

# Электронный архив УГЛТУ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

**Д.В. Демидов**  
**С.В. Будалин**

## **ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ** **МИРОВОЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ**

### **Часть 1. Эволюция трансмиссии автомобиля**

Методические указания для самостоятельной работы  
студентов очной и заочной форм обучения  
специальностей 240100, 240400, 150200 и 552100

Екатеринбург  
2005

**УГЛТУ**  
Абонемент  
Увбчс-г/Етоличвской  
»и.ж.Пурц

# Электронный архив УГЛТУ

Печатаются по рекомендации методической комиссии лесомеханического факультета

Протокол № 1 от 05.10.2005 г.

Подписано в печать 22.06.05	Формат 60x80 1/16	Поз. 97
Плоская печать	Печ. л. 2,09	Тираж 150 экз.
Заказ 280		Цена 7 руб. 20 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Научная библиотека  
УГЛТУ  
г. Екатеринбург

## Введение

Двигатель обеспечивает малый крутящий момент, особенно на низких оборотах. Поэтому за счет передаточного числа трансмиссия позволяет передавать и распределять мощность двигателя на ведущие колеса при изменении подводимого крутящего момента и частоты вращения по величине и направлению. Обычно выходной вал из коробки перемены передач вращается с оборотами, составляющими четвертую часть оборотов входящего вала.

В зависимости от способа передачи, изменения и распределения крутящего момента трансмиссии различают: механические, гидромеханические, гидрообъемные и электромеханические со ступенчатым, бесступенчатым и автоматическим изменением крутящего момента.

*Механические ступенчатые трансмиссии* состоят только из механических агрегатов (сцепление, коробка передач и др.) и обладают как рядом достоинств (высокий КПД, простота конструкции, относительно малые габариты и масса, надежность в эксплуатации и ремонтпригодность), так и рядом недостатков (сложность и трудоемкость управления, значительный объем технического обслуживания, повышенные динамические нагрузки на агрегаты и механизмы). Ступенчатость изменения крутящего момента является основным недостатком механических трансмиссий, так как приводит к неполному использованию мощности двигателя, снижая среднюю скорость движения автомобиля и ухудшая его проходимость.

Для обеспечения лучшей приспособляемости автомобиля к движению в различных условиях желательно иметь большее число ступеней в коробке перемены передач, но это усложняет конструкцию трансмиссии и управление автомобилем, повышает утомляемость водителя, особенно в городских условиях, что обычно сопровождается ухудшением безопасности движения.

Применение механических бесступенчатых трансмиссий усложняет конструкцию трансмиссии и автомобиля в целом.

*Гидромеханические трансмиссии* состоят из гидродинамического агрегата и механических агрегатов, обеспечивая в определенных пределах плавное автоматическое изменение крутящего момента, передаваемого на ведущие колеса, и частоты их вращения в зависимости от условий движения. Кроме того, гидромеханическая трансмиссия частично выполняет функции сцепления, поэтому сцепление в ней может отсутствовать.

К достоинствам гидромеханической трансмиссии относятся: легкость и простота управления (способствует безопасности движения), снижение динамических нагрузок в трансмиссии, наличие автоматического диапазона регулирования, обеспечение оптимального режима работы двигателя. Недостатками ее являются: более низкий КПД по сравнению с механической трансмиссией, сложность и высокая стоимость агрегатов.

*Электромеханические трансмиссии* на легковых автомобилях по ряду причин пока не получили широкого применения, хотя первые электромобили появились более 100 лет назад и работы по их совершенствованию интенсивно ведутся в настоящее время.

## Ч.

## Развитие компоновки трансмиссии

Честь создания **классической (заднеприводной) трансмиссии** легкового автомобиля принадлежит *Луи-Рене Панару (Louis-Rene Panhard)* и *Эмилю Левассору (Emile Levassor)* в 1891 году: спереди расположен вертикальный двигатель, к которому примыкало сцепление, коробка передач, карданный вал, дифференциал (изобретен в 1877 году *Старлеем и Пекером*) с распределителем. и жесткая задняя ось с ведущими колесами.

Конструкция с поворотными кулачками и трапецией повышала устойчивость автомобиля и характер управления. В коробке передач использовались неизвестные ранее скользящие шестерни, однако другие технические решения сохранялись от конных экипажей. У автомобиля «*Panhard et Levassor-4CV*» были и недостатки: сцепление представляло собой грубый механизм, главная передача - цепная, дифференциал - самой простой конструкции.

В 1898 году *Луи Рено (Louis Renault)* строит автомобиль с двигателем *De Dion* мощностью 1,75 л.с. на трубчатой раме с революционной по тем временам коробкой перемены передач с высшей (прямой) передачей и карданной передачей (вместо цепной) к заднему мосту (Рис. 1, а).

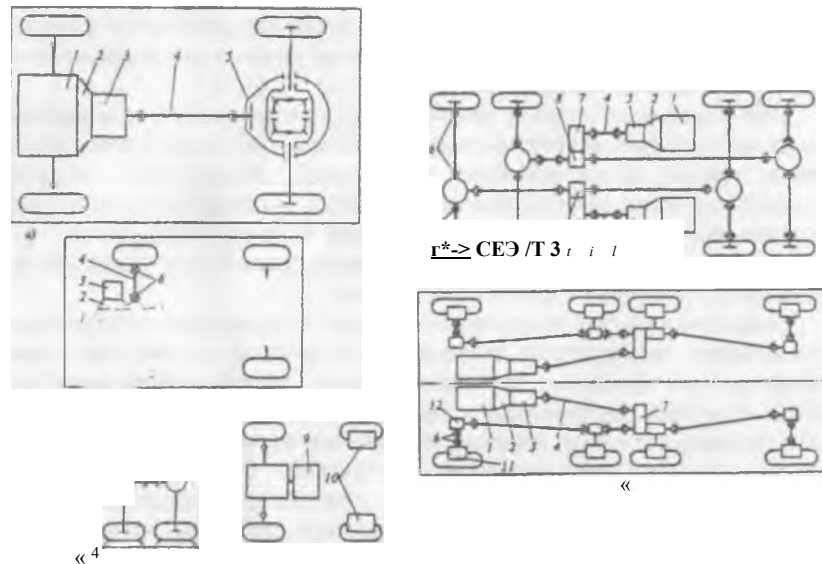


Рис. 1. Эволюция компоновки трансмиссии автомобиля:

- а) механическая 4x2 с задним приводом; б) механическая 4x2 с передним приводом; в) механическая 6x4 с проходным мостом; г) гидравлическая или электрическая 4x2 с мотор-колесами; д) мостовая механическая 8x8; е) бортовая механическая 8x8 (1 - двигатель, 2 - сцепление, 3 - коробка передач, 4 - карданная передача, 5 - главная передача и межколесный дифференциал, 6 - шарниры равных угловых скоростей, 7 - раздаточная коробка, 8 - межосевой дифференциал, 9 - насос или генератор, 10 - гидро- или электродвигатель, 11 - колесный редуктор, 12 - бортовая передача)

Популярность цепного привода постепенно пошла на спад. Однако процесс развивался неспешно: на состоявшейся в 1903 году в Париже автомобильной выставке более 60% всех машин использовали задний мост с цепным приводом. К 1906 году наметился отход от цепной передачи к карданной передаче. Правда, на мощных быстроходных автомобилях сохранялась цепная передача к ведущим колесам, по мнению специалистов, обеспечивая меньшие неподрессоренные массы.

Англичанин *Фредерик Ланчестер (Frederick Lanchester)* создал свой автомобиль в 1895 году, который, по словам летописца автомобилестроения *Энтони Берда*, «был первый легковой автомобиль в мире, созданный на научной основе как единое целое». Оппозитный двигатель работал в паре с планетарной коробкой передач, от которой крутящий момент передавался коротким карданным валом червячной передаче заднего моста. Задний мост был оснащен шарикоподшипниками и шлицованными полуосями, что казалось высшим достижением технической мысли. Все узлы были стационарно смонтированы на раме, включая бензобак, придавая конструкции дополнительную жесткость. Кроме того, разработанная *Ланчестером* главная передача червячного типа имела КПД 97,6%, позволяя заметно снизить потери мощности.

В течение первой половины XX века трансмиссия, в основном, была продольной. Закрепленная спереди коробка передач соединялась карданной передачей с главной передачей в середине балки заднего моста, с ведущими колесами с каждой стороны. Карданная передача имела не менее одного шарнира и специальное устройство для небольшого изменения длины для компенсации перемещения заднего моста относительно коробки передач.

Главная передача изменяла передаточное число трансмиссии обычно в отношении 4:1, без которой передаточное отношение первой передачи составляло бы примерно 16:1. Кроме того, она включала дифференциал для обеспечения вращения колес с разными скоростями на поворотах. Жесткая труба заднего моста содержала полуоси одинаковой длины, соединяющие дифференциал и ступицы задних ведущих колес.

С ростом автомобилизации растет доля малоопытных водителей, требуя автомобиль с повышенной активной безопасностью, простой в управлении. Таким, в сравнении с автомобилем классической компоновки, является переднеприводный автомобиль (Рис. 1, б), технологические преимущества при сборке и ремонте которого привели к тому, что сегодня более 70% выпускаемых в мире легковых автомобилей имеют переднеприводную компоновку, в основном с поперечным размещением двигателя.

В 1897 году были созданы модели *Latil* и *Graf und Stift* с передними ведущими колесами, в 1926 году начат выпуск *Tracta* - первого серийного переднеприводного автомобиля (двигатель располагался продольно). К началу 1930-х годов относится всплеск конструкций с передними ведущими колесами: *Citroen* во Франции, *Adler* и *Audi* в Германии, *Cord* в США. В 1931 году начат выпуск *DKW F1* - первого переднеприводного автомобиля с поперечным расположением двигателя и коробки перемены передач.

Наиболее существенные перемены внесли модели *Traction Avant* (передний привод) фирмы *Citroen* в 1934 году и *Morris Mini* в 1958 году, вслед за которыми в шестидесятые годы отмечен невиданный размах выпуска переднеприводных автомобилей. Для первого конструктор *Mopus Centurpat* компоновал спереди радиатора коробку передач, за ней - главную передачу с полуосями, а за ней - сам двигатель. Все это четырьмя длинными болтами крепилось к подрамнику несущего цельнометаллического кузова.

Новый период переднеприводных связан с *Morris Mini* - малогабаритным, длиной 3,1 м, микролитражным автомобилем, спроектированным *Алексом Иссионисом (Alec Issigonis)* из принципа «главное для легкового автомобиля - пассажирский салон (80% длины), остальное (20%) - двигателю и другим агрегатам». Для вместительности салона четырехцилиндровый двигатель (993 см<sup>3</sup>, 38 л.с., 5250 об./мин) поставлен поперек. *Иссионис*, в отличие от предшественников, поставил его спереди автомобиля, радиатор сдвинул назад и влево, поставив его рядом с блоком цилиндров. Льбровка передач размещалась внутри масляного поддона двигателя с цилиндрической главной передачей, расположенной за двигателем.

Если передние колеса ведущие, двигатель можно устанавливать и продольно, и поперечно с коробкой передач, объединяющей в себе главную передачу с цилиндрическими шестернями и дифференциал. Почти все последующие автомобили с поперечным расположением двигателя имели коробку передач, расположенную на одной оси с коленчатым валом. Такая конструкция намного проще, но приводит к тому, что двигатель в сборе с коробкой передач становится существенно шире, создавая проблемы с его установкой.

Компоновка с продольным расположением двигателя и коробкой передач (заднемоторные автомобили *Volkswagen Beetle*, *Renault 4CV/Dauphine*) не имеет тех преимуществ в компактности, которые имели компоновки с поперечным расположением двигателя. Кроме того, конструкторы стояли перед тяжелым выбором: устанавливать двигатель перед передней осью, делая перегруженной переднюю часть автомобиля и ухудшая аэродинамику автомобиля, или за осью с коробкой передач, размещенной спереди. Во втором случае двигатель был приближен к переднему сиденью.

При переднем приводе не требуются карданные валы. Для передачи крутящего момента на передние колеса, позволяя им перемещаться вертикально относительно двигателя и коробки передач, в маленьких автомобилях с задним расположением двигателя 1950-х годов и с независимой подвеской задних колес применили различные варианты качающихся полуосей. Но применить качающиеся полуоси с обычными карданными шарнирами в переднем приводе, когда колеса должны поворачиваться, невозможно, и необходимо использовать шарниры равных угловых скоростей.

Чтобы сделать автомобиль более мощным без создания нового двигателя, в 1935 году конструктор *Луиджи Бацци (Luigi Bazzi)* разместил один восьмицилиндровый агрегат спереди, другой - за спиной пилота. Ведущими на *Alfa Romeo Bimotore* были только задние колеса, что потребовало разработки оригинальной трансмиссии (Рис. 2).

# Электронный архив УГЛТУ

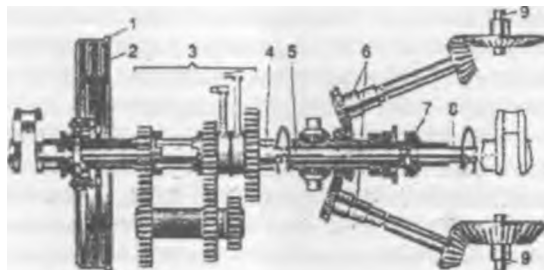


Рис. 2. Схема трансмиссии *Alfa Romeo Bimotore*:

1 - маховик; 2 - сцепление; 3 - коробка передач; 4 - вторичный вал коробки передач;  
5 - промежуточный вал; 6 - приводные валы задних колес; 7 - кулачковая муфта; 8 - вал  
заднего двигателя; 9 - полуоси

Под днищем проходила система валов от заднего двигателя, связанного с маховиком основного переднего мотора специальной кулачковой муфтой, с помощью которой можно отсоединить второй двигатель от трансмиссии. Вторичный вал коробки передач сделали полым, пропустив через него промежуточный вал. Крутящий момент от двух моторов через двухдисковое сцепление и трехступенчатую коробку передач передавался на дифференциал, после которого две конические передачи приводили карданные валы, расходящиеся к бортам - к ведущим колесам. Карданы и полуоси также связаны парами конических шестерен. Два двигателя объемом по 3165 см<sup>3</sup> каждый развивали в сумме 540 л.с. при 5400 об./мин. Автомобиль достигал скорости 320 км/час, но его гоночная жизнь оказалась недолгой вследствие трудности управляемости автомобилем и его большой массы.

Конструкция привода всех колес была запатентована Робертом Тви-фордом 7 июля 1898 года. В Голландии фирма *Spyker* экспериментально построила в 1903 году опытный полноприводный легковой автомобиль.

Полноприводные автомобили строили Гарри Миллер (*Harry Miller*) для знаменитых гонок «500 миль Индианаполиса» в 1931 году и Этторе Бугатти (*Ettore Bugatti*) для горных гонок в 1932 году (*Bugatti Type 53* с 300-сильным восьмицилиндровым двигателем), после чего появились серийные образцы вездеходов. Цель Миллера и Бугатти была иной - применением привода на все колеса они стремились полностью использовать вес автомобиля в качестве сцепного, повысить стабильность и скорость автомобиля на дорогах.

Как США, так и Германия в 1936-39 годах создавали армейские внедорожные автомобили. Немецкие штабные машины трех унифицированных типов имели независимую подвеску всех колес, колесную формулу 4x4, блокируемые дифференциалы, четыре управляемых колеса. В противовес немецкой конструкции американская - создала простейшие по конструкции джипы с зависимой рессорной подвеской колес. В 1939 году компания *American Bantam Car Co* представила Вооруженным силам США легкий дозорный автомобиль - полноприводный *Bantam BRC*.

# Электронный архив УГЛТУ

По требованиям военного департамента США *Studebaker*, *Chevrolet*, *International*, *REO* развернули в 1942 году широкомасштабный выпуск трехосных полноприводных грузовиков грузоподъемностью 2,5 т, конструкция которых для многих фирм стала образцом для подражания.

Автомобили с четырьмя ведущими колесами обозначают *4WD* или 4x4. Имеются причины, чтобы сделать все колеса ведущими: достижение максимального сцепления для движения в плохих дорожных условиях, улучшение управляемости и способности к разгону. Семейство внедорожных и вседорожных автомобилей часто обозначают *RV* (*recreational vehicle* - автомобили для отдыха) или *SUV* (*sport utility vehicle* - автомобили для спорта).

Дорожная концепция *4WD* возникла с появлением в 1980 году *Audi Quattro*, не забывая при этом *Jensen FF* (1966 год) и исследовательскую программу по полному приводу, проводившуюся в Англии в 1950-х и возглавленную *Гарри Фергюсоном* (*Harry Ferguson*) и *Тони Ролтом* (*Tony Rolt*).

В начале 1990-х производитель считал обязательным предложить полноприводный вариант серийной модели. В сравнении с приводом на два колеса полный привод существенно увеличивает стоимость, массу трансмиссии и механические потери при вращении подшипников, зацеплении шестерен и перемешивании масла, снижая общую работоспособность и топливную экономичность. Поэтому преимущества *4WD* должны перевешивать недостатки.

При бездорожье полный привод дает возможность двигаться медленно и осторожно, в то время когда при двух ведущих колесах приходится «гнать» и есть риск повредить автомобиль или застрять. У *4WD* гораздо больший шанс вовремя затормозить перед тем, как движение станет невозможным, но при застревании на мягком грунте он «копает» в два раза быстрее, чем обычный автомобиль. *4WD* придает больше уверенности и обеспечивает меньше риска.

Если вы собираетесь осторожно ползти вперед, очень важны большие передаточные числа, вот почему внедорожники оборудуются раздаточными коробками - дополнительными 2-ступенчатыми коробками передач, служащими для распределения крутящего момента между ведущими мостами. В раздаточной коробке может осуществляться также увеличение момента, подводимого к ведущим колесам автомобиля. Как правило, в раздаточных коробках предусматривается устройство для включения и отключения переднего ведущего моста, а иногда от раздаточной коробки обеспечивается привод дополнительных агрегатов (например, коробки отбора мощности).

Часто применяются раздаточные коробки с заблокированным приводом (приводы всех мостов постоянно жестко связаны друг с другом и всегда вращаются с одинаковыми угловыми скоростями). В таких коробках обычно имеется устройство для отключения привода переднего моста при движении по твердому покрытию с высоким коэффициентом сцепления, позволяя снизить расход топлива, уменьшить нагрузки трансмиссии и износ шин.

Критическим также является максимальный дорожный просвет (клиренс): не имеет никакого смысла иметь настоящий полный привод, если середина автомобиля застревает на кочке. Для *4WD* при разных условиях движения нужны разные типы шин.



# Электронный архив УГЛТУ

Конструкция 4 *WD* должна предусматривать устройства, не допускающие буксования одного колеса и полного обездвиживания автомобиля. В руках опытного водителя автомобиль с приводом на два колеса, с низкими передаточными числами, достаточным клиренсом и подходящими шинами, возможно, проедет дальше, чем полноприводный автомобиль, поскольку первый автомобиль будет легче, а вес - один из врагов движения по бездорожью.

На твердой дороге полный привод мощного автомобиля дает преимущества на скользкой дороге, потому что он будет способен разогнаться быстрее (хотя он не сможет быстрее остановиться). В отношении влияния полного привода на управляемость и устойчивость он дает небольшое преимущество в устойчивости на скользких дорогах, но обеспечивает более легкий контроль над автомобилем в пограничных условиях (намного легче контролировать, чем заднеприводной автомобиль). На сухих поверхностях с высоким коэффициентом сцепления преимущества проблематичны.

Имеется *стандартная компоновка трансмиссии 4WD* с продольно расположенным двигателем, передающим крутящий момент через коробку передач, затем через короткий карданный вал в центральный узел трансмиссии, который может быть раздаточной коробкой или распределителем момента вперед-назад, и межосевой дифференциал. В некоторых *SUV* с короткой колесной базой первичный карданный вал может отсутствовать, и центральный узел трансмиссии является продолжением коробки передач.

Необходимость в межосевом дифференциале обусловлена тем, что при повороте автомобиля не только внутренние колеса вращаются медленнее, чем наружные, но и задние колеса двигаются медленнее, чем передние. Без межосевого дифференциала передние и задние колеса будут противодействовать друг другу, увеличивая износ шин. Это можно допустить для автомобилей, использующих 4 *WD* только на скользких дорогах и переключающих привод на два колеса на твердых (*SUV* сохраняют привод четырех колес все время).

От центрального узла трансмиссии крутящий момент передается к передней и задней главным передачам, и к четырем колесам с помощью двух коротких карданных валов. Выходной вал к задним колесам может находиться на одной линии с входным, а выходной вал к передним колесам может выступать в сторону, при этом передача крутящего момента на него осуществляется с помощью цилиндрической передачи или многозвенной цепию.

Со смещением в сторону передняя главная передача расположена близко к двигателю или непосредственно под поддоном двигателя. Смещение особенно важно при использовании неразрезной балки моста, поскольку она перемещается вверх и вниз. В некоторых моделях передний и задний карданные валы находятся на одной линии друг с другом, а обе главные передачи смещены в сторону (компоновка при использовании раздаточной коробки).

Преимущество применения неразрезных балок мостов для 4 *WD* заключается в постоянстве расстояния между корпусом главной передачи и дорогой, в то время как при независимой подвеске это расстояние может сильно уменьшаться при полном сжатии упругих элементов подвески.

# Электронный архив УГЛТУ

Главные передачи должны передавать высокие значения крутящего момента, если автомобиль может использовать понижающую передачу в раздаточной коробке. Поскольку большое передаточное число понижающей передачи значительно увеличивает крутящий момент двигателя, и, если центральный дифференциал имеет устройство повышенного трения, способность к передаче крутящего момента главной передачей должна быть еще больше. Следовательно, передняя и задняя главные передачи автомобилей *AWD* обычно больше и тяжелее, чем на простых легковых автомобилях.

Межосевой дифференциал может распределять крутящий момент несимметрично. Если распределение не 50:50, то большая часть момента обычно передается к задним колесам. Когда автомобиль движется вверх или ускоряется, происходит перераспределение массы назад, поэтому задние колеса могут реализовать больший крутящий момент, чем передние. Создать привод к задним колесам, способный воспринимать большую часть момента, легче - он не должен найти свой путь, минуя двигатель, к передней главной передаче. Уменьшение доли крутящего момента, поступающего к передним колесам, улучшает управляемость автомобиля и меньше подвергает ее влиянию изменения крутящего момента.

Раздаточная коробка может обеспечить прямую передачу или понизить передаточное число привода в соотношении примерно 2:1 для работы на низких скоростях. Это может быть двухвальная коробка, в которой оба вала связаны зубчатой передачей (обычно одна пара шестерен с большим передаточным числом для понижающей передачи, а вторая пара - повышающая).

Понижающая передача обычно имеет передаточное число, обеспечивая движение на первой передаче с полностью отпущенной педалью сцепления со скоростью пешехода. Она также полезна для спуска с крутых склонов без помощи тормозов, применение которых может быть опасным.

Раньше в раздаточных коробках использовали кулачковые муфты для включения передач и переключения между низшей и высшей передачами, что приводило к необходимости почти полной остановки автомобиля. Современные трансмиссии *4 WD* позволяют производить переключения на средних скоростях. Если установлено специальное сцепление для включения или отключения двух колес, включение понижающей передачи автоматически включает привод на четыре колеса (на высшей передаче отключает), что позволяет делать привод «подключаемым» в отличие от «постоянного» *4WD*.

Примером может служить система первых *Land Rover*, когда ступицы передних колес имели «обгонные муфты», обеспечивающие на крутых поворотах свободное качение передних колес без противодействия задним. Хотя, в зависимости от «внедорожных» условий раздаточная коробка может быть исключена, уменьшая стоимость, вес и экономя место.

При потере сцепления одного из колес с дорогой при использовании трех дифференциалов крутящий момент не сможет передаться ни к одному из других трех колес. Поэтому, межосевой дифференциал снабжают блокировкой (начиная с *Jensen FF*): при проскальзывании колеса с одной стороны автомобиля, крутящий момент передается колесам другой стороны автомобиля.

# Электронный архив УГЛТУ

При полном блокировании весь крутящий момент передается в одном направлении, означая, что карданный вал и полуоси должны быть сделаны вдвое более прочными, не допуская перегрузки и возможности поломки.

В большинстве современных 4 *WD* трансмиссий межосевой дифференциал заменяют вязкостной муфтой, автоматически перераспределяемой крутящий момент при проскальзывании колес с другой стороны автомобиля.

Большинство «серьезных» *SUV* имеют непосредственную блокировку заднего дифференциала, которая в случае пробуксовки одного из задних колес в грязи или на другой подобной поверхности, может передавать крутящий момент к остальным трем колесам. Блокировка дифференциала передней оси обычно не предусматривается из-за воздействия на управление. В любом случае чаще в плохих дорожных условиях застревают задние колеса, и если нет никакого выхода, то может помочь приводимая от двигателя лебедка с тросом, которой оборудуются некоторые *R V*.

Дорожные *4WD* представляют собой полноприводные версии взятых стандартных переднеприводных или заднеприводных легковых автомобилей.

Если базовый автомобиль имел привод на передние колеса, то адаптация к полному приводу непосредственная. При продольном расположении двигателя и трансмиссии (большинство *Audi* и *Subaru Impresa*) устройство привода на все колеса может быть довольно простым: привод к задним колесам забирают из задней части стандартной коробки передач с помощью карданной передачи и новой главной передачи заднего моста. Межосевой дифференциал встраивается в увеличенный картер коробки передач. Адаптация автомобиля с задним расположением двигателя (*Porsche Carrera*) является зеркальным отражением первого варианта, только карданная передача направлена к переднему мосту, с дополнительной главной передачей.

Автомобили с двигателем посередине представляют большую проблему на практике, но таких автомобилей с приводом на четыре колеса довольно мало (*Bugatty EB 110*, *Jaguar XJ220*). На *Bugatty* крутящий момент между передними и задними колесами распределялся в соотношении 27:73, хотя и межосевой, и задний дифференциалы имели повышенное трение. Передняя главная передача получилась сравнительно небольшой, иначе могла создать проблемы в размещении привода к передним колесам.

Автомобили с центральным поперечно расположенным двигателем (*MGF* и *Toyota MR2*) реально очень трудно адаптировать для 4 *WD*.

Для переднеприводных автомобилей с поперечным расположением двигателя для адаптации в 4 *WD* довольно легко переделать корпус главной передачи, расположив его за двигателем, используя для передачи крутящего момента карданный вал и новую главную передачу (*Lancia Integrate*, *Mitsubishi*, *Volkswagen Sincro*, *Jaguar X-type*). Настоящим инженерным вызовом можно считать адаптацию переднеприводного автомобиля, когда полностью переделывается задняя часть автомобиля. Начинают с неведущих задних колес и относительно простой подвески, находя место для карданной передачи, задней главной передачи и новой более тяжелой и сложной задней подвески.

Когда базовый автомобиль имеет привод на задние колеса (двигатель расположен спереди) переоборудование в вариант *4WD* напоминает трансмиссию *SUV*, с раздаточной коробкой и межосевым дифференциалом, установленным в заднем расширении продольной коробки передач. Здесь всегда используют несимметричное распределение крутящего момента, обычно в соотношении переднего к заднему, как 35:65.

В отличие от внедорожников, дорожные *4WD* оборудуются независимыми подвесками, а корпуса главных передач с обеих сторон прикрепляются к кузову автомобиля, упрощая конструкцию карданных валов, делая легче установку переднего карданного вала рядом с масляным поддоном двигателя, усложняя конструкцию приводных полуосей.

Наибольший интерес в большинстве *4WD* автомобилей вызывают устройства повышенного трения, применяемые в качестве межосевых и задних дифференциалов. В прежних моделях использовались вязкостные муфты и дифференциал *Torsen*. Иногда использовалось их сочетание, вязкостные в качестве межосевых дифференциалов, а *Torsen* в качестве заднего. Используются также вязкостные муфты с контролируемой степенью блокировки (диски муфты могут сжиматься между собой), применяемые для управления распределением крутящего момента между передними и задними колесами под электронным контролем, с программным обеспечением, учитывающим разнообразные факторы (скорость автомобиля, угловая скорость колес, поперечная сила). Конструкторы современных *SUV* предпочитают простым блокировкам дифференциалов чувствительные устройства, управляющие сцеплением с дорогой и поведением автомобиля.

## 2.

### Развитие конструкции сцепления

Сцепление предназначено для кратковременного разъединения двигателя и трансмиссии (при переключении передач, торможении и остановке автомобиля), плавного их соединения (передача крутящего момента от двигателя к коробке передач после переключения передач и при трогании с места).

Принцип работы сцепления прост: диск сцепления (ведомый диск), покрытый с обеих сторон материалом с высоким коэффициентом трения, зажимается между задней поверхностью маховика и нажимным диском, который удерживается в нажатом положении мощной пружиной. Давление пружины на нажимной диск уменьшается при нажатии водителем на педаль сцепления, связанной с приводом, разгружающим пружину.

Главным требованием является передача без проскальзывания всей величины крутящего момента, получаемого от двигателя. При передаче большего крутящего момента необходимо увеличивать силу нажатия пружины сцепления, что было настоящей проблемой, когда в сцеплении использовались маленькие, но жесткие винтовые пружины между нажимным диском и кожухом сцепления. Довольно трудно было управлять таким сцеплением на мощных автомобилях 1950-х годов, когда винтовые пружины сжимались механически.

# Электронный архив УГЛТУ

Затем была разработана диафрагменная пружина, имеющая настолько больше преимуществ над витыми пружинами, поэтому скоро последние останутся только в сцеплениях грузовых автомобилей.

*Однодисковое сцепление* стало мировым стандартом для современных легковых автомобилей с механической коробкой передач. Небольшая часть легковых автомобилей чрезвычайно большой мощности и ряд грузовых автомобилей используют *многодисковые сцепления* для получения возможности передачи больших крутящих моментов без значительного увеличения размеров сцепления. В многодисковых сцеплениях ведомые и нажимные диски соединяются с ведущим валом коробки передач с помощью шлицев и сжимаются главным нажимным диском со стороны коробки передач. Но они не только дороги, но и требуют тщательной разработки, чтобы включаться и выключаться так же чисто, как однодисковые.

В течение долгих лет предлагалось много конструкций *автоматических сцеплений*, чтобы позволить водителю автомобиля с механической коробкой передач возможность управлять только двумя педалями. Автоматическое сцепление должно обеспечить не только движение автомобиля с места, но и разъединяться при каждом переключении передачи водителем.

Эти требования не могут выполнить обычные *центробежные сцепления*, в которых фрикционные колодки монтируются на валу двигателя и раздвигаются наружу при увеличении оборотов двигателя, растягивая пружины, которые тянут их на место в положение выключенного сцепления.

Центробежные сцепления широко используются в маломощных транспортных средствах (газонокосилки и снегоходы), где приветствуется простота управления. Они использовались также в целом ряде маломощных автомобилей, включая *Citroen 2CV* и *DAF Daffodil*. Другой проблемой является то, что такое сцепление не разъединяется до тех пор, пока обороты двигателя не снизятся в достаточной степени, и нужны дополнительные мероприятия, такие, как муфта свободного хода, чтобы обеспечить немедленное переключение передач в движении.

Лучшей альтернативой является *электромагнитное сцепление*, в котором привод соединяется при прохождении электрического тока через обмотку. Ток может прерываться, когда передвигается рычаг коробки передач, что обеспечивает переключение передач при любой скорости. В 1960-е и 1970-е годы целый ряд автомобилей, включая *NSU Ro80*, использовал не получившее широкого распространения автоматическое сервосцепление, обеспечивавшее переключение передач при нормальных скоростях, работавшее совместно с гидротрансформатором, для остановки и старта.

Такие автомобили обычно называли «полуавтоматическими», хотя водителю приходилось самостоятельно переключать передачи. В современных автоматических сцеплениях используются гидравлические сервомеханизмы, ряд датчиков и электронный контрольный модуль, управляющий всей работой. Гибкость электронного управления означает, что сцепление срабатывает не только при переключениях передач, но и во всех эксплуатационных режимах.

Таким образом, сцепление плавно выключается, когда автомобиль останавливается, соответствующим образом предупреждает водителя, если движение происходит на очень высокой передаче, не соответствующей условиям движения, и не требует отдельного устройства для плавного трогания с места. Современные системы также не зависят от чувствительности микропереключателей, которые приводили к неожиданному, неприятному срабатыванию сцеплений в более ранних системах.

Среди современных систем сервосцеплений следует отметить узел *Easy*, устанавливаемый *Renault* на ряд маленьких автомобилей, и сходные системы фирмы *Valeo* для *Fiat Seicento*, *Daewoo* и *Hyundai*. Во всех этих автомобилях водитель остается ответственным за переключение передач.

Современная технология открыла новый рынок для небольших автомобилей с двухпедальным управлением, но без высокой стоимости автоматической трансмиссии. Попытка *Saab* использовать систему *Sensonic* на более мощных автомобилях, предоставив возможность водителю заниматься только выбором передач, оказалась малоудачной: отсутствие чувства совершенной координации сцепления и коробки перемены передач.

### 3. Развитие конструкции коробок перемены передач

Основная компоновка **механической** коробки перемены передач была разработана в 1890 году: крутящий момент от двигателя и сцепления передается на ведущий вал, на котором установлена шестерня. Параллельно ведущему валу располагается промежуточный вал с набором шестерен. Внутри коробки передач ведущий вал может быть соединен непосредственно с ведомым валом для получения прямой передачи с передаточным числом, равным единице, когда входящая и выходящая скорости равны. Кроме того, одна из шестерен промежуточного вала находится в постоянном зацеплении с шестерней ведущего вала. Для обеспечения заднего хода необходимо добавить третью шестерню в передачу момента между двумя валами, и тогда ведомый вал изменит направление вращения. Переключение передач осуществляется маневрированием шестернями на ведомом и промежуточном валах.

Для обеспечения выравнивания скоростей шестерен перед зацеплением и во избежание зацеплений в 1928 году был изобретен *Чарльзом Кеттерингом* (*Charles Kettering, Cadillac*) механизм синхронизации (до этого использовалась двойная муфта), ставший эффективным только после снижения массы шестерен. Первую коробку передач с синхронизаторами всех ступеней сконструировали инженеры немецкой фабрики *ZF* в 1931 году.

Для перемещения шестерней вдоль вала требовалось большое пространство, поэтому коробки передач получались большого размера. Применили принцип коробки передач с постоянным зацеплением, быстро вытеснивший первоначальную коробку передач скользящего типа, по крайней мере, в легковых автомобилях.

Шестерни ведущего вала могут свободно вращаться, а соединение их с валом осуществляется специальными селекторами, скользящими вдоль шлицев вала и замыкающимися через втулку шестерни.

# Электронный архив УГЛТУ

Перемещение селекторов требует меньше места и усилия, чем перемещение группы шестерен, поэтому в целом коробка передач становится компактнее, намного легче, скорость селекторов может быть синхронизирована с шестернями гораздо быстрее.

В трехступенчатых коробках перемены передач 1940-х годов синхронизаторы применялись между второй и высшей передачей, а переключение на первую требовало двойного выжима сцепления. Сегодня едва ли есть автомобиль, который не имел бы синхронизаторов на всех передачах, независимо от их количества.

Представляет интерес способ, которым рычаг управления соединяется с коробкой перемены передач. Устойчиво наблюдалась тенденция использования тросового привода переключения передач, частично связанная с простой установки, частично в связи с проблемой поворота поперечно установленного двигателя при передаче крутящего момента, но главное, чтобы предотвратить вибрации, передаваемые от двигателя через привод, содержащий жесткие звенья. Появляется интерес к будущим гидростатическим системам привода переключения передач, более легким и совершенным.

Для переднеприводных и «заднемоторных» автомобилей потребовались новые конструкции коробок передач. Если нет продольного привода к задним колесам, нужна коробка, поворачивающая поток крутящего момента, выходящего из сцепления. Выходящий момент в этом случае может быть направлен непосредственно к главной передаче и дифференциалу, объединенным в одном узле с коробкой передач. В таких коробках не существует как таковой прямой передачи: все передаточные числа определяются только отдельными парами шестерен. Такую коробку называют «двухвальной»: нет ведущего, ведомого и промежуточного валов - только входящий и выходящий валы.

Увеличение числа передач и числа пар шестерен двухвальных коробок передач представляет трудность для поперечной установки двигателя с такими коробками в передней части автомобиля. Альтернативой служит трехвальная конструкция, которая с помощью более сложного механизма переключения дала возможность уменьшить длину коробки за счет уменьшения числа шестерен на каждом валу.

Первым серийным автомобилем такой конструкции был *Volvo 850* с поперечно расположенным 5-цилиндровым двигателем. *Volvo* разработал компактную 5-ступенчатую коробку передач типа *M56* с тремя валами и двумя комплектами шестерен. Два вала являются вторичными валами, на одном установлены промежуточные шестерни для первой и второй передач, а на другом - промежуточные для пятой и задней; промежуточные шестерни для третьей и четвертой установлены на первичном валу. Включение задней передачи требует введения в зацепление шестерен на двух вторичных валах, соединенных шестернями с выходным валом, поэтому нет необходимости в отдельной промежуточной шестерне. Коробка передач *M56* имеет длину всего 335 мм, может устанавливаться совместно с двигателем, оставляя достаточно места для установки рулевого механизма.

Чем больше передач, тем меньше различие между передаточными числами двух «смежных». Большой промежуток между двумя передачами делает вождение дискомфортным. В 1940-е годы механическая коробка передач среднего легкового автомобиля имела три передачи для движения вперед. В 1950-х и 1960-х годах происходил постепенный переход к 4-х ступенчатым механическим коробкам передач (большинство автоматических - 3-х ступенчатые). К 1980 году мы находились на пути перехода к 5-ступенчатым механическим и 4-х ступенчатым автоматическим, а к 2000 году 6-ступенчатые механические и 5-ступенчатые автоматические становятся общепринятыми. Шестиступенчатые коробки передач продолжают разрабатываться, хотя большинство автомобилей высшего класса сейчас комплектуются автоматическими трансмиссиями.

Хотя ручное переключение передач стало легким, транспортные потоки так переполнены, что водители предпочитают **автоматические** коробки передач, избавляясь от нудной работы по выжиманию сцепления и многократного переключению передач. Первые попытки применения автоматических коробок передач на автомобиле можно отнести к 1906 году (*Sturtevant*).

Процесс создания автоматических коробок можно разбить на две части. Во-первых, нужна коробка, автоматически, в определенное время, переключающая передачи вверх и вниз. Во-вторых, требуется конструкция автоматического сцепления, позволяющего автомобилю останавливаться и трогаться так, чтобы водитель управлял только двумя педалями (тормоз и акселератор).

Вначале изобретатели были направлены на создание механизма, дублировавшего действия опытного водителя при переключении передач, что было невозможно, поскольку в 1930-е годы не существовало соответствующей техники для определения и измерения факторов, участвующих в процессе (обороты и нагрузки двигателя, положения акселератора). В XXI веке, благодаря электронике, такие средства появились, поэтому возродился интерес к «автоматическим механическим коробкам передач». Между тем появились и широко распространились другие виды автоматических коробок передач.

Фирме *Oldsmobile* принадлежит первенство в создании и выпуске автоматических коробок передач (4-ступенчатая планетарная *Hydramatic*, 1938 год). Но только в 1948 году автоматическая коробка передач *Dynajlow* на автомобилях *Buick* обеспечила мягкое, без рывков, переключение передач.

*Обычный автомат* состоит из гидротрансформатора и планетарной передачи (Рис. 3). Гидротрансформатор представляет собой развитие гидромуфты (изобретена *Daimler* в 1931 году), при использовании которой маховик заменяется «бубликом», разрезанным вдоль на две половины, одна из которых (насосное колесо) приводится во вращение от вала двигателя, другая (турбинное колесо) связана с ведущим валом коробки передач. «Бублик» частично заполняется жидкостью и герметизируется, каждая половинка оборудуется большим количеством направляющих лопаток. Крутящий момент от двигателя передается на коробку передач через жидкость, циркулирующую внутри «бублика», от насосного колеса к турбинному.



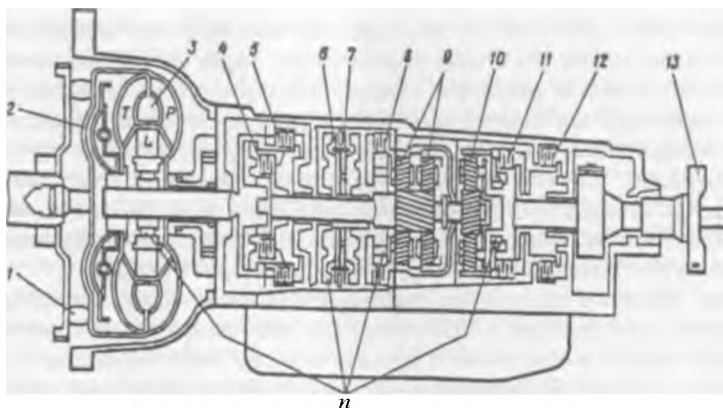


Рис. 3. Автоматическая коробка перемены передач:

1 - ведущий диск; 2 - муфта блокировки гидротрансформатора крутящего момента; 3 - гидротрансформатор крутящего момента; 4, 5, 11 - вращающиеся дисковые фрикционы; 6, 7, 8, 12 - неподвижные дисковые фрикционы (тормоза); 9, 10 - блоки планетарных шестерен; 13 - фланец выходного вала; 14 - муфты свободного хода; *P* - насос; *L* - реактор; Г - турбина

Когда передаваемый крутящий момент небольшой или его нет, автомобиль удерживается тормозами, преодолевая незначительную величину передаваемой энергии.

Простая гидромуфта передает крутящий момент без изменения, за исключением небольшой части, теряющейся при перемешивании жидкости. Однако, установка между двумя вращающимися половинками неподвижного направляющего аппарата «ротор» увеличивает входящий момент. В этом заключается принцип работы современного гидротрансформатора: в зависимости от формы лопаток ротора может быть достигнуто умножение в соотношении 2,4:1 на низких оборотах (чем выше умножение, тем менее эффективной становится передача при нормальных скоростях).

Ценность эффекта умножения заключается в том, что он дает возможность быстрого, резкого старта, а также возможность уменьшения передаточного числа первой передачи, которое снижает число передач в коробке. Когда обороты двигателя увеличиваются, увеличение момента уменьшается и при нормальной скорости движения автомобиля оно отсутствует. Большинство современных гидротрансформаторов также оборудуются блокирующим устройством, которое ликвидирует возможность проскальзывания при включении высшей передачи, что повышает общую эффективность.

Планетарная коробка перемены передач состоит из центральной «солнечной» шестерни и наружной шестерни в виде кольца, у которого зубья расположены внутри. Обе шестерни связаны между собой посредством нескольких (обычно трех) шестерен - сателлитов, смонтированных на общей раме. Теоретически любая из трех составных частей может вращаться, в то время как одна из двух оставшихся должна быть заторможена каким-нибудь тормозом, тогда с третьей можно получать выходной момент.

Существуют более сложные вариации, но наиболее важным является возможность получения различных передаточных чисел без необходимости разъединения привода от двигателя. При соответствующей конструкции планетарной передачи с внутренним зацеплением управление легко осуществляется ленточными тормозами или автоматическими сцеплениями. Ленточные ремни охватывают снаружи внешнюю «коронную» шестерню и затормаживают ее или отпускают. Автоматические сцепления - многодисковые «мокрые» (заполненные трансмиссионной жидкостью) устройства, которые могут быть сделаны компактными, мощными и прогрессивными в работе.

Первое серьезное применение гидромукфы и планетарных механизмов на европейских автомобилях в 1930-е годы (*Daimler*) оставляло действительный выбор передач за водителем. В коробке передач *Wilson* управление осуществлялось простым перемещением маленького рычага селектора (в более поздних моделях автомобилей - электрическим выключателем) вперед-назад в положение, соответствующее последующей передаче вверх или вниз («секвентальное» переключение). В действительности, переключение происходило после того, как один раз нажималась педаль, находившаяся на месте педали сцепления. При этом создавался гидромеханический импульс, который отпускал тормозную ленту коронной шестерни одного ряда планетарной передачи и последовательно (или через небольшое время) затормаживал тормоз следующего ряда. Гидромукфа была нужна, когда автомобиль останавливался или трогался (сразу после включения первой передачи). Водители, используя *Wilson*, наслаждались, поскольку могли выбрать нужную передачу, например, когда подъезжали к повороту. Некоторые послевоенные автомобили высшего класса оборудовались трансмиссией *Wilson* вплоть до 1950 года.

С 1940 года американские инженеры сделали переключение передач полностью автоматическим (гидромеханические коробки на серийных моделях *Pontiac* и *Oldsmobile*). Европейские же водители сопротивлялись, считая, что автоматические коробки передач тяжелые и дорогие, уменьшают мощность двигателя, увеличивают расход топлива, возможно, самостоятельно изменяют передачу, когда водитель ее выбрал. Со временем специалисты выяснили, что даже с гидротрансформатором, помогающем при трогании, для среднеразмерных европейских автомобилей требуется минимум четырехступенчатая автоматическая коробка передач.

Проблема лучшего соответствия и чувствительности автоматических коробок передач решалась в двух направлениях. Во-первых, удивительно сложная гидромеханическая система управления, разработанная американцами, заменена в середине 1970-х годов электронным контролем (*Renault*). Во-вторых, появилось направление, возглавленное японцами, в котором была использована способность современных компьютерных систем реагировать «адаптивным» способом, используя так называемую «неформальную логику», давшая возможность автоматическим коробкам передач уверенно производить переключения не просто при определенной комбинации скорости и нагрузки, но согласуясь с условиями движения и даже стилем вождения водителя и его желаниями.

Эти системы управления могут не только определить разницу между спокойным, неторопливым или агрессивным водителем, но и оттенки между этими двумя крайностями. Также они на шаг впереди селекторных переключателей, устанавливаемых на некоторых коробках, с помощью которых водитель может сам переключать режимы «комфорт», «нормальный» или «спорт». Такие автоматические коробки передач всегда программируются так, чтобы избежать нежелательного переключения вверх, если водитель убрал ногу с педали акселератора, особенно на спуске. Другой особенностью, которая двадцать лет назад показалась бы странной для пользователя автоматических коробок передач (но приветствовалась бы), является переключение автомата вниз, когда применяется резкое торможение. Водителю обычно остается одно в этих коробках с «неформальной логикой» - выбрать «зимний» режим, чтобы исключить включение первой передачи и предотвратить проскальзывание ведущих колес на заснеженных и обледенелых поверхностях.

В Европе и Японии параллельное развитие 4-ступенчатых при растущем числе 5- и 6-ступенчатых автоматических коробок передач привело к необходимости их адаптации для переднеприводных автомобилей среднего и небольшого размера с поперечным расположением двигателя. Поэтому трансмиссии должны быть не только компактными, легкими и дешевыми, но и более эффективными, потому что владельцы маленьких автомобилей в первую очередь заинтересованы в хорошей топливной экономичности.

Для получения максимально возможной дешевизны коробок перемены передач внимание уделялось снижению стоимости производства, и появилось несколько идей, которые свели число отдельных деталей к минимуму. В отличие от большинства своих предшественников, которые требуют замены жидкости для автоматических коробок передач через определенные интервалы, агрегат *PSA/Renault* не нуждается в замене смазки в течение всего срока службы или как минимум через 150000 км. Долгий срок службы масла объясняется эффективным контролем за его температурой. С этой целью *Valeo* был разработан новый высокоэффективный масляно-жидкостный теплообменник, который является составной частью трансмиссии.

В борьбе за высокую эффективность, а, следовательно, и хорошую топливную экономичность команда *PSA/Renault* использовала несколько высокотехнологичных особенностей, включая блокировку гидротрансформатора на всех передних передачах, а также электронную управляющую систему от *Siemens* с «неформальной логикой».

Помимо неохотного распространения автоматических коробок передач на рынках Европы, по сравнению с другими странами, европейским инженерам приходится учитывать желание многих водителей иметь контроль над переключением передач, даже если коробка автоматическая. Это привело к разработке целого ряда систем, цель создания которых не имела здравого смысла. С одной стороны, создание автоматического сцепления, например, в коробке *Easy Renault* дало возможность освободить водителя от усилий, прикладываемых к педали сцепления. При этом удалось избежать высокой стоимости обычных автоматов.

С другой стороны, в трансмиссиях *Selectronic BMW* и *Tiptronic Porsche* автоматическое переключение передач может быть отключено: водитель переключает по одной передаче вверх и вниз, перемещая рычаг вперед-назад или нажимая кнопки, встроенные в рулевое колесо. Конструкция легко встраивается в электронику современных автоматических коробок передач, но требует помимо выключателей специального программного обеспечения.

История использования *клиноременных CVT (Continuously Variable Transmission)* бесступенчатых трансмиссии в легковых автомобилях насчитывает несколько их типов. Только в 1950 году трансмиссия *DAF Variomatic* обеспечила рождение *CVT* в современном понимании, используя бесконечный резиновый приводной ремень, зажатый между коническими поверхностями шкивов. Расстояние между половинками шкивов изменялось, поэтому изменялся рабочий радиус «главного» шкива, что заставляло изменять радиус «рабочего» шкива, половинки которого сжимались пружиной (Рис. 4). Такую конструкцию называли «вариатор». За системой *Variomatic* последовала система *Van Doome Transmatic*, в которой резиновый ремень был заменен ремнем, состоящим из набора стальных пластин особой формы. Хотя трансмиссия *Transmatic* фундаментально отличалась от *Variomatic* (стальной ремень, в отличие от резинового, мог передавать не только тянущие усилия, но и толкающие), внешне она представляла собой те же два раздвигающиеся шкива.

Хотя *CVT* может обеспечить любое передаточное число в зависимости от формы и размеров шкивов, она не имеет нейтральной передачи и нуждается в некоторой форме сцепления и возможности заднего хода. Если нет автоматического сцепления, *CVT* не могут функционировать как полностью автоматические трансмиссии. Простейшим способом обеспечения заднего хода является установка одного ряда планетарной передачи и тормоза, чтобы реверсировать выход из вариатора. Такая конструкция означает, что теоретически автомобиль с такой трансмиссией может двигаться задним ходом с той же скоростью, что и вперед (первые модели *DAF*). Движение задним ходом с высокой скоростью опасно, поэтому современные системы *CVT* предусматривают специальные ограничители скорости заднего хода, например, предотвращением выхода вариатора из максимального значения передаточного числа.

Системы *Variomatic* и *Transmatic* использовали центробежные сцепления для решения проблемы остановки и трогания с места без значительного увеличения стоимости конструкции. Несмотря на последовательные улучшения и двухступенчатое включение при увеличении оборотов, старт с места и остановка всегда сопровождалась дерганьем. *Subaru*, используя *CVT* на мини-автомобиле *Justy*, получил улучшение при использовании порошкового электромагнитного сцепления, с компьютерным контролем электрического тока сцепления. Это же решение применено на *Nissan Micra*. Также одним из решений является использование обычного гидротрансформатора. Хотя это и увеличивает стоимость, но обеспечивает более плавный старт, а увеличение момента может быть использовано для более быстрого разгона или увеличения низшего передаточного числа вариатора, что позволяет сделать его более компактным. .

# Электронный архив УГЛТУ

Такое же решение было предложено немецкими специалистами компании ZF, которые в 1995 году впервые продемонстрировали свой клиноременный вариатор *Ecotronic*. Гидротрансформатор ZF *Ecotronic* имеет механическую блокировку, как в обычных современных автоматах.

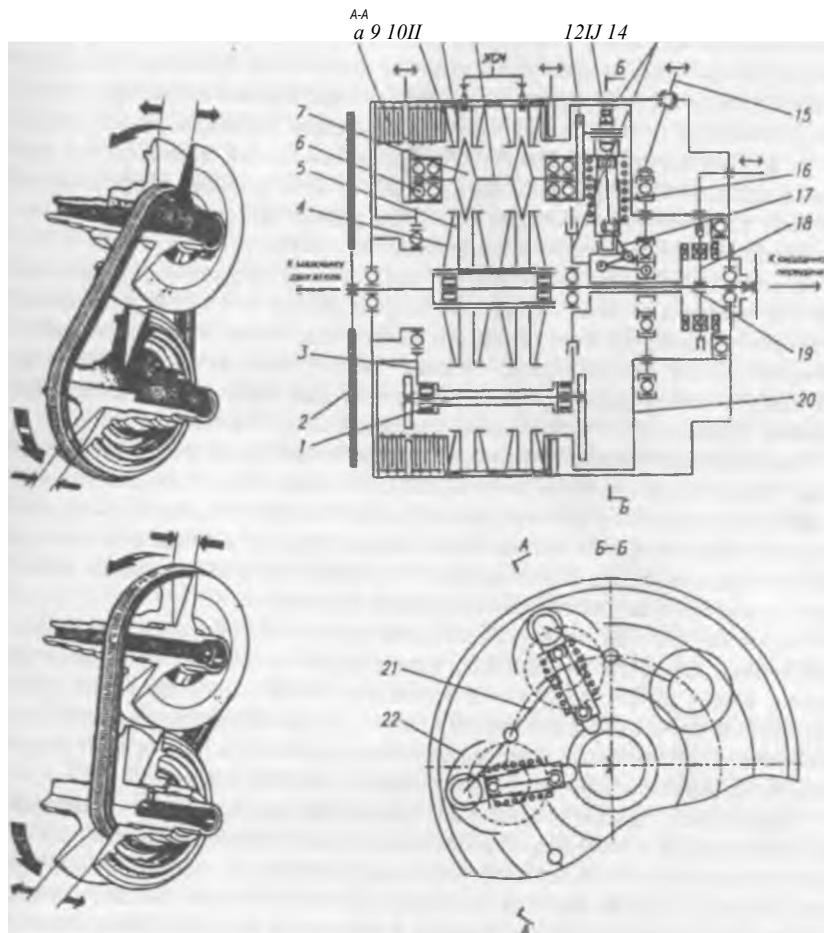


Рис. 4. Слева - принцип работы клиноременного вариатора *Transmatic*, справа - схема автоматической бесступенчатой коробки передач автомобиля на основе планетарного дискового адаптивного вариатора:

- 1 - ось поворотных рычагов; 2 - пакет пластин; 3 - водило; 4 - тарельчатая пружина;
  - 5 - внутренний центральный фрикционный диск; 6 - подшипники сателлитов;
  - 7 - сателлит; 8 - фрикционы; 9 - плоская дисковая пружина; 10 - внешний центральный фрикционный диск; 11 - ось сателлитов; 12 - противовес; 13 - ролик; 14 - прорезной диск; 15 - рычаг; 16 - пружина; 17 - рычажный механизм; 18 - каретка; 19 - выходной вал; 20 - эпицикл; 21 - поворотный рычаг; 22 - фасонная прорезь прорезного диска;
- ЖСМ - жидкий смазочный материал

Один планетарный ряд между гидротрансформатором и ведущим шкивом вариатора обеспечивает задний ход, включаясь и выключаясь с помощью многодискового сцепления и тормоза, что идеально подходит для переднеприводных автомобилей с поперечной установкой двигателя. Кроме того, ZF разработала конструкцию, подходящую как для переднеприводных, так и для классической компоновки с приводом на задние колеса. Причем она изготовлена для работы с продольно установленным двигателем. Ecotronic использует совершенную систему электронного управления, позаимствованную из огромного опыта по созданию адаптивной электроники для текущего производства 4- и 5-ступенчатых агрегатов. Неформальная логика используется для определения рабочих характеристик в каждый момент времени. Информацию получают из различных источников, включая управляющие сигналы от водителя и накопленные в памяти характеристики двигателя.

*Honda* разработала собственную конструкцию вариатора, используя стальной ремень и шкивы, сделав шаг вперед, приняв в качестве устройства для старта и остановки многодисковое, мокрое сцепление, управляемое компьютером. Среди особенностей системы следует отметить компьютерный контроль (от электронной системы управления двигателем и трансмиссией) давления, управляющий положением половинок обоих шкивов вариатора.

Система обеспечивает оптимальное давление без чрезмерного его увеличения. Программирование вариатора для *Civic* обеспечило хорошее соотношение с режимами экономичной работы двигателя, и это привело к тому, что топливная экономичность автомобиля с вариатором, показанная при испытаниях в городском цикле, оказалась на 15% лучше, чем у автомобиля с обычной 4-ступенчатой автоматической коробкой передач.

Вариатор *Audi Multitronic* обеспечивает увеличение оборотов двигателя с увеличением скорости автомобиля, удовлетворяя ощущения водителя при разгоне. Как и *Honda, Multitronic* использует мокрое многодисковое сцепление для обеспечения возможности старта с места. Приводной ремень *Audi* работает под напряжением и передает крутящий момент за счет трения между осями пластин, составляющих ремень, и поверхностями шкивов.

Вариаторы с гибким тянущим или толкающим звеном имеют ограниченные перспективы в качестве коробок передач автомобилей. Поэтому достаточно перспективны планетарные дисковые вариаторы, имеющие большие долговечность, КПД на высших передачах, простоту и компактность, что достигается объединением систем нажима и изменения передаточного отношения. Интерес представляет конструкция адаптивного бесступенчатого вариатора *Н.В.Гулиа* и *С.А.Юрков* а для автобусов ЗИЛ-3250 (Рис. 4).

Отличительной особенностью является регулируемая адаптивность к нагрузке (зависимость частоты вращения от момента сопротивления на выходе). КПД всей бесступенчатой коробки передач составляет от 0,8 при трогании с места до 0,95...0,96 при наиболее нужном для автомобиля минимальном передаточном отношении, что значительно больше, чем у коробки передач с гидротрансформатором.

Предусмотрено и непосредственное принудительное изменение передаточного отношения (диапазон варьирования передаточного отношения не менее восьми). Коробка передач значительно меньше существующих и легче их, не требует переключения ступеней, поскольку их не содержит; нет зубчатых передач, что существенно улучшает акустические показатели коробки.

Концепция прогрессивного вариатора применима в качестве автоматической бесступенчатой коробки передач, составной части автомобильного гибрида и нового перспективного типа двигателя автомобиля, где вариатор встроен в ступицу ведущего колеса - вариоколеса. В будущем привлекательность вариаторов может стать выше из-за легкости, с которой они могут быть адаптированы к другим типам приводов, например гибридным.

Для вариатора в концепции **тороидного привода** используется поворачивающийся ролик, бегущий между двумя чашами, одна из которых приводится от двигателя, а вторая приводит в действие ведущие колеса. Две повернутые друг к другу чаши, образуют тороид. В зависимости от угла поворота ролика ведомая чаша может вращаться с той же скоростью, что и ведущая (при горизонтальном ролике) или с большей (меньшей), когда ролик поворачивается. Также требуется сцепление для старта и передача заднего хода.

Предлагаемые в 1930-е годы трансмиссии *Perbury-Hayes* страдали недостаточной величиной передаваемого момента и низкой долговечностью из-за отсутствия соответствующих материалов и технологий. Проблема в том, что передача крутящего момента зависит от трения в контакте ролика с чашами, и чем выше передаваемый момент, тем больше должна быть сила трения, причем при очень маленькой площади контакта. Поэтому давление должно быть выше, и возможность разрушения чаши и ролика становится больше.

Пионером в исследовании тороидных вариаторов была британская компания *Torotrak*, которая имела ряд достижений в конструкции деталей и управлении и продемонстрировала ряд успешных прототипов.

Работы *Torotrak* продолжались, но тем временем к этой концепции проявил интерес *Nissan (Extroid CVT)*, используя ее в мелкосерийном производстве с 1997 года как продольный агрегат для установки на заднеприводные автомобили. Входной крутящий момент разделялся между двумя тороидными вариаторами, работающими параллельно, таким образом были уменьшены размеры всего узла. За это время *Nissan* направил усилия на использование специальных сталей и провел интенсивные исследования свойств высококачественных трансмиссионных масел, что дало возможность сделать трансмиссию надежной и эффективной.

В Европе появился интерес к идее **автоматизированных механических коробок перемены передач** с использованием электронного контроля и современных исполнительных устройств, чтобы получить результат, который пытались получить многие изобретатели в 1930-е годы, используя только механические средства. Первым был *BMW* со своей коробкой передач *Sequential M Gearbox (SMG)*, предлагаемой как опция для высокофорсированной версии 3-й серии *M3*, имевшей 6 передач вперед и два независимых, управляемых сервомеханизмами режима работы.

В первом «экономичном» режиме коробка передач работает как автоматическая коробка. Режим включается «по умолчанию» каждый раз, когда включается зажигание. Второй, «спортивный» режим, который выбирает водитель, дает возможность переключать передачи вверх-вниз, как это делает *Tiptronic*. Водитель может переключать режимы, покачивая рычаг в стороны. Переключения можно производить, не снимая ноги с педали акселератора. Нет опасности при переключении на высшую передачу, хотя двигатель защищен от «перекручивания» регулятором зажигания. Для предотвращения поломки двигателя при включении низкой передачи на большой скорости - предусматривается перегулирование. Коробка передач также автоматически переключается на вторую передачу, если скорость автомобиля снижается до 15 км/час, и на первую, когда автомобиль останавливается. Установки электронного модуля могут быть легко перепрограммированы. Подобная концепция представлена позже *Valeo* и *Renault*. Преимущества заключались в снижении веса, меньшей стоимости и более высокой эффективности, чем у обычной автоматической коробки при эквивалентной или лучшей работе.

Согласно исследованиям компании *Ricardo*, применение шестерен с постоянным зацеплением позволяет достигнуть эффективности в 97%, в то время как обыкновенные автоматы, даже с блокировкой гидротрансформатора и минимизированными насосными потерями смазочной системы могут надеяться не более, чем на 95%.

У всех используемых коробок передач есть недостатки. Механическая коробка - лидер по простоте, дешевизне и эффективности, но проигрывает по комфорту, принуждая водителя манипулировать рычагом и выжимать сцепление. Автоматический привод решает лишь половину проблемы при увеличении цены вдвое. Полностью автоматизированная механическая трансмиссия не дешевле гидромеханического «автомата». Кроме того, у нее есть существенный недостаток: гидравлическая система требует высокого давления жидкости и мощного насоса, приводимого в действие двигателем, что сказывается на расходе топлива в городском цикле, поскольку требует повышенной частоты вращения коленчатого вала при работе двигателя на холостом ходу. Кроме того, все три разновидности обладают одним неустраняемым недостатком: они разрывают поток мощности при переключении. Это почти незаметно при плавном разгоне, зато на мощных автомобилях при быстрой езде пассажиры ощущают явный дискомфорт.

Вариатор хорош в городском режиме, но его коэффициент трансформации мал для современных скоростных автомобилей с высокооборотными двигателями, а КПД их ниже, стоимость и масса значительно больше, чем у механической коробки передач. Есть и ограничение - передаваемая мощность не более 100 кВт (скорее технологический предел, чем конструктивный).

Гидромеханические трансмиссии стали намного совершеннее благодаря широкому распространению электроники. Блокировка гидротрансформатора на высших передачах позволила им сравняться в экономичности с механическими коробками передач на шоссе, но в городе на некоторых режимах они проигрывают.



Винной тому - не только постоянная пробуксовка гидротрансформатора, но и привод масляного насоса, создающий высокое давление, сжимающее фрикционы. В результате потери мощности достигают 15...20%. Не стоит сбрасывать со счетов около 5% потерю динамических качеств автомобиля, особенно малолитражных. Цена же современного «автомата» втрое больше, чем механической коробки передач.

#### 4. Развитие конструкции карданных и главных передач

В автомобилях с приводом на задние колеса крутящий момент от коробки передач передавался с помощью карданной передачи к главной передаче, далее - непосредственно ведущим колесам с помощью полуосей. Задние колеса, главная передача и полуоси могли свободно подниматься и опускаться вниз, как один узел. Полуоси находились внутри труб, и весь узел назывался балкой заднего моста. Иногда корпус главной передачи крепился к кузову автомобиля, и тогда полуоси должны были иметь шарниры и устройства, компенсирующие небольшие изменения длины, когда колеса двигались независимо вверх и вниз (независимая задняя подвеска). В некоторых автомобилях коробка передач перемещалась назад и объединялась в один узел с главной передачей. Все такие автомобили имели независимую заднюю подвеску, хотя большинство заднеприводных и грузовых автомобилей в настоящее время имеют зависимые задние подвески.

Главная передача в переднеприводных автомобилях составляет единый узел с коробкой передач, что дает возможность обойтись без карданных валов, снижая вес и стоимость, демонстрируя большие преимущества переднего привода. Недостатком привода является необходимость в более сложных и дорогих шарнирах, которые должны передавать крутящий момент к передним колесам, поворачивающимся на большие углы. Если ведущими являются два колеса автомобиля, необходима только одна главная передача, действующая как понижающая передача, уменьшая обороты выходного вала коробки передач до оборотов ведущих колес. Наибольшее применение получили одинарные шестерчатые главные передачи (Рис. 5).

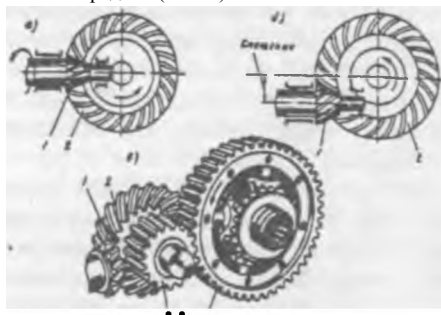


Рис. 5. Схемы главных передач:

*a* - коническая, *б* - гипоидная, *в* - цилиндрическая; 1, 2 - соответственно ведущая и ведомая конические шестерни; 3, 4 - соответственно ведущая и ведомая цилиндрические шестерни

Главная передача включает в себя дифференциал для разделения крутящего момента между двумя колесами, что дает возможность колесам вращаться с разными угловыми скоростями, когда автомобиль поворачивает (внутреннее колесо проходит меньший путь, чем наружное). Понижающая передача в обычных главных передачах состоит из маленькой ведущей зубчатой шестерни, находящейся в зацеплении с намного большей. Передаточное отношение обычно находится между 3:1 или 5:1. Двухступенчатое снижение оборотов приводит к легкости и компактности (суммарное передаточное число трансмиссии на первой передаче составляет обычно от 16:1 до 20:1). Передаточное число главных передач обычно изменяется изменением числа зубьев на ведущей и ведомой шестернях. Число зубьев на ведомой шестерне не всегда кратно числу зубьев на ведущей во избежание резонанса, приводящего к поломке, поэтому большинство главных передач использует нечетное число зубьев на ведомой шестерне (обычно 37,41,43 или 47).

*Конические* шестерни главной передачи (Рис. 5, а) могут быть с прямыми или со спиральными зубьями. У конических шестерен со спиральными зубьями прочность зубьев более высокая по сравнению с шестернями с прямыми зубьями. Кроме того, увеличение числа зубьев, одновременно находящихся в зацеплении, делает работу шестерен более плавной и бесшумной, повышает их долговечность. По этой же причине цилиндрическая передача, используемая в переднеприводных автомобилях с поперечным расположением двигателя, имеет косые зубья, а не прямые.

Современные главные передачи для автомобилей с приводом на задние колеса используют «*гипоидную передачу*» (появилась в 1920-е годы), когда зубья имеют спиральную форму (Рис. 5, б). Главные передачи с гипоидным зацеплением применяются, когда оси ведущей и ведомой шестерен не пересекаются в отличие от простой конической передачи, где эти оси пересекаются. Смещение оси ведущей шестерни гипоидной передачи вверх позволяет увеличить дорожный просвет (клиренс) и проходимость автомобиля, а смещение оси вниз позволяет снизить центр тяжести и повысить его устойчивость. Гипоидная передача более чувствительна к нарушению правильности зацепления и требует более точной регулировки. Кроме того, в гипоидной передаче при зацеплении происходит скольжение зубьев, сопровождающееся нагреванием. Следствием этого является разжижение и выдавливание смазки, приводящее к повышенному износу зубьев, для устранения которого необходимо применять специальную смазку.

В переднеприводных автомобилях с поперечным двигателем *цилиндрическая* главная передача (Рис. 5, в) размещается в общем картере с коробкой передач и сцеплением. Шестерня главной передачи закрепляется на ведомом валу коробки передач, а иногда выполняется как одно целое с этим валом и устанавливается консольно. При консольной установке шестерни главной передачи и дифференциала могут быть несколько сдвинуты в сторону двигателя, тем самым уменьшается разница длины полуосей. С той же целью колесо закрепляется на картере дифференциала, обычно с левой по ходу автомобиля стороны.

**Дифференциал** служит для распределения подводимого к нему крутящего момента между выходными валами и обеспечивает возможность их вращения с неодинаковыми угловыми скоростями. Вращение колес с одинаковой скоростью привело бы к проскальзыванию и пробуксовыванию колес, вызывая повышенный износ шин, увеличение нагрузок в механизмах трансмиссии, затраты мощности двигателя на работу скольжения и буксования, повышение расхода топлива, трудность поворота. Неведущие колеса установлены свободно на оси и каждое из них вращается независимо друг от друга. У ведущих колес это обеспечивается установкой в их приводе дифференциалов.

Дифференциалы делят на *межколесные* (распределяющие крутящий момент между ведущими колесами одной оси) и *межосевые* (распределяющие крутящий момент между главными передачами двух ведущих мостов).

В автомобилях *4WD* межосевой дифференциал (в конструкциях раздаточной коробки) может делить входной крутящий момент в любом желаемом соотношении. Недостаток симметричного дифференциала, распределяющего крутящий момент в соотношении 50:50, в том, что, когда одно из двух ведущих колес попадает на скользкую поверхность или полностью отрывается от дороги при резком повороте, тогда и на другом колесе не может быть достаточного момента, автомобиль полностью теряет крутящий момент на колесах.

Всегда существовал интерес к созданию дифференциалов «повышенного трения», способных «почувствовать» появление увеличивающейся разницы в угловых скоростях ведущих колес и приложить определенное значение тормозного момента к более быстро вращающемуся колесу: медленно вращающееся колесо с лучшим сцеплением передает свой максимальный момент и дополнительный момент от буксующего колеса. Для передачи крутящего момента с одной стороны дифференциала на другой используются фрикционные диски, конусные сцепления или вязкостные муфты.

*Вязкостная муфта* (Рис. 6) похожа на многодисковое сцепление, в котором находится набор близко расположенных друг к другу дисков (впервые стала применяться в 1979 году). Соседние диски присоединяются к противоположным валам муфты, а корпус заполнен вязкой жидкостью. Половина промежуточных дисков соединяется с центральным валом, другая половина - с внешней частью корпуса муфты. Валы муфты могут свободно вращаться с небольшой разницей в угловых скоростях, но если разница в скоростях увеличивается, жидкость внутри муфты начинает действовать как твердое тело и предотвращает чрезмерное проскальзывание и обеспечивает передачу крутящего момента с одной стороны муфты на другую. Конструкции с использованием вязкостной муфты применимы в трансмиссиях автомобилей как с приводом на задние колеса, так и переднеприводных автомобилей.

В *дифференциале Torsen (TORque SENsing)* (чувствующий крутящий момент) (Рис. 6) применяется сложный червячный механизм, передающий чисто механическим способом крутящий момент на ту сторону, где увеличиваются скорость вращения. Устройство практически мгновенно реагирует на проскальзывание и прогрессивно распределяет момент, а степень ограничения проскальзывания определяется геометрией устройства.

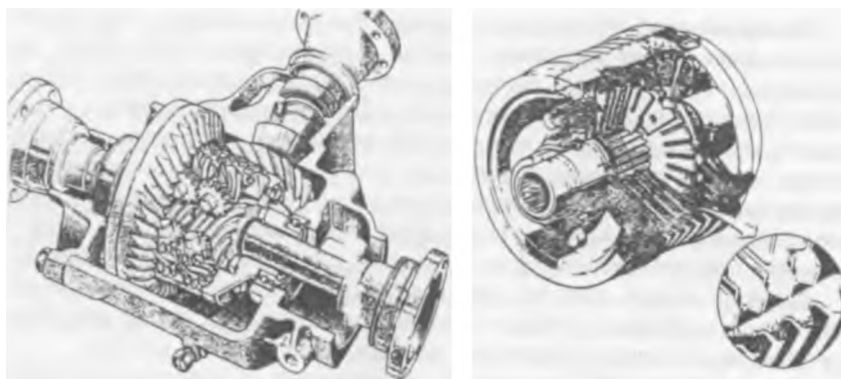


Рис. 6. Схемы дифференциала *Torsen* (слева) и вязкостной муфты (справа)

Основные недостатки дифференциала *Torsen* заключены в высокой стоимости вследствие большого числа сложных деталей, требующих машинной обработки, и трудности сборки.

Существует различие в принципе действия дифференциала *Torsen* и вязкостной муфты. *Torsen* - настоящий дифференциал, который, получая крутящий момент, распределяет его в соотношении 50:50 между двумя выходами, но имеет способность менять соотношение, если изменяются выходные скорости. Вязкостная муфта может соединять вход и выход в обычной главной передаче, чтобы разделять крутящий момент между валами в зависимости от их проскальзывания, или действовать как прямая связь в том случае, если существует достаточная разница в скоростях входного и выходного валов.

Крутящий момент от полуосевых шестерен дифференциала к ведущим колесам передается валами - полуосями (Рис. 7). Помимо крутящего момента, полуоси могут быть нагружены изгибающими моментами от сил, действующих на ведущее колесо. В зависимости от испытываемых полуосями нагрузок принято деление на полуразгруженные, разгруженные на три четверти и полностью разгруженные.

*Полуразгруженная* полуось воспринимает все усилия и моменты от дороги.

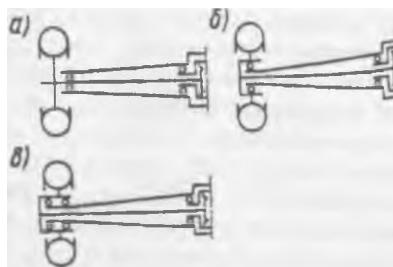


Рис. 7. Схемы полуосей:

*a* - полуразгруженная, *б* - разгруженная на три четверти, *в* - полностью разгруженная

На три четверти разгруженная полуось имеет внешнюю опору между ступицей колеса и балкой моста, поэтому изгибающие моменты от вертикальных, продольных и боковых реакций воспринимают одновременно и полуось, и балка моста через подшипник. Полностью разгруженная полуось передает только крутящий момент от дифференциала к ведущим колесам, однако для нее возможны деформации изгиба, обусловленные деформацией балки моста, несоосностью ступицы колеса с полуосевой шестерней, перекосом и смещением шлицевых концов полуосей относительно шестерни и фланца при наличии зазоров в шлицевом соединении. Обычно полуоси грузовых автомобилей выполняются полностью разгруженными, легковых автомобилей - полуразгруженными, легковых автомобилей высокого класса - разгруженными на три четверти.

Внешние концы полуосей перемешаются с колесами, а углы, под которыми они передают крутящий момент, больше. Вес является важным фактором: валы образуют часть «неподдресоренной массы», влияющей на плавность хода и устойчивость. Полуоси должны быть небольшими и должны проходить через подвеску, оставляя место для тормозного механизма и привода. Поэтому полуоси делают трубчатыми, но чаще - сплошными (возможность сделать их тоньше и дешевле).

**Карданные передачи** применяются в трансмиссиях автомобилей для передачи мощности между агрегатами, валы которых не лежат на одной прямой, причем их взаимное положение может меняться в процессе движения. Карданные передачи могут иметь один или несколько карданных шарниров, соединенных карданными валами, и промежуточные опоры. Карданные валы должны выдерживать максимальные нагрузки при передаче крутящего момента от коробки передач, быть сбалансированными для ликвидации вибраций, быть по возможности короткими и легкими.

Первые карданные валы передавали крутящий момент от коробки передач к балке заднего моста, которая могла перемещаться вверх и вниз примерно на 30 см, и представляли собой отдельный вал с карданными шарнирами неравных угловых скоростей с каждой стороны (Рис. 8). В карданные валы вставлялся также скользящий шлицевой узел для компенсации небольшого изменения длины при перемещении подвески автомобиля.

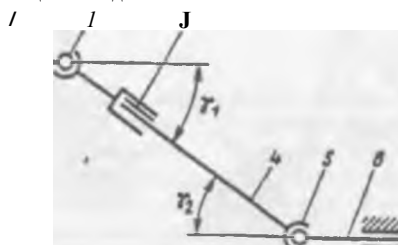


Рис. 8. Схема карданной передачи:

1, 4, 6 - карданные валы, 2, 5 - карданные шарниры неравных угловых скоростей,  
3 - компенсирующее соединение

При независимой подвеске перемещения главной передачи относительно коробки передач значительно меньше, но достаточные из-за изгиба кузова и реактивного эффекта при передаче крутящего момента, чтобы была необходимость установки карданных шарниров с каждой стороны, позволяющих учесть далеко не совершенное выравнивание и упростить сборку.

У валов, вращающихся с большой скоростью, любая несбалансированность вызывает изгиб вала в средней части. Если дисбаланс вала значительный, а сам вал недостаточно жесткий, вал будет изгибаться, изгиб будет увеличивать дисбаланс, пока вал не разорвется или как минимум увеличатся вибрации на высоких скоростях, что приведет к преждевременному износу карданных шарниров. Для решения проблемы можно сделать вал более жестким, применив трубу большего диаметра, увеличив стоимость и размеры, или разделить карданный вал на два, установив промежуточную опору с подшипником, что потребует дополнительных два шарнира и подшипник с опорой (сами валы могут быть сделаны меньше, легче и дешевле).

Наиболее важной считается конструкция шарниров на каждом конце вала. Любой карданный шарнир должен передавать крутящий момент при изменяющихся углах между валами. Такая проблема может быть значительной, поскольку опора крепится в районе спинок передних сидений. Чтобы не допустить вибраций, шарнир должен обеспечивать постоянное равенство угловых скоростей соединяемых валов, работать при больших углах между валами, компенсировать продольные перемещения и иметь минимальное трение. Проблему можно решить применением шарниров равных угловых скоростей (ШРУС) вместо обычных карданных шарниров (Рис. 9).

Наиболее распространенным шарниром является универсальный карданный шарнир неравных угловых скоростей (Рис. 9), обладающий одним недостатком: если два соединенных шарниром вала вращаются под углом и ведущий вал вращается с постоянной скоростью, скорость ведомого вала будет изменяться при каждом обороте вала (увеличиваться относительно ведущего вала или уменьшаться). Увеличение угла между валами увеличивает разницу в угловых скоростях. Это свойство может не приниматься во внимание, если углы между валами небольшие или они вращаются медленно.



Рис. 9. Слева - схема карданного шарнира равных угловых скоростей (1 - ведущий вал, 2, 3 - рычаги, 4 - ведомый вал), справа - карданный шарнир неравных угловых скоростей (1, 4 - вилки, 7 - корпус, 3 - крестовина, 5 - масленка, 6 - шлицевое соединение, 7 - игольчатые подшипники)

В приводе к передним ведущим и управляемым колесам шарнир ведущей полуоси в переднем приводе должен обеспечивать равенство угловых скоростей ведущего и ведомого валов привода.

Французский инженер Ж. Грегуар (*Gregoir*) в 1926 году начал теоретические исследования синхронных шарниров ШРУС (Рис. 10). В 1930-е годы *Citroen* для этой же цели использовал «двоенные» карданные шарниры неравных угловых скоростей. Значительный вклад в развитие конструкции ШРУС был внесен компанией *GKN*. Большинство ШРУС соединяют два вала через «сепаратор»: ведомый вал вращается с той же скоростью, что и ведущий.

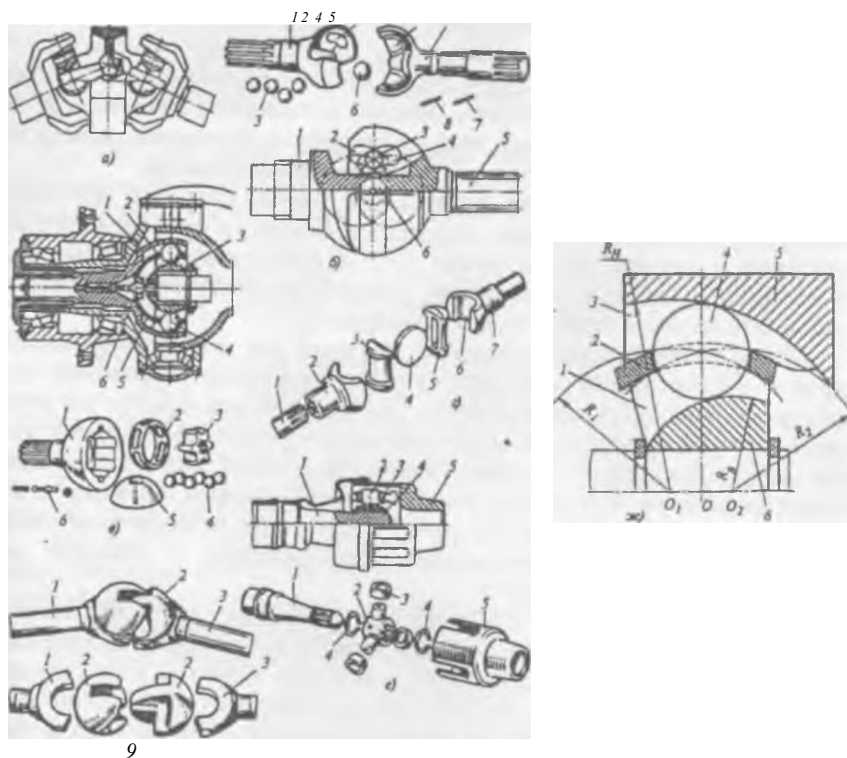


Рис. 10. Схемы карданных шарниров равных угловых скоростей:

- а) двоенный шарнир; б) шарнир «Вейс»: 1, 5 - наружная и внутренняя полуоси, 2, 4 - делительные канавки для шариков, 3 - шарики, 6 - центрирующий шарик, 7 - палец, 8 - стопорный штифт; в) шарнир «Рцепна»: 1 - наружная чашка, 2 - сепаратор, 3 - звездочка, 4 - шарики, 5 - внутренняя чашка, 6 - делительный рычажок; г) и д) дисковый и сухарный шарниры соответственно: 1 и 7 - наружная и внутренняя полуоси, 2 и 6 - вилки, 3 и 5 - сухари, 4 - диск; е) шарнир «Трипод»: 1 - вал, 2 - втулка с тремя шинами, 3 - ролик, 4 - стопорное кольцо, 5 - сепаратор; ж) шарнир «Бирфильд»: 1 - внутренняя делительная канавка, 2 - центрирующий сепаратор, 3 - наружная делительная канавка, 4 - шарик, 5 - чашка, 6 - звездочка

Вместо циклического изменения скорости ведомого вала, циклические движения совершают шарики или ролики, перемещающиеся в канавках, выполненных на концах обоих валов. Можно также обеспечить осевое перемещение шариков или роликов в корпусе шарнира, для компенсации изменения длины такой передачи. В полуосях, приводящих в движение передние колеса, таким выполняется внутренний шарнир, потому что ему не нужно работать под такими большими углами, как наружному.

## 5. Электронное управление в трансмиссии

При трогании на скользкой дороге многие автомобили автоматически предотвращают проскальзывание колес благодаря **противобуксовочным системам (ПБС)**. Принцип действия ПБС на автомобиле с двумя ведущими колесами заключается в том, что определяется момент начала пробуксовывания ведущего колеса (если скорость колеса начинает увеличиваться в сравнении со скоростью ведомого колеса, началось скольжение), затем момент на колесе уменьшается до момента, пока не прекратится буксование, момент на колесе опять увеличивается до момента начала проскальзывания.

В зависимости от времени реагирования системы сила тяги, прикладываемая к ведущему колесу, может подойти очень близко к максимальной силе сцепления с дорогой. При установке ПБС на полноприводные автомобили возникают трудности в определении момента начала буксования (трудно сравнивать скорости колес, если все они ведущие).

Уменьшение крутящего момента двигателя при обнаружении начала проскальзывания колеса легче всего сделать «управлением по проводам» (акселератор имеет электронный привод). При механическом приводе для работы ПБС должны использоваться дополнительные устройства, например, второй корпус дроссельной заслонки. Однако сбрасывание оборотов двигателя может не обеспечить достаточно быстрой реакции системы, особенно на небольших скоростях. Поэтому большинство ПБС также автоматически слегка притормаживают колесо, начинающее проскальзывать, с помощью антиблокировочной системы (АБС).

Во многих отношениях ПБС и АБС дополняют друг друга. АБС автоматически растормаживает тормоз за доли секунды, когда колесо замедляется и грозит скольжение, ПБС автоматически включает тормоз за доли секунды, когда скорость колеса увеличивается и грозит скольжение. Обе системы зависят от точности измерения скорости колес с помощью установленных на ступицах колес общих датчиков. ПБС объединяет контроль за торможением отдельных колес (на скорости 15 км/час) с контролем за выходными показателями двигателя (на скорости 50 км/час). Эффективность систем ПБС показала преимущества перед легковыми полноприводными автомобилями, обеспечивая гарантированное сцепление в соотношении к весу, стоимости и сложности последних, а также основу для системы «улучшения устойчивости».

В течение конца 1990-х годов **концепция активной трансмиссии** выросла из дифференциала повышенного трения с дополнением некоторых средств положительного и непрерывного изменения степени скольжения за



счет широкого применения улучшенных систем повышенного трения, которые могли изменять устойчивость и управляемость автомобиля путем управления распределением крутящего момента по бортам автомобиля, а, в случае полноприводного, также и между передним и задним мостами.

Управление распределением момента может быть достигнуто с помощью «мокрой» многодисковой сервоуправляемой муфты, работающей согласно командам электронного контрольного модуля, собирающего информацию от разнообразных датчиков. Распределение крутящего момента варьируется в зависимости от степени проскальзывания муфты; управление осуществляется гидравликой, которая сжимает диска муфты с разной силой, уменьшая или увеличивая величину передаваемого момента на ту или другую сторону. Когда такое устройство используется между двумя колесами одной оси, оно заменяет обычный дифференциал и действует, как дифференциал повышенного трения при полном контроле за распределением момента с **одного** колеса на другое.

При контроле бокового распределения момента большая часть возможной величины крутящего момента должна передаваться на внешнее, более нагруженное колесо, относительно центра поворота. В полноприводном автомобиле (используется три дифференциала) распределение крутящего момента осуществляется в соответствии с нагрузкой на каждое отдельное колесо (чем больше нагрузка на колесо, тем больший момент оно может реализовать без проскальзывания).

Такой тип управления требует для измерения угла поворота руля и скорости двух датчиков: первого - для измерения боковых ускорений или силы действующей в повороте, второго - для измерения скорости изменения курсового угла автомобиля. Те же результаты могут быть получены применением двух акселерометров, спереди и сзади автомобиля. Большое значение имеет создание программного обеспечения для такой системы.

При наличии точной информации от датчиков производится коррекция траектории автомобиля в случае сноса (движение в повороте по более широкой траектории) или заноса с помощью дифференциала или тормозов, а, со временем, и с помощью рулевого управления.

При сносе автомобиля с двумя ведущими колесами система передает дополнительный крутящий момент на внешнее колесо при снижении оборотов двигателя, уменьшая радиус поворота и снижая скорость.

Большой интерес к активным системам проявлен в Японии. В 1996 году *Honda* представила систему *ATTS (Automatic Torque Transfer System* - система автоматического распределения крутящего момента) для переднеприводного автомобиля, отличительной особенностью которой является оценка всей информации о поведении автомобиля с помощью одного датчика, установленного за центром тяжести автомобиля. *Honda* также адаптировала *ATTS* для использования в главной передаче заднего моста полноприводного автомобиля.

В 1988 году *Audi* установила устройство, управляющее распределением крутящего момента, в качестве межосевого дифференциала на *Audi 48*.

В автомобиле 4WD *Volkswagen Passat G60 Syncro* 1989 года узел был установлен поперек переднего дифференциала и контролировался программой, использовавшей сигналы угловой скорости колес, полученные от компьютера АБС. В Японии *Mitsubishi* и *Subaru* показали системы, которые управляли трансмиссией, изменяя курсовой угол автомобиля. К концу 2000 года британские специалисты компании *Prodrive* представили систему *Active Torque Dinamic - ATD* (активная динамика крутящего момента) для полноприводных автомобилей, применяемую с различными уровнями сложности в зависимости от поставленной задачи. На простейшем уровне *ATD* блокирует задний дифференциал для предотвращения развития заноса; блокировка распределяет большую величину момента на внутреннее колесо, и автомобиль стремится к выравниванию. На более высоком уровне управления *ATD* «выкраивает» моменты, направляемые к каждому отдельному колесу. Система активной трансмиссии действует более быстро, чем тормозные механизмы колес, и воспринимается более естественно водителем.

## 6. Перспективы развития трансмиссии

Существуют две многообещающих альтернативы замены довольно сложных механических способов передачи крутящего момента от двигателя к ведущим колесам: гидростатическая и электрическая трансмиссии.

В гидростатической системе вместо вращающихся валов трансмиссии

устанавливаются трубопроводы, по которым под давлением подается жидкость. Двигатель приводит в действие гидравлический насос, а в колесах устанавливаются гидромоторы (в действительности - «мотор-насосы»).

Преимущества системы заключаются в избавлении от обычной коробки

передач, потому что среднее «передаточное отношение» привода может изменяться характеристиками гидромоторов и насоса. У этой системы два недостатка. Один обусловлен весом гидравлического мотора, который должен быть встроен в каждое ведущее колесо, увеличивая значение неподрессоренной массы, создавая проблемы с плавностью хода и устойчивостью. Другой заключается в том, что гидростатическая система, с успехом используемая в дорожно-строительных машинах, производит сильный шум при работе.

В 1917 году в США построен *Woods Dual-Power* - первый автомобиль с

двигателем внутреннего сгорания, связанным с тяговым электрогенератором.

С тех пор электрическая трансмиссия используется в автомобилях, особенно с внедрением гибридного привода в серийное производство (1990-е годы).

В электрической трансмиссии механические валы заменяются гибкими

проводниками, передающими электроэнергию от приводимого двигателем генератора к смонтированным в колесах электродвигателям. Преимущества и проблемы схожи с особенностями гидростатической трансмиссии, за исключением очень тихой работы. Одним из преимуществ отметим отсутствие коробки передач (электродвигатель создает высокий крутящий момент, начиная от нулевой скорости).

Недостатком концепции мотора в колесе считается увеличение неподрессоренной массы.

— влншает опасностью применения высокого напряжения (электрические кабели в подвеске **будут** постоянно изгибаться, подвергаясь воздействию влаги и грязи).

В итоге, даже когда автомобили начнут переходить с двигателей внутреннего сгорания на электродвигатели, передача движущей силы к колесам будет оставаться механической.

#### Библиографический список

1. Гладов Г. И., Петренко А. М. Легковые автомобили отечественного и иностранного производства (Новые системы и механизмы): Устройство и техническое обслуживание. - М.: Транспорт, 2002.
2. Дэниэлс Джэф. Современные автомобильные технологии. - М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003.
3. Нарбут А.Н., Егоров Ю.И. Автомобили: основные термины. Толковый словарь. - М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», **2002.**

#### Содержание

Введение	.. 3
1. Развитие компоновки трансмиссии.	.. 4
2. Развитие конструкции сцепления	12
3. Развитие конструкции коробок перемены передач.	14
4. Развитие конструкции карданных и главных передач.	25
5. Электронное управление в трансмиссии.	.32
6. Перспективы развития трансмиссии.	.34
Библиографический список.	35