

Прогнозирование подвижности специальных колесных шасси на стадии проектирования

© Г.О. Котиев, Б.В. Падалкин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрены вопросы прогнозирования подвижности специальных колесных шасси нового поколения с использованием имитационного математического моделирования движения в различных условиях эксплуатации, а также проблема совместного моделирования процессов разной физической природы, непрерывных и дискретных при теоретическом исследовании движения специального колесного шасси.

Ключевые слова: специальное колесное шасси, подвижность, всеколесное рулевое управление, электрический привод колес, пневмогидравлическая подвеска, бортовая информационно-управляющая система.

Специальные колесные шасси (СКШ) являются особым видом военной автомобильной техники (ВАТ) и предназначены для монтажа, транспортирования и обеспечения боевого применения комплексов вооружения, средств боевого управления, связи и т. д. СКШ во многом определяют боевой потенциал сил ядерного сдерживания, средств противовоздушной обороны, Сухопутных войск и др. [1, 2]. Особенности современных конструкций СКШ являются многоосность и постоянный привод всех колес (колесные формулы СКШ $8 \times 8 \dots 16 \times 16$), применение независимых подвесок колес (в том числе с использованием пневмогидравлических рессор) и всеколесного рулевого управления. В настоящее время развитие СКШ в России находится на новом этапе (рис. 1–3). Стремление обеспечить безопасность движения СКШ и энергоэффективность при одновременном повышении подвижности заставляет разработчиков использовать нетрадиционные для ВАТ конструктивные решения:

- применение электромотор-колес с возможностью индивидуального управления подводимой мощностью к каждому колесу;
- использование управляемых пневмогидравлических рессор (ПГР) на каждом колесе с целью адаптации к изменяющимся параметрам возмущения от неровностей пути;
- реализация механически несвязанных систем управления поворотом каждого из колес для повышения маневренности и скорости выполнения маневров;
- применение дизельных или газотурбинных электрогенераторных установок как основного источника энергии на борту.

Сложность СКШ как управляемой системы, позволяющей при снижении требований к водителю повысить подвижность, предполагает обязательное использование бортовой информационной управляющей системы (БИУС), как правило, многопроцессорной бортовой ЭВМ, связанной с системой датчиков и исполнительных элементов. Кроме того, значение и важность транспортируемого груза предполагает использование бортовой навигационной системы.



Рис. 1. Общий вид СКШ с колесной формулой 8×8



Рис. 2. Общий вид СКШ с колесной формулой 12×12



Рис. 3. Общий вид СКШ с колесной формулой 16×16

Для прогнозирования подвижности СКШ нового поколения на стадии проектирования, позволяющего существенно сократить сроки и стоимость доводочных работ, важнейшей научной проблемой является моделирование совместной работы всех систем СКШ — создание своего рода «виртуального СКШ». Вместе с тем на стадии проектирования разработка отдельных систем и оценка эффективности их совместной работы в настоящее время невозможна без широкого использования имитационного математического моделирования рабочих процессов на ЭВМ.

Увеличение габаритных размеров и числа осей колесных транспортных средств приводит к снижению маневренности. Как правило, применяются схемы рулевого управления, в которых управляемыми являются колеса передних осей, причем тенденция такова, что с увеличением общего числа осей возрастает число передних осей, имеющих управляемые колеса. Применительно к многоосной колесной технике существенный недостаток таких схем — повышенные затраты энергии при движении по криволинейным траекториям. Это связано с тем, что за счет неуправляемых колес задних осей создается большее сопротивление повороту шасси.

Одним из направлений решения проблемы улучшения маневренности многоосной колесной техники является применение в качестве управляемых, наряду с передними, задних колес. Преимущества схем с управляемыми колесами передних и задних осей по сравнению с традиционными схемами в части повышения маневренности общеизвестны. Однако эти схемы имеют и существенный недостаток — снижается устойчивость при движении по криволинейным траекториям, что сдерживает рост средней скорости движения.

Для проведения всесторонних теоретических исследований с использованием компьютерных технологий необходима разработка математических моделей рабочих процессов СКШ (8×8 , 10×10 , 12×12 , 16×16) при реализации разных законов всеколесного рулевого управления (ВРУ), а также оценка эффективности законов в типовых случаях движения и обоснование выбора закона для реализации в БИУС.

По мере совершенствования конструкций СКШ и оснащения трансмиссиями нового типа возникает необходимость разработки новых законов и алгоритмов управления с целью обеспечения рационального распределения мощности между силовой установкой и колесными двигателями. Очевидно, что при различных условиях и режимах движения (разгон-торможение, криволинейное движение или прямолинейное преодоление подъема, движение по твердой или деформируемой опорной поверхности и т. д.) перераспределение мощности, подводимой к колесам разных бортов и осей, должно быть различным.

Для улучшения показателей важнейших эксплуатационных свойств СКШ (безопасности и подвижности) «интеллектуальная» трансмиссия должна обеспечивать непрерывное регулирование мощности, подводимой к колесному движителю, в зависимости от условий качения, т. е. должно осуществляться приспособление машины к случайно изменяющимся условиям внешней среды. Несмотря на то что данной проблеме посвящены многочисленные исследования как отечественных, так и зарубежных исследователей, анализ теоретических и практических разработок показал, что в настоящее время отсутствуют единые критерии оценки схем трансмиссий и законы распределения мощности по колесам. В то же время не существует универсального закона управления индивидуальным приводом колес. По этой причине основное преимущество «гибких» трансмиссий (возможность подведения к движителю в любой момент времени в зависимости от условий движения необходимого крутящего момента) на сегодняшний день в полном объеме не используется.

Оптимизация параметров при выборе схем раздачи мощности по колесам важна не только для обеспечения необходимых тягово-динамических свойств, но и для обеспечения энергоэффективности. Таким образом, разработка законов управления индивидуальным приводом колес для транспортных средств различной колесной формулы — важная научная задача.

Одним из основных требований, предъявляемых к быстроходным транспортным машинам, является высокая средняя скорость движения на местности. Скорость движения машины в основном зависит от удельной мощности силовой установки, совершенства системы управления машиной и качества системы поддрессоривания. При низком качестве системы поддрессоривания водитель вынужденно снижает скорость машины вследствие перегрузок или утомляемости, кроме того, практически невозможно обеспечить сохранность перевозимого груза.

Выбор характеристик упругих и демпфирующих элементов системы поддрессоривания СКШ, законов управления этими элементами с целью снижения воздействий на экипаж и перевозимый груз в разных условиях предполагает использование математического моделирования движения по дорогам и бездорожью для получения данных о перегрузках. Для этого необходимо моделировать неровности пути, соответствующие реальным условиям эксплуатации, и определять реализуемые скоростные режимы.

Использование в качестве исполнительных элементов как в системе поддрессоривания, так и в рулевом управлении пневмогидравлических устройств, предполагает обязательное решение задачи оптимального выбора их характеристик. Следовательно, возникает необходимость моделирования «внутренней» динамики систем всеколесного рулевого управления и поддрессоривания.

В рамках математических моделей рабочих процессов СКШ в целом разрабатываются математические модели гидравлической системы, в том числе системы ВРУ и ПГР. С использованием разработанных математических моделей анализируется работа ВРУ и ПГР, определяются давления в системе, являющиеся источником нагрузок в элементах конструкции, анализируются пути реализации технических требований, отрабатываются алгоритмы управления гидросистемами ВРУ и ПГР, проводится тепловой расчет гидросистемы для разных режимов и условий движения.

В энергоустановках специальных машин в качестве первичных двигателей применяют в основном дизели с наддувом. До настоящего времени обеспечение повышенных требований к подвижности техники идет по пути использования все более форсированных дизелей, которые должны работать в условиях меняющихся нагрузок и частот вращения. Опыт эксплуатации показал, что энергоустановки транспортных средств до 80...90 % времени работают на неустановившихся режимах, что приводит к снижению экономичности, потере мощности, повышению загрязнения окружающей среды, уменьшению моторесурса и безотказности работы по сравнению с аналогичными показателями, получаемыми при установившихся режимах работы. Поэтому необходимость увеличения эффективности, экономичности работы двигателя, повышения его экологических качеств и надежности в условиях неустановившихся режимов работы — актуальная проблема.

При создании транспортного средства с современной энергоустановкой, трансмиссией и «гибкой» системой автоматического управления требуется кропотливая работа по согласованию режимов и информационному взаимодействию отдельных систем. При этом значительный объем задач может быть решен методами математического моделирования. Следовательно необходимо использовать эффективные динамические модели дизелей с наддувом для СКШ, с помощью которых можно анализировать переходные процессы в дизель-генераторе с учетом процессов в основных агрегатах дизеля — в цилиндре, топливopодающей системе, системах воздухоcнабжения и газoвыпуска, турбокомпрессорах и охладителях воздуха, системе управления дизеля. Отдельные модели следует создавать и для энергоустановки с газотурбинным двигателем привода генератора.

При прогнозировании подвижности СКШ особое место занимают математические модели электротрансмиссионной установки. Разнообразие типов электромашин (генераторов и электродвигателей), накопителей энергии, систем и законов управления электромашинами делает задачу моделирования «внутренней» динамики электропривода весьма актуальной при моделировании движения СКШ в режимах разгона, установившегося движения и торможения для разных условий движения.

Актуальными являются проблема моделирования БИУС СКШ и задачи формирования комплекса моделей, необходимых для отработки программного обеспечения БИУС, программного обеспечения стенда для проверки БИУС и сопровождения процесса отработки программного обеспечения БИУС на всех этапах создания СКШ. Кроме того, актуальность задачи моделирования БИУС СКШ определяется применением большого количества взаимодействующих вычислительных средств, реализующих сложные нелинейные адаптивные алгоритмы управления системами. При этом практически все алгоритмы (всеколесного рулевого управления, управления подвеской и др.) имеют аналоговую (напряжения, давления и т. д.) и цифровую (показания цифровых датчиков и т. п.) составляющую. Все это затрудняет отладку совместной работы алгоритмов. Для решения данной проблемы необходимо разрабатывать комплекс моделей БИУС: информационные, структурные, имитационные и др. Отдельной проблемой является разработка математического и алгоритмического обеспечения блока инерциальных и навигационных датчиков в составе БИУС СКШ с целью анализа и отработки алгоритмов управления. В этой связи необходима расчетная и экспериментальная проверка функционирования системы определения параметров движения при выбранном приборном составе и структуре (обеспечение точности и надежности решения навигационной задачи и выработки переменных для целей управления системами СКШ).

В заключение необходимо подчеркнуть следующее:

- прогнозирование подвижности специальных колесных шасси нового поколения на стадии проектирования должно базироваться на использовании совокупности комплексных имитационных моделей рабочих процессов в качестве СКШ в целом как механической системы, так и отдельных бортовых систем;
- для оценки эффективности используемых законов управления СКШ необходимо моделировать динамику отдельных систем: электрической энергоустановки, гидросистемы ВРУ, тормозного управления и системы подрессоривания, электропривода колес, БИУС и бортовой навигационной системы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шипилов В.В., Поскачей А.П., Шелест А.А. *Тенденции развития специальных колесных шасси и тягачей военного назначения: инф.-техн. сборник*. Полонский В.А., ред. Бронницы, 21 НИИИ, 2007, 417 с.
- [2] Белоусов Б.Н., Шухман С.Б. *Прикладная механика наземных тягово-транспортных средств с мехатронными системами*. Белоусов Б.Н., общ. ред. Москва, Агроконсалт, 2013, 612 с.

Статья поступила в редакцию 21.05.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Г.О. Котиев, Б.В. Падалкин. Прогнозирование подвижности специальных колесных шасси на стадии проектирования. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/632.html>

Котиев Георгий Олегович родился в 1967 г., окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана в 1991 г. Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 150 научных работ в области проектирования колесных и гусеничных машин. e-mail: kotievgo@yandex.ru.

Падалкин Борис Васильевич родился в 1967 г., окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана в 1990 г. Канд. техн. наук, первый проректор — проректор МГТУ им. Н.Э. Баумана по учебной работе, специалист в области прочностных расчетов узлов и деталей машин. e-mail: padalkin@bmstu.ru