный И.В. *Повышение опорной проходимости полноприводного автомобиля путем рационального распределения мощности по колесам*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2009. 161 с.
- [16] Zeziulin D. Makarov V., Belyaev A., Belyakov V. Development of multi-wheeled all-terrain vehicle with hydrostatic transmission driveline. *13th European Conference of the International Society for Terrain-Vehicle Systems*, Rome, Italy, October 21–23, 2015, pp. 517–523.
- [17] Belyakov V., Kurkin A, Makarov V., Zeziulin D. Multifunctional vehicle for coastal areas. *Proceedings of the 12th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, 2015, pp. 945–951.

References

- [1] Available at: <http://avtoros.info/en/node/240> (accessed 16 May 2016).
- [2] Available at: <http://www.skarn.ru> (accessed 29 April 2016).

- [3] Available at: <http://www.gruzovikpress.ru> (accessed 1 March 2016).
- [4] Available at: <http://xpen.komi-nao.ru/> (accessed 11 May 2016).
- [5] Available at: <http://trom8x8.ru/> (accessed 5 May 2016).
- [6] Available at: <http://komz.ru> (accessed 15 March 2016).
- [7] Barakhtanov L.V., Beliakov V.V., Zeziulin D.V., Makarov V.S., Manianin S.E., Tropin S.L. Obosnovanie ratsional'noi konstruktssii vezdekhodnogo transportnogo sredstva s kolesnoi formuloi 8×8 [Substantiation of rational design of cross country transport vehicle with 8×8 axle arrangement]. *Vestnik mashinostroeniia* [Russian Engineering Research]. 2015, no. 6, pp. 3–5.
- [8] Shukhman S.B., Solov'ev V.I., Prochko E.I. *Teoriia silovogo privoda koles avtomobiley vysokoi prokhodimosti* [Theory of power drive all-terrain vehicles wheels]. Moscow, Agrobiznest-sentr publ., 2007. 336 p.
- [9] Belousov B.N., Shukhman S.B. *Prikladnaia mekhanika nazemnykh tiagovo-transportnykh sredstv s mekhatronnymi sistemami* [Applied Mechanics ground towing vehicles with mechatronic systems]. Moscow, Agrokonsalt publ., 2013. 612 p.
- [10] Kurmaev R.Kh. *Metod povysheniia effektivnosti polnoprivodnoi mnogoosnoi mashiny s gidroob"emnoi transmissiei za schet ispol'zovaniia korrektruiushchikh algoritmov*. Diss. kand. tekhn. nauk [Method of increasing the efficiency of all-wheel drive multi-axis machine with hydrostatic transmission through the use of corrective algorithms. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2009. 229 p.
- [11] Lepeshkin A.V. Metodika sozdaniia «intellektual'noi» sistemy avtomaticheskogo adaptivnogo upravleniia transmissiei mnogoprivodnoi kolesnoi mashiny [Methods of creating an «intelligent» automatic adaptive transmission control multidrive wheeled vehicle]. *Izvestiia Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI* [Proceedings of the Moscow State Technical University MAMI]. 2012, vol. 1, no. 2 (14), pp. 222–228.
- [12] Gorelov V.A., Maslennikov A.A., Tropin S.L. Prognozirovaniie kharakteristik krivoliniinogo dvizheniia mnogoosnoi kolesnoi mashiny pri razlichnykh zakonakh vsekolosnogo rulevogo upravleniia [Forecasting performance of curvilinear motion in multi wheeled vehicles for different all-wheel steering laws]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Bauman* [Science and Education. Bauman MSTU]. 2012, no. 5. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/403845.html> (accessed 10 April 2016).
- [13] Kotiev G.O., Gorelov V.A., Miroshnichenko A.V. Sintez sistemy upravleniia tiagovymi elektrodvigateliami dlia individual'nogo privoda vedushchikh koles avtomobilia [Synthesis of control traction motor for individual drive wheeled vehicle]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Bauman* [Science and Education. Bauman MSTU]. 2011, no. 12. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/282533.html> (accessed 20 August 2012).
- [14] Gorelov V.A., Kotiev G.O., Miroshnichenko A.V. Algoritm upravleniia individual'nym privodom kolesnykh dvizhitelei transportnykh sredstv [Individual drive control algorithm wheel propulsion vehicles]. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Mashinostroenie* [Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Mechanical Engineering]. 2011, special issue Energeticheskoe i transportnoe mashinostroenie, pp. 39–58.
- [15] Serebrennyi I.V. *Povyshenie opornoii prokhodimosti polnoprivodnogo avtomobilia putem ratsional'nogo raspredeleniia moshchnosti po kolesam*. Diss. kand. tekhn. nauk [Increased support cross-wheel drive vehicle through the rational distribution of power at the wheels. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2009. 161 p.
- [16] Zeziulin D., Makarov V., Belyaev A., Belyakov V. Development of multi-wheeled all-terrain vehicle with hydrostatic transmission driveline. *13th European Conference of the International Society for Terrain-Vehicle Systems*, Rome, Italy, October 21–23, 2015, pp. 517–523.
- [17] Belyakov V., Kurkin A., Makarov V., Zeziulin D. Multifunctional vehicle for coastal areas. *Proceedings of the 12th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, 2015, pp. 945–951.

Информация об авторах

БЕЛЯКОВ Владимир Викторович (Нижний Новгород) — доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и тракторы». ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (603950, Нижний Новгород, Российская Федерация, ул. Минина, д. 24, e-mail: nauka@nntu.nnov.ru).

ЗЕЗЮЛИН Денис Владимирович (Нижний Новгород) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и тракторы». ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (603950, Нижний Новгород, Российская Федерация, ул. Минина, д. 24, e-mail: balaknaman@gmail.com).

МАКАРОВ Владимир Сергеевич (Нижний Новгород) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и тракторы». ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (603950, Нижний Новгород, Российская Федерация, ул. Минина, д. 24, e-mail: makvl2010@gmail.com).

КУРКИН Андрей Александрович (Нижний Новгород) — доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник. ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (603950, Нижний Новгород, Российская Федерация, ул. Минина, д. 24, e-mail: aakurkin@gmail.com).

Information about the authors

BELYAKOV Vladimir Viktorovich (Nizhny Novgorod) — Doctor of Science (Eng.), Professor, Department of Automobiles and Tractors. Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev (603950, Nizhny Novgorod, Russian Federation, Minin St., Bldg. 24, e-mail: nauka@nntu.nnov.ru).

ZEZYULIN Denis Vladimirovich (Nizhny Novgorod) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Automobiles and Tractors. Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev (603950, Nizhny Novgorod, Russian Federation, Minin St., Bldg. 24, e-mail: balaknaman@gmail.com).

MAKAROV Vladimir Sergeevich (Nizhny Novgorod) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Automobiles and Tractors. Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev (603950, Nizhny Novgorod, Russian Federation, Minin St., Bldg. 24, e-mail: makvl2010@gmail.com).

KURKIN Andrey Aleksandrovich (Nizhny Novgorod) — Doctor of Science (Physics and Maths), Professor, Chief Research Scientist. Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev (603950, Nizhny Novgorod, Russian Federation, Minin St., Bldg. 24, e-mail: aakurkin@gmail.com).



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана
вышел в свет учебник
Р.З. Кавтарадзе

«Локальный теплообмен в поршневых двигателях»

Учебник посвящен исследованию локального теплообмена в поршневых двигателях. Значительная его часть написана на основе результатов, полученных в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Ряд вопросов в теории поршневых двигателей рассматривается впервые. В данный учебник, написанный на основе учебного пособия с тем же названием (1-е изд. — 2001 г., 2-е изд. — 2007 г.), включены новые материалы, отражающие достижения последних лет в этой области науки. Содержание учебника соответствует курсу лекций, который автор читает в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для магистрантов, аспирантов, научных и инженерно-технических работников, занимающихся созданием перспективных двигателей, а также исследованием и доводкой существующих моделей.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;

press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru