

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПРИВОДОВ  
МАШИН**

---

12 декабря 2002 г., 10.00 – 13.00  
1-й учебный корпус БНТУ  
аудитория 204

**Руководители секции:**

Скойбеда А.Т. – д.т.н., профессор

Альгин В.Б. – д.т.н., профессор

Курмаз Л.В. – к.т.н., доцент

Секретарь: Баханович А.Г. – к.т.н.,

УДК 629.113-585.2

Л.Г. Красневский

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЯМИ  
СПЕЦИАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ МАШИН**

*Научный центр проблем механики машин НАН Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь*

Неотъемлемым элементом технического прогресса человечества является стремительное развитие мобильности. Этот процесс привел в последние десятилетия к появлению целого ряда уникальных мобильных машин, таких как сверхтяжелые карьерные автомобили-самосвалы общим весом до 500 и более тонн, высокоманевренные боевые колесные и гусеничные машины, специальные многоосные полноприводные колесные автомобили особо большой грузоподъемности. К последним относятся специальные подвижные установки (ПУ) на шасси автомобилей МАЗ-547 грузоподъемностью до 60 т [ 1 ]. К надежности такой техники предъявляются повышенные требования. При их создании наиболее важным критерием является живучесть, которая превагирует над критерием "стоимость-эффективность" [ 2 ]. Повышенная живучесть, в свою очередь, определяется мобильностью и надежной маскировкой ПУ, лишаящими противника информации о ее местонахождении и возможности принятия мер по ее ликвидации. Критерий мобильности включает в себя понятия стратегической, оперативной и тактической мобильности. Два последних подразумевают способность ПУ преодолевать своим ходом большие расстояния с высокой средней скоростью и маневрирование

на местности. Далее, важнейшим критерием является степень ее автономности. Будущее за ПУ, обладающими полной автономностью, практически не ограниченной во времени (месяц и более) [ 2 ].

Очевидно, что приведенные выше критерии предъявляют жесткие требования к конструкции большинства агрегатов и систем управления таких ПУ. Следует отметить, что эти проблемы до последнего времени практически не рассматривались в многотиражной технической литературе. В данной статье рассматривается живучесть одной из важнейших систем, обеспечивающих подвижность и маневренность ПУ – системы дистанционного командного и автоматического управления и защиты трансмиссии – на основе опыта ее разработки для автомобиля МА3-547.

Очевидно, что для ПУ, как и для других машин ответственного назначения, приспособленных к работе в экстремальных условиях (высокая или низкая температура воздуха, горы, пески, снега, малонаселенная местность, возможность боевого воздействия противника), либо особо опасных для окружающих ввиду больших габаритов и массы, подвижность и маневренность означают возможность произвольного и ничем не ограниченного движения передним и задним ходом. Под живучестью соответствующих систем управления трансмиссией нами было предложено [ 3 ] понимать сохранение возможности включения водителем хотя бы по одной из ступеней переднего и заднего хода, а также нейтрали при возникновении одиночных отказов в системе.

К настоящему времени этот принцип общепризнан и в большей или меньшей степени выполняется в электронно-гидравлических системах автоматических трансмиссий легковых автомобилей. Однако трудность его выполнения в упомянутой ПУ была обусловлена большим расстоянием между пультом управления в кабине водителя и трансмиссией – гидромеханической передачей (ГМП), а также большими деформациями рамы многоосного шасси при движении по грунтовым дорогам и пересеченной местности. Это исключало возможность применения механического привода. В результате была разработана электрогидравлическая система управления ГМП, включающая в себя основной электрогидравлический привод дистанционного командного (ручного) управления, гидравлический автомат, а также гидравлическое устройство защиты от включения первой ступени и заднего хода при движении со скоростью выше допустимой и устройство аварийного управления [ 3 ], [ 4 ], [ 1 ]. Система построена по двухкаскадной (пилотной) схеме. Основными элементами пилотного каскада являются унифицированные пилотные электромагнитные клапаны с двухшаровым затвором и пилотные гидравлические золотниковые клапаны автоматического переключения ступеней оригинальной конструкции. Силовой каскад выполнен в виде исполнительного механизма с набором золотниковых двухпозиционных распределителей, управляемых упомянутыми электромагнитными клапанами либо гидравлическим автоматом либо аварийным устройством через согласующие гидравлические логические элементы ИЛИ с шариковыми затворами.

Теоретический анализ показал, что в системах такого типа могут возникать опасные отказы, способные не только лишить машину маневренности, подвижности, но и вызвать аварийные ситуации. При переходе от гидравлических к электронным автоматам ситуация усугубляется, т.к. последние, являясь весьма сложными устройствами, также не являются абсолютно надежными.

Эти предсказания впоследствии были подтверждены практикой массовой эксплуатации зарубежных легковых автомобилей с мехатронными системами управления ГМП (при том, что в них, как правило, сохраняется механический привод ручного управления).

В процессе создания рассматриваемой системы управления нами были разработаны общие методы синтеза, базирующиеся на идеях и методах кибернетики [ 3 ]. До-

казано, в частности, что для любой многоступенчатой трансмиссии можно построить такую структурную схему исполнительного механизма (силового каскада), которая исключает возникновение аварийных ситуаций и сохраняет маневренность машины при любых типовых одиночных отказах, т.е. парирует опасные отказы и гарантирует наперед заданную живучесть системы в целом при названных условиях.

Описанный выше метод относится к числу структурных методов обеспечения надежности. Наряду с этим, как видно из приведенного описания общей структуры системы, она содержит в пилотном каскаде три параллельно включенных устройства (ручное основное, автомат, ручное аварийное), т.е. фактически на уровне данного каскада является троированной.

Дополнительно в случае перехода к электронному автомату управления целесообразно в ответственных системах (для машин данного типа) сохранить гидравлический автомат для защиты от опасных отказов электронного (например, вызванных мощными электромагнитными импульсами), а также для использования в качестве дублирующего в случае выхода из строя электронного. Способ совмещения характеристик обоих автоматов для этих случаев предложен нами в [ 5 ].

Таким образом, в мехатронном исполнении система дистанционного управления ГМП, обладающая приемлемой живучестью, должна иметь "безопасный" исполнительный механизм и квадрированный пилотный каскад.

**Литература.** 1.Труханов В.М. Справочник по надежности специальных подвижных установок.– М.: Машиностроение, 1997.– 200с. 2.Труханов В.М. Сложные технические системы типа подвижных установок. Разработка и организация производства. – М.: Машиностроение, 1993. – 336с. 3.Красневский Л.Г. Управление гидромеханическими многоступенчатыми передачами мобильных машин.– Мн.: Наука и техника, 1990. – 256с. 4. А.с. 653 148 СССР МКИ<sup>2</sup> В 60 К 41/06. Гидромеханическая трансмиссия транспортного средства Красневский Л.Г., Шейнкер И.Г., Меленцевич В.П. и др. 1979. 5. А.с. 1 463 537 СССР МКИ<sup>4</sup> В 60 К 41/06. Система автоматического управления трансмиссией транспортного средства /Красневский Л.Г. 1989.

I.A. Bostan V.M Dulgheru

## THE ELABORATION OF MULTIPLE PRECESSIONAL GEAR THEORY AND MODERN MANUFACTURING TECHNOLOGY

*Technical University of Moldova*

**ABSTRACT** *The engineering complex study of the triad "gear-technology-transmission" has permitted to elaborate a new type of precessional transmissions with multicouple gear. In this paper, the authors present the mathematic model of the multicouple gear. A computer program for doing this it is also elaborated. It is shown a block-scheme of the algorithm of the program modules including the calculus modalities exposed in the paper.*

**Keywords:** *Precessional transmission, multicouple gear.*