

УДК 629.113

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ ШКОЛ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ВЕЗДЕХОДНЫХ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Г. О. Котиев / МГТУ им. Н. Э. Баумана
С. В. Бахмутов, М. В. Нагайцев / ФГУП «НАМИ»

Начало интенсивных научных исследований и конструкторских разработок отечественных вездеходных транспортных средств относится к 1918 году и связано с созданием Научной автомобильной лаборатории.

К классу вездеходной наземной техники принадлежат машины высокой проходимости (амфибийные, снегоходные, снегоболотоходные и т. д.) с различными типами двигателей.

Развитие научных и конструкторских школ, промышленной производственной базы по созданию вездеходов в довоенные и послевоенные годы привело к формированию к началу девяностых годов целого научно-производственного направления в масштабах РФ, объединяющего отраслевые НИИ (НАМИ, НАТИ, ВНИИТрансмаш, ЦАГИ), научно-исследовательские подразделения вузов (МГТУ (МВТУ) им. Н. Э. Баумана, НГТУ им. Р. Е. Алексеева (Горьковский политехнический институт им. А. А. Жданова), МАДИ, МАМИ, МГИУ (ВТУЗ-ЗИЛ) и др.), заводские КБ (УКЭР ГАЗ, СКБ ЗИЛ им. В. А. Грачёва, СКБМ (г. Курган) и др.), опытные и серийные производства заводов (ГАЗ, ЗИЛ, УАЗ, ВАЗ, УралАЗ, ЗЗГТ (г. Заволжье), Курганмашзавод, Ишимбайтрансмаш, Кировский завод, Рубцовский машиностроительный завод), НИИИ Министерства обороны РФ (21 — г. Бронницы, 38 — п. Кубинка, 15 — п. Нахабино), институт СТиС МВД РФ (рис. 1–3). Таким образом, создание вездеходной техники и подготовка специалистов в этой области в интересах экономики и безопасности страны являлись важнейшими государственными задачами.

Созданные конструкции удовлетворяли потребности частных владельцев, природоохранной и добывающих отраслей, силовых ведомств и спасателей.

Научно-технический и кадровый задел послужил появлению многочисленных малых производств вездеходной техники: от единичных «самоделок»

до серий в несколько сот образцов в год. Наиболее известными предприятиями такого рода являются «Артиктранс», «Трэкол», «НАМИ-сервис», ЗВМ, «Транспорт», «Спецтех», «Бронто», «Авторос», ОКБ ВТС, «Петрович», «Старатель». Существует также множество других компаний.

Основные конструктивные исполнения вездеходов можно классифицировать по типу движителя: колёсные (в том числе на шинах сверхнизкого давления), гусеничные (в том числе на ленточных и пневмогусеницах, с двигателем «Аэрол»), шагающие (в том числе колёсно-шагающие), машины с частичной разгрузкой воздушной подушкой, роторно-винтовые (шнекоходы), аэросани (на лыжах и на воздушной подушке); по типу трансмиссии: механические, гидравлические, электрические; по показателям массы транспортного средства: от особо лёгких до сверхтяжёлых автопоездов; по назначению: грузовые, пассажирские, грузопассажирские, технологические.

Конструктивный облик вездеходной техники определяется заданной географической принадлежностью. Однако общими эксплуатационными свойствами, направленными на обеспечение безопасности (в том числе экологической) и энергоэффективности, для всех типов вездеходной техники являются: высокая подвижность (опорная и профильная проходимость, амфибийность, быстрходность, управляемость и устойчивость, автономность), надёжность, обитаемость, экологичность (в первую очередь по воздействию на опорное основание).

С ростом рынка вездеходной техники требования по экологическим свойствам становятся первоочередными. Основных крупных потребителей по степени снижения требований к экологическим свойствам вездеходов можно расположить в следующем порядке: Минприроды, Минсельхоз, Минтранс, Минздрав, добывающие отрасли, МЧС, ФСБ, МВД, Министерство обороны. Кроме того, сложные условия эксплуатации, многочисленные аварийные ситу-

Рисунок 1. Разработки отечественных научных школ в области создания вездеходных наземных транспортных средств



Рисунок 2. Разработки отечественных научных школ в области создания вездеходных наземных транспортных средств

ации, связанные с гибелью людей и потерей ценных грузов, определяют безопасность как одно из важнейших эксплуатационных свойств. В этой связи задачей в масштабах страны является создание регламента о безопасности вездеходных транспортных средств, который может быть разработан на базе технологической платформы «Зелёный автомобиль»



Рисунок 3. Разработки отечественных научных школ в области создания вездеходных наземных транспортных средств

с привлечением всех заинтересованных сторон: производителей, потребителей, конструкторских коллективов и отраслевых НИИ.

Основные направления развития вездеходной техники полностью согласуются с Перечнем критических технологий РФ и Приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники в РФ (Указ Президента РФ от 07.07.2011 № 899): повышение энергоэффективности и безопасности путём совершенствования конструкции за счёт применения новых материалов и энергоносителей; интеллектуализация энергоустановок, трансмиссий и движителей; создание безэкипажного транспорта; разработка экономически актуальной техники.

Решение указанных задач предполагает развитие научных направлений и проведение исследований, опирающихся на теоретические разработки, стендовые и натурные эксперименты.

Одним из эффективных методов создания перспективных конструкций является применение новых расчётно-экспериментальных технологий.

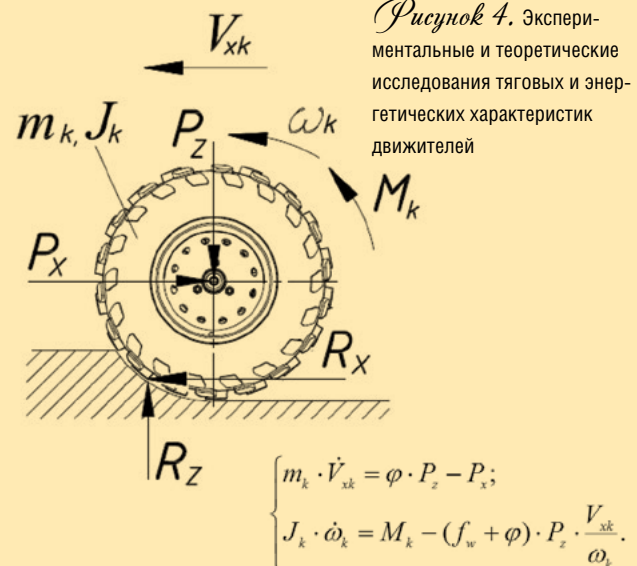
Современная теория движения вездеходной техники направлена, прежде всего, на оптимизацию

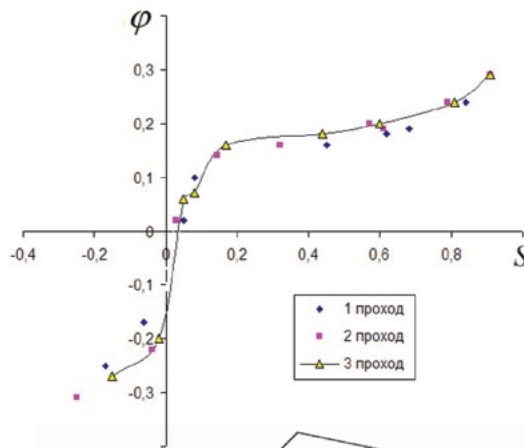
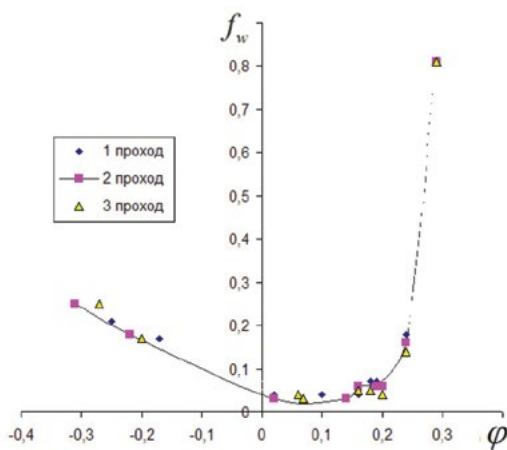
конструкции движителей, определение характеристик энергоустановки и выбор типа трансмиссии. Достиженные показатели подвижности вездеходной техники доказывают высокую эффективность существующих научных разработок.

Дальнейшее развитие теории движения предполагает интеллектуализацию вездеходной техники путём применения бортовых информационно-управляющих систем (БИУС).



Рисунок 4. Экспериментальные и теоретические исследования тяговых и энергетических характеристик движителей





$$m_c \cdot \dot{V}_{Xc} = 2 \cdot \sum_{i=1}^3 P_{Xi} - (m_c \cdot g \cdot \sin(\alpha) + P_{KP})$$

$$I_{ki} \cdot \dot{\omega}_{ki} = M_{Ki} - (1 - S_{Bi})(f_{wi} + \varphi_i) \cdot R_{Zi} \cdot r_{Ko}$$

$$m_{Ki} \cdot a_{XKi} = \varphi_i \cdot R_{Zi} - P_{Xi} - m_{Ki} \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

$i=1..3.$

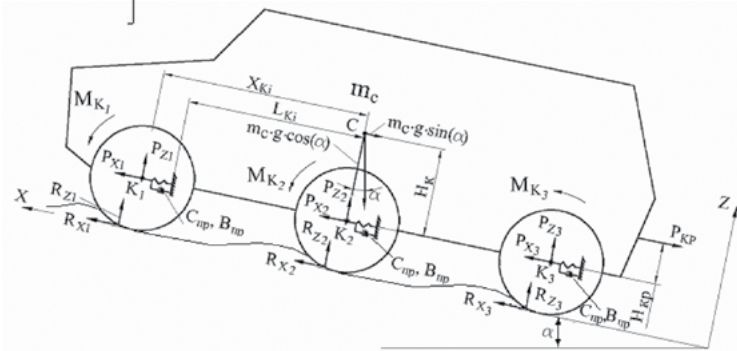


Рисунок 5. Теоретические исследования тяговых и энергетических характеристик вездеходных наземных транспортных средств

Рассмотрим, например, алгоритм создания интеллектуальной системы распределения потоков мощности к индивидуальным двигателям, контактирующим с опорным основанием (рис. 4, 5).

Пусть теоретически обоснован тип движителя для вездехода и оптимизированы конструктивные параметры (современная теория позволяет математически описать поведение движителя и подтвердить показатели эффективности экспериментальными исследованиями на стендах типа «грунтовой канал» для различных условий эксплуатации).

Созданы трансмиссия (механического, электрического, гидравлического типов) и БИУС, позволяющие управлять подводимой мощностью к индивидуальным двигателям, — современные узлы, агрегаты и электронные ресурсы позволяют технически это реализовать.

По результатам экспериментальных исследований в «грунтовой канал» для возможных случаев прямолинейного и криволинейного движения с разным числом «проходов», а также грунтовых условий (песок, болото, снег различных типов и др.) определим потребную подводимую мощность для получения оптимальных характеристик по энергозатратам, свободной тяге, экологическому воздействию на основание, то есть движитель и привод «обучаются» на совокупности условий эксплуатации. Таким образом, будет получена база данных, необходимая для оптимального распределения мощности.

Далее на реальном объекте с использованием сенсорных устройств (датчиков углового положения транспортного средства, угловой скорости привода, ускорений и угловых скоростей транспортного средства, динамометрических колёс, пенетрометров с высоким быстродействием и др., включая инерциальные системы) и нейросетевых технологий БИУС распознаёт условия движения и определяет оптимальное распределение мощности по каждому движителю.

В настоящее время эффективность такого подхода подтверждена многочисленными вычислительными экспериментами на ЭВМ с использованием имитационного математического моделирования динамики транспортных средств и требует создания опытных образцов, а также проведения широких экспериментальных исследований.

В то же время существует способ создания техники, в основу которого положена, прежде всего, экономическая целесообразность. Это разработанная технология колёсных машин высокой проходимости (КМВП) на базе шасси серийных полноприводных автомобилей грузоподъёмностью от двух тонн (рис. 6, 7).

Проведённый анализ тягово-динамических свойств серийно выпускаемых автомобилей и возможных компоновочных решений показал, что эффективность использования базовых шасси при разработке КМВП.

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Такой подход имеет ряд преимуществ по сравнению с разработкой КМВП с нуля:

- 1) сокращение сроков и стоимости разработки КМВП;
- 2) снижение затрат на организацию производства: базовое шасси (машкомплект) серийно изготавливается на заводском конвейере, а переработка в КМВП может осуществляться на ремонтных заводах или заводах, специализирующихся на установке различного оборудования на серийные шасси;
- 3) возможность применения с минимальными доработками серийно изготавливаемых модулей (вахтовок, кузовов-фургонов) и технологических надстроек, устанавливаемых на базовые шасси;
- 4) использование существующей сети обеспечения запасными частями и существующих ремонтных предприятий для технического обслуживания КМВП;
- 5) минимальные затраты времени и средств на переучивание водителей;
- 6) обеспечение заводов-изготовителей базовых шасси дополнительными заказами.

Основным параметром, определяющим опорную проходимость КМВП, является давление колёсного движителя на грунт, которое уменьшается при прочих равных условиях с увеличением размеров колеса — диаметра и ширины, поэтому особую важность при создании КМВП имеет определение рациональных размеров колёсного движителя — шины низкого давления.

Выбор наружного диаметра шины определяется следующими условиями: диаметр должен быть максимально большим для обеспечения большей площади контакта с опорной поверхностью и дорожного просвета, при этом высота КМВП не должна превышать четырёх метров для обеспечения возможности движения под мостами и путепроводами. Вместе с тем увеличение наружного диаметра шины приводит к уменьшению максимальных углов поворота управляемых колёс, что можно компенсировать увеличением колеи КМВП или переходом на другую схему поворота (например, с помощью шарнирно-сочленённой рамы). Увеличение ширины шины положительно влияет на опорную проходимость, однако может приводить к увеличению сопротивления движению КМВП, а также ограничивает максимальные углы поворота колёс.

Следует учитывать, что установка на базовое шасси колёс с очень большим наружным диаметром может привести к необходимости введения в трансмиссию КМВП дополнительных редукторов для сохранения приемлемых тяговых показателей, что усложняет конструкцию и противоречит принятой концепции, поэтому наружный диаметр шины должен быть таким, чтобы передаточное число понижающей передачи в раздаточной коробке базового шасси было достаточным для обеспечения необходимых тяговых свойств КМВП без внесения изменений в трансмиссию.

Приведённым выше условиям соответствуют шины с наружным диаметром 1 500... 1 800 мм и шириной



Рисунок 6. Технология колёсных машин высокой проходимости на базе шасси серийных полноприводных автомобилей



Рисунок 7. Технология колёсных машин высокой проходимости на базе шасси серийных полноприводных автомобилей

650... 1 100 мм. В России и странах СНГ шины данной размерности выпускаются серийно для установки на сельскохозяйственную технику. Например, шина ВЛ-41 производства ОАО «Волтайр-Пром» (г. Волгоград) имеет наружный диаметр 1 722 мм и ширину 728 мм; шина SB-1 производства ОАО «Днепрошина» (Украина) — наружный диаметр 1 650 мм и ширину 1 052 мм. Для снижения нагрузки трансмиссии протектор этих шин сельскохозяйственного назначения может быть доработан.

Рассмотрим основные особенности конструкции КМВП в сравнении с базовым шасси. Установка колёс большого диаметра на базовые шасси с колёсной формулой 6 × 6 и 8 × 8, имеющие балансирные подвески, приводит к необходимости увеличения расстояния между соответствующими мостами балансирной тележки (базы), изменения длины рессор и направляющих реактивных штанг, а также карданных валов к этим мостам. Применение больших колёс на управляемых мостах вызывает недопустимое увеличение усилия на рулевом колесе, поэтому требуется модификация гидроусилителя рулевого управления, которая может заключаться в установке насоса большей производительности и дополнительного гидроцилиндра, связанного с управляемыми колёсами. Ещё одной особенностью конструкции КМВП является более высокое положение кабины по сравнению с базовым шасси. Это вызвано необходимостью обеспечения свободного пространства для ко-

лёс при работе подвески и рулевого управления. В связи с этим же высота монтажа модулей и технологического оборудования на КМВП также увеличивается. Отметим, что указанные доработки положительно сказываются на бродоходности КМВП. Для КМВП, которые планируется эксплуатировать в условиях низких температур, необходимы также следующие доработки конструкции базового шасси: утепление кабины, установка дополнительных автономных отопителей, установка подогрева элементов топливной системы, осушение воздуха и др.

Следует отметить, что внесение указанных изменений в конструкцию базового шасси приводит к увеличению нагруженности элементов трансмиссии, ходовой части, несущей системы, систем управления КМВП и, следовательно, к снижению ресурса машины в целом. К снижению ресурса КМВП по сравнению с базовым шасси также приводит увеличение доли времени эксплуатации этих машин в тяжёлых дорожных условиях и на бездорожье. В этой связи сроки амортизации транспортных средств должны соответствовать вездеходам, а не базовым автомобилям.

Для реализации данной технологии в качестве базовых были выбраны шасси серийных полноприводных автомобилей, выпускаемые на основных отечественных заводах: ГАЗ-3308, Урал-4320, КамАЗ-6560. К настоящему времени опытные образцы КМВП (общим количеством более ста единиц) прошли испытания, в том числе в условиях полуострова Ямал, и подконтрольную эксплуатацию на предприятиях ОАО «Газпром».

Проведённые исследования и испытания разработанных образцов показали, что при движении по грунтовым и снежным дорогам КМВП имеют приблизительно одинаковые технико-эксплуатационные показатели с автотранспортом, в то же время движение КМВП вне дорог может производиться со средними скоростями, обеспечивающими приемлемые экономические показатели грузовых и пассажирских перевозок.

В заключение следует отметить, что создание новой вездеходной техники не представляется возможным без профильных центров (аналогов НИЦИАМТ в разных климатических зонах) для проведения исследований, испытаний и доводки конструкций, а также обучения приёмам вождения и технике эксплуатации.