

**В.В. Островерхий, Д.Г. Шевко**

## **ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ШАССИ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ**

*This scientific article tells about the process of the movement control and the missions solved by the automatic control system of the track vehicle movement.*

Процесс управления движением гусеничной машины (ГМ) представляет собой совокупность действий водителя, направленных на организацию движения с целью обеспечения требуемого режима (направления и скорости) движения.

Водитель, наблюдая за дорогой, оценивает внешние условия движения, возможности своей машины, а исходя из этого, определяет возможную скорость движения и, манипулируя органами управления, обеспечивает движение машины с такой скоростью в требуемом направлении.

Процесс управления движением машины включает следующие этапы:

получение информации о внешних условиях движения, результатах управления, режимах работы агрегатов и систем, обеспечивающих движение машины (двигателя, трансмиссии, ходовой части и т.д.);

анализ полученной информации и принятие на основе этого – решения о необходимых управляющих воздействиях;

реализация принятого решения путем соответствующего перемещения органов управления движением машины.

В ходе управления движением ГМ участвуют машина как объект управления, процесс движения которого организуется, и система сбора, обработки, передачи информации о задаче управления и реализации управляющих сигналов, включающая:

задатчик программы управления, которым является водитель, определяющий требуемый режим движения машины;

средства сбора и передачи информации об условиях движения, роль которых – органы чувств водителя, а также системы машины, обеспечивающие выполнение данной задачи (контрольно-измерительные приборы, система освещения, приборы наблюдения и т.д.);

средства обработки информации и формирования управляющих команд (сигналов) в соответствии с заданной программой и полученной информацией, функции, которых выполняет человеческий мозг;

средства отработки управляющих сигналов (водитель, приводы управления движением машины и исполнительные механизмы), обеспечивающие реализацию управляющих воздействий.

Совокупность объекта управления и комплекса сил и средств, посредством которых осуществляется управление, есть система управления движением машины.

При этом водитель является ключевым звеном практически на всех этапах процесса управления движением машины. Он наблюдает за дорогой, контролирует рабочие параметры систем и агрегатов машины, манипулируя многочисленными органами управления, обеспечивает требуемый режим движения. Все это приводит к интенсивным физическим и психологическим нагрузкам на водителя, особенно в сложных условиях (ночь, бездорожье и т.п.), что отрицательно сказывается на действиях водителя при управлении машиной, ухудшает его работоспособность и

приводит к значительному снижению основных показателей подвижности. Физическое и психологическое состояние водителя во многом определяет и безопасность движения.

Кроме того, выбор режима работы систем, обеспечивающих движение машины (силовая установка, трансмиссия и т.п.), определяет расход топлива, скоростные свойства и показатели надежности систем и агрегатов. Неправильный выбор режима движения приводит к увеличению расхода топлива, снижению тягово-динамических свойств, а также к отклонению параметров работы систем и агрегатов машины (отклонение температурного режима, перегрузка двигателя и трансмиссии и т. д.), а в итоге – к выходу из строя узлов и агрегатов машины. Способность водителя обеспечить правильный выбор режима движения зависит от его квалификации.

Выбирая передачу в коробке передач, водитель действует интуитивно, руководствуясь привычкой и опытом. Чем менее опытен водитель, тем вероятнее ошибка в выборе передачи. Наряду со снижением скорости движения, эти ошибки приводят к работе двигателя на неэкономичных режимах, повышенному расходу топлива, снижению запаса хода, нарушению теплового режима работы двигателя. Чем водитель опытнее, тем правильнее он оценит условия движения и выберет соответствующий им режим движения, он уверен в своих действиях и способен безошибочно управлять машиной на высоких скоростях.

Освобождение водителя от ряда функций, связанных с управлением гусеничной или колесной машиной, контролем состояния ее систем и агрегатов с целью снижения действующих на него психофизических нагрузок, возможно с помощью автоматизации этих функций, осуществляемой благодаря оснащению современных гусеничных и колесных машин автоматическими системами управления, контроля и диагностики.

Автоматизация процесса управления движением ГМ позволяет:

во-первых, разгрузить водителя, облегчить процесс управления движением машины, снизив его утомляемость, и тем самым повысить безопасность движения при высоких показателях подвижности;

во-вторых, обеспечить автоматический выбор режимов работы двигателя и трансмиссии в зависимости от их технического состояния и внешних условий движения, повысить показатели экономичности и надежности независимо от уровня квалификации водителя.

Задача автоматической системы управления движением машины – формирование в зависимости от внешних условий и режима движения командного импульса и осуществление по этой команде в определенной последовательности всех приемов, необходимых для управления режимами работы систем, обеспечивающих движение. Поскольку решение задачи управления сводится к обеспечению приобретения управляемым объектом некоторых желательных свойств, эффективность и целесообразность применения системы управления движением зависят от того, как своевременно и безошибочно этот командный импульс ею формируется, подается на исполнительные органы и четко обрабатывается ими.

Автоматизация управления движением машин со ступенчатыми трансмиссиями [1], как правило, сводится к автоматизации переключения передач. Управление коробкой передач осуществляется замкнутой системой управления с обратной связью либо по скорости движения, либо по скорости и нагрузке на двигатель.

Метод выбора характеристики переключений для автомобилей с карбюраторным двигателем заключается в построении зависимостей эффективной мощности двигателя ( $N_e$ ) и развиваемого им крутящего момента ( $M_d$ ) от частоты вращения коленчатого вала ( $n_d$ ) при различном положении педали акселератора (угле поворота дросселя карбюратора). Кривая, соединяющая точки максимумов  $N_e$ , предлагается в качестве характеристики переключения на высшую передачу (при разгоне и движении в тяжелых условиях местности), а кривая,

соединяющая точки максимумов  $M_{\omega}$  – на низшую передачу. Для обеспечения работы системы автоматического переключения передач (САПП) по этим характеристикам в качестве информационных параметров приняты скорость движения автомобиля и угол поворота дросселя карбюратора. С целью обеспечить устойчивость процесса переключения передач рекомендуется проводить корректировку момента переключения на низшие передачи в сторону больших скоростей, осуществляя ее экспериментально во время доводки САПП.

Исследования показали, что условия переключения передач на различных режимах, с точки зрения обеспечения высоких тягово-динамических и топливно-экономических показателей, противоречивы, поэтому при создании САПП следует искать компромиссные решения.

Выводы и рекомендации во многом справедливы и полезны при решении задач автоматизации управления ступенчатыми трансмиссиями современных ГМ. Тем не менее отличие условий эксплуатации ГМ от таковых для автомобилей, применение дизельных двигателей с всережимным регулированием и другие факторы придают САПП ГМ свои особенности.

Дальнейшее развитие теория автоматического управления ступенчатыми и бесступенчатыми трансмиссиями автомобиля получила в работах, где разработаны основы статического расчета САПП, выведены уравнения движения основных элементов и систем регулирования, исследованы вопросы влияния параметров систем автоматики на устойчивость, рассмотрены задачи и принципы действия различных САПП транспортных машин.

САПП широко применяются в отечественном тепловозостроении. Требования к тепловозным САПП не отличаются от рассмотренных выше. Принципиальные схемы САПП тепловозов аналогичны с автомобильными и новых элементов не содержат.

Разработка систем автоматического переключения передач транспортных машин сопряжена с решением ряда задач, из которых наиболее сложными являются снижение динамических нагрузок, возникающих в моторно-трансмиссионной установке в момент переключения передач; уменьшение числа нерациональных переключений, в том числе исключение такого явления как цикличность переключения передач.

Решение указанных задач занимает важное место в ряде работ, посвященных исследованиям вопросов создания САПП. Для устранения нерациональных переключений передач САПП должна обеспечивать задержку по времени включения передач. При перемещении органа управления на снижение скорости необходима временная задержка на переключение «вверх». Для исключения нерациональных переключений «вниз» в САПП должна включаться задержка сигнала на переключение «вниз».

Исследования показали, что большие задержки (6-10 с) для САПП привели к значительному запаздыванию переключения с III на II передачу, а это вызвало на тяжелых участках местности существенное снижение средней скорости движения. Задержка на включение «вниз» на 1,5-2 с практически не отразилась на средней скорости движения. При этом число переключений передач в автоматическом режиме оказалось в 2-2,3 раза выше, чем при ручном управлении.

При автоматизации процессов переключения передач ГМ, а также управлении блокировкой гидротрансдачи важное место занимают вопросы оценки нагруженности фрикционных элементов с целью обеспечения требуемого ресурса их работы. Стремление к более раннему включению передачи для повышения топливной экономичности ГМ может привести к увеличению износа фрикционных элементов. Неправильный выбор характеристик переключения передач и управления фрикционными устройствами снижает ресурс работы агрегатов трансмиссии. Поэтому характеристики переключений также должны удовлетворять требованиям,

связанным с обеспечением необходимой работоспособности фрикционных элементов и снижением динамической нагруженности звеньев трансмиссии.

Таким образом, в теории автоматического управления движением ГМ достаточно глубоко разработаны вопросы определения законов переключения передач, а также анализа, синтеза и расчета систем управления, принцип действия которых построен на основе электромеханических, электрогидравлических и гидромеханических устройств. Однако системы, построенные на указанных принципах, не обладают достаточной гибкостью и способностью изменять характеристики процесса управления при изменении внешних условий функционирования, режимов работы, технического состояния объекта, характера управляющих воздействий водителя и т.д.

Чтобы повысить качественные показатели управления системами и агрегатами машины и исключить различные вредные явления, проявляющиеся в процессе управления (нерациональные и ошибочные срабатывания, циклические процессы и т.д.), необходима разработка систем управления на основе микропроцессорной техники.

Однако в нашей стране вопросы, связанные с особенностями построения систем управления движением ГМ на основе цифровой техники, исследованы недостаточно глубоко. Разработка подобных систем, включающих множество элементов, работа которых основана на различных физических принципах, связана со значительными трудностями. Современная система управления движением ГМ включает механическую часть (двигатель внутреннего сгорания (ДВС), коробка передач, ходовая часть), гидравлическую (гидротрансформатор, гидроприводы управления коробкой передач), электрическую (исполнительные элементы приводов управления коробки передач и ДВС), электронную и микропроцессорную (датчиковая аппаратура, вычислительная часть). При разработке системы управления движением необходимо учесть особенности функционирования каждого элемента в отдельности, взаимодействия и взаимовлияния всех компонентов в целом.

Использование микропроцессоров в вычислительной части требует преобразования информационных сигналов датчиковой аппаратуры из аналогового вида в цифровой с одновременной фильтрацией и выделением полезного сигнала. Правильность проведения данной операции определяет достоверность полученной информации и соответственно адекватность формируемых управляющих воздействий реальным режимам работы ГМ.

Структура и организация программного обеспечения определяет качество функционирования системы управления, главным образом ее быстродействие. Случайный характер внешних воздействий, действий водителя по управлению машиной, изменяющихся в широких пределах, а также изменение технического состояния узлов и агрегатов в процессе эксплуатации еще более усложняют решение задачи управления движением ГМ.

Кроме того, автоматическая система управления должна представлять собой комплексную систему управления, контроля и диагностирования. Она должна выполнять функции управления не только в зависимости от внешних условий движения и управляющих действий водителя, но и от технического состояния и рабочих параметров систем и агрегатов, обеспечивающих движение машины. При этом данная система должна обеспечивать решение следующих задач: формирование управляющих сигналов в зависимости как от внешних условий движения, так и от воздействий водителя, технического состояния и рабочих параметров систем и агрегатов, обеспечивающих движение машины; локализация неисправностей и сохранение работоспособности машины при выходе из строя элементов систем, обеспечивающих движение; защита от критических режимов работы двигателя и трансмиссии, вызванных ошибочными действиями водителя.

Развитие электроники и микропроцессорной техники обусловило широкое внедрение в гусеничную технику различных автоматических систем, предназначенных для облегчения действий водителя, связанных с контролем рабочих параметров, обнаружением неисправностей и управлением работой систем и агрегатов машины. Системы, обеспечивающие комплексное решение этих задач, получили название бортовых информационно-управляющих систем (БИУС) шасси.

Современный уровень развития автоматики и микропроцессорной техники позволяет разрабатывать адаптивные системы управления с элементами интеллектуально-информационного обмена, обеспечивающие контроль технического состояния объекта управления, выдачу рекомендаций по его эксплуатации, защиту от аварийных режимов, автоматическую коррекцию и перенастройку программы управления при изменении внешних условий, характеристик, структуры объекта управления, задающих воздействий оператора и т.д.

Очевидно, что работоспособность данной системы будет определяться ее структурой, параметрами, алгоритмическим обеспечением и организацией программного обеспечения. Причем при разработке данных вопросов необходимо учитывать особенности конструкции и условия функционирования объекта управления.

Решение вопросов автоматизации процессов управления системами и агрегатами шасси ГМ и широкое использование автоматики в данной области требуют создания аппарата оценки разрабатываемых автоматических систем управления. Организация структуры системы управления, законов управления, программного обеспечения определяет эффективность функционирования БИУС и самой машины в целом. В связи с этим возникла необходимость в разработке методов оценки влияния БИУС на эксплуатационные показатели ГМ, поскольку на сегодняшний день отсутствуют методы, обеспечивающие объективную оценку эффективности функционирования БИУС созданных ГМ и отработку элементов автоматических систем управления на стадии проектирования машины. Оценка БИУС шасси ГМ осуществляется главным образом сравнением скоростных и топливно-экономических свойств в автоматическом и ручном режимах, что не позволяет оценить параметры качества и устойчивости процессов управления как отдельными системами и агрегатами (системы запуска ДВС, регулирования температурного режима ДВС и трансмиссии и т.д.), так и движения машины в целом.

Разработка данных методов должна обеспечить выбор структуры системы управления, наилучшим образом решающей задачи, связанные с функционированием БИУС в составе ГМ, системы информационного обеспечения необходимой информацией для осуществления управления машиной, отработки законов и алгоритмов управления.

---

1. Ксенович И.П., Тарасик В.П. Системы автоматизированного управления ступенчатыми трансмиссиями т