

Мирный автомат.

Прогнозы сбываются?

Часть 2

ВИКТОР РАСКИН, технический директор ЦАТ МАИ
СЕРГЕЙ САМОХИН

Продолжая разговор, начатый в прошлом номере журнала, посмотрим, какой путь преодолели за три года автоматические трансмиссии с плавным изменением передаточного отношения.

Следуя традиции, обратимся к теории. Она уже давно указала, что поиск идеальной автомобильной трансмиссии нужно вести в направлении создания агрегатов с бесступенчатым изменением передаточного отношения. Только в этом случае каждому из бесконечного числа возможных режимов работы двигателя можно точно подобрать оптимальный коэффициент трансформации крутящего момента, обеспечивающий экономичную и, одновременно, динамичную езду. Таким образом, формулу идеальной трансмиссии можно условно отобразить в виде b/∞ . Она показывает, что внутри силового диапазона редуктора, равного шести, должно быть предусмотрено бесконечное число возможных передаточных отношений. Сегодня лишь один тип трансмиссий из числа применяемых в автомобилестроении отвечает таким требованиям. Это бесступенчатые трансмиссии (БСТ).

Для тех, кто «не в теме»

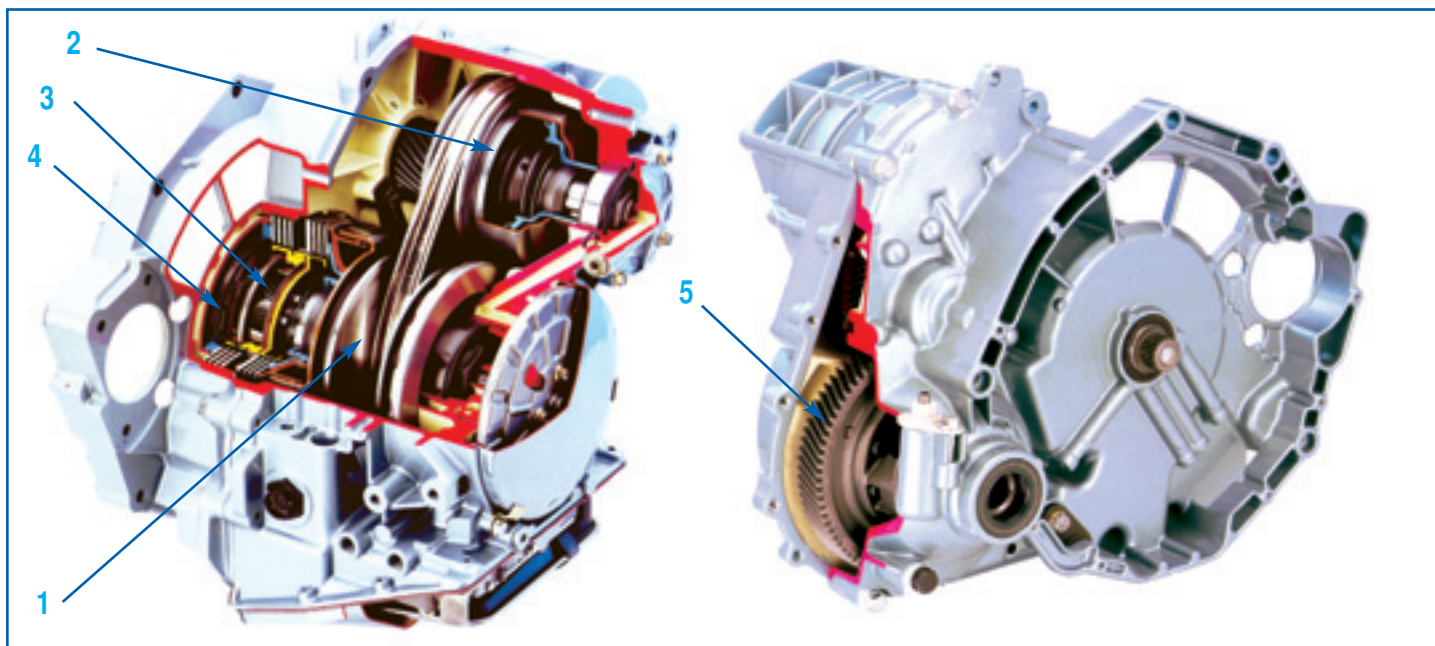
Напомним, что в современных автомобильных трансмиссиях с плавным изменением передаточ-

ного отношения используются вариаторные передачи с гибкой связью. Вариаторы такого типа привлекательны своей компактностью, относительно простой конструкцией и несложным способом регулирования передаточного отношения, хорошо поддающимся автоматизации. Благодаря применению в их конструкции металлических гибких элементов вариаторы позволяют передавать большой крутящий момент с достаточно высоким КПД, обладают большим ресурсом и неплохо приспособлены для серийного изготовления.

Сегодня в массовом масштабе выпускаются два типа вариаторных БСТ, которые принципиально отличаются только конструкцией гибкого элемента. В одних используется так на-

Коробка модели VT-1 — младшая в семействе ZF Ecotronic. Она предназначена для передачи крутящего момента до 175 Н·м в переднеприводных автомобилях с поперечным расположением двигателя.

- 1 — ведущий шкив вариатора
- 2 — ведомый шкив вариатора
- 3 — механизм заднего хода
- 4 — «мокрое» многодисковое сцепление
- 5 — главная передача



зывается «толкающий ремень». Технология его производства была разработана голландской фирмой Van Doorne Transmissie (VDT). «Ремень» сформирован из стальных пластин трапецевидной формы, прочно стянутых в замкнутый пакет двумя многослойными металлическими лентами. Судьба изобретения фирмы VDT пока складывается удачно. Его используют в своих разработках практически все известные производители автоматических трансмиссий: ZF и Mercedes — в Европе; Aisin Warner, JATCO и Honda — в Японии.

Альтернативой толкающему ремню является многорядная металлическая цепь с малым шагом. Такой гибкий элемент на протяжении многих лет применяла в своих вариаторных передачах немецкая фирма PIV Drives, выпускающая промышленные редукторы. Несмотря на то что по ряду параметров (КПД, технологичность и др.) цепные вариаторы PIV выглядят несколько предпочтительнее голландских конкурентов, они не получили широкого распространения в автомобилестроении. Пока ставку на них делает лишь концерн VAG. Совместно с фирмой LUK он разработал серию БСТ Multitronic, предназначенную для оснащения моделей семейства Audi с продольным расположением двигателя.

Когда мы в последний раз обращались к теме бесступенчатых трансмиссий, ситуация в этой области автотехники складывалась следующим образом. Различные модели БСТ с вариатором VDT в небольших количествах применялись в основном на автомобилях малого класса. Они работали в паре с двигателями, мощность которых была чуть выше сотни лошадиных сил. Сказывалось ограничение по максимальному крутящему моменту, который на то время были способны передавать вариаторы с металлическим ремнем. Трансмиссия Multitronic и вовсе существовала в единственном экземпляре. Правда, она агрегатировалась с 6-цилиндровым мотором мощностью без малого двести «лошадок» и крутящим моментом 280 Н•м! Помимо этого уже были озвучены ближайшие планы концерна VAG по выпуску аналогичных трансмиссий для моторов как меньшего, так и большего объема. Как изменилась картина за прошедшие три года?



Толкающий ремень сформирован из стальных пластин трапецевидной формы (1), прочно стянутых в замкнутый пакет двумя многослойными металлическими лентами (2).

Бесступенчатая картина

Изучение действующих каталогов продукции автопроизводителей однозначно показывает, что изменения произошли, причем как количественные, так и качественные. В программе многих автоконцернов расширился перечень моделей, в обозначении которых фигурирует аббревиатура CVT (Continuously Variable Transmission), то есть трансмиссия с плавным изменением передаточного отношения. По-прежнему в борьбе за «плавную автоматизацию» легковых автомобилей лидируют БСТ с толкающим ремнем VDT. Одна из причин лидерства, по-видимому, заключается в том, что промышленность уже сегодня готова предложить производителям БСТ такую специфическую деталь вариатора, как толкающий ремень в доста-



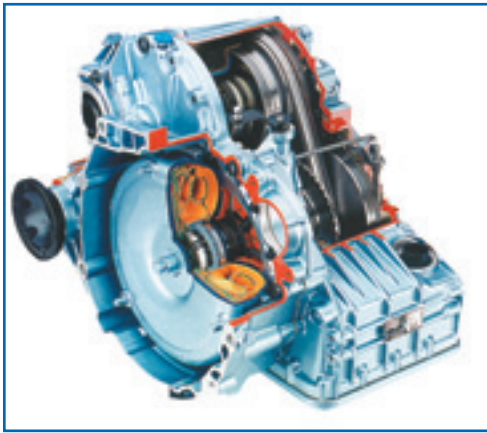
Шкив вариатора состоит из двух конических дисков. Тот, что слева — подвижный, его положение регулируется гидроцилиндром.

точно большому ассортименте и количестве. Его производство монополизировано концерном Bosch, который несколько лет тому назад приобрел завод VDT в Голландии и провел его модернизацию. По неофициальным сведениям теперь его годовая программа может составлять до 3 млн. металлических ремней.

Большую часть продукции Bosch потребляют «коробкостроители» Японии. Прежде всего это два японских «кита» — JATCO, трансмиссионное подразделение Nissan, и Aisin Warner, входящая в состав концерна Toyota. Существенная доля производимых ими БСТ предназначена для автоматизации продукции, идущей на внутренний рынок (известно, что 95% всех автомобилей в Японии оборудуется коробками-автоматами). Но и внешнему достается немало. По официальным данным, Nissan планирует к 2007 году увеличить выпуск автомобилей с CVT примерно в четыре раза, что составит цифру более миллиона. Помимо прочего это означает, что в настоящее время порядка четверти миллиона автомобилей этой марки оборудуются бесступенчатыми трансмиссиями, получившими фирменное обозначение Xtronic.

Nissan является лидером «CVT-зации» не только с количественной точки зрения. Это пока единственный автопроизводитель, который выпускает широкую гамму автомобилей, оснащаемых БСТ с металлическим ремнем — от компактных до полноразмерных. В 1992 году Nissan представил модель Micra (March) с силовой установкой в составе CVT и двигателя с рабочим объемом один литр. Она применялась на этих моделях вплоть до недавнего времени. Сейчас в списке моделей Nissan, которые оснащаются CVT Xtronic, присутствуют: универсал Cube, седан и хэтчбек Tiida с 1,5-литровыми моторами, хэтчбек и вагон Primera, минивэн Lafesta с двигателями объемом 2,0 л, а также кое-что еще, о чем стоит сказать подробнее.

В 2003 году JATCO приступила к производству БСТ, которая предназначена для трансформации крутящего момента двигателя VQ 35 DE. Это V-образный 6-цилиндровый мотор объемом 3,5 л с максимальными выходными параметрами 234 л.с./318 Н•м. Такими моторами



Другая модель ZF Ecotronic рассчитана на трансформацию большего крутящего момента. В ней в качестве узла сцепления с двигателем используется гидротрансформатор.

комплекуются кроссовер Murano, полноразмерный седан Teana и семиместный минивэн Presage. Трансмиссия, получившая название Xtronic-M6, на сегодняшний день является рекордсменом среди БСТ с толкающим ремнем по части максимального передаваемого крутящего момента. Ее разработчики отмечают, что основной проблемой, с которой они столкнулись, было обеспечение большого усилия сжатия конических дисков. Для этого потребовалось создать мощный насос высокого давления.

Довольно активно внедряет бесступенчатые автоматы Toyota. Сегодня в ее программе несколько CVT-моделей передне- и полноприводных автомобилей с двигателями объемом 1,0, 1,5 и 2,0 литра. Названия моделей известны лишь ценителям автомобилей с правым рулем, поскольку они предназначены для внутреннего рынка: компактный хэтчбек Vitz, минивэны Sienta, Wish, Isis, вагон Ора и седан Premio.

Японским «грандам» не уступает Honda. На своем заводе она производит БСТ, которыми автоматизируются: хэтчбеки Jazz и Civic, SUV HRV, минивэны Mobilo и Odyssey. Последний имеет наиболее мощный двигатель (200 л.с./232 Н•м), что также хорошо демонстрирует возможности вариаторных трансмиссий. Опыт Honda интересен тем, что она агрегирует БСТ с гибридными силовыми установками. Такие силовые агрегаты применяются на моделях Civic IMA и небольшом трехдверном купе Insight. CVT-зированные автомобили также есть и у Mitsubishi, и у Subaru. Интересно, что Subaru установила своеобразный «рекорд наоборот», оснатив БСТ «микрохэтчбеки» R1 и R2 с двигателем объемом 0,658 литра.

Так обстоят дела в Японии, известной своей восприимчивостью в отношении технических новаций. Что происходит в консервативной Европе? Здесь выпуск автоматов с гибким элементом VDT освоен двумя немецкими производителями. Известное предприятие ZF разработало

серию таких трансмиссий, получивших название Ecotronic. Семейство Ecotronic включает три базовые модели в исполнении для переднеприводных автомобилей с поперечным расположением двигателя. Модели отличаются величиной передаваемого крутящего момента. В «младшей» она может доходить до 175 Н•м, в «старшей» — до 310 Н•м. Специалисты ZF готовы адаптировать их конструкцию для использования в автомобилях с любым типом привода и любой компоновкой силового агрегата.

Завод ZF, производящий CVT Ecotronic, расположен в Бельгии. Он имеет довольно скромный производственный потенциал (несколько десятков тысяч БСТ в год). На сегодняшний день основными потребителями продукции завода являются островитяне: «натуральный британец» MG Rover и «баварский британец» Mini. Rover устанавливает CVT Ecotronic на переднеприводные модели с двигателями объемом 1,6 и 1,8 л: Rover 25 (ZR 120, Streetwise) и Rover 45, а также на родстер TF 120 с центрально расположенным силовым агрегатом и приводом на задние колеса. Mini применяет БСТ на всех своих моделях. Как известно, их всего две — One и Cooper. CVT Ecotronic устанавливается на модификации с двигателем 1,6 литра.

Европейское отделение концерна Ford использует трансмиссию Ecotronic для оснащения модели Focus C-Max, где она работает в паре с 1,6-литровым турбодизелем. Одна из разрабо-



В 2004 году концерн Nissan приступил к производству двух силовых агрегатов, каждый из которых включает вновь разработанные модели CVT и новые 4-цилиндровые двигатели HR15DE и MR20DE. Испытания показали, что экономия топлива при их использовании составила 20% и 37% соответственно.

ток ZF шагнула через океан. Тот же Ford, но уже американский предлагает свои новые автомобили, седан Ford 500 (Five Hundred) и кроссовер Freestyle с бесступенчатыми автоматами. В этих моделях они агрегируются с мощной V-образной 3-литровой «шестеркой» (203 л.с./271 Н•м). Правда, эти трансмиссии изготавливаются не в Европе, а на американском заводе ZF-Batavia.

Как это ни странно, вторым европейским производителем БСТ с металлическим ремнем является концерн Mercedes-Benz. Странно потому, что MB имеет репутацию традиционалиста и даже консерватора и известен своим сдержанным отношением к техническим новациям. Тем не менее, специалисты концерна разработали собственную конструкцию БСТ все с тем же толкающим ремнем. Трансмиссия, получившая название Autotronic, производится заводом MB для



Nissan Murano — первый автомобиль, у которого мощный мотор VQ 35 DE с крутящим моментом 318 Н•м работает совместно с вариаторной CVT с толкающим ремнем.

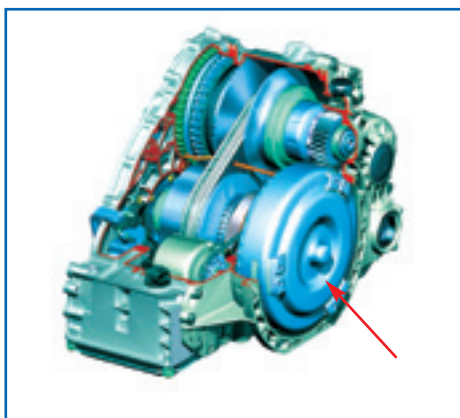
собственных нужд – оснащения моделей серии A: A 150, A 170, A 180 CDI и A 200 CDI.

Что касается БСТ с цепным вариатором (Multitronic), ее единственным приверженцем, по-прежнему, остается VAG. За прошедшее время, как и планировалось, линейка «мульти-троники» расширилась. Правда, она все так же включает коробки для использования только в переднеприводных автомобилях с продольным расположением двигателя. Соответственно, областью их применения остается плодотворное семейство Audi. В каталоге автомобилей этой марки можно обнаружить большое количество моделей, в обозначении которых фигурирует название Multitronic. Это автомобили серий A4 и A4 Avant, A6 и A6 Avant, а также A8 с моторами объемом от 1,8 до 3,2 литра. О способности цепного вариатора передавать большой крутящий момент свидетельствуют впечатляющие предельные характеристики нового двигателя 3,2 V6 24V FSI — 255 л.с./330 Н•м. Еще одно подтверждение этому — уже озвученные намерения немецких инженеров разработать коробку для двигателя 4,2 V8. А это значит, что «мульти-троникам» скоро покорится рубеж в 430 Н•м! Так что и на этом бесступенчатом направлении успехи впечатляющие.

Бесступенчатость как она есть

Если говорить об «облике» современных БСТ, то он практически не изменился. Конструкция трансмиссии включает: вариаторную передачу, механизм заднего хода в виде простого планетарного ряда, главную передачу (дифференциал) и устройства управления. В качестве узла сцепления с двигателем в большинстве случаев используется гидротрансформатор. Реже для этой цели применяется многодисковое «мокрое» сцепление. Такой механизм более компактен, но с задачей плавного трогания автомобиля справляется значительно хуже. Поэтому его чаще можно увидеть в БСТ, предназначенных для автоматизации автомобилей малого класса. Мокрым сцеплением также традиционно оснащаются БСТ Multitronic.

Суммарный силовой диапазон вариаторных передач в своем большинстве равен идеальному значению — 6. Если посмотреть на крайние значения передаточных отношений трансмиссии, то можно увидеть, что они принципиально отличаются от аналогичных параметров ступенчатых редукторов. Наглядный пример — трансмиссии, применяемые на автомобиле Ford 500. В 6-ступенчатой гидромеханической АКПП производства Aisin Warner передаточные числа изменяются от 4,15 (первая передача) до 0,69 (шестая передача). В отличие от нее CVT ZF-Batavia обеспечивает диапазон изменения передаточных чисел от 2,47 до 0,41. Такие цифры характерны для обоих типов трансмиссий. Чем вызвано различие?



Конструкция CVT Autotronic фирмы Mercedes-Benz не имеет никаких принципиальных отличий от прочих. Обратите внимание, что и здесь связующим звеном между двигателем и вариатором является ГДТ.

Чтобы это понять, нужно вспомнить устройство и принцип работы вариатора. В нем текущее передаточное число определяется отношением рабочих радиусов ремня на ведущем и ведомом дисках. Прямой «передаче» соответствует ситуация, когда рабочие радиусы там и здесь равны и составляют примерно половину радиуса конических дисков. «Крайние» значения диапазона получаются, когда ремень на одном из дисков работает по наименьшему радиусу, а на другом — по наибольшему. Вследствие этого минимальное и максимальное передаточные числа вариатора всегда оказываются примерно «симметричными» относительно единицы. Такая особенность диапазона передаточных отношений БСТ приводит к тому, что он оказывается вынужденно «сдвинутым» в область меньших передаточных чисел относительно диапазона ступенчатых редукторов. Чтобы компенсировать недостаток коэффициента трансформации крутящего момента, увеличивают передаточное число главной передачи. Так, в рассматриваемом случае у CVT оно равно величине 4,98 против 3,46 у АКПП-6.

«Мозги» современной БСТ обычно находятся внутри корпуса и «прошиты» с учетом ее индивидуальных особенностей. Как упоминалось, ре-

гулирование вариаторов легко поддается автоматизации. Это позволяет наделять систему управления различными специальными возможностями как полезными, так и излишними. К полезным можно отнести способность алгоритма управления адаптироваться к стилю вождения. Анализируя темп нажатия на педаль акселератора, система управления модифицирует режим работы трансмиссии. В зависимости от «пожеланий» водителя, которые он «высказывает» правой ногой, коробка подстраивается под динамичную, либо экономичную езду.

Следующую особенность системы управления едва ли можно оценить как полезную. Впрочем, судите сами. Практически все модели БСТ умеют работать в режиме «симуляции» ступенчатого изменения передаточного отношения с ручным переключением ступеней («передач»). Например, в обозначении упоминавшейся рекордсменки от Nissan (Xtronic-M6) два последних знака как раз обозначают, что коробка может «косить» под 6-ступенчатую «механику». Есть CVT, способные «симулировать» даже 7-ступенчатый режим. Тут впору задать вопрос: за что, собственно, боролись? Боролись, помнитесь, за идеальную бесступенчатость и — на тебе! Ведь мы уже выяснили, что ступенчатый режим работы трансмиссии не может обеспечить ни лучшей динамики, ни лучшей экономичности. Впрочем, что это мы раскипятились? Никто насильно не заставляет пользоваться «квазиступенчатым» режимом. Просто он есть. Возможно, на тот случай, когда вспомнится «босоное детство» и захочется беззаботно поиграть в дороге.

Еще одна «примочка», применяемая в системах управления БСТ, также не относится к числу объективно необходимых, а является следствием «тараканов в голове». В голове автовладельцев, которые не привыкли к особенностям работы силового агрегата с БСТ. Речь идет о коррекции работы двигателя при ускорении автомобиля в мощностном режиме (с полностью открытой дроссельной заслонкой). В таком случае в идеале силовая установка работает



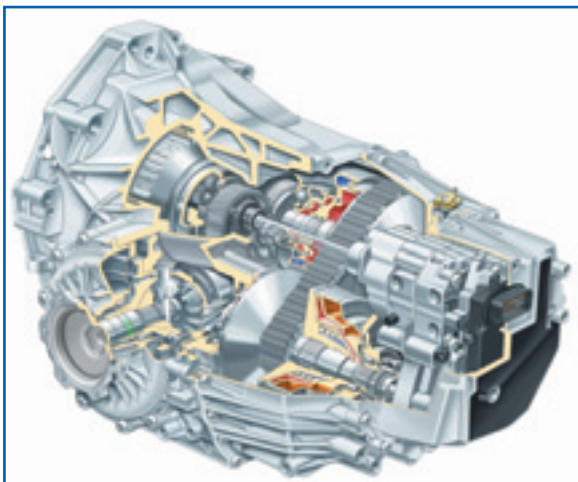
В «автотронике» применяется металлический ремень той же конструкции. ЭБУ спрятан внутри коробки, на панели управления.

следующим образом. Обороты двигателя быстро повышаются до значения, соответствующего максимальной мощности, и далее поддерживаются практически неизменными. Активный разгон автомобиля достигается плавным изменением передаточного отношения трансмиссии. При этом основное приращение скорости происходит в начальной фазе движения, после чего она изменяется плавно.

Но вот ведь беда — из-за того, что двигатель привычно не набирает обороты, а работает «на одной ноте», возникает субъективное ощущение, что машина «туповата», мотор «не тянет». Оказалось, что прочих субъективных и объективных факторов (силы вжатия в кресло, свиста ветра, мелькания объектов за окном и, наконец, показаний спидометра и тахометра) недостаточно, чтобы компенсировать слуховую иллюзию. Проблему решили, введя корректировку в алгоритм управления двигателем. На этапе повышения оборотов его «придуривают» с тем, чтобы растянуть выход на режим предельных оборотов по времени. Утверждается, что динамика автомобиля от этого не страдает. Мол, то, что теряется вначале, наверстывается потом (с трудом в это верится). Зато теперь при разгоне водитель слышит привычное «вж-ж-ж-и-и-и-и...»

Несколько слов об опыте ремонта БСТ. Он показывает, что причина большинства обращений владельцев CVT-мобилей в сервис — нарушение плавности работы трансмиссии, появление рывков. Чаще в этом оказываются виноваты электроника или исполнительные механизмы системы управления. При больших пробегах автомобилей (порядка 150–200 тыс. км) в вариаторах VDT отмечается износ гибкого элемента. Ленты, стягивающие пакет пластин, растягиваются, набор начинает «люфтить», появляется пробуксовка, приводящая к образованию задиров на поверхности дисков. В таком случае лечение заключается в замене металлического ремня, восстановительном ремонте или замене дисков и перенастройке системы управления. Такая неисправность, как обрыв ремня — явление уникальное и встречается крайне редко.

При ремонте БСТ одна из основных проблем заключается в недоступности запчастей к изделиям ряда производителей. Яркий пример — Nissan и Honda. Кстати, то же касается и новых ступенчатых АКПП. В трансмиссионных каталогах чаще, чем какую-либо запчасть, можно встретить пометку «not for service». Типа: «господа, у вас два пути — купить новую коробку или отправить неисправную в ремонт на завод-изготовитель и получить взамен восстановленную». Вот так. Не исключено, что в недалеком будущем ремонт автомобилей будет сведен к

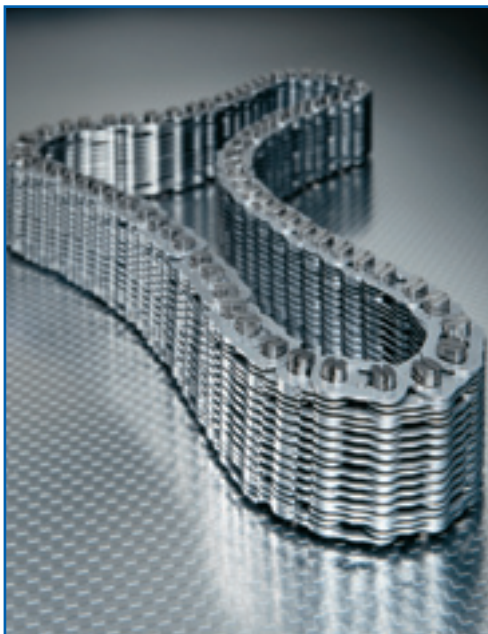


Дебютировав, трансмиссия Multitronic сразу установила рекорд. Ею оснащалась модель Audi A6 с двигателем 2,8 V6 (193 л.с.), развивающим крутящий момент до 280 Н·м.

замене расходных компонентов и вышедших из строя комплектных агрегатов.

Некоторые комментарии

Что можно сказать с уверенностью? Прежде всего, что за три года случился нешуточный прирост количества автомобилей с вариаторными трансмиссиями. В этом сделанные ранее прогнозы полностью оправдались. Так же, как оказались верны предположения о расширении области применения БСТ за счет автомобилей с более мощными двигателями. В то же время очевидно, что мы недооценили темпы экспансии «бесступенчатых». В самых смелых мечтах нельзя было представить, что уже через три года появятся не одна, а несколько моделей БСТ, способных составить пару двигателям мощностью 250 «лошадей». Что вариатор можно бу-



В «мультиатриках» в качестве гибкого элемента вариаторной передачи используется многорядная малозумящая цепь.

дет увидеть не только на среднеразмерном автомобиле, но и на внедорожнике и даже на представительском лимузине! Тем не менее, это уже свершившиеся факты. Поначалу они внушили такой оптимизм, что повествование так и подмывало завершить «языком плаката». Фразами вроде «уверенной поступью БСТ идут на смену ...» или «вариатор — светлое будущее мирового автопрома». Однако более внимательный анализ ситуации показал, что «бить в барабаны» преждевременно.

То, что происходит, пока больше напоминает не расширение области применения БСТ, а ее смещение. Насколько быстро растет число CVT-автомобилей с двигателями средней мощности, настолько незначителен их прирост в секторе автомобилей малого класса с моторами, мощность которых не превышает 90 л.с. То есть там, где их применение недавно казалось наиболее обоснованным. Если судить по европейским автопроизводителям, можно даже говорить о сокращении количества таких моделей. Помимо того, что их по-прежнему нет, например, у Opel, Smart (Daimler/Chrysler) и ни у одного из французских автозаводов, они исчезли из программы концернов Fiat и Ford. В этом секторе автопрома их место занимают 4-ступенчатые автоматы и механические коробки с автоматизированным переключением передач.

Тому может быть несколько причин. Во-первых, есть сведения, что пока производство БСТ обходится достаточно дорого. Дороже, чем давно отлаженное изготовление традиционных АКПП и, тем более, дороже автоматизированных КПП. Фактор стоимости агрегатов особенно важен для автомобилей малого класса, где на фоне невысокой цены автомобиля «лишние десять баксов» могут и «помешать». Во-вторых, далеко не всегда БСТ могут конкурировать с противниками по массогабаритным показателям. Например, известно, что упоминавшийся «малыш» Subaru R1/R2 в версии с CVT-трансмиссией весит аж на 30 кг больше аналога с «механикой». Уменьшение габаритов БСТ ограничено как минимум диаметром конических дисков, который определяет силовой диапазон вариатора.

Впрочем, и с большей стоимостью, и с большими массой и габаритами можно мириться, если эти недостатки компенсируются другими преимуществами, а именно — экономией топлива и лучшей динамикой автомобиля. Теория полагает, что такие преимущества у БСТ есть. А что по этому поводу говорит практика? На этот вопрос попытаемся ответить в следующий раз.

