



Мирный автомат. Дилемма (часть 11)

СЕРГЕЙ САМОХИН,
МИХАИЛ УСПЕНСКИЙ,
кандидат технических наук,
ВИКТОР РАСКИН,

технический директор Центра автоматических трансмиссий

Автоматизированное управление трансмиссией автомобиля - явление прогрессивное со многих точек зрения. Доказательству этого утверждения мы уделили много внимания. Остается открытым вопрос: по какому пути пойдет развитие автоматических трансмиссий - «ступенчатому или бесступенчатому»?

Как известно, прогнозирование - занятие неблагодарное, но довольно увлекательное и модное. Следуя моде, попытаемся дать прогноз и мы. Он будет касаться не глобальных вопросов, а непосредственно темы цикла - будущему автоматических трансмиссий. Поскольку будущее не существует без настоящего, вначале кратко подытожим, какие успехи в деле разработки автоматических трансмиссий достигнуты на сегодняшний день.

Многоступенчатые автоматы

Развитие многоступенчатых АКПП, как мы уже говорили, происходило в направлении увеличения количества ступеней. При этом велась борьба за достижение идеального значения силового диапазона (Дм) трансмиссии, «грозившего» автомобилю, по крайней мере, двумя приятными моментами: увеличением экономичности и повышением динамических характеристик.

Борьба имела следствием то, что на современных автомобилях можно увидеть три варианта АКПП: четырех-, пяти- и шестиступенчатые. Представления о сложности их конструкции, достаточные для предварительного анализа, дают приведенные типичные кинематические схемы.

Все варианты объединяет то, что они имеют в своем составе гидродинамический трансформатор и планетарный редуктор с фрикционными устройствами управления, многодисковыми сцеплениями и тормозами. Отличия, главным образом, касаются конструкции редуктора.

Четырехступенчатое преобразование крутящего момента двигателя достигается применением двух планетарных рядов, управляемых пятью фрикционными элементами. Это обеспечивает коробкам относительную компактность, благодаря чему они находят применение, в том числе на задне- и переднеприводных автомобилях малого и среднего класса как с продольным, так и с поперечным расположением двигателя. Существенный недостаток 4-ступенчатых АКПП - невысокое значение силового диапазона ($D_m=3,5j4,3$). Это отрицательно отражается на расходе топлива, на несколько процентов превышающем аналогичный показатель для автомобилей с механическими коробками.

Пятиступенчатые АКПП, имеющие диапазон регулирования $D_m=4,5j5,0$, значительно экономичнее своих предшественниц. Их наиболее удачные представители - коробки модели 722.6 фирмы Mercedes обеспечивают автомобилям снижение расхода топлива в смешанном цикле на 2-3% даже в сравнении с механическими конкурентами. Такие отличные показатели удалось достичь благодаря рациональной кинематической схеме и уменьшению дисковых потерь.

И все же за топливную экономичность пришлось заплатить немалую цену. Пятиступенчатость «обошлась» дополнением конструкции третьим, планетарным рядом и еще большим количеством фрикционных элементов. Добавление «лишнего железа» закономерно привело к увеличению

массогабаритных показателей. В сравнении с 4-ступенчатыми АКПП они возросли в среднем на 10-20%. Такой, на первый взгляд, несущественный недостаток сузил область применения «экономичных» коробок. Их стало трудно «вписать» в моторный отсек на переднеприводных автомобилях, особенно малого класса. Поэтому ими оснащаются в основном заднеприводные машины среднего и большого класса.

Говорить о 6-ступенчатых АКПП как о виде пока преждевременно, поскольку «вид» на сегодняшний день включает всего лишь одного представителя - модель 6НР-26 фирмы ZF, которая, как мы уже писали, дебютировала на новом автомобиле BMW 7-й серии. Напомним, что она отличается не только идеальной величиной силового диапазона ($D_m=6,04$), но и уникальной кинематической схемой редуктора. Шесть ступеней регулирования (включающие две повышающие передачи) обеспечиваются всего двумя планетарными рядами и пятью фрикционными элементами. Поэтому «шестерка» компактнее и легче предшествовавшей ей пятиступенчатой коробки 5НР-24.

Упрощение редуктора - это не только снижение его массогабаритных характеристик. Это также и уменьшение потерь, то есть повышение КПД трансмиссии в целом. Если принять во внимание идеальный диапазон регулирования 6НР-26, заявления разработчика о том, что новая коробка в отличие от 5НР-24 делает автомобиль на 1-5% динамичнее при одновременном сокращении потребления топлива на 5-7%, вызывают доверие.

Таковы на настоящий момент основные итоги «многоступенчатого» пути развития автоматических трансмиссий. Какие успехи достигнуты бесступенчатыми конкурентами?

Бесступенчатые трансмиссии

Процесс развития бесступенчатых автоматических трансмиссий (БСТ) происходил параллельным курсом, но менее результативно. Основная причина заключалась в том, что долгое время не удавалось создать конструкцию, обладающую достаточным ресурсом в условиях работы (частотах вращения и передаваемых крутящих моментах), характерных для автомобильной трансмиссии.

К данному периоду времени связанные с этим конструктивные и технологические проблемы в основном решены, и автомобили, оснащенные БСТ, в небольших количествах сходят с конвейеров ряда автопроизводителей (Honda, Nissan, Rover, Suzuki, Toyota, VAG).

Применяются два типа бесступенчатых автоматов. В обоих используется вариаторная передача с гибкой связью. Принципиальное отличие заключается в конструкции гибкого элемента вариатора. Один тип БСТ, первым доведенный до уровня серийного изделия для автомобильной промышленности, строится на базе вариатора, предложенного голландской фирмой Van Doorne Transmissie (VDT). Особенность вариатора VDT - гибкий элемент в виде металлического наборного ремня, являющийся «ноу-хау» фирмы.

В настоящее время БСТ данного типа выпускаются рядом японских компаний, а в Европе их производство наладила фирма ZF, чье изделие получило название Ecotronic. ZF предлагает БСТ Ecotronic для переднеприводных автомобилей с поперечным расположением двигателя в четырех вариантах, которые отличаются передаваемым максимальным крутящим моментом (от 140 до 300 Н•м). Они также имеют различные массогабаритные показатели, диапазон регулирования (от 5,45 до 5,82) и тип приводного элемента (мокрое многодисковое сцепление или гидротрансформатор).

Обратите внимание, что в конструкции БСТ, рассчитанных на передачу большего крутящего момента и, соответственно, предназначенных для более дорогих и мощных автомобилей, в качестве приводного элемента используется гидротрансформатор. Несмотря на то, что применение гидротрансформатора усложняет и удорожает конструкцию, а также несколько увеличивает габариты, этим решается ряд важных проблем. Гидротрансформатор обеспечивает более плавное троганье с места. Отсутствие рывков и ударных нагрузок увеличивает ресурс вариатора, способствует повышению проходимости автомобиля и комфорта вождения.

Если обратиться к кинематической схеме БСТ Ecotronic, можно отметить, что коробка выглядит конструктивно проще, чем АКПП. Ее основные элементы - устройство привода, вариатор и механизм

заднего хода - допускают довольно компактную компоновку, позволяющую получить небольшой продольный размер трансмиссии. Ввиду этого она удачно вписывается в подкапотное пространство переднеприводных автомобилей малого класса с поперечно расположенным двигателем. Этот факт подтвержден практикой ее применения на автомобилях Rover Mini и Cooper.

Вместе с тем БСТ Ecotronic не оправдала ожиданий в плане топливной экономичности. По этому параметру она примерно на 7% уступает лучшим образцам механических коробок. Причина в том, что КПД вариатора VDT (85-90%) принципиально ниже, чем у механического редуктора и этот недостаток не может компенсировать даже более высокий диапазон регулирования бесступенчатого автомата.

Другой тип БСТ, лишь недавно впервые установленный на серийный автомобиль Audi A6 с двигателем объемом 2,8 л, имеет вариатор с гибким элементом в виде многорядной цепи. Его конструкция была предложена фирмой PIV. Серийную модель вариатора для новой коробки Multitronic производит известная фирма Luk.

Дебют новой трансмиссии ожидался с нетерпением. Дело в том, что цепной вариатор обладает рядом преимуществ в сравнении с вариатором Ван Дорна: на 2-4% большим КПД и меньшим предельным радиусом изгиба, позволяющим в аналогичных габаритах реализовать больший диапазон регулирования. Данные преимущества обещали большую экономию топлива и компактность.

Характеристики, заявляемые производителем, подтверждают, что при силовом диапазоне $D_m=6,0j6,2$ автомобиль с БСТ Multitronic в смешанном ездовом цикле расходует чуть меньше топлива, чем машина с пятиступенчатой «механикой». Такая, пусть даже незначительная, победа бесступенчатых автоматов - явление знаменательное потому, что она достигнута впервые и вселяет оптимизм, хотя и сдержанный.

Что касается массогабаритных показателей новой трансмиссии, то они несколько разочаровали. Коробка выглядит довольно громоздкой и тяжелой. Отчасти это определяется ее схемой. Продольное расположение V-образной «шестерки» обусловило применение в конструкции дополнительной гипоидной передачи. Для преобразования большого крутящего момента двигателя потребовалось увеличить габариты вариатора, а чтобы сместить громоздкий вариатор к оси автомобиля, пришлось использовать дополнительную пару шестерен. Все это однозначно отразилось на габаритах, массе, а также КПД коробки.

Остается загадкой, почему VAG поставил дебютанта в такие невыигрышные для него условия. Может быть, как раз для того, чтобы продемонстрировать, что «новичок» настолько непрост, что может достойно сражаться даже на чужом поле.

Отметим, что прямых данных о достигнутом ресурсе бесступенчатых автоматов не приводится. О нем можно судить лишь косвенно. Например, тот факт, что автопроизводители применяют БСТ на своих серийных автомобилях, говорит о том, что их ресурс должен составлять не менее 200-300 тыс. км пробега. Таковы стандартные требования, предъявляемые к основным агрегатам автомобиля.

Статистика и прогнозы

Статистический анализ «трансмиссионной ситуации» легкового автопарка, сложившейся к 2000 году, показывает, что более половины (примерно 54%) из почти 40 млн. ежегодно выпускающихся в мире автомобилей оснащаются автоматическими коробками. На оставшиеся 46% устанавливаются механические, в основном 5-ступенчатые КПП. Доля «автоматов» из года в год возрастает, что не противоречит общей тенденции автоматизации всех систем автомобиля.

Нет сомнений, что устойчивый рост доли автоматизированных автомобилей ожидается и в ближайшем будущем. Если удастся избежать катастроф планетарного масштаба, то при сегодняшнем темпе роста к 2010 году доля АКПП увеличится до 61%, оставив «механике» лишь 39%. Очень жаль водителей, которые получают удовольствие от постоянной работы правой рукой, но им найти подходящий автомобиль станет труднее, примерно так же, как теперешним консерваторам, цепляющимся за вымирающие карбюраторы.

Если говорить о структуре автоматов, то на сегодняшний день она выглядит следующим образом. Большую часть выпускаемых автоматов составляют 4-ступенчатые АКПП, ими оснащаются примерно 43% автомобилей. Меньшая доля (около 14%) - за 5- и 6-ступенчатыми АКПП. Число производимых бесступенчатых трансмиссий ничтожно мало и оценивается примерно в 1%.

Уже сегодня заметна тенденция к изменению соотношения различных типов автоматов. Главным фактором, который воздействует на этот процесс, является стремление сделать автомобиль более экономичным. Это позволит не только снизить эксплуатационные расходы, но и существенно улучшить экологическую обстановку, о состоянии которой справедливо беспокоятся во всех цивилизованных странах. При выборе той или иной трансмиссии для своих автомобилей автопроизводители будут отдавать предпочтение прежде всего наиболее экономичным. Именно поэтому при рассмотрении достижений автоматических КПП мы уделяли этому фактору повышенное внимание. Причем нужно иметь в виду, что даже незначительный на первый взгляд, но устойчивый выигрыш в экономии топлива на уровне нескольких процентов может оказывать решающее значение.

Для анализа намечающихся изменений структуры автоматов обратимся к графику, иллюстрирующему зависимость топливной экономичности от мощности двигателя автоматов различных типов. Поскольку, помимо экономичности, для автомобильной трансмиссии не менее важны массогабаритные и стоимостные характеристики, будем учитывать и эти критерии.

Видно, что 4-ступенчатые автоматы уступают как своим многоступенчатым потомкам, так и механическим КПП. Единственные их козыри - сравнительно небольшие габариты, многообразие и отработанность конструкции. В ближайшей перспективе их выпуск будет сокращаться, а область применения - сужаться до автомобилей с двигателями, мощность которых не превышает 150 л.с.

В плане топливной экономичности явный приоритет - за 5- или 6-ступенчатыми АКПП, причем наиболее перспективны последние, хотя нужно принять во внимание, что зона, отведенная на графике 6-ступенчатым автоматам, определена на основании предварительных заявлений производителя АКПП. Фактические данные пока отсутствуют.

Резервы дальнейшего уменьшения расхода топлива невелики, так как достигнут оптимум по диапазону регулирования. Остается лишь работать над повышением КПД редуктора, «вылизывая» конструкцию, и совершенствовать управление. Тот факт, что удалось добиться уменьшения габаритов и стоимости (примерно на 500 евро по отношению к 5НР-24) позволяет предположить, что область применения 6-ступенчатых АКПП расширится за счет автомобилей меньшей мощности. Такой прогноз подтверждается неофициальными данными, согласно которым фирма ZF уже запланировала выпуск коробки 6НР-20 для переднеприводных автомобилей с мощностью двигателя до 200-250 л.с.

Характерный представитель БСТ с вариатором VDT - Ecotronic в области небольших мощностей двигателя демонстрирует экономичность на уровне лучших 4-ступенчатых АКПП, но уступает прочим «ступенчатым» автоматам. Резервов в этом отношении у БСТ такой конструкции практически нет, разве что попытаться чуть увеличить силовой диапазон, пожертвовав габаритами.

Тем не менее, данное направление продолжает развиваться. Пока такие компактные коробки не имеют реальной альтернативы при автоматизации автомобилей малого класса. Тем более что они отличаются не только небольшими габаритами, но и низкой стоимостью (около 1200 евро), что особенно важно для недорогого автомобиля. Из неофициальных источников стало известно, что амбиции производителя Ecotronic - фирмы ZF даже серьезнее: идет подготовка одного из заводов к производству БСТ данного типа с гидротрансформаторным приводом для установки на автомобили с объемом двигателя более 2 л. Не является ли данный факт свидетельством того, что слухи о безоговорочном превосходстве цепного вариатора слегка преувеличены и у конкурентов есть проблемы? Проблемы, о которых мы только можем догадываться, могут быть связаны, например, с большими потерями мощности на управление вариатором. Известно, что для работы цепного вариатора требуется гораздо более высокое давление сжатия конических дисков, чем в конструкции VDT. А за все «большее» в технике нужно расплачиваться.

Не слухи, а опубликованные данные концерна VAG, отраженные на графике, тем не менее показывают, что автомобили с БСТ Multitronic демонстрируют топливную экономичность на уровне 5-ступенчатых

АКПП. Для дебюта неплохо, хотя, с точки зрения теории, ожидалось нечто большее. Возможно, что схема продольного расположения двигателя, действительно, не лучший вариант для раскрытия потенциала цепного вариатора. Помимо хорошей экономичности, еще одной заслугой БСТ Multitronic можно считать то, что она раздвинула область практического применения бесступенчатых автоматов в сторону двигателей с крутящим моментом, превышающим 200Н•м. Сказанное позволяет уже сейчас рассматривать БСТ с цепным вариатором в качестве серьезного конкурента 6-ступенчатым АКПП в области двигателей мощностью вплоть до 220 л.с. Особенно, если удастся «поработать» над массой и габаритами.

К сожалению, отсутствуют проверенные данные о стоимости новых БСТ. Покупателю автомобиля с Multitronic пока предлагаются на 3000 евро дороже, чем аналогичные модели с 5-ступенчатыми АКПП. Надеемся, что это обусловлено маркетинговой политикой продавцов, а не разницей в стоимости агрегатов.

Несмотря на болезни роста, количество производимых БСТ будет возрастать и оказывать существенное влияние на изменения в структуре «автоматизированных» автомобилей.

На основании изложенных соображений рискнем сделать вывод, что соотношение между игроками «автоматического рынка» к 2010 году изменится следующим образом. Основная доля легковых автомобилей (41%) будет оснащаться 5- и 6-ступенчатыми АКПП. Они будут применяться во всем диапазоне мощностей двигателя, исключая разве что самые маленькие. Машин с 4-ступенчатыми автоматами станет меньше (15% от общего количества) и увидеть эти АКПП будет можно на автомобилях с мощностью двигателя до 150 л.с. Количество автомобилей с вариаторными трансмиссиями возрастет и составит около 5%. Увеличение будет происходить за счет машин с двигателями малой и средней (до 220 л.с.) мощности. Пока нет достаточных оснований для того, чтобы говорить о более стремительном росте выпуска БСТ. Он потребует введения новых огромных производственных мощностей и длительной технологической подготовки производства, что едва ли осуществимо за одно десятилетие.

Вместо заключения

Прогнозы - прогнозами, а однозначно ответить на вопрос, поставленный вначале статьи, нам не удалось. Кто - кого: «ступенчатые» - «бесступенчатых» или наоборот, пока неясно. Отчасти потому, что пока не хватает объективных данных для сравнительного анализа. Возможно, ситуацию прояснит предстоящий автосалон во Франкфурте, на котором должны появиться новые модели автомобилей, оснащенные как БСТ, так и 6-ступенчатыми автоматами. Тогда можно будет еще раз вернуться к данному вопросу.

Вполне вероятно, что такая постановка вопроса и вовсе не корректна. Почему бы этим «мирным» автоматам не сосуществовать мирно, деля между собой автомобильный рынок? До тех пор, пока не появится следующий «новичок» и не нарушит сложившееся равновесие.

Характеристики различных модификаций БСТ Ecotronic.				
Параметры	I тип (VT-I)	II тип (VT-IF)	III тип (CFT-23)	IV тип (CFT-30)
Момент двигателя [Н•м]	145	165	250	300
Число оборотов двигателя [мин-1]	6000	6000	6500	6500
Мощность [л.с./кВт]	70/115	100/135	150/220	200/250
Приводной элемент	мокрое гидротрансформатор		многодисковое сцепление	

Диапазон вариатора Дм	5,45	5,45	5,82	5,58
Межцентровое расстояние вариатора [мм]	155	155	165	180
Длина БСТ [мм]	327	327	360	394
Масса БСТ [кг]	52	52	72	85