

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

А.В. Пузанов (ОАО «СКБ ПА»)

*Беспилотная бронетехника обладает более высокими показателями удельной боевой мощи и мобильности. Снижение массогабаритных показателей и инерционности робототехники повышает удельные нагрузки на системы подрессоривания шасси и стабилизаторы вооружения. Системы подрессоривания и стабилизации вооружения бронетехники должны быть согласованы: ужесточение требований к одной из систем за счет смягчения их для другой, и наоборот. Рассматриваются перспективы развития этих систем применительно к беспилотной мобильной бронетехнике.*

*Ключевые слова: бронетехника, система подрессоривания шасси, беспилотная робототехника.*

Бронетехника (БТ) является основной составляющей ударной мощи вооруженных сил и контртеррористических подразделений РФ. Среди всего многообразия конструктивных и схемных исполнений базового шасси наибольшее распространение в силу географических и климатических особенностей России получили гусеничные машины (ГМ) — танки, самоходные орудия и БМП.

Важнейшей обобщающей характеристикой вооружения и военной техники (ВВТ), определяющая степень их соответствия предназначенной функциональности и целям, заложенным при их создании, является боевая эффективность. На практике наиболее распространены и применяются частные показатели боевой эффективности: вероятность выполнения боевой задачи, вероятность поражения типичной цели (для средств ее поражения), математическое ожидание числа успешно выполненных задач или пораженных целей и т.п. Эти показатели определены в тактико-техническом задании на разработку боевых средств, закладываются в основу изделий при их разработке, уточняются во время испытаний и содержатся в перечне базовых тактико-технических характеристик образцов военной техники, принимаемых на вооружение [1].

Эволюционное развитие бронетехники идет по пути наращивания огневой мощи и защищенности, что приводит к неуклонному повышению их массы. С другой стороны, важным оперативным свойством обеспечения живучести бронетехники считается ее высокая мобильность, обеспечиваемая, в свою очередь, высокими скоростями движения. Вместе с этим, плавность хода оказывает существенное влияние на работоспособность вооружения, установленного на гусеничную машину [3]. Плавность хода ГМ зависит от качества системы подрессоривания, а скорость и точность стрельбы — от системы стабилизации (основного и вспомогательного вооружения). Таким образом, совершенствование систем стабилизации вооружения и подрессоривания ГМ, применение интеллектуальной предикативной подвески, совершенствование системы управления ею являются актуальными задачами повышения боевой эффективности бронетехники.

**Стабилизатор вооружения** — комплекс технических средств, осуществляющий стабилизацию оружия при движении базовой платформы. Стабилизатор вооружения предназначен как для улучшения прицеливания и огня с ходу, так и для предотвращения ударов орудия в крайних положениях.

Стабилизатор состоит из вычислителя и датчиков, связанных с приводом перемещения орудия (рис. 1). Из показаний датчиков определяются параметры перемещений шасси и орудия. Обработанные вычислителем управляющие сигналы компенсирующих отклонений формируют работу приводов, обеспечивая требуемую стабилизацию.

В системах стабилизации вооружения применяются гидравлический, электрогидравлический и электрический исполнительные приводы. Несмотря на преимущество гидроприводов по удельной мощности и массогабаритным показателям в системах стабилизации вооружения, они ограничиваются в применении по причине опасности возгорания и повреждения экипажа и аппаратуры струей жидкости под высоким давлением при разрушении (нарушении герметичности). Так же негативным фактором применения гидроприводов является их чувствительность к перепадам температур, снижение характеристик при снижении температур.

Электропривод, наоборот, в настоящее время находится на новом этапе эволюции в связи

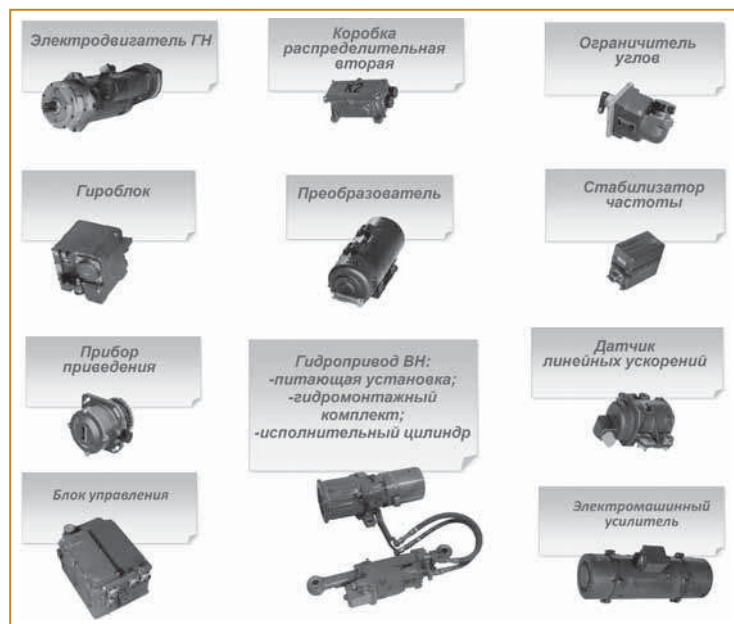


Рис. 1. Пример приборно-аппаратного комплекса стабилизатора вооружения БТ

с разработкой и освоением систем с интеллектуальным цифровым управлением, мехатронных систем (с компоновкой в едином корпусе исполнительных, управляющих и систем очувствления).

**Подвеской (системой поддрессоривания)** называется изделие, состоящее из механизмов узлов и деталей, соединяющих корпус ГМ с опорными катками. Подвеска содержит упругий элемент (рессору), амортизатор (демпфер) и баланси́р (рис. 2).

Качество системы поддрессоривания определяет мобильность БТ, точность ведения огня с ходу, функциональная работоспособность, надежность и долговечность оборудования БТ.

Системы поддрессоривания бронетехники должны отвечать требованиям (в соответствии с соответствующими ГОСТ РВ):

- плавности хода при различных дорожно-грунтовых условиях;
- надежности в различных условиях боевого применения;
- минимальных массогабаритных показателей;
- удобства обслуживания и ремонта.

Система поддрессоривания бронетехники должна быть согласована с системой стабилизации вооружения. Очевидно, что при этом предполагается ужесточение требований к одной из систем за счет смягчения их для другой, и наоборот.

Отсутствие необходимости обеспечения безопасности и комфортных условий работы экипажа приводит к снижению веса беспилотной бронетехники, что отражается на увеличении удельной боевой мощи и мобильной боевой эффективности. Однако те же факторы увеличивают динамичность и амплитуду механических воздействий на основные и вспомогательные системы бронетехники.

В настоящее время известны два основных направления в развитии систем регулирования сил в подвеске наземной транспортной техники. Это пассивное и активное управление реактивными силами в упругом и (или) демпфирующем элементах системы поддрессоривания ГМ. Активные системы подразумевают использование внешнего источника энергии для осуществления управления сил. В системах с пассивным управлением он отсутствует [2].

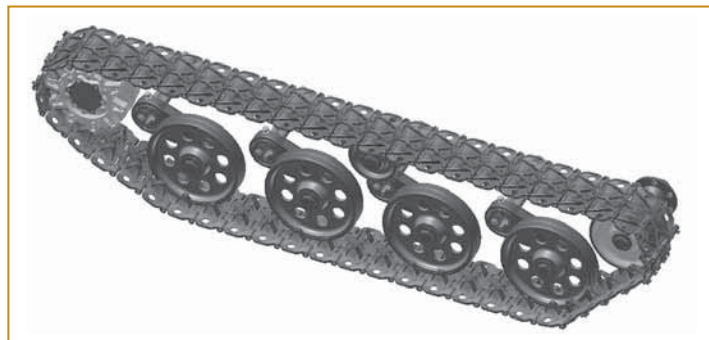


Рис. 2. Пассивная система поддрессоривания мобильной бронетехники

Активная (адаптивная) подвеска — активная система поддрессоривания БТ, которая управляет вертикальным перемещением катков (колес) относительно кузова. Система позволяет снизить величину продольного или поперечного крена шасси в стационарных (равномерное, прямолинейное движение) и нестационарных (разгон, торможение, поворот) режимах движения БТ.

Активная подвеска позволяет применять индивидуальную (компактную) стабилизацию вооружений различного типа, расширяя возможности боевых машин и повышая уровень огневой мощи.

Применение пассивной системы поддрессоривания обеспечивает повышение надежности, но накладывает более жесткие требования к стабилизации вооружения.

Под статическим управлением понимается изменение параметров элементов подвески в зависимости от условий движения с целью адаптации к ним. Под условиями движения в данном случае понимается скорость, изменение профиля трассы, изменение полной массы БТ, режим движения (поворот, разгон и торможение, стрельба и др.). При этом в стационарных режимах, когда условия не изменяются, управление отсутствует.

Динамическое регулирование осуществляется управлением колебаниями поддрессоренной массы посредством передачи силового воздействия от системы поддрессоривания. Значение компенсирующего воздействия зависит от текущих параметров колебаний (угловых и вертикальных ускорений, скоростей и перемещений), создается изменением параметров управляемых упругого и (или) демпфирующего элементов системы поддрессоривания и определяется алгоритмом управления данной системы.

В сравнительной оценке преимуществ активно- и пассивноуправляемых систем применительно к системам поддрессоривания [5, 6] установлено, что применение системы с адаптивным законом управления амортизаторами позволяет повысить среднюю скорость движения БТ на совокупности дорожных условий на 20...30%. При этом возрастают потери мощности в демпфирующих элементах, что требует обязательного применения системы охлаждения амортизаторов. Установлено, что использовать разработанный адаптивный закон управления демпфированием целесообразно в случае длительных транспортных операций БТ, например на марше.

Отметим, что кроме элементов подвески, демпфирующими свойствами обладают гусеничный движитель, трансмиссия и двигатель.

Активные системы поддрессоривания реализуются с помощью систем активного регулирования (САР). Первый упрощенный вариант САР заключается в фиксации датчиками компонентов колебаний корпуса. По ним САР рассчитывает и формирует команды исполнительным механизмам для изменения параметров настройки подвески для наиболее эффективного гашения колебаний корпуса. При продольных раскачиваниях малой амплитуды система должна уменьшить жесткость подвески; при значительных величинах амплитуды

ды раскачивания корпуса жесткость и демпфирование наоборот увеличивают. Оптимальные характеристики подвески, обеспечивающие минимальные колебания корпуса подбираются накоплением статистической информации с датчиков системы и отражают индивидуальную специфику условий эксплуатации БТ.

Другой вариант реализации САР заключается в фиксации датчиками параметров профиля дорожного полотна перед ГМ. При преодолении единичных неровностей высотой меньше динамического хода катка, САР последовательно снижает жесткость отдельных узлов подвески, чтобы от подвески движущегося по неровности катка на шасси БТ передавалось сопоставимое с остальными катками усилие. Тем самым снижается влияние отдельной неровности на колебания шасси ГМ в целом. При форсировании больших неровностей, которые могут привести к пробое подвески, ее жесткость должна быть увеличена. При движении БТ по поверхности с неровностями небольшой величины, провоцирующими высокочастотную вибрацию (тряску), жесткость всех узлов подвески должна быть снижена. Подобный подход продиктован проблемами вычислительного характера и инерционностью исполнительных механизмов подвески — при необходимости отслеживания прохождения каждого катка по высокочастотному микропрофилю.

Вариант САР поддрессирования с лазерным датчиком профиля местности, разработанный в США для танка МВТ-70, позволил улучшить динамику ходового макета на 30% [2].

Существует вариант, совмещающий два предыдущих. САР в этом случае отслеживает и профиль пути и колебания корпуса.

Развитие программно-аппаратных средств технического зрения, систем оцувствления технических объектов, разработка низкоинерционных приводов, а также повышение вычислительной мощности встраиваемых систем позволяют реализовать компактную систему активного поддрессирования с высоким быстроедействием.

Предикативность системы управления подвеской и стабилизаторов вооружения определяется настройкой (подстройкой) параметров подвески и приводов стабилизаторов в реальном времени при движении и при выстреле.

При выстреле настройка параметров демпфирования подвески выполняется по определенному закону, в зависимости от характеристики начальной баллистики, а также от курсового и горизонтального направления выстрела.

1. Зная силы реакции на каждую подвеску каждого опорного катка при различных положениях орудия относительно шасси, направление выстрела, угловое по-

ложение шасси относительно горизонта и параметры упругости грунта возможно подстраивать жесткость и демпфирование подвески при изменении темпа движения по пересеченной местности, что призвано отразиться на времени нестабилизированного состояния орудия.

2. Выравнивание шасси для увеличения темпа стрельбы позволяет увеличить боевую эффективность БТТ.

3. Снизить нагрузки на систему стабилизации.

### Заключение

На боевую эффективность БТ (в части мобильности) влияют: со стороны подвески — скорость и точность стрельбы с ходу (а также уменьшение времени на повторный выстрел из-за колебаний от сил отдачи).

Система автоматического управления амортизаторами в подвеске ГМ способствует улучшению плавности хода, уменьшению потерь в системе поддрессирования, что приводит к увеличению средних скоростей движения БТ по местности — улучшению тактической мобильности.

Автоматическое управление подвеской обеспечивает наибольший эффект в случае, когда управляемые силы сопротивления амортизаторов на прямом ходу больше сил, допустимых для неуправляемой системы по ускорениям «тряски», а силы сопротивления амортизаторов на обратном ходу ослаблены для уменьшения динамического дифферента, возникающего от несимметричности размещения демпфирующих элементов в подвеске ГМ.

Использование активной и предикативной системы управления подвеской позволяет миниатюризировать систему стабилизации вооружения, применить несколько отдельных систем стабилизации для разнородного вооружения тем самым повышая мобильность и боевую мощь беспилотной бронетехники.

### Список литературы

1. *Розгин Д.* Война и мир в терминах и определениях. М.: ПоРог, 2004.
2. *Чобиток В.А.* Ходовая часть танков // Техника и вооружение. 2005. №№ 7, 8, 10, 11, 12.
3. *Дядченко М. Г.* Исследование влияния системы поддрессирования боевых гусеничных машин на работоспособность специального оборудования: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. — М.: МГТУ, 1997. -118 с.
4. *Дмитриев А.А., Чобиток В.А., Тельминов А.В.* Теория и расчет нелинейных систем поддрессирования гусеничных машин. М.: Машиностроение. 1976. 207 с.
5. *Шарапов В.Д.* Активные подвески транспортных средств. Рига: РВВПКУ, 1980. 261 с.
6. *Бродский Л.Е. и др.* Энергетический расчет активной торсионной подвески танка // Вестник бронетанковой техники. 1988. № 3. С. 51-53.

*Пузанов Андрей Викторович — канд. техн. наук, помощник генерального директора по науке  
ОАО «Специальное конструкторское бюро приборостроения и автоматики».  
Контактный телефон (49232) 9-37-84.  
E-mail: avp@oao-skbpa.ru*