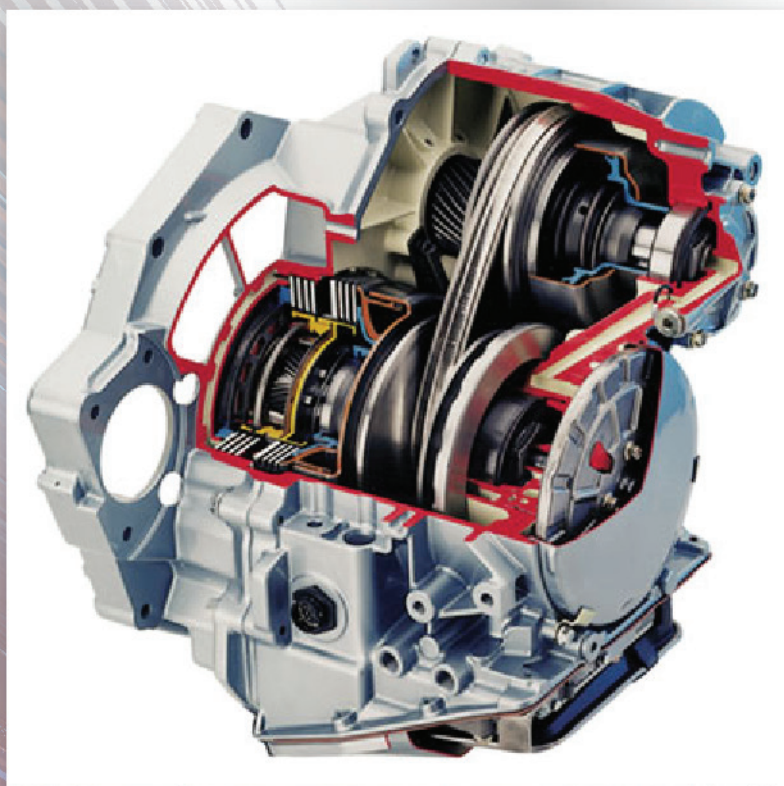


# **АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Учебное пособие*



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Институт машиностроения  
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

## **АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Под редакцией кандидата технических наук  
Н.С. Соломатина

Допущено УМО вузов РФ по образованию  
в области транспортных машин и транспортно-  
технологических комплексов в качестве учебного пособия  
для студентов, обучающихся по специальности  
«Автомобиле- и тракторостроение»

Тольятти  
Издательство ТГУ  
2012

УДК 629.3.02  
ББК 39.33-04  
А224

Рецензенты:

д.т.н., профессор Ульяновского государственного университета  
*И.С. Антонов;*  
к.т.н., профессор Курганского государственного университета  
*Г.Н. Шпитко.*

Авторы:

*Р.А. Кремчеев, А.В. Прасолов, Н.С. Соломатин,  
И.В. Ерёмкина, Е.У. Исаев, В.П. Козенков,  
М.В. Нагайцев, В.П. Петунин, М.В. Прокопьев.*

**A224** Автоматические коробки передач легковых автомобилей : учеб. пособие / Р.А. Кремчеев [и др.] ; под ред. Н.С. Соломатина. – Тольятти : Издательство ТГУ, 2012. – 110 с. : обл.

В учебном пособии изложены классификация, основы конструкции автоматических коробок передач, подробно рассмотрены примеры современных автоматических коробок передач.

Предназначено для студентов специальности 190109.65 «Наземные транспортно-технологические средства», специализация «Автомобили и тракторы» (инженер), и направления подготовки 190100 «Наземные транспортные системы» (бакалавр, магистр) при изучении курсов «Конструкция автомобиля», «Конструирование и расчет автомобиля» и «Автоматические трансмиссии», выполнении практических работ, курсовых и дипломных проектов.

УДК 629.3.02  
ББК 39.33-04

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматические трансмиссии неотвратно вытесняют механические коробки передач. В 60-е годы прошлого века доля автомобилей, оснащенных автоматическими коробками передач, не дотягивала до 10%, но с каждым новым десятилетием использование «автоматов» неуклонно росло. К началу XXI века в среднем каждый второй автомобиль стал оснащаться автоматической трансмиссией.

Тенденция к росту выпуска автомобилей с автоматическими коробками передач (АКП) логична и вполне обоснованна. Потребительские требования к автомобилю постоянно растут, с одной стороны, к легкости и четкости управления, а с другой – к топливной экономичности.

В настоящее время конструкции АКП постоянно совершенствуются. Если раньше их основное преимущество было связано с упрощением процесса управления автомобилем, то современные АКП имеют гораздо лучшие показатели по виброкомфорту, обеспечивают высокую проходимость автомобиля по снегу, песку и другим непрочным грунтам, а также повышают безопасность езды, так как снижают утомляемость водителя.

Автопроизводители постоянно работают над недостатками АКП, например, существуют современные семи- и даже восьми-ступенчатые АКП, которые обеспечивают снижение расхода топлива в сравнении с механическими до 8–10%. Совершенствование технологии изготовления новых автоматизированных коробок передач делают разницу в цене все меньше.

Данное учебное пособие содержит подробную информацию о типах АКП, классификации, основах конструкции основных элементов, а также описание конструкции АКП отечественного и зарубежного производства.

Предназначено для студентов автомобильных специальностей.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

## 1.1. Назначение и требования

Коробка передач предназначена для преобразования крутящего момента и частоты вращения, развиваемых коленчатым валом двигателя для получения различных тяговых усилий на ведущих колесах при трогании автомобиля с места и его разгоне, при движении автомобиля и преодолении различных дорожных препятствий.

Коробка передач дает возможность двигаться с малыми скоростями, которые не могут быть обеспечены ДВС, коленчатый вал которого развивает невысокую минимально устойчивую частоту вращения. Коробка передач должна обеспечить возможность движения задним ходом и длительное отсоединение двигателя от трансмиссии при его пуске, на стоянке или при движении автомобиля накатом.

Коробка передач – это агрегат автомобиля, преобразующий крутящий момент двигателя для различных условий движения. Выключение сцепления и переключение передач составляют львиную долю физических усилий, затрачиваемых на управление автомобилем. Коробки передач с автоматическим переключением применяют для того, чтобы уменьшить эти физические усилия. Также повышается уровень активной безопасности благодаря тому, что все внимание водителя направлено на контроль ситуации на дороге.

Достижения в области электроники позволяют объединить работу электронных функциональных компонентов и гидравлической системы и обеспечить безопасное высокоэффективное автоматическое управление автомобилем.

Хотя конструктивно автоматические коробки передач существенно отличаются от механических коробок передач, но так как функция как узла у них одинаковая, то и требования к автоматическим коробкам передач предъявляются схожие:

- 1) обеспечение необходимых динамических и экономических качеств автомобиля;
- 2) создание условий для возможности длительного отсоединения двигателя от трансмиссии при нейтральном положении;
- 3) обеспечение простоты и удобства управления;
- 4) создание условий для бесшумной работы;
- 5) обеспечение высокого КПД.

Кроме того, к автоматическим коробкам передач предъявляют требования, общие для большинства механизмов автомобиля, — надежность работы, простота обслуживания, малые габаритные размеры и масса, а также невысокая стоимость. И хотя как более сложный узел по данным параметрам АКП уступают механическим, автопроизводители постоянно совершенствуют как конструктивное исполнение АКП, так и принцип действия.

## **1.2. Классификация автоматических коробок передач**

Конструкции автоматических коробок передач (АКП) зависят от типа автомобиля, его назначения, взаимного расположения двигателя и ведущих колес, и характера изменения передаваемого крутящего момента.

Классифицировать АКП можно по нескольким признакам:

- по конструкции: гидромеханическая, фрикционная, механическая автоматизированная;
- управлению: полуавтоматическое, автоматическое, автоматическое в режиме ручного переключения передач;
- изменению крутящего момента: ступенчатая, бесступенчатая, комбинированная;
- общей компоновке: заднеприводные, переднеприводные продольные, переднеприводные поперечные, полноприводные на базе заднеприводных, полноприводные на базе переднеприводных поперечных и полноприводные на базе переднеприводных продольных.

Расположение агрегатов трансмиссии в автомобиле во многом определяется тем, к каким колесам осуществляется подвод мощности двигателя. В настоящее время используются три схемы подвода мощности к ведущим колесам автомобиля (на примере ГМП):

1) подвод мощности к передним колесам (переднеприводные автомобили); в этом случае все агрегаты трансмиссии компонуются в едином картере, который жестко крепится к двигателю (рис. 1.1);



Рис. 1.1. Гидромеханическая коробка передач переднеприводного автомобиля

2) подвод мощности к задним колесам (заднеприводные автомобили); в этом случае гидротрансформатор и коробка передач расположены в передней части автомобиля и жестко крепятся к картеру двигателя; с другими агрегатами трансмиссии, находящимися в заднем мосту, они соединяются с помощью карданного вала (рис. 1.2);

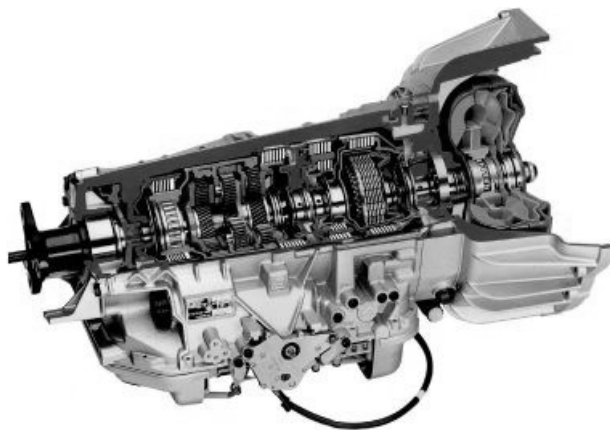


Рис. 1.2. Гидромеханическая коробка передач заднеприводного автомобиля

3) подвод мощности ко всем колесам (полноприводные автомобили); в этом случае в состав трансмиссии вводится дополнительный агрегат – раздаточная коробка. Раздаточные функции в современных автомобилях выполняют механические и гидромеханические устройства с электронным управлением: вискомуфта, пластинчатая муфта «Халдекс», кулачковая муфта, межосевой дифференциал повышенного трения «Torsen» (рис. 1.3).

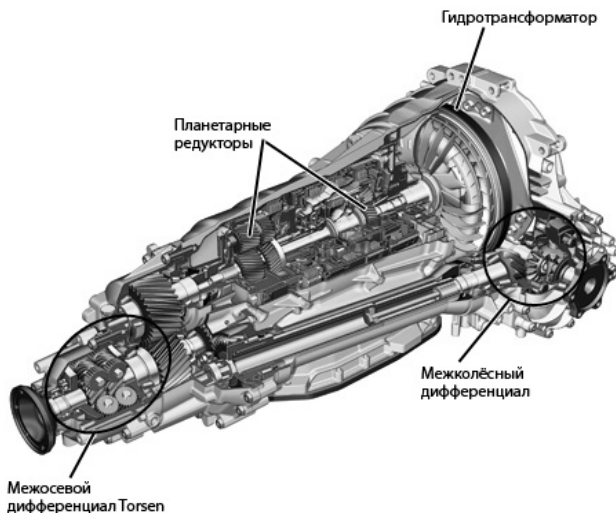


Рис. 1.3. Гидромеханическая коробка передач полноприводного автомобиля

Классификацию автоматических коробок передач по конструкции более подробно можно представить в следующем виде (рис. 1.4).

В автоматических трансмиссиях используются механические редукторы как планетарного типа, так и с неподвижными осями валов, которые для краткости называют вальными коробками передач. Эти коробки (планетарные и вальные) включают фрикционные элементы для переключения передач без разрыва потока мощности.

В последнее время, особенно на легковых автомобилях малого класса, используются бесступенчатые вариаторы фрикционного типа с гибкой связью и механические коробки передач с автоматизированным управлением. Коробки передач, в которых используются вариаторы, называют бесступенчатыми. Автоматизированные коробки передач конструктивно представляют собой



обычную механическую КП, которой с помощью гидро- или электроприводов управляет электроника. Электроника управляет агрегатами трансмиссии либо самостоятельно (рычаг КП в положении «автомат»), либо согласно пожеланиям водителя (передачи переключаются вручную). Прямой механической связи между рычагом КП и механизмом управления нет. Рассмотрим подробнее типы автоматических коробок передач.

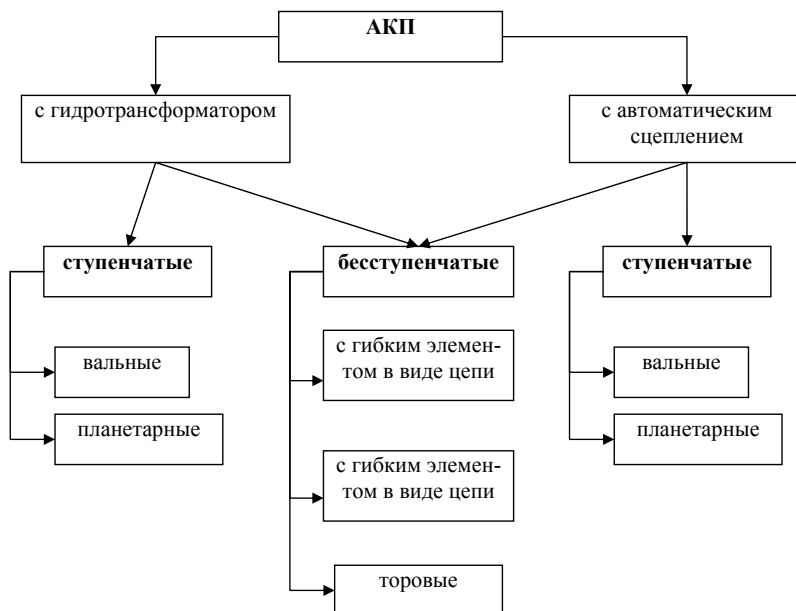


Рис. 1.4. Классификация автоматических коробок передач по конструкции

### 1.2.1. Гидромеханическая трансмиссия

Гидромеханическая передача (ГМП) стала самым распространенным видом автомобильной автоматической трансмиссии. Из-за широкого распространения именно ее за рубежом называют «автоматическая трансмиссия» [8].

Это комбинированная трансмиссия, которая состоит из механизмов механической и гидравлической трансмиссий. В гидромеханической трансмиссии передаточное число и крутящий момент изменяются ступенчато и плавно. Она включает в себя гидротрансформатор и саму коробку переключения передач, состоящую

из планетарных механизмов, пакетов фрикционов, клапанов и гидропривода (рис. 1.5).

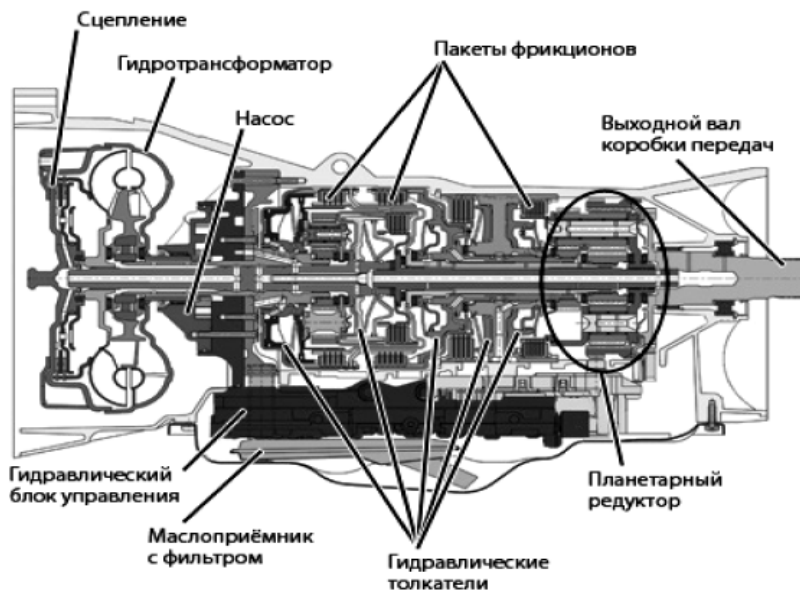


Рис. 1.5. Устройство гидромеханической коробки передач

Гидротрансформатор устанавливают вместо сцепления, и в нем передача крутящего момента от двигателя к трансмиссии происходит за счет гидродинамического напора жидкости. Гидротрансформатор плавно автоматически изменяет крутящий момент в зависимости от нагрузки. При этом крутящий момент от гидротрансформатора передается коробке передач, в которой передачи включают с помощью фрикционных механизмов.

Применение гидротрансформатора [2] обеспечивает плавное трогание автомобиля с места, уменьшает число переключений передач, что снижает утомляемость водителя, почти в два раза повышается долговечность двигателя и механизмов трансмиссии вследствие уменьшения в трансмиссии динамических нагрузок и крутильных колебаний. Снижается также вероятность остановки двигателя при резком увеличении нагрузки.

До второй половины 90-х годов передачи в агрегатах данного типа переключались автоматически. Водитель мог только ограничивать включение передач верхнего диапазона – третью и четвертую или только четвертую. Долгие годы такие «автоматы» с гидротрансформатором по ряду позиций (уровню обеспечиваемого

комфорта, сохранности ресурса двигателя) превосходили «механику». Однако многим водителям они все же не нравились из-за невозможности участвовать в выборе передач. С развитием электроники в АКП внедрили режим ручного переключения передач: рычаг следует перемещать вперед-назад либо вправо-влево, осуществляя переход на повышенную или пониженную передачу.

Такие коробки назвали секвентальными (от англ. *sequential* – последовательный). Впрочем, каждый автопроизводитель присвоил им собственное название, например, у концерна VW они именуются «Tiptronic», у BMW – «Steptronic», у Volvo – «Geartronic» и т. д.

Последние конструкторские разработки были направлены на увеличение чисел (ступеней) передач. Так, в свое время появилась шестиступенчатая АКП компании ZF на автомобилях BMW-X5, а чуть позже и «автомат» с семью передачами «7G-Tronic» концерна Daimler-Chrysler. Переключения стали более плавными и быстрыми, чем прежде. При этом автомобили, оснащенные этими трансмиссиями, в среднем расходуют на 5% меньше топлива, сократилось время разгона до первой сотни, улучшилась эластичность.

Совершенствуются и системы управления автоматическими коробками. Управляющая гидравлика осталась разве что на простых моделях, на остальных переключениями заведует электроника. Она отдает приказы электрическим, пневматическим или гидравлическим исполнительным механизмам, блокирующим нужные шестерни планетарных передач. Компьютерные технологии заставили агрегаты работать точнее и быстрее. Например, при резком нажатии на педаль газа (режим «кик-даун») коробка не перебирает передачи последовательно, а перескакивает по схеме VII–V–III, раньше в такой ситуации перебирались все передачи.

Процессоры последнего поколения, связанные с другими системами автомобиля скоростной CAN-шиной, при разгоне отключают кондиционер, чтобы передать на колеса всю мощность двигателя. Кроме того, проще стало с унификацией – такую коробку легче адаптировать к другому мотору.

У современных гидродинамических коробок передач муфта блокировки гидротрансформатора замыкается практически сразу после начала движения – это минимизирует пробуксовки в трансмиссии, ведущие к потере мощности.

В зависимости от производителя АКП отличаются друг от друга программным обеспечением электронного блока управления. Алгоритм переключения передач – «спорт» (sport), «зима» (winter) – в более ранних конструкциях задавался водителем путем нажатия

соответствующей кнопки. Последние «автоматы» способны определять стиль вождения водителя и автоматически изменять алгоритм переключения передач.

В спортивном режиме, например, тяга двигателя используется на все сто процентов. Включение каждой последующей передачи происходит при частотах коленчатого вала, близких к частотам, на которых развивается максимальный крутящий момент. При дальнейшем ускорении частота вращения коленчатого вала доводится до значений, при которых двигатель развивает максимальную мощность. Автомобиль в этом случае развивает большие ускорения по сравнению с теми, что осуществляются при работе «экономичной» или «нормальной» программ [10].

### 1.2.2. Фрикционная трансмиссия

Фрикционные передачи, в отличие от других типов бесступенчатых передач, изменяют крутящий момент за счет использования только одного вида энергии — механической.

Бесступенчатая фрикционная трансмиссия первых автомобилей выполнялась по лобовой схеме (рис. 1.6). Передаточное отношение изменялось при перемещении ведомого вала 2 относительно ведущего шкива 1 рычагом 4, а пересечением оси последнего осуществлялось реверсирование. Выключение передачи (функция сцепления) производилось рычагом 3, отодвигающим подпружиненный ведущий шкив 1 [1].

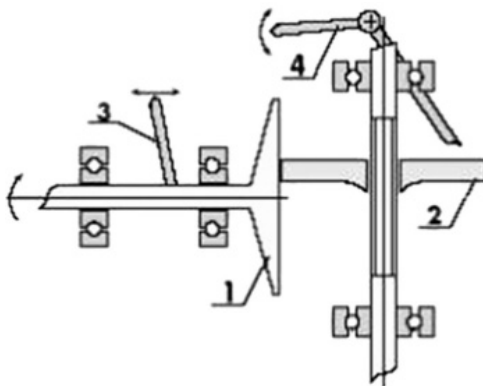


Рис. 1.6. Схема бесступенчатой фрикционной трансмиссии

Хотя с точки зрения современного машиностроения лобовая передача — не лучший вариант КП, на первых порах она удовлетворяла все запросы и подкупала своей простотой. Кроме того,

наряду с плавным изменением крутящего момента в этом механизме легко реализовывалась и функция сцепления – подпружиненный ведущий диск простейшим рычагом легко выводился из контакта с ведомым.

Такая передача просуществовала на автомобилях до 30-х годов. Но с ростом мощности двигателей ее возможности были полностью исчерпаны.

В настоящее время широко используются бесступенчатые трансмиссии или вариаторы CVT (от англ. *Continuously Variable Transmission* – бесступенчато варьлируемая трансмиссия). Эти механизмы отличают простота и надежность конструкции.

В технике существует множество различных конструкций такого типа, но на автомобилях получили распространение **два вида вариаторов: клиноременный и торoidalный.**

Особенностью конструкции **клиноременного вариатора** являются разрезные конусные шкивы ведущего и ведомого валов, соединенные приводным ремнем (рис. 1.7).

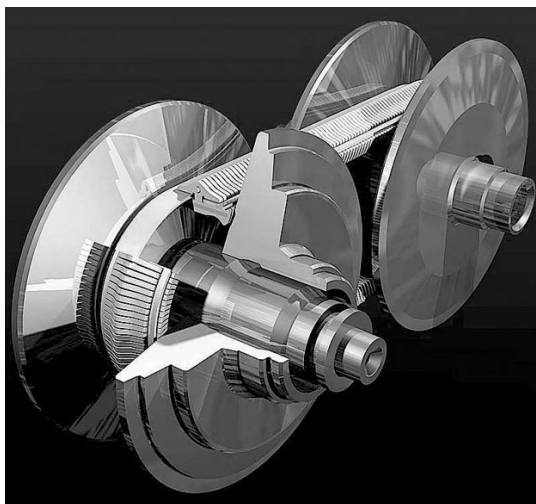


Рис. 1.7. Принципиальная конструкция клиноременного вариатора

Момент здесь передается, как и в любой ременной передаче, но ее передаточное отношение может меняться. Для этого сдвигают и раздвигают конические диски, образующие шкивы ременной передачи, – обычно это делается гидравлическим приводом под контролем электроники. Причем перемещение конусов на обоих шкивах происходит одновременно.

Если раздвигать ведущие диски и сдвигать ведомые, то радиус обкатывания на ведущих дисках уменьшается, а на ведомых увеличивается – таким образом, увеличивается момент и уменьшается скорость (рис. 1.8, положение *А*). Когда оба шкива находятся в среднем положении, передаточное отношение равно единице (положение *Б*). Если раздвигать ведомые диски и сдвигать ведущие, то радиус обкатывания на ведущих увеличивается, а на ведомых уменьшается – увеличивается скорость и уменьшается момент (положение *В*) [15].

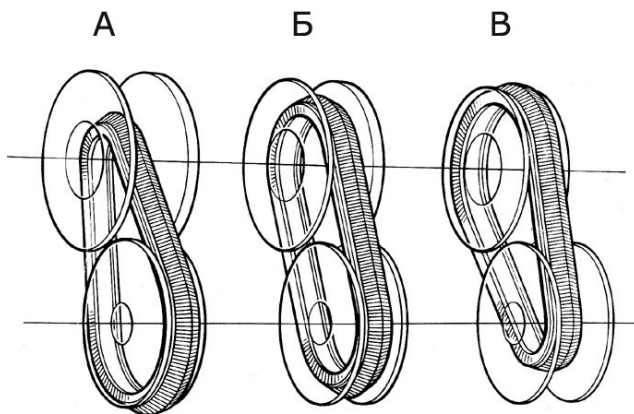


Рис. 1.8. Положения работы вариатора

Первоначально клиноременные вариаторы использовались на снегоходах, картингах, мотоциклах. Система управления клиноременным вариатором этих транспортных средств была настроена таким образом, чтобы в процессе разгона двигатель работал на постоянных оборотах, соответствующих максимальному крутящему моменту, а разгон осуществлялся за счет изменения передаточного отношения клиноременного вариатора.

Долгое время применение таких передач ограничивалось прочностными характеристиками ремня.

**Торойдный вариатор** также относится к группе бесступенчатых фрикционных передач. Его принципиальное отличие заключается в том, что между ведущим и ведомым дисками расположены ролики, которые, поворачиваясь на нужный угол, меняют передаточное отношение. Усилие, с которым давят ролики на диски, доходит до десяти тонн, поэтому детали производят из высокопрочной стали, применяют трансмиссионное масло со специальными добавками.

Торовые вариаторы бывают двух типов: с диаметральной расположением роликов (рис. 1.9,*а*) и с хордальным расположением роликов (рис. 1.9,*б*). Принцип работы их одинаков: к ведомой чашке приложен нагружающий момент (например, она связана через карданный вал и главную передачу с ведущими колесами автомобиля). Крутящий момент двигателя подводится на ведущую чашку вариатора. Если чашки и ролики прижаты друг к другу в осевом направлении, то в контактах между ними возникают касательные силы (они перпендикулярны плоскости рисунка). На ведущей чашке эти силы пытаются вращать ролики вокруг их осей, а на ведомой касательные силы сопротивления препятствуют вращению роликов. Таким образом вариатор передает крутящий момент. Передаточное отношение вариатора определяется отношением радиусов качения ролика на ведомой и ведущей чашке:  $i = \frac{r_2}{r_1}$ .

Соответственно, для изменения этого отношения необходимо поворачивать ролики на угол (рис. 1.9,*б*).

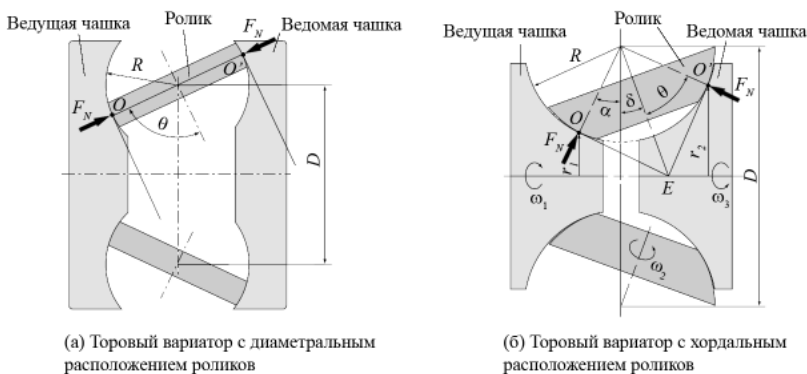


Рис. 1.9. Схемы торковых вариаторов диаметрального (*а*) и хордального (*б*) типов

Развитие электроники в 90-е годы позволило сделать бесступенчатые трансмиссии многорежимными – бесступенчато изменяющими передаточное число и имеющими фиксированные ступени, как в обычной механической коробке передач. При этом механизм переключения ступеней используется секвентальный.

В процессе работы блок управления выбирает обороты двигателя, на которых силовой агрегат обеспечивает наилучшую динамику – при разгоне меняется лишь передаточное число, а двигатель продолжает работать на том же режиме.

Электронная система управления позволяет последовательно переключать в ручном режиме «виртуальные» передачи, обеспечивает торможение двигателем и увеличивает обороты мотора с ростом скорости. Если педаль газа нажата только на четверть, мотор раскрутится лишь до 3000 оборотов. При интенсивном разгоне компьютер перестает заботиться об акустическом комфорте, выводя двигатель на обороты максимальной мощности.

Конструктивно слабыми местами существующих сегодня автомобильных вариаторов являются: для клиноременного – ремни, а для тороидного – пятно контакта диска и ролика. Поэтому здесь применяются специальные высокотехнологичные материалы, что делает надежность вариаторов достаточно высокой, близкой к надежности гидромеханических трансмиссий, но все же из-за нагрузок на ремень или пятно контакта вариаторы пока не могут работать с двигателями большой мощности.

Без соответствующей системы управления вариатор мало что даст, так как в отличие от гидротрансформатора он не меняет передаточного отношения «сам по себе». И распространение бесступенчатых трансмиссий, конечно же, не было бы возможно без успехов в микроэлектронике.

### **1.2.3. Автоматизированные коробки передач**

Конструктивно они представляют собой обычную механическую коробку передач, которой с помощью гидро- или электроприводов управляет электроника. Электроника управляет агрегатами трансмиссии либо самостоятельно (рычаг КП в положении «автомат»), либо согласно пожеланиям водителя (передачи переключаются вручную). Прямой механической связи между рычагом КП и механизмом управления нет. Посредниками между ними являются электроника и гидропривод (или электропривод). На случай ошибок в системе часто предусмотрена защита, которая не позволит водителю совершить серьезную ошибку – например, не вовремя включить задний ход или передачу, не соответствующую возможностям двигателя в данном режиме.

Автоматизированные коробки передач – не новинка. Еще в 30-е годы XX века «преселективные» коробки с электромагнитным или электрогидравлическим приводом механизма переключения устанавливались на дорогие автомобили. Гораздо позже ими оснастили болиды «Формулы-1». А в 90-е годы они появились и на серийных моделях – Ferrari (Selespeed), BMW (SMG), Alfa Romeo (Selespeed), Ford (Durashift EST), Opel (Easytronic), Toyota (SMT) и т. д.



Именно с развитием электроники автоматизированные коробки передач прочно обосновались как на легковых, так и на грузовых автомобилях.

Итак, автоматизированные коробки передач с автоматическим сцеплением. Эти коробки не имеют ничего общего с секвентальными трансмиссиями. Они состоят из обычной механической коробки передач и автоматического сцепления. Электронный блок управления на основании показаний ряда датчиков следит за положением рычага и педали газа и в нужный момент выключает сцепление. Он оперирует также данными от датчиков двигателя и ABS, чтобы обеспечить максимально плавные переключения и не заглушить мотор при экстренном торможении.

Таковыми коробками передач оснащаются некоторые модели Toyota, Saab, Mercedes A-class и т. д. На рис. 1.10 показан комплект, который позволяет автоматизировать процесс включения и выключения сцепления.

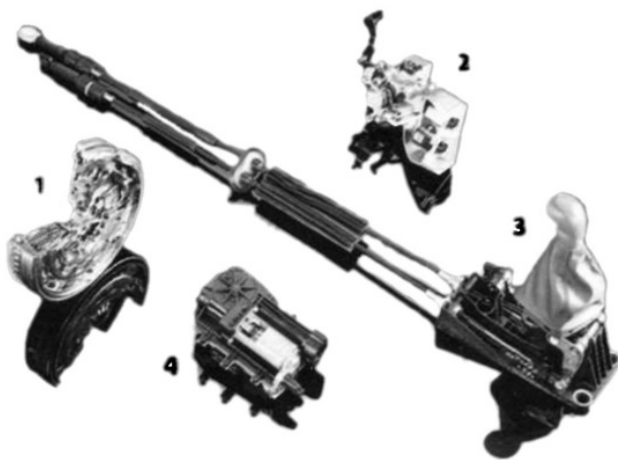


Рис. 1.10. Детали АКП с автоматическим сцеплением:  
1 – сцепление; 2 – блок управления; 3 – рычаг с тягами;  
4 – электромотор привода сцепления

Далее следуют автоматизированные коробки передач с автоматическим сцеплением и автоматическим переключением. В автоматизированных механических коробках передач сцеплением и переключением передач заведует электроника: ее команды исполняют пневматические, гидравлические цилиндры или соленоиды (рис. 1.11). Педаль сцепления отсутствует, а рычаг переключения похож на селектор «автомата».

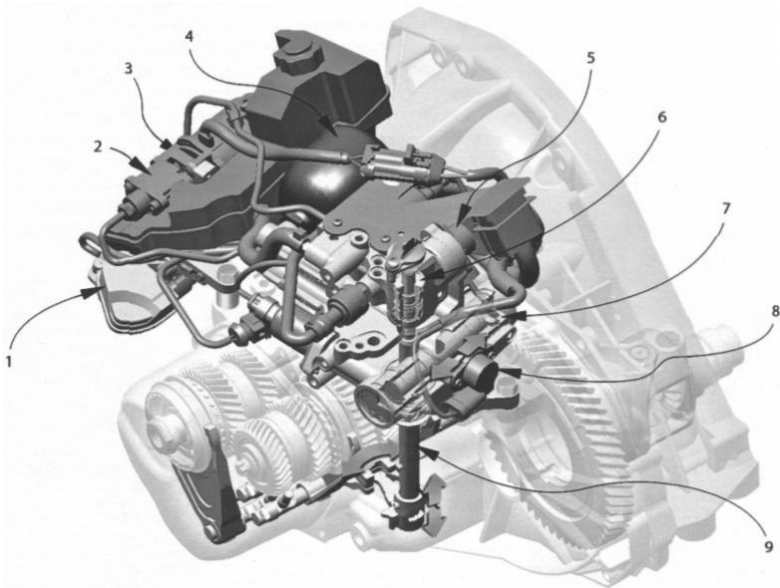


Рис. 1.11. Автоматизированная коробка передач:  
 1 – датчик положения сцепления; 2 – электрический насос;  
 3 – актуатор сцепления; 4 – гидроаккумулятор; 5 – датчик выбора  
 передач; 6 – актуатор выбора передач; 7 – актуатор переключений;  
 8 – датчик переключений; 9 – вал выбора передач

Во время движения крутящий момент передаётся по одному сцеплению, диск сомкнут (допустим, на 1-й передаче по первому сцеплению); в то же время второй диск второго сцепления разомкнут, а само сцепление настроено на вторую передачу. В момент переключения первый диск размыкается, а второй синхронно смыкается. И теперь уже второе сцепление передаёт крутящий момент, а первое сцепление настраивается на 3-ю передачу и переходит в «ждущий» режим, чтобы в момент надобности подсоединиться. И всё повторяется заново.

#### 1.2.4. Гидрообъемная трансмиссия (гидростатическая передача)

Гидростатические передачи принадлежат к типу передач с бесступенчатым изменением передаточного отношения.

В отличие от гидротрансформаторов, где используется динамический напор жидкости  $H = V_{\text{ж}}^2 / (2 \cdot g)$ , в гидрообъемных передачах реализуется гидростатический напор  $H = P / \gamma$  ( $P$  – давление жидкости, Па,  $\gamma$  – удельный вес, Н/м<sup>3</sup>), или иначе напор вытесняемых объемов рабочей жидкости.

В гидрообъемной трансмиссии двигатель внутреннего сгорания приводит в действие гидронасос, соединенный трубопроводами с гидромоторами, валы которых связаны с ведущими колесами автомобиля. От насоса рабочая жидкость под давлением (магистраль высокого давления) через клапан и фильтр поступает в гидромотор. В гидромоторе происходит перепад давления жидкости. От гидромотора, отдав потенциальную энергию, жидкость по магистрали низкого давления через фильтр и клапан поступает к насосу. Затем весь цикл движения жидкости повторяется. Наиболее часто гидроагрегаты располагают раздельно: насос соединяют с двигателем внутреннего сгорания, а гидромоторы устанавливают как вне колеса, так и встраивают в колесо (гидромотор-колесо). В последнем случае высокомоментные гидромоторы могут соединяться с колесом непосредственно. Такая схема удобна для компоновки гидроагрегатов и применяется для многоприводных машин и автопоездов.

Бесступенчатое изменение крутящего момента на ведомом валу передачи достигается за счет регулирования основных параметров потока – расхода и давления в одном или обоих гидроагрегатах, а реверсирование происходит за счет изменения направления движения жидкости от насоса к гидромотору при помощи клапана. Можно выделить три способа регулирования гидростатической передачи:

- 1) регулирование насоса;
- 2) регулирование мотора;
- 3) регулирование насоса и мотора.

Гидрообъемные передачи применяются в тракторостроении, сельскохозяйственных, строительных и дорожных машинах, а также в автопоездах высокой проходимости и карьерных самосвалах.

Гидрообъемные передачи по типу гидромашины подразделяются на поршневые, лопастные, винтовые, шестеренчатые.

На транспорте наибольшее распространение получили аксиально- и радиально-поршневые машины. Эти насосы обратимы – они могут работать как в режиме гидронасоса, так и в режиме гидромотора, преобразующего энергию жидкости в механическую работу, совершаемую вращающимся валом.

Схема **аксиально-поршневого регулируемого насоса** приведена на рис. 1.12.

В корпусе насоса 1 установлен наклонный диск 2. Угол наклона диска 2 к валу 3 может изменяться в определенных пределах. На валу 3 жестко закреплен ротор 4, в отверстиях которого расположены поршни 5. Под действием пружины 6 ползунки 7, шарнир-

но соединенные с поршнями 5, находятся в постоянном контакте с рабочей плоскостью диска 2. При вращении ротора 4 поршни 5 совершают переносное движение, вращаясь вокруг оси вала 3 вместе с ротором, а также движутся возвратно-поступательно относительно ротора.

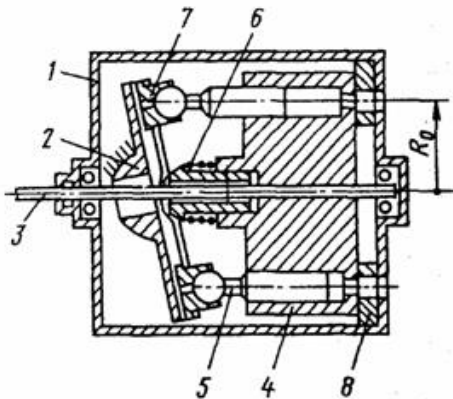


Рис. 1.12. Схема аксиально-поршневого регулируемого насоса

В корпусе 1 неподвижно закреплен распределительный диск 8 с двумя дуговыми пазами (рис. 1.13), один из которых соединен с линией всасывания, а другой — с линией нагнетания. При вращении вала 3 по часовой стрелке (если смотреть со стороны, где вал выступает из корпуса) с линией всасывания соединен паз А, а с линией нагнетания — паз Б. При движении поршня по дуге *a-b-c* поршневой объем увеличивается, происходит всасывание жидкости. При движении поршня по дуге *c-d-a* жидкость вытесняется в линию нагнетания. Подачу можно бесступенчато регулировать путем изменения угла наклона диска 2.

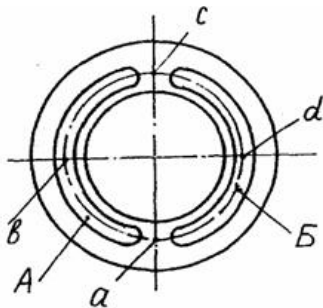


Рис. 1.13. Распределительный диск

Схема **радиально-поршневого насоса** показана на рис. 1.14. В корпусе насоса 1 неподвижно закреплена ось 2, на которой установлен вращающийся вокруг нее ротор 3. В радиальных отверстиях, выполненных в роторе, расположены поршни 4. Статор 5 установлен в корпусе 1 таким образом, что центр его внутренней (рабочей) поверхности не совпадает с центром оси 2. В оси 2 выполнены четыре осевых отверстия, два из которых соединены с линией всасывания, а два других – с линией нагнетания. В случае вращения ротора по часовой стрелке с линией всасывания соединены отверстия, расположенные ниже горизонтального диаметра, а с линией нагнетания – расположенные выше него.

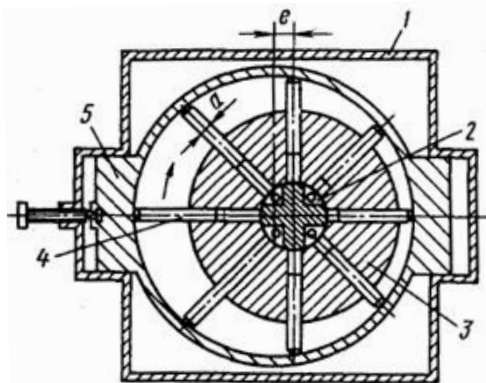


Рис. 1.14. Схема радиально-поршневого насоса

Эксцентриситет статора  $e$  может бесступенчато изменяться от максимальной величины до нуля с помощью регулировочного устройства. В реверсивных насосах центр статора может располагаться по разные стороны от центра вращения ротора, благодаря чему может изменяться направление потока жидкости (линии всасывания и нагнетания меняются ролями).

Аксиально-поршневые машины более компактны и работают с более высоким числом оборотов (чаще как гидронасос). Радиально-поршневые хорошо komponуются в колесах автомобилей и развивают большой крутящий момент (поэтому чаще используются как гидромотор).

Американская компания Folsom Technologies, специализирующаяся на гидрообъемных трансмиссиях, предлагает их применение и на легковых автомобилях. В картере, напоминающем корпус обычного «автомата», поместили насос, гидромотор и управляющую электронику (рис. 1.15).

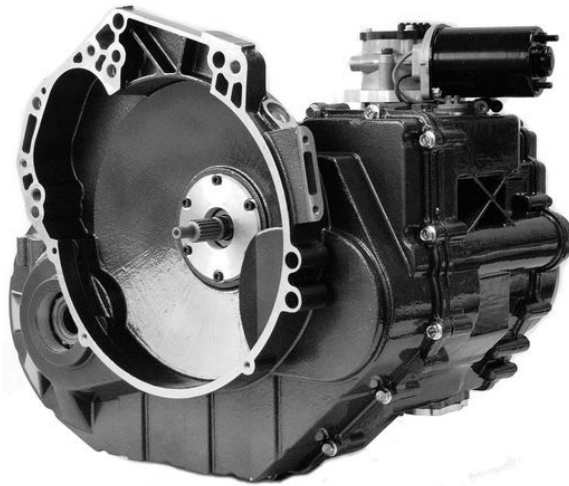


Рис. 1.15. Гидрообъемная трансмиссия ф. Folsom Technologies

Регулируя подачу и давление масла, можно менять величину передаваемого крутящего момента. Причем такая трансмиссия позволяет тормозить двигателем, поскольку насос и мотор являются обратимыми.

На конгрессе SAE были показаны два типа таких вариаторов: для переднеприводных автомобилей мощностью 50–100 л. с. и для машин классической компоновки с двигателями 300–350 л. с.

По словам производителей, на основе подобных трансмиссий легко создавать гибридные машины — достаточно смонтировать на шасси гидроаккумулятор и соединительные трубопроводы. Тогда при рекуперативном торможении ведущие колеса, вращая гидромотор, будут закачивать рабочую жидкость под давлением в гидроаккумулятор. А при трогании с места запасенная энергия поможет разогнать автомобиль или обеспечит запас хода в несколько километров с неработающим ДВС. И если переднеприводной агрегат — пока опытная разработка, то вариатор для заднеприводных машин полностью готов к серийному производству.

Преимущества гидростатических передач:

- бесступенчатое изменение в широком диапазоне крутящего момента и плавная передача его на ведущие колеса;
- возможность замены всех механизмов механической трансмиссии (а не только коробки передач и сцепления) одной-двумя парами «гидронасос–гидромотор»;

- удобство компоновки (возможность свободного и дистанционного расположения агрегатов вследствие отсутствия необходимости взаимной центровки, в результате чего гидромоторы можно располагать непосредственно в колесах);
- легкость реверсирования передачи и получения одинаковых скоростей при движении автомобиля вперед и назад;
- возможность длительной и устойчивой работы двигателя под нагрузкой при малых скоростях;
- повышение проходимости автомобиля в результате непрерывного потока мощности и плавного изменения крутящего момента;
- возможность торможения самой гидростатической передачей.

К основным недостаткам можно отнести:

- большие габаритные размеры и массу;
- относительно низкий КПД (0,75–0,85);
- необходимость применения высокосортных масел стабильной вязкости и надежных высокопроизводительных фильтров для их очистки;
- сложность в изготовлении и потребность в надежных уплотнениях.

### **1.2.5. Электрическая трансмиссия**

Это бесступенчатая передача, в которой крутящий момент изменяется плавно, без участия водителя, в зависимости от сопротивления дороги и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

В электрической трансмиссии двигатель внутреннего сгорания приводит в действие генератор, питающий соединенные с ведущими колесами электродвигатели, мощность которых практически одинакова на любых оборотах. Лишенный прямой связи с колесами ДВС может постоянно работать в благоприятных режимах, однако такая длинная цепь агрегатов приводит к потерям энергии и, кроме того, увеличивает массу автомобиля.

Ведущее колесо с установленным внутри электродвигателем называется электромотор-колесом. Крутящий момент от электродвигателя к колесу передается через колесный редуктор. При применении быстроходных электродвигателей в ведущих колесах используют понижающие передачи.

В России конструкция электромотор-колеса появилась в конце 70-х годов. В Новосибирском электротехническом институте было создано устройство, которое обладало уникальными по своим техническим характеристикам свойствами (рис. 1.16).

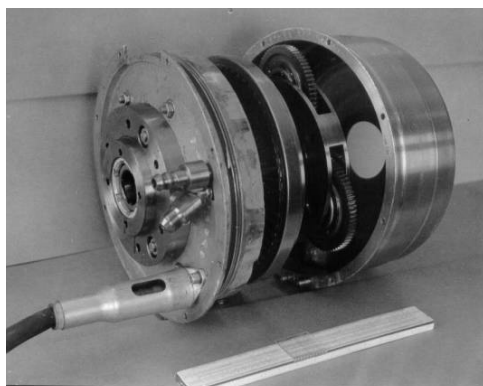


Рис. 1.16. Электромотор-колесо

### 1.2.6. Электромеханическая трансмиссия

Это комбинированная трансмиссия, которая состоит из элементов механической и электрической трансмиссий.

В электромеханической трансмиссии двигатель внутреннего сгорания приводит в действие генератор. Ток, вырабатываемый генератором, подводится к электродвигателю. Крутящий момент от электродвигателя через механическую трансмиссию подводится к ведущим колесам. Электромеханическая трансмиссия применяется на автомобилях с гибридной силовой установкой.

Существует множество разновидностей схем гибридных силовых установок, но самыми распространенными стали параллельная (рис. 1.17,а) и последовательная (рис. 1.17,б).

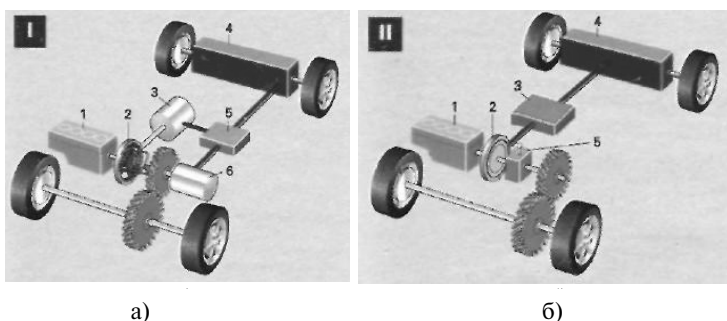


Рис. 1.17. Схемы гибридных установок: а) параллельная: 1 – ДВС; 2 – планетарная передача; 3 – генератор; 4 – аккумуляторы; 5 – инвертор; 6 – электромотор; б) последовательная: 1 – ДВС; 2 – электромотор-генератор; 3 – блок управления; 4 – аккумуляторы; 5 – коробка передач



В последовательной схеме автомобиль приводится в движение исключительно электродвигателем. Двигатель внутреннего сгорания приводит генератор, который вырабатывает электроэнергию для подзарядки аккумуляторов, питающих электромотор. Пример – Honda Insight.

В параллельной схеме для привода колес служат как электромотор, так и ДВС (одновременно или поочередно). Параллельная схема пока доминирует над последовательной.

### 1.3. Преимущества и недостатки АКП

По сравнению с обычной коробкой передач автоматическая коробка обладает следующими преимуществами.

1. Автоматическая коробка передач упрощает процесс управления силовым агрегатом. В процессе движения автомобиля с автоматической коробкой передач для изменения скорости используются только две педали: педаль акселератора и педаль тормоза. Педаль сцепления отсутствует.

2. Автоматическая коробка передач также упрощает процесс торможения автомобиля. На автомобиле с механической коробкой при торможении приходится пользоваться двумя педалями – сцепления и тормоза, причем необходимо переносить ногу на педаль тормоза с педали акселератора. При наличии автоматической коробки водитель осуществляет торможение, пользуясь одной широкой педалью, которая удобна для торможения как правой, так и левой ногой.

3. Наличие гидротрансформатора повышает проходимость автомобиля по снегу, песку и другим непрочным грунтам и т. д., обеспечивая на ведущих колёсах устойчивую силу тяги и любые малые скорости их вращения, увеличивая тем самым сцепление колес с дорогой. Кроме того, проведенными в НАМИ испытаниями установлено, что при движении по неровной дороге максимальная амплитуда колебаний крутящего момента на карданном валу автомобиля с гидротрансформатором существенно меньше, чем у автомобиля с механической коробкой, причем при механической коробке передач амплитуды колебаний почти в два раза могут превышать максимальный момент двигателя. Установлено также, что при трогании с места автомобиля с обычной механической коробкой передач на снежной целине крутящий момент для преодоления сопротивлений в 1,3–2 раза больше, чем при трансмиссии с гидротрансформатором. Во время испытаний на снежной целине автомобиль с механической коробкой передач почти во всех случаях

трогался с места с пробуксовкой ведущих колес, вызывая углубление колеи и тем самым увеличивая сопротивление движению. Было определено, что из ста заездов в сложных дорожных условиях автомобиль с гидротрансформатором в 87 заездах показал лучшие результаты, чем автомобиль с механической коробкой, а в 13 заездах результаты были одинаковы.

4. При интенсивном городском дорожном движении или при движении по пересеченной местности водителю автомобиля с механической трансмиссией приходится через 30–40 секунд выключать сцепление и переключать передачи. Это приводит к повышенной утомляемости водителя и ухудшению его самочувствия, а также к увеличению ошибок при вождении автомобиля. Проведенные сравнительные исследования показали, что у таких водителей в среднем на 10% увеличивается частота пульса и дыхания, уменьшается содержание кислорода в крови (по сравнению с водителями, которые управляют автомобилями с автоматическими коробками передач). Таким образом, наличие автоматической коробки способствует комфортабельности вождения, улучшению самочувствия водителя и сохранению его здоровья, а также повышает безопасность движения.

Основными недостатками автоматических коробок передач являются:

- сложность конструкции;
- увеличенная масса и габариты;
- увеличенные потери мощности, обусловленные обслуживанием автоматической системы управления, т. е. приводом масляных насосов, а также потерями на трение в дисках выключенных сцеплений и наличием дополнительных потерь в гидротрансформаторе.

В реальных условиях эксплуатации можно полагать, что топливная экономичность автомобилей с автоматическими и механическими коробками передач примерно одинакова из-за ошибок, которые допускает среднестатистический водитель при управлении механической коробкой передач и связанных главным образом с неправильным выбором моментов переключения передач.

Вместе с тем следует признать, что при испытаниях в стандартных ездовых циклах до последнего времени показатели легковых автомобилей с механическими коробками передач были лучше, чем у тех же автомобилей с автоматическими коробками передач, что объясняется наличием дополнительных потерь, указанных выше. Однако в последнее время в связи с созданием более совершенных автоматических коробок передач ситуация стала изменяться.

Применение электронно-гидравлических систем управления, а также расширение силового и кинематического диапазона автоматических коробок передач при рациональном выборе главной передачи позволило на некоторых моделях легковых автомобилей улучшить топливную экономичность на 2–5% в ездовых циклах по сравнению с теми же автомобилями, которые имеют механическую коробку передач.

## 1.4. Характеристики автомобилей с АКП

### 1.4.1. Цены автомобилей с АКП

Одним из существенных недостатков АКП является высокая стоимость самих АКП и, соответственно, автомобилей, укомплектованных АКП. Цена самих АКП во многом зависит от их конструкции (типа), года выпуска модели АКП, производителя. В табл. 1.1 представлены комплектации автомобилей, отличающиеся только коробкой передач.

Сравнить стоимость разных вариантов трансмиссий можно на примере автомобилей VW Golf и Polo. Так, доплата по сравнению с 6-ступенчатой МКП за установку 6-ступенчатой АКП на автомобиль VW Golf составляет в среднем 2000\$, за установку DSG — 1800\$, а за установку 4-ступенчатой АКП на автомобиль VW Polo — 1070\$.

Не стоит также забывать о затратах на содержание и ремонт АКП. Если вы покупаете новый автомобиль, то несколько лет можете ездить спокойно (АКПП или вариатор отремонтируют бесплатно). А вот стоимость негарантийного ремонта ниже у «гидроавтоматов». При том что и ресурс вариаторов более низкий. Интересно и то, что часть случаев отказа вариаторов связана с электроникой и гидравликой — замена этих блоков управления стоит не менее \$3000, замена же цепи невелика — \$300–500.

Таблица 1.1

Модификация	Цена от	Скорость	Разгон	Объем	Мощность	Расход
Toyota Corolla 1.6 МТ	677 000 р	195 км/ч	10,4 с	1598 см <sup>3</sup>	124	6,9 л
Toyota Corolla 1.6 МТА	699 000 р	195 км/ч	12,1 с	1598 см <sup>3</sup>	124	6,7 л
Toyota Camry 2.4 МТ	913 000 р	210 км/ч	9,6 с	2362 см <sup>3</sup>	167	8,5 л
Toyota Camry 2.4 АТ	951 000 р	205 км/ч	10,2 с	2362 см <sup>3</sup>	167	9,9 л
Ford Focus 1.6 МТ	556 400 р.	180 км/ч	11,9 с	1596 см <sup>3</sup>	100/6000	6,7 л
Ford Focus 1.6 АТ	594 400 р.	172 км/ч	13,6 с	1596 см <sup>3</sup>	100/6000	7,5 л

## Окончание табл. 1.1

Модификация	Цена от	Скорость	Разгон	Объем	Мощность	Расход
Ford Focus 1.6 T AT	574 400 р.	190 км/ч	10,8 с	1596 см <sup>3</sup>	115/6000	6,4 л
Ford Mondeo 2.0 TD MT	897 000 р	202 км/ч	10,2 с	1997 см <sup>3</sup>	140/4000	5,9 л
Ford Mondeo 2.0 TD AT	921 300 р	200 км/ч	10,9 с	1997 см <sup>3</sup>	130/4000	7,1 л
Ford Kuga 2.5 MT	1149 000 р	210 км/ч	8,2 с	2497 см <sup>3</sup>	200/4000	9,9 л
Ford Kuga 2.5 AT	1189 000 р	205 км/ч	8,8 с	2497 см <sup>3</sup>	200/4000	10,3 л
BMW X3 2.0d MT	1795 000 р	210 км/ч	8,5 с	1995 см <sup>3</sup>	184/4000	5,7 л
BMW X3 2.0d AT	1906 000 р	210 км/ч	8,5 с	1995 см <sup>3</sup>	184/4000	6,0 л
Opel Astra 3dr 1.6 MT	606 000 р.	193 км/ч	11,6 с	1598 см <sup>3</sup>	115	6,6 л
Opel Astra 3dr 1.6 MTA (Easytronic)	626 000 р.	194 км/ч	12,6 с	1598 см <sup>3</sup>	115	6,5 л
Mercedes C 220 MT	1490 000 р.	232 км/ч	8,4 с	2143 см <sup>3</sup>	125/3000	5,4 л
Mercedes C 220 AT	1495 000 р.	231 км/ч	7,6 с	2143 см <sup>3</sup>	125/3000	6,4 л
Mercedes E 350 4Matic CGI MT	2500 000 р.	242 км/ч	8,2 с	2143 см <sup>3</sup>	204	6,2 л
Mercedes E 350 4Matic CGI AT	2580 000 р.	239 км/ч	7,4 с	2143 см <sup>3</sup>	204	6,2 л
Mitsubishi Lancer Evo X 2.0 MT	1499 000 р	240 км/ч	5,4 с	1998 см <sup>3</sup>	295/6500	10,2 л
Mitsubishi Lancer Evo X 2.0 TS-SST (6-скоростная роботизированная трансмиссия Twin Clutch SST с тремя режимами работы)	1599 000 р	242 км/ч	6,3 с	1998 см <sup>3</sup>	295/6500	10,5 л
Mitsubishi Lancer 1.8 MT	699 000 р.	204 км/ч	9,8 с	1798 см <sup>3</sup>	143/6000	7,7 л
Mitsubishi Lancer 1.8 CVT (CVT Sport Mode – вариатор с ручным режимом)	739 000 р.	192 км/ч	11,2 с	1798 см <sup>3</sup>	143/6000	7,9 л
Volkswagen Polo 1.4 MT	536 140 р.	177 км/ч	11,9 сек	1390 см <sup>3</sup>	85	5,9 л
Volkswagen Polo 1.4 AT	586 140 р.	177 км/ч	11,9 сек	1390 см <sup>3</sup>	85	5,8 л
Volkswagen Golf 1.6 MT	618 450 р	188 км/ч	11,3 с	1595 см <sup>3</sup>	102	7,1 л
Volkswagen Golf 1.6 AT (DSG)	682 450 р	188 км/ч	11,3 с	1595 см <sup>3</sup>	102	6,7 л

Что же касается резкого роста продаж моделей с вариаторами, то это прежде всего обусловлено тем, что агрегаты данного типа проще и дешевле, значит, сравнительно недорогие автомобили все чаще будут и с CVT. Но не стоит списывать со счетов и 4-ступенчатые «автоматы», которые еще долго будут ставить на автомобили малых классов. Сегодня их можно встретить даже на свежих моделях. По запросу российских дилеров такая АКПП ставится на Mazda-2 [9].

#### **1.4.2. Динамические качества и топливная экономичность автомобилей с АКП**

Как упоминалось выше, многие характеристики АКП зависят от типа АКП. Несомненно, на такие качества, как топливная экономичность и динамика разгона коробка передач оказывает непосредственное влияние. Нулевой отметкой для оценки данных характеристик служит автомобиль с механической коробкой передач (при прочих равных условиях). Рассмотрим усредненно три типа АКП, устанавливаемых на большинство серийных автомобилей: традиционные АКП (гидротрансформаторы), вариаторы (CVT) и автоматизированные коробки передач.

Данные о расходах топлива обычно базируются на стендовых испытаниях автомобиля с беговыми барабанами и основываются на европейском стандарте (EU), который введен с 01 января 1996 года.

Данные о величинах  $q_r$  (расход в городском цикле) и  $q_3$  (расход в загородном цикле) публикуются производителями автомобилей в соответствующих проспектах и каталогах. Для более полной оценки используется также понятие расхода в смешанном цикле  $q_c$ , который учитывает время работы автомобиля как в городских, так и в загородных условиях (табл. 1.1). Величина  $q_c$  определяется по формуле

$$q_c = 0,36q_r + 0,64q_3.$$

Величины  $q_c$  и  $q_3$  могут быть определены как экспериментально, так и расчетом. Определение указанных параметров расчетными методами имеет важное значение при проведении поисковых работ на стадии проектирования, так как позволяет глубже понять влияние отдельных параметров двигателя и трансмиссии на топливную экономичность автомобиля и более обоснованно подойти к выбору ряда конструктивных параметров.

Отметим также, что иногда расход топлива указывается по стандарту ЕСЕ, в котором приводится расход топлива для скоростей 90 и 120 км/час, а также в городском цикле ( $q_r$ ). Приведенные

ниже исследования в основном базируются на данных смешанного цикла  $q_c$ , как наиболее полно соответствующих реальному расходу топлива при эксплуатации автомобиля. Данные о топливной экономичности для АКП различных типов представлены на рис. 1.18.

Здесь показана зависимость топливной экономичности автомобиля в смешанном ездовом режиме. Данные получены путем сравнения расхода топлива одинаковых моделей автомобилей, оснащенных автоматическими коробками передач (АКП) и с ручным переключением (МКП). При этом используется параметр  $\varphi_T = 1 - \frac{q_{ca}}{q_{cm}}$ , где  $q_{ca}$  и  $q_{cm}$  – расходы топлива автомобилем в смешанном цикле с автоматической (АКП) и механической (МКП) коробками передач соответственно. Положительные значения  $\varphi_T$  показывают экономию топлива в % в смешанном цикле у автомобилей с автоматическими коробками передач по сравнению с автомобилями, оснащенными механическими коробками передач, а отрицательные – перерасход. При  $\varphi_T = 0$  показатели топливной экономичности АКП и МКП совпадают.

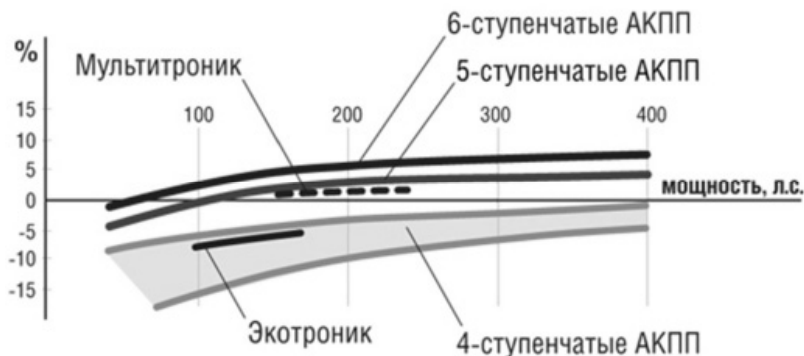


Рис. 1.18. Расход топлива в смешанном цикле автомобиля с различными типами трансмиссий в зависимости от мощности двигателя

График (рис. 1.18) позволяет установить следующее. С увеличением мощности двигателя недостатки АКП перед МКП уменьшаются. Это связано с тем, что при большей мощности удельный вес дополнительных потерь (дисковых и на привод масляного насоса для системы управления) снижается. Из графика также видно, что большое влияние на топливную экономичность оказывает диапазон изменения передаточных чисел в коробке передач. С увеличением диапазона легче обеспечить работу двигателя по кривой минимального удельного расхода топлива или близкой к ней.

В результате, чем больше диапазон, тем выше КПД двигателя и лучше показатели автомобиля.

Четырехступенчатая АКП обычно включает два планетарных ряда, управляемых пятью фрикционными элементами. Это обеспечивает относительную компактность, благодаря чему эти АКП находят широкое применение на задне- и переднеприводных автомобилях малого и среднего класса как с продольным, так и с поперечным расположением двигателя. Их основной недостаток — невысокий кинематический диапазон  $D_k = 3,5 - 4,3$ , что отрицательно отражается на расходе топлива. При этом четырехступенчатые АКП уступают как пятиступенчатым механическим коробкам передач, так и АКП, имеющим пять или шесть передач.

Пятиступенчатые АКП с диапазоном  $D_m = 4,5 - 5,0$  значительно экономичнее своих четырехступенчатых предшественниц, что видно из рис. 1.18. Их наиболее удачные представители — коробки модели 722.6 фирмы Mercedes обеспечивают автомобилям снижение расхода топлива в смешанном цикле на 2–3% даже в сравнении с пятиступенчатыми механическими коробками передач. Можно предположить, что такие высокие показатели удалось получить благодаря рациональной кинематической схеме, позволившей реализовать плотный ряд передаточных чисел на высших передачах, что обеспечило экономичную работу двигателя по кривой, близкой к минимальному расходу топлива. Вместе с тем необходимо отметить, что для реализации пятиступенчатой АКП приходится дополнять конструкцию третьим планетарным рядом, что увеличивает массогабаритные показатели примерно на 10–20% по сравнению с четырехступенчатыми АКП. Отметим, что не все пятиступенчатые АКП имеют лучшую топливную экономичность по сравнению с МКП.

Это относится к пятиступенчатым планетарным и вальным коробкам передач, которые используются на автомобилях, где имеется передний привод с поперечным размещением двигателя. Чтобы разместить пятиступенчатую автоматическую коробку передач в моторном отсеке, приходится использовать трехвальные схемы, позволяющие существенно уменьшить длину автоматической коробки. При этом всё-таки имеет место некоторое снижение КПД планетарной коробки по сравнению с соосным вариантом АКП.

Однако благодаря тому, что кинематический диапазон пятиступенчатых АКП больше, чем у четырехступенчатых АКП, они превосходят четырехступенчатые АКП, что показано на рис. 1.18. При этом указанные зависимости с учетом разброса изображены в виде полосы.

Дальнейшее улучшение показателей как по топливной экономичности, так и по разгонным качествам делает возможным использование шестиступенчатых АКП, выполненных по схеме Лепелетье. Напомним, что этот планетарный редуктор имеет диапазон  $D_m = 6,04$  и весьма удачную кинематическую схему, которая позволяет реализовать шесть ступеней (включающие две повышающие передачи), что обеспечивается практически двумя планетарными рядами и пятью фрикционными элементами. По указанным причинам эта шестиступенчатая АКП (например, ZF) компактнее и легче на 13% предшествующей ей пятиступенчатой коробки 5-HP-24. Упрощение конструкции планетарной передачи позволило не только улучшить массогабаритные характеристики коробки передач, но и способствовало уменьшению потерь. Данные, характеризующие топливную экономичность легковых автомобилей с шестиступенчатыми АКП, также представлены на рис. 1.18.

Остановимся далее на автоматических бесступенчатых коробках передач АБКП. Привлекательность вариатора в том, что он отслеживает постоянно изменяющиеся условия работы двигателя в очень широком диапазоне, что отражено в его названии – «трансмиссия с постоянным изменением передаточного отношения» (CVT). То есть, несмотря на то что динамический диапазон вариатора практически равен диапазону 6–7-ступенчатой АКПП, число «ступеней» бесконечно. В свою очередь, это дает возможность для каждого режима движения подобрать наиболее подходящую «передачу», что недоступно для ступенчатой АКПП.

АБКП Ecotronic не оправдали в полной мере надежд относительно топливной экономичности. По расходу топлива (рис. 1.18) они примерно на 5–7% уступают пятиступенчатым МКП и находятся на уровне лучших четырехступенчатых АКП. Причина увеличения расхода топлива по сравнению с пятиступенчатой МКП связана с тем, что КПД вариатора VDT (83–90%) ниже, чем у механической коробки передач, и этот недостаток не может компенсировать даже более высокий диапазон регулирования.

Другой тип АБКП (Multitronic), установленный на серийном автомобиле Audi A6 с двигателем 2,8 л, как отмечалось выше, обладает рядом преимуществ по сравнению с вариатором VDT: на 2,5% большим КПД и меньшим предельным радиусом изгиба, позволяющим при приемлемых габаритах реализовать больший диапазон регулирования, равный  $D = 6,0–6,2$ .

Характеристики, заявленные производителем, подтверждают, что при диапазоне  $D = 6,0 – 6,2$  серийные автомобили Audi с АБКП Multitronic позволяют получить экономию топлива по сравнению



с пятиступенчатой МКП в смешанном ездовом цикле до 2%. Указанное достижение можно рассматривать как знаменательное, так как оно достигнуто впервые для АБКП.

### 1.4.3. Статистика выпуска автомобилей с АКП

Статистика выпуска автомобилей каждый год изменяется, существенные различия имеются в зависимости от класса автомобиля, типа автоматических коробок передач, страны-потребителя и т. д. На рис. 1.19 в виде круговой диаграммы представлен прогноз распределения коробок передач по типам (статистика на 2010 год).



Рис. 1.19. Распределение коробок передач по типам (статистика на 2010 год)

Автомобили малого класса (класса *B*) с двигателями объемом 1,6...1,8 л широко представлены на рынке России. Этот класс выпускают все европейские и азиатские производители. Практически все модели этого класса в базовой комплектации предлагаются с механической коробкой передач, АКП на них устанавливаются в качестве опции (рис. 1.20).

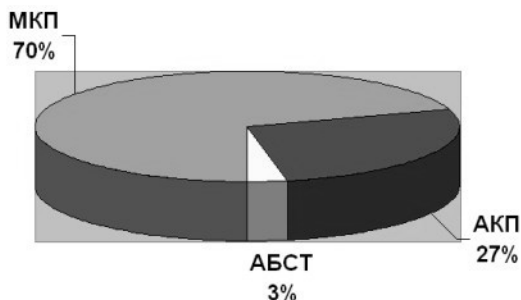


Рис. 1.20. Диаграмма установки коробок передач на автомобилях класса *B*

Поскольку этот класс автомобилей является экономичным, то есть дешевым, то и устанавливаемые АКП должны быть самыми дешевыми. По данным компании CSM Worldwide, традиционные 4-ступенчатые АКП обходятся производителю в 300–400 евро, передачи с двумя сцеплениями – 950 евро, а бесступенчатые до 1400 евро. Исходя из этих соображений, за редким исключением этот класс автомобилей обеспечивается именно 4-ступенчатыми АКП.

Как видно из табл. 1.2, широко используются различные АКП производства компании Aisin Warner. В этом классе автомобилей не выпускают АКП такие монстры, как ZF, Ford и Hydromatic (GM). Ниже представлены основные потребители продукции этой фирмы. Общий выпуск АКП на заводах Aisin Warner в 2005 году превысил 5 млн штук в год.

Таблица 1.2

№	Фирма	Модель	Начало производства	Модель АКП	Произв. АКП	Количество передач
1	Audi	A3	2003	09D	Aisin Warner	6
2	Chery	CVT				4
3	Chevrolet	Aveo	2003		Aisin Warner	4
4	Citroen	C2	2003	AL4	PSA	
5	Citroen	C3	2002	AL4	PSA	4
6	Daewoo	Nubira	2003		Daewoo	4
7	FIAT	Marea	1996	AW5040	Aisin Warner	4
8	Ford	Focus II	2005	4F27		4
9	Honda	Civic	2001		Honda	4
10	Hyundai	Elantra	2003	4F22	Hyundai	4
11	Kia	Cerato	2004			4
12	Kia	Rio	2002			4
13	Kia	Spectra	2004			4
14	Mazda	3	2004	4F27		4
15	Mini	Cooper	2004		Aisin Warner	6
16	Nissan	Almera	2002	RE4F03A	JATCO	4
17	Opel	Corsa	2003	AW5055	Aisin Warner	5
18	Peugeot	307	2001	AL4	PSA	4
19	Renault	Simbol	2002	AL4(DP0)	PSA	4
20	SEAT	Ibica	2002	F03A	JATCO	4
21	Skoda	Fabia	2004	F03A	JATCO	4
22	Suzuki	Ignis	2003		Aisin Warner	4
23	Toyota	Yaris	2003		Aisin Warner	4
24	VW	Polo	2005	F03A	JATCO	4

Многие фирмы используют АКП производства JATCO. Эта компания принадлежит фирме Nissan. Суммарный выпуск АКП модели F03A для автомобилей класса *B* превысил 10 млн штук.

Распространенность автоматических коробок передач в различных странах мира также сильно варьируется, на рис. 1.21 представлен график распределения АКП в процентах от общего количества автомобилей.

Производство АКП сосредоточено в основном в США (около 7 млн АКП), Японии (около 8 млн), Корее, Германии и Франции. Некоторое количество (в основном сборочные заводы) находятся в Индии, Бельгии, Австралии, Китае. Естественно, что и производство автомобилей с АКП в основном сосредоточено там же, хотя некоторые фирмы, например Volvo, устанавливают АКП производства компании Aisin Warner, находящейся в Японии и принадлежащей Toyota. Доля производимых в этих странах автомобилей с АКП максимальна.

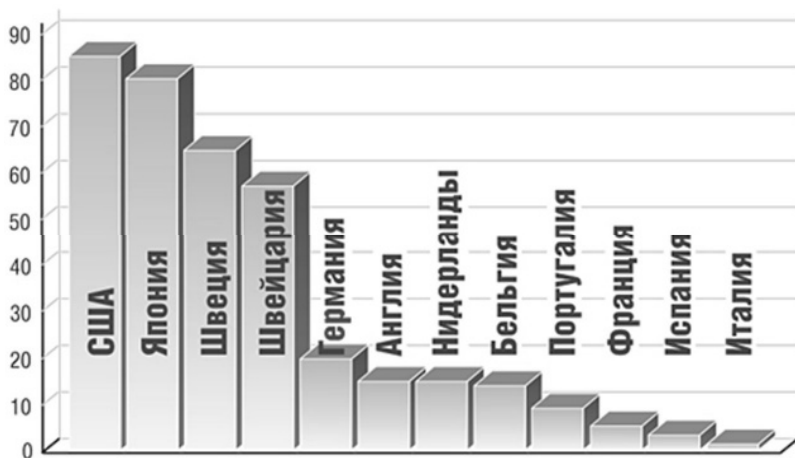


Рис. 1.21. Распространенность автоматических коробок передач в различных странах мира

### 1.5. Особенности компоновки автомобиля с автоматической трансмиссией

Конструкция автоматической трансмиссии, как и механической должна учитывать непосредственно компоновочную схему самого автомобиля. Среди легковых автомобилей распространены следующие компоновочные схемы.

### Наиболее распространенные:

- переднеприводная с поперечным расположением двигателя;
- заднеприводная с продольным расположением двигателя в передней части автомобиля;
- полноприводные модификации от вышеперечисленных.

### Редко распространенные:

- переднеприводная с продольным размещением двигателя;
- заднеприводная с продольным расположением двигателя сзади автомобиля;
- заднеприводная с поперечным расположением двигателя сзади автомобиля.

Несмотря на многообразие компоновочных схем автомобилей, составные части и узлы одного и того же типа автоматических трансмиссий практически одинаковы. Имеются некоторые различия в компоновке и устройстве автоматической коробки передач для переднеприводного и заднеприводного автомобилей. Для заднеприводной компоновочной схемы с продольным расположением двигателя характерна однорядная редукторная часть (рис. 1.22, *а*). Для переднеприводных автомобилей – 2- или 3-вальная редукторная часть, при этом в картере автоматической коробки передач предусмотрена секция главной передачи с межколесным дифференциалом (рис. 1.22, *б*). В остальном основные функции и принцип действия одинаковы.

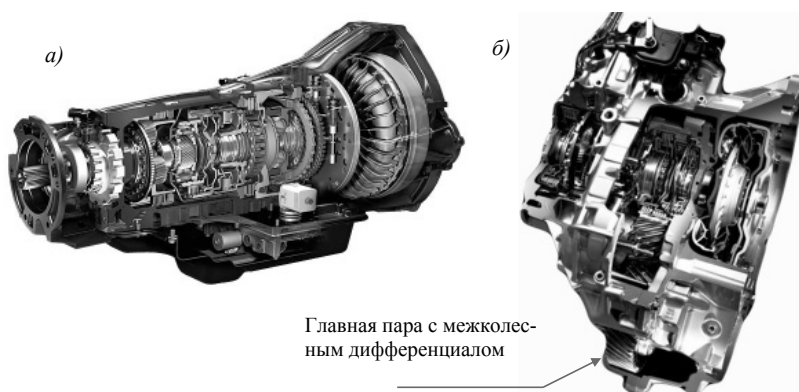


Рис. 1.22. Варианты конструкции автоматических коробок передач:

- а) для заднеприводной компоновочной схемы автомобиля с продольным расположением силового агрегата;
- б) для переднеприводной компоновочной схемы автомобиля с поперечным расположением силового агрегата

Основные отличительные особенности детально-узлового состава комплектации современного легкового автомобиля с механической и автоматической трансмиссиями можно видеть в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Автомобиль с механической коробкой передач	Автомобиль с автоматической коробкой передач	Примечание
Сцепление постоянно замкнутое	Гидротрансформатор	
Механическая коробка передач	Автоматическая коробка передач	
Рычаг переключения передач	Рычаг переключения режимов движения	
Тяговый или двухтросовый привод переключения передач	Тросовый привод переключения режимов движения	Для переднеприводной компоновочной схемы автомобиля
Педальный блок: – педаль сцепления; – педаль тормоза; – педаль акселератора механического или электронного типа	Педальный блок: – педаль тормоза, – педаль акселератора электронного типа, поддерживающая режим «kick-down»*	
–	Электронный контроллер управления работой коробки передач	
Аккумуляторная батарея обычной мощности	Аккумуляторная батарея повышенной мощности	Повышенная мощность необходима для обеспечения надежного холодного пуска, т.е. для «прокрутки» коленчатого вала двигателя и вращающихся деталей постоянно подсоединенной автоматической трансмиссии

Автомобиль с механической коробкой передач	Автомобиль с автоматической коробкой передач	Примечание
—	Радиатор и шланги системы охлаждения коробки передач	Дополняют конструкцию автоматических коробок, если компоновка моторного отсека, объем трансмиссионной жидкости и конфигурация картера коробки не обеспечивают должного теплообмена

\* – «kick-down» – устройство, принудительно включающее низшую передачу при резком нажатии на педаль акселератора для достижения наибольшего ускорения.

При проектировании автомобилей уже на ранней стадии необходимо рассматривать различные варианты комплектаций автомобиля. При этом желательно учитывать не только те комплектации, которые предусмотрены ближайшим планом производства, но и возможное перспективное развитие комплектаций с целью повышения потребительской привлекательности. Особенно это актуально для автоматических трансмиссий. Так, например, если разработка какой-либо бюджетной модели не предусматривает применения автоматической трансмиссии из-за ее дороговизны, все же не стоит сбрасывать ее со счетов и постараться учесть вышеперечисленные особенности такой трансмиссии. В случае изменения конъюнктуры потребительского спроса попытки интеграции автоматической трансмиссии в уже разработанный кузов и компоновку автомобиля могут столкнуться с проблемами, требующими значительных затрат на доработку конструкции и подготовку производства. В этой связи следует обратить внимание на такой ранее указанный недостаток, как большие габаритные размеры автоматической коробки передач в сравнении с механической коробкой передач. На рис. 1.23 приведен пример сравнения габаритных размеров автоматической и механической коробок передач для переднеприводной компоновочной схемы автомобиля с поперечным расположением силового агрегата.

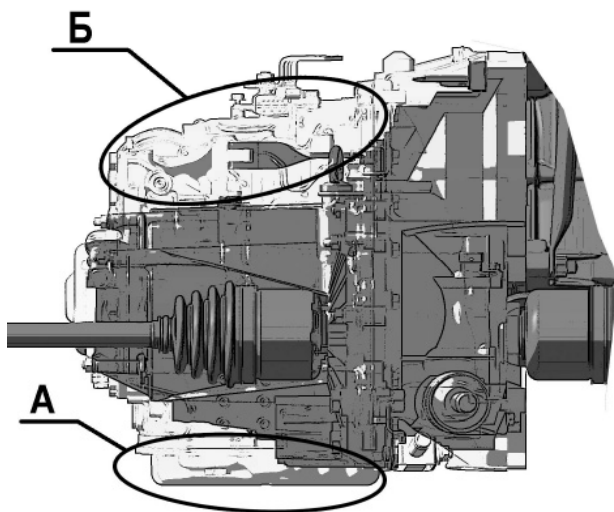


Рис. 1.23. Сравнение габаритов автоматической и механической коробок передач

Здесь можно выделить две характерные зоны, где автоматическая коробка при той же длине превосходит в размерах механическую. Зона *А* — влияет на такой параметр, как клиренс автомобиля и может занимать пространство, необходимое для расположения и перемещения рычага передней подвески (рис. 1.24). Зона *Б* — затрагивает пространство под расположение шлангов системы охлаждения двигателя (рис. 1.25).

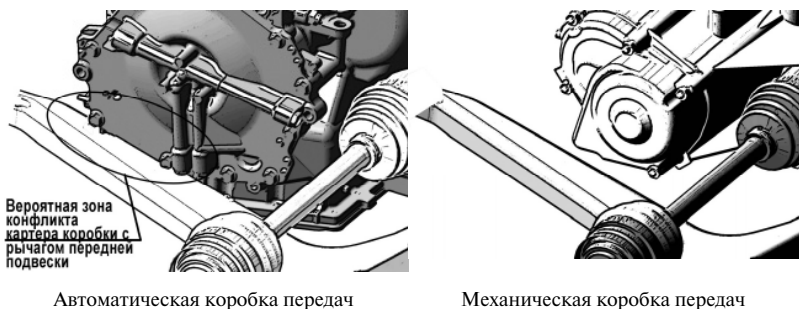


Рис. 1.24. Сравнение положения автоматической и механической коробок передач относительно передней подвески автомобиля

Это лишь часть «подводных камней», с которыми может столкнуться проектировщик при организации пространства моторного отсека автомобиля, связанных с большими габаритными размерами

автоматической трансмиссии. Сюда стоит отнести вероятность интеграции аккумуляторной батареи больших размеров в связи с увеличенной ее мощностью под холодный запуск двигателя; трудности с поиском свободного пространства под размещение электронного контроллера управления работой коробки передач; размещение радиатора и шлангов системы охлаждения самой автоматической коробкой передач и др. Поэтому на стадии начальных проектных работ следует уделять внимание унификации кузовных элементов и компоновки автомобиля для различных вариантов комплектаций автомобиля.

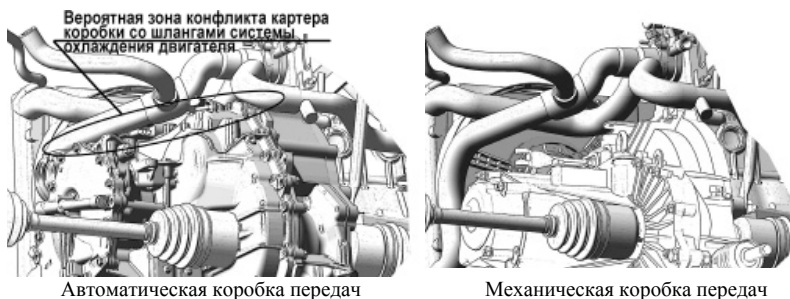


Рис. 1.25. Сравнение положения автоматической и механической коробок передач относительно шлангов системы охлаждения двигателя



## 2. КОНСТРУКЦИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ АКП

### 2.1. Гидродинамическая передача (конструкция, принцип работы)

Неотъемлемой частью любой гидромеханической коробки передач является гидродинамическая передача. Гидродинамическая передача представляет собой гидравлическое устройство вращательного движения, в котором крутящий момент передается от ведущего к ведомому валу вследствие изменения момента количества движения масла, проходящего через лопастные колеса.

#### 2.1.1. Гидромуфта

Конструкция гидромуфты была предложена немецким инженером Германом Фёттингером в судовом машиностроении, но несмотря на солидный возраст, ее принципиальная схема за сто лет почти не изменилась (рис. 2.1).

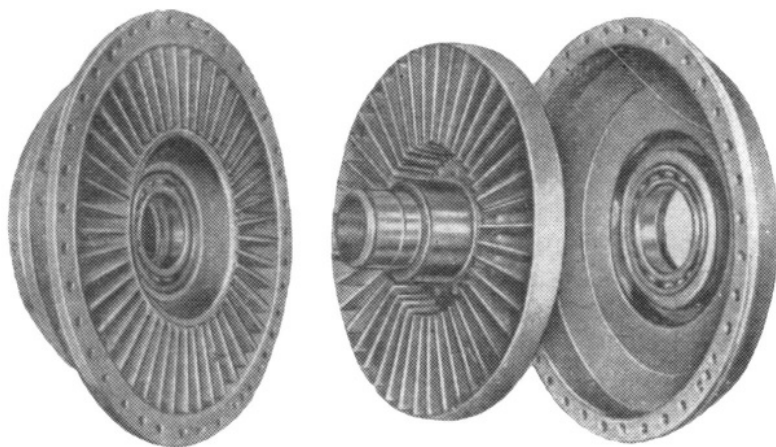


Рис. 2.1. Конструкция гидромуфты в разобранном виде

Гидромуфта (рис. 2.2) состоит из двух рабочих колес – насосного 1 и турбинного 2 (для краткости будем называть «насос» и «турбина»), расположенных друг против друга в закрытом картере.

Насос и турбина имеют форму чаш обычно с прямыми радиальными лопатками. Меридиональное сечение проточной части называется кругом циркуляции рабочей жидкости. Максимальный размер круга циркуляции принято называть активным

диаметром  $D$ . Активный диаметр является расчетной величиной гидродинамических передач.

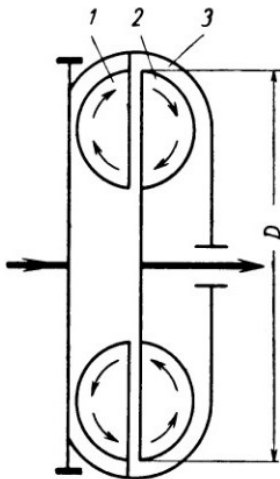


Рис. 2.2. Схема гидромолфты:

1 — насосное колесо; 2 — турбинное колесо; 3 — картер

Насос прикрепляют к деталям, связанным с двигателем, турбину — к ведомому валу гидромолфты. Внутренний объем картера, а также внутренние полости насоса и турбины (круг циркуляции) заполнены рабочей жидкостью. Связь между насосом и турбиной осуществляется только при помощи рабочей жидкости.

При вращении двигателем насоса его лопатки сообщают движение рабочей жидкости. Под действием центробежных сил рабочая жидкость движется из нижней части круга циркуляции в верхнюю, в результате чего окружная скорость и кинетическая энергия жидкости увеличиваются.

Из насоса жидкость поступает в турбину и движется в ней из верхней части круга циркуляции в нижнюю, вследствие чего окружная скорость жидкости снижается. Кинетическая энергия, приобретенная жидкостью в насосе, передается турбине и далее ведомому валу, причем часть ее расходуется на преодоление приложенного к валу внешнего сопротивления. Затем из турбины жидкость поступает в насос и цикл повторяется снова.

При работе гидромолфты рабочая жидкость в круге циркуляции участвует в сложном винтовом движении, а именно внутри каждого рабочего колеса жидкость движется от центра к периферии и обратно (относительное движение) и перемещается вместе с рабочим

колесом (переносное движение). На рис. 2.3 стрелкой показано движение потока жидкости в гидромуфте (от насоса к турбине).

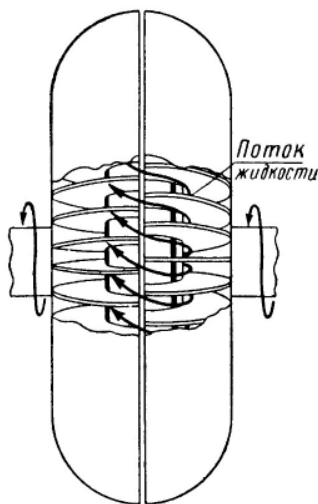


Рис. 2.3. Схема движения потока рабочей жидкости в гидромуфте

Для постоянной передачи мощности от насоса к турбине необходимо, чтобы рабочая жидкость имела непрерывное движение в круге циркуляции. Это возможно только при условии, что угловая скорость турбины меньше угловой скорости насоса, т. е. если центробежная сила рабочей жидкости, заполняющей насос, больше противодействующей ей центробежной силы рабочей жидкости, заполняющей турбину.

В работающей гидромуфте происходит постоянное скольжение, а следовательно, имеются постоянные потери мощности. При этом нагреваются рабочая жидкость и детали гидромуфты.

С уменьшением угловой скорости турбины противодействующая центробежная сила рабочей жидкости турбины уменьшается, и при неизменной угловой скорости насоса поток рабочей жидкости из насоса в турбину увеличивается. С увеличением угловой скорости турбины при неизменной угловой скорости насоса поток циркулирующей рабочей жидкости уменьшается. Величина потока циркулирующей рабочей жидкости определяется расходом  $Q$  жидкости. Следовательно, расход жидкости зависит от разности угловых скоростей насоса и турбины, т. е. от величины скольжения.

Чем больше скольжение, тем выше расход жидкости и тем большее давление оказывает жидкость на лопатки турбины, вследствие

чего увеличивается крутящий момент, передаваемый турбиной на ведомый вал. При полностью остановленной турбине (скольжение 100%) расход рабочей жидкости в гидромуфте максимальный. В этом случае противодействие жидкости со стороны турбины отсутствует. Крутящий момент, возникающий на турбине, является максимальным. Таким образом, изменение нагрузки на валу передачи (связанном с турбиной) вызовет, соответственно, изменение угловой скорости турбины, а это автоматически приведет к изменению расхода жидкости в круге циркуляции и передаваемого крутящего момента. Следовательно, гидромуфта является автоматической передачей.

Характеристика гидромуфты, показывающая зависимость напора  $H$  и расхода  $Q$  рабочей жидкости от кинематического передаточного отношения  $i^i = \frac{\omega_T}{\omega_H}$  и скольжения  $S$ , приведена на рис. 2.4.

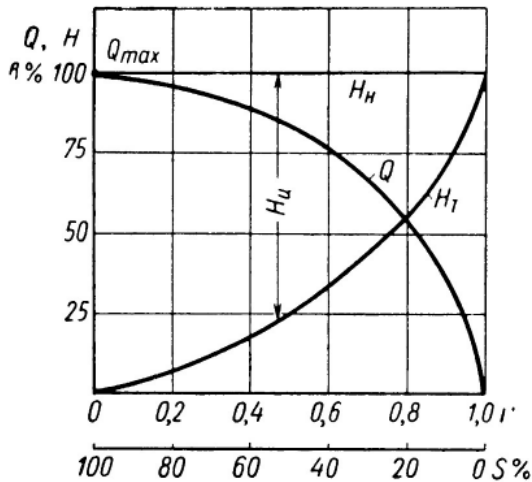


Рис. 2.4. Изменение напора и расхода рабочей жидкости в гидромуфте при постоянной угловой скорости насоса

Для предотвращения вибрации и гидравлических ударов в гидромуфте число лопаток для насоса и турбины принимают разным (отличается на 2–4 шт.). В некоторых гидромуфтах с равным числом лопаток турбины и насоса расстояние между лопатками насоса и турбины неодинаковое.

### 2.1.2. Гидротрансформатор

Более сложной гидропередачей является гидротрансформатор. Он служит для передачи крутящего момента от двигателя к элементам автоматической коробки передач. Он установлен в промежуточном кожухе, между двигателюм и коробкой передач. Гидротрансформатор не только обеспечивает плавное трогание с места, но и сам меняет передаточное отношение, причем плавно и бесступенчато, но не в очень широких пределах. Фактически гидродинамический трансформатор представляет собой гидродинамическую трансмиссию, дополняющую автоматическую коробку передач. Он образует первоначальный компонент автоматической коробки передач.

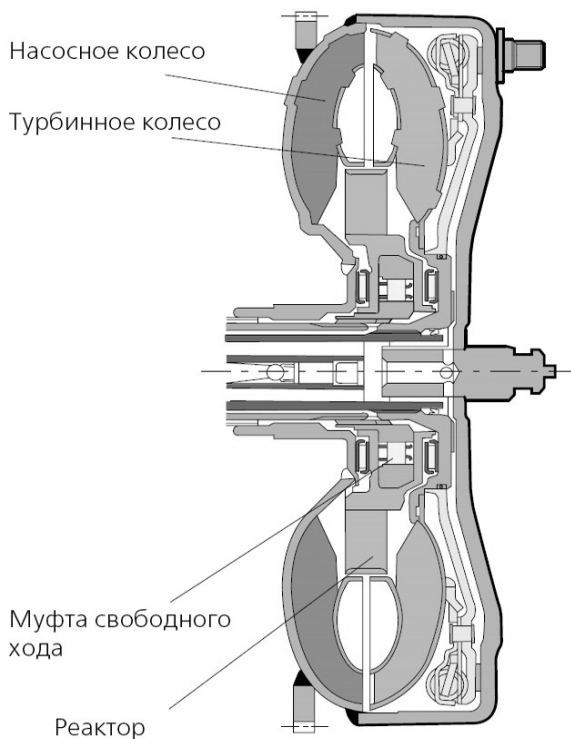


Рис. 2.5. Устройство гидротрансформатора

Гидротрансформатор состоит из следующих основных узлов (рис. 2.5):

- насосное колесо (также является корпусом гидротрансформатора);

- турбинное колесо (приводит в действие вал турбины, и следовательно, коробку передач);
- реактор (соединен через муфту свободного хода с картером коробки передач, может вращаться только в том направлении, в котором движутся насосное и турбинное колеса). Реактор заполнен под давлением специальным маслом для автоматических трансмиссий.

Насосное колесо (являющееся в то же время корпусом) вращается непосредственно двигателем с теми же оборотами. Под действием центробежной силы масло ATF вытекает между лопастями насосного колеса по направлению от центра и направляется к турбинному колесу внутренней стенкой корпуса гидротрансформатора. Гидродинамическая энергия воспринимается лопастями турбинного колеса, что заставляет его вращаться. Гидродинамическая энергия преобразуется в механическое вращательное движение (рис. 2.6). ATF вновь стекает к валу гидротрансформатора по лопаткам реактора, направляющим масло на насосное колесо. В гидротрансформаторе масло ATF циркулирует по замкнутому контуру.

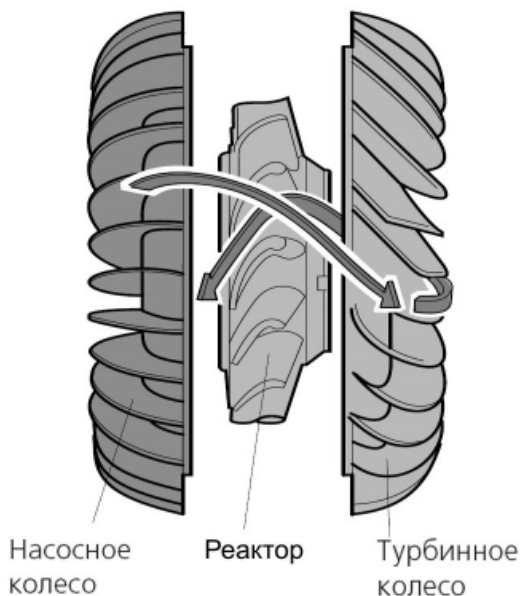


Рис. 2.6. Направление движения жидкости в гидротрансформаторе

Во время фазы преобразования крутящего момента гидротрансформатор преобразует уменьшение числа оборотов в увеличение крутящего момента. В момент трогания автомобиля с места первоначально вращается только насосное колесо. Турбина неподвижна. Разница в числе оборотов – называемая проскальзыванием – составляет 100%. Проскальзывание сокращается до такой степени, при которой ATF передает гидродинамическую энергию колесу турбины. Обороты насоса и турбины сближаются и становятся почти равными.

Проскальзывание в гидротрансформаторе является необходимым условием для преобразования крутящего момента. При высокой степени проскальзывания происходит максимальное увеличение крутящего момента, иными словами, если существует большая разница между оборотами насосного и турбинного колес, поток ATF отклоняется лопастями реактора. Таким образом, реактор увеличивает крутящий момент во время фазы преобразования крутящего момента. В этом режиме реактор удерживается от вращения муфтой свободного хода. При небольшом проскальзывании, иными словами, когда насосное и турбинное колеса вращаются практически с одинаковыми оборотами, реактор более не увеличивает крутящий момент. В данном случае благодаря муфте свободного хода реактор вращается в том же направлении, в котором вращаются насосное и турбинное колеса. В этом режиме коэффициент полезного действия равен почти 100%.

Рассмотрим фазы передачи крутящего момента гидротрансформатором.

1. Трогание автомобиля с места – турбинное колесо неподвижно, насосное колесо вращается, поток ATF резко отклоняется, высокая степень проскальзывания, передаточное отношение как при низкой передаче, максимальное увеличение крутящего момента.

2. Увеличение оборотов турбинного колеса – поток ATF меньше отклоняется, уменьшается проскальзывание, сокращается передаточное отношение, крутящий момент увеличивается в меньшей степени.

3. Фаза гидромуфты – обороты турбины практически равны оборотам насосного колеса, низкая степень проскальзывания, реактор вращается, коэффициент преобразования крутящего момента уменьшается до 1:1.

Таким образом, за счет изменения коэффициента проскальзывания гидротрансформатор работает в качестве гидравлической коробки передач с переменным передаточным отношением.

Соотношение крутящих моментов на входе и на выходе в режиме трансформатора и гидромуфты на рис. 2.7 отражено весом гирек, «подвешенных» к насосному и турбинному колесам [14].

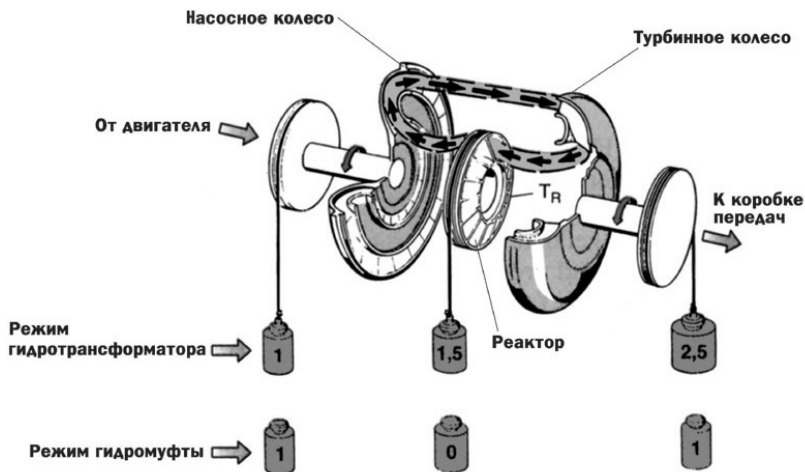


Рис. 2.7. Изменение крутящего момента на различных режимах работы

### 2.1.3. Муфты свободного хода

Одним из недостатков гидропередачи является то, что в любом режиме движения автомобиля существует рассогласование частот вращения насосного и турбинного колес, так называемое скольжение гидропередачи. В лучшем случае минимальная величина скольжения может составлять 3–6%. Наличие скольжения приводит к снижению КПД гидропередачи, что сказывается в потере некоторой части мощности двигателя и ухудшении топливной экономичности автомобиля [4].

При движении автомобиля с постоянной скоростью наличие гидротрансформатора в трансмиссии не является столь необходимым. Поэтому в режимах движения автомобиля с постоянной скоростью используют блокировку гидротрансформатора.

Для блокировки гидротрансформатора чаще всего используется фрикционная блокировочная муфта с пружинным демпфером (рис. 2.8).

При ее включении насосное и турбинное колеса жестко соединяются между собой. Это приводит к тому, что двигатель напрямую соединяется с ведущим валом коробки передач и таким образом гидротрансформатор выключается из силового потока.



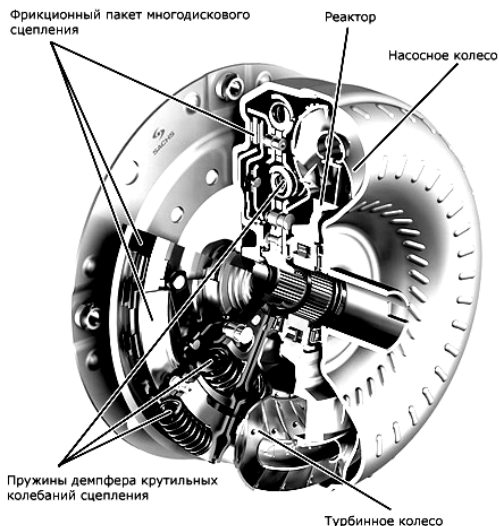


Рис. 2.8. Гидротрансформатор ZF и многодисковое сцепление Sachs, блокирующее насосное и турбинное колёса

Блокировка гидротрансформатора улучшает топливную экономичность автомобиля приблизительно на 4–5%. Кроме того, использование режимов блокировки гидротрансформатора позволяет несколько снизить температуру масла, что благоприятно сказывается на его свойствах и сроке службы.

Благодаря наличию гидротрансформатора АКП создает более благоприятные условия эксплуатации как для двигателя, так и для ходовой части, что увеличивает их ресурс, а система управления работой автоматической трансмиссии предотвращает возникновение перегрузок двигателя и ходовой части автомобиля из-за ошибок водителя.

Гидротрансформатор оснащен **блокирующей муфтой** (рис. 2.9) с встроенным в нее гасителем крутильных колебаний (демпфером). Демпфер снижает крутильные колебания в трансмиссии при замкнутой муфте блокировки гидротрансформатора, в связи с чем существенно увеличивается диапазон режимов, при которых можно допустить передачу крутящего момента с заблокированным гидротрансформатором.

Различают три принципиально различных режима работы трансмиссии:

- 1) работа с разомкнутой муфтой блокировки гидротрансформатора;
- 2) работа с проскальзывающей муфтой блокировки гидротрансформатора;

3) работа с замкнутой муфтой блокировки гидротрансформатора.

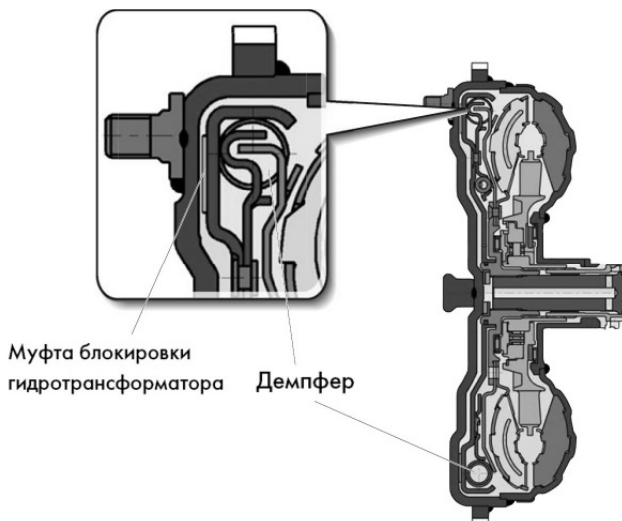


Рис. 2.9. Гидротрансформатор с блокирующей муфтой

В обычных условиях эксплуатации автомобиля гидротрансформатор блокируется практически на всех передачах.

Состояние муфты блокировки гидротрансформатора (рис. 2.10) зависит от включенной передачи, нагрузки двигателя и скорости автомобиля. Обычно при разгоне автомобиля она сначала работает с регулируемым проскальзыванием, а затем полностью замыкается.



Рис. 2.10. Режимы работы муфты блокировки гидротрансформатора при установке рычага селектора в положение «D» (в качестве примера)

При регулируемом проскальзывании муфты топлива расходуется меньше, чем при работе гидротрансформатора с разомкнутой муфтой. Помимо этого обеспечивается больший комфорт, чем при работе с замкнутой муфтой.

При использовании системы Tiptronic и работе коробки передач в режиме «S» ускоряется перевод муфты блокировки в замкнутое состояние. Непосредственная механическая связь двигателя с трансмиссией создает ощущение спортивного характера движения.

С программой управления для горной местности гидротрансформатор блокируется уже на второй передаче.

При температуре жидкости ATF свыше 130° С длительное буксование муфты не допускается, поэтому она замыкается быстрее, чем обычно. В результате к жидкости ATF подводится меньше тепла и она успевает охладиться.

#### **2.1.4. Масло для АКП**

В автоматические коробки передач заливают специально разработанную для этих целей жидкость для автоматических трансмиссий, что подтверждается англоязычной аббревиатурой ATF (automatic transmission fluid).

Жидкостью, используемой в автоматической трансмиссии, выполняются самые разнообразные функции:

- передача крутящего момента в гидротрансформаторе от двигателя в коробку передач;
- обеспечение функционирования системы управления и контроля;
- работа фрикционных дисков;
- смазка и охлаждение трущихся деталей.

Тип используемой трансмиссионной жидкости, как правило, указан на масляном щупе коробки передач или в сертификате качества автомобиля. В большинстве автомобилей, оснащенных автоматической трансмиссией, используется жидкость типа «Dexron», «Dexron-II», «Dexron-III». В настоящее время в автоматических коробках передач на автосредствах типа «4WD» используется более новая модификация смазывающей жидкости – тип «Т» или «Т-II». Указанные типы трансмиссионной жидкости специально окрашены в разные цвета, тип «Dexron» – красный, а тип «Т» – желтый. Этим подчеркивается, что смешивать их не рекомендуется.

## 2.2. Механические редукторы

### 2.2.1. Принцип работы планетарных редукторов

В современных гидромеханических трансмиссиях в основном используются планетарные механизмы – ступени в них переключаются торможением одних элементов относительно других.

Их основу составляют планетарные ряды. В планетарном ряду все элементы находятся в постоянном зацеплении.

Конструкции планетарных рядов достаточно разнообразны. Рассмотрим устройство одинарного планетарного ряда (рис. 2.11). Он состоит из трех основных звеньев:

- 1) малого центрального колеса (солнечная шестерня), которое находится в постоянном зацеплении с шестернями, называемыми сателлитами;
- 2) водила с установленными в нем сателлитами, которые могут вращаться относительно своих осей;
- 3) большого центрального колеса (эпицикл), которое находится в постоянном зацеплении с сателлитами и окружает всю конструкцию.

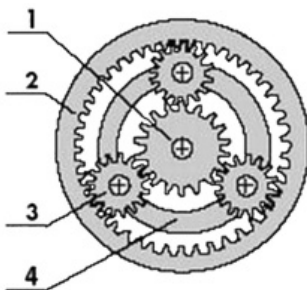


Рис. 2.11. Устройство одинарного планетарного ряда:

- 1 – малое центральное колесо; 2 – большое центральное колесо;  
3 – сателлиты; 4 – водило

Малое центральное колесо 1, водило 4 и большое центральное колесо 2 вращаются относительно одной общей оси, в то время как сателлиты 3 планетарной передачи вращаются относительно собственных осей и вместе с водилом относительно общей оси. Сателлиты являются составной частью водила и не относятся к основным звеньям планетарного ряда.

Название этого механизма происходит от сателлитов, которые подобно планетам вращаются относительно своих осей и в то же время вокруг малого центрального колеса.

Планетарные передачи, несмотря на их компактные размеры, могут передавать большие крутящие моменты по сравнению с другими типами передач. Это объясняется тем, что крутящий момент передается несколькими сателлитами планетарной передачи, что позволяет снизить контактные напряжения на поверхностях зубьев.

Блокируя те или иные элементы планетарной передачи между собой или на корпус коробки в простом (одинарном) планетарном ряду, можно получить прямую, повышающую, понижающую передачу или реверс.

Когда планетарный ряд выполняет роль понижающей передачи (рис. 2.12), роль ведомого (выходного) звена играет водило, соединяющее оси сателлитов. Когда солнечная шестерня заторможена (например, тормозом – на корпус коробки), водило вращается медленнее, чем эпицикл, а крутящий момент на нем оказывается больше приложенного к эпициклу.

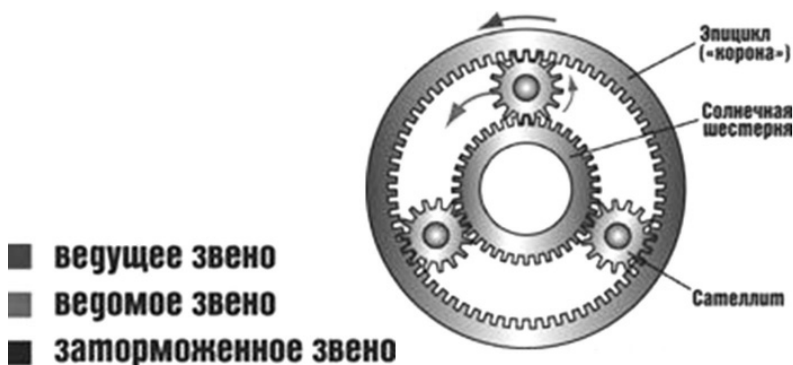


Рис. 2.12. Понижающая передача

Прямая передача (рис. 2.13) получается посредством жесткого соединения водила и солнечной шестерни, при этом эпицикл не может поворачиваться относительно солнечной шестерни (а сателлиты – вокруг своих осей), и весь планетарный ряд вращается как одно целое.

В повышающей планетарной передаче (рис. 2.14), как и в понижающей, солнечная шестерня является заторможенным элементом. Только ведомое звено теперь – не водило, а эпицикл.

Чтобы изменить направление вращения на противоположное (рис. 2.15), нужно затормозить водило (то есть сделать неподвижными оси сателлитов) – и теперь эпицикл и солнечная шестерня будут вращаться в разные стороны.



Рис. 2.13. Прямая передача

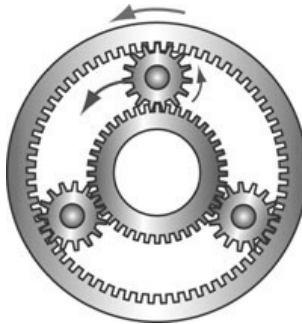


Рис. 2.14. Повышающая передача

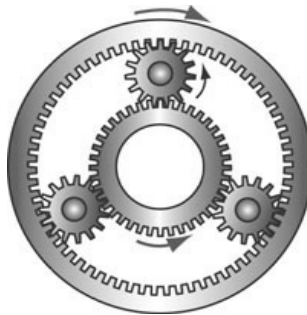


Рис. 2.15. Передача заднего хода (реверс)

Наибольшее распространение в качестве планетарного механизма получили редукторы типа «Симпсон» и «Равинье». Редукторы типа «Симпсон» имеют два планетарных ряда, а редукторы «Равинье» — один полуторный ряд. Редукторы «Симпсон» применяются

более чем в 70% планетарных механизмов, поскольку позволяют получить независимые передаточные числа первой и второй передач. Но редукторы «Равинье» позволяют получить четыре передачи, в то время как «Симпсон» — только три.

Большинство современных АКП выполнены по следующей схеме: на валу установлено несколько планетарных рядов, а ступенчатое изменение передаточного отношения осуществляется ленточными и фрикционными тормозами, работа которых автоматизирована гидравлическим или электронным контроллером.

### **2.2.2. Принцип работы вальных редукторов**

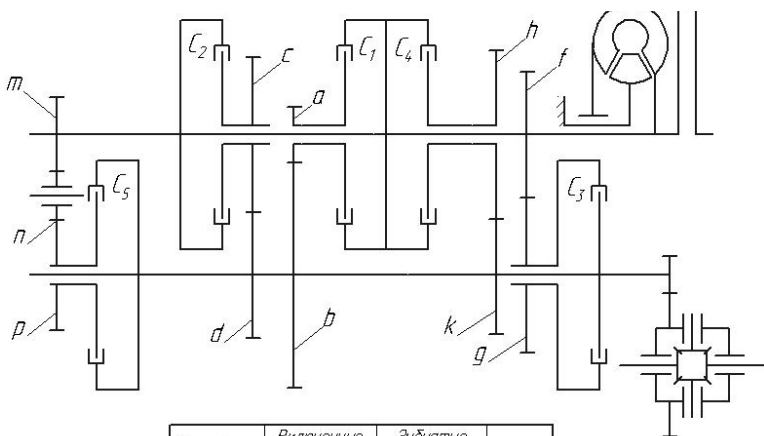
Несмотря на многочисленные попытки использования вальных коробок, на легковых автомобилях они используются реже, чем планетарные. Это связано с тем, что на заднеприводных легковых автомобилях требуется соосная коробка передач. При использовании соосной коробки передач в вальной коробке требуется иметь на каждой передаче не менее двух зацеплений в шестернях. При двух зацеплениях КПД вальной коробки обычно ниже, чем планетарной.

Другой недостаток заключается в том, что при числе передач больше трех на каждой передаче в вальной коробке обычно больше выключенных сцеплений, чем в планетарной, что приводит к росту дисковых потерь. Недостаток соосной вальной коробки на заднеприводном легковом автомобиле проявляется и в том, что в большей степени стесняет салон автомобиля. Указанные недостатки проявляются и в переднеприводных автомобилях с продольным размещением двигателя. Вместе с тем, как показала практика, вальные автоматические коробки передач могут быть достаточно приемлемы при их использовании в легковых автомобилях с передним приводом и с поперечным расположением двигателя.

В этом случае коробка выполняется по двухвальной схеме и содержит на каждой передаче только два зацепления шестерен, включая главную пару. Благодаря этому КПД в зацеплении равен  $\eta_{мз} \approx 0,96\%$  на каждой передаче, то есть выше, чем у планетарных переднеприводных коробок передач.

Дисковые потери в этих вальных коробках могут оказаться несколько выше, особенно при увеличении числа передач переднего хода больше четырех. Чтобы уменьшить дисковые потери в этих коробках, часто для включения заднего хода используется сервопривод с применением зубчатых муфт. Такая конструкция хотя и позволяет снизить дисковые потери, но при этом увеличивает время на включение-выключение заднего хода и несколько снижает плавность.

На серийных легковых автомобилях вальные автоматические коробки передач получили применение уже в 60-х годах в результате работ, проведенных японской фирмой Honda. Следует отметить, что в двухвальных автоматических коробках при увеличении передач переднего хода больше трех необходимо применять относительно длинные валы, что снижает жесткость конструкции и приводит к увеличению шумности при ее работе, а также способствует повышенному износу шестерен. Поэтому в 90-х годах появились трехвальные автоматические коробки передач, валы которых были выполнены более жесткими и короткими. Одновременно удалось уменьшить длину этих автоматических коробок. Кинематическая схема такой вальной коробки показана на рис. 2.16.



Передача	Включенные сцепления	Зубчатые пары	$\eta$
1	$C_1$	a-b	0,975
2	$C_2$	c-d	0,975
3	$C_3$	f-g	0,975
4	$C_4$	h-k	0,975
3X	$C_5$	m-n-p	0,95

Рис. 2.16. Кинематическая схема двухвальной АКП Honda

Эти вальные коробки оказалось возможным использовать на автомобилях с двигателями, рабочий объем которых составлял 1,4–3л ( $N_e = 70–150$  кВт, или 95–205 л. с.). Примерный ряд передаточных чисел в таких вальных коробках следующий:  $i_1 = 2,72$ ;  $i_2 = 1,52$ ;  $i_3 = 1,03$ ;  $i_5 = 0,78$ ;  $i_{3x} = 1,95$ .

К положительным сторонам вальных коробок следует также отнести то обстоятельство, что конструктор более свободен в выборе передаточных чисел по сравнению с планетарными коробками.



## 2.3. Фрикционные элементы управления

Для получения жесткой кинематической связи между ведущим и ведомым валом в автоматических коробках передач используются фрикционные элементы: ленточные, дисковые или обгонные муфты.

### 2.3.1. Дисковые тормоза и муфты

С каждой шестерней контактирует как минимум один компонент механизма переключения, обеспечивающий передачу мощности посредством трения.

Многодисковые муфты используются для передачи мощности от вала турбинного колеса к планетарному редуктору. Они имеют внутренние и внешние диски, соединенные с вращающимися деталями (рис. 2.17). Диски установлены поочередно и образуют полости. Когда муфта не работает, между дисками создаются полости, которые заполняются маслом, благодаря чему диски вращаются без сопротивления.

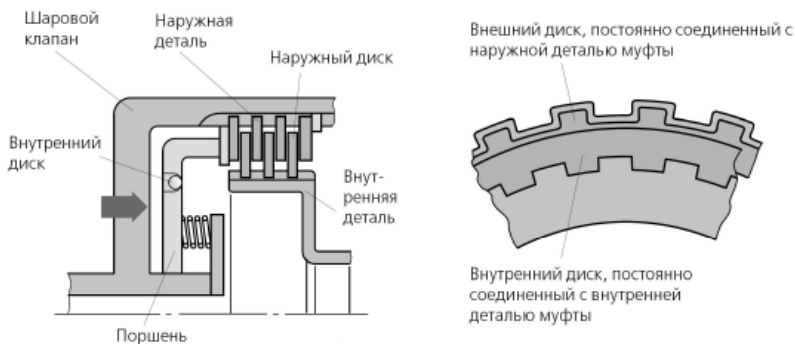


Рис. 2.17. Устройство многодисковой муфты

Фрикционные диски прижимаются друг к другу гидравлическим поршнем, вращающимся вместе с маслом, давление масла действует на заднюю часть поршня. Масло подается через полый вал. Давление, прижимающее фрикционные диски муфты, устраняется усилием пружин, когда муфта выключается (пружины муфты или пружины дисков).

Шаровые клапаны (некоторые — в поршне, остальные — в водиле дисков) обеспечивают быстрое уменьшение давления при выключении муфты и позволяют маслу вытечь.

Водила удерживают внутренние и внешние диски при помощи выступов, обеспечивающих прочное соединение (рис. 2.18).

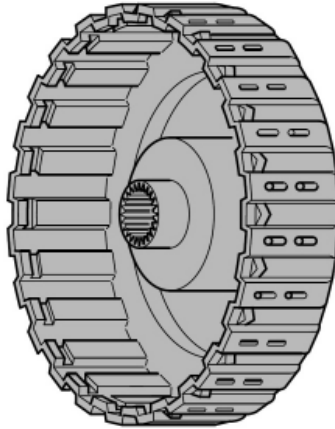


Рис. 2.18. Водило (колокол муфты) для установки внешних дисков

Внешние диски изготовлены из стали, внутренние диски — из высокопрочной пластмассы. Они выполняют функцию фрикционных накладок. Каркас дисков изготавливается из целлюлозы. Термостойкость достигается за счет добавления арамидных волокон и применения высокопрочной пластмассы. Для увеличения коэффициента трения добавляются минералы как связующие феноловой смолы.

Количество фрикционных дисков в основном зависит от версии коробки передач. Люфт между дисками предусмотрен конструкцией автоматической коробки передач, благодаря люфту обеспечивается переключение. Он регулируется специально во время установки.

Многодисковые тормоза (рис. 2.19) используются для блокировки некоторых деталей планетарного редуктора. Они похожи по конструкции с многодисковыми фрикционными муфтами и также имеют внутренние и внешние диски. Внутренние диски соединяются с вращающейся деталью при помощи выступов, а внешние диски удерживаются в одном положении картером коробки передач.

При включении муфты гидравлический поршень прижимает фрикционные диски друг к другу. В отличие от многодисковой муфты гидравлический поршень не движется. В многодисковом тормозе также важно наличие люфта между дисками для надлежащей работы механизма переключения передач, при этом люфт регулируется отдельно. Данный тип тормоза используется в автоматической коробке Skoda Octavia.

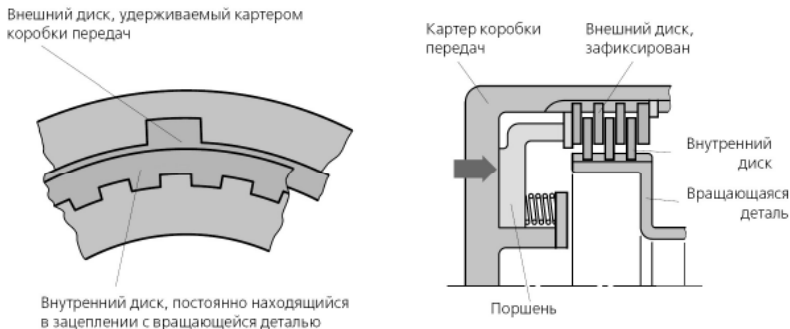


Рис. 2.19. Устройство многодискового тормоза

### 2.3.2. Ленточный тормоз

Ленточный тормоз предоставляет в конструкции АКП дополнительную возможность фиксировать детали планетарной передачи. Часть вала имеет конструкцию, подобную тормозному барабану. Стальная лента тормоза, служащая фрикционным элементом, охватывает данный тормозной барабан, который свободно вращается, пока тормоз не включен. Один конец тормозной ленты закреплен на картере коробки передач. На другой конец ленты нажимает поршень гидропривода, лента тормозит барабан до полной остановки. Недостатком ленточного тормоза является сильное тепловое излучение на картер коробки передач. Данный механизм применяется, например, в коробке передач модели Skoda Arosa.

По конструкции ленточные тормоза классифицируются на два типа:

- 1) простой;
- 2) двойной.

Простой ленточный тормоз имеет сплошную неразрезную металлическую ленту, к которой прикреплена фрикционная накладка (рис. 2.20). Лента двойного ленточного тормоза имеет два продольных разреза (рис. 2.21).

Продольные разрезы двойной тормозной ленты делают ленту более эластичной в поперечном направлении, что позволяет снизить процент поверхности трения ленты, неплотно контактирующей с поверхностью барабана. В результате увеличивается величина момента трения, создаваемого двойным ленточным тормозом, а процесс остановки тормозного барабана происходит гораздо мягче в сравнении с простым ленточным тормозом.

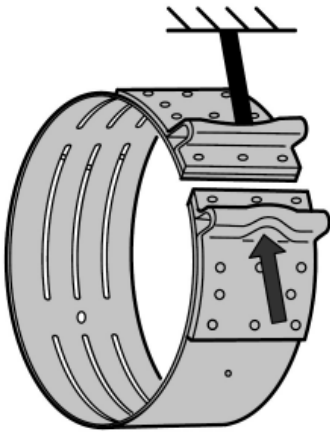


Рис. 2.20. Простой ленточный тормоз



Рис. 2.21. Лента двойного ленточного тормоза

### 2.3.3. Обгонные муфты

Для упрощения процесса перекрытия при переключении передач используются обгонные муфты. Обгонная муфта передает крутящий момент только в одном направлении и свободно вращается в обратном направлении.

Муфта используется для упрощения конструкции механизма переключения передач без прерывания потока мощности. Она обеспечивает своевременное переключение передачи без особых требований в отношении управления включающимся элементом переключения.

Обгонная муфта — это элемент, который в отличие от вышерассмотренных фрикционных элементов не требует приводов управления им. Этот элемент автоматически и практически мгновенно сам включается и также автоматически выключается.

Обгонная муфта роликового типа показана на рис. 2.22. Ролики размещены в полостях между внутренним и внешним кольцами. Они перемещаются в сужающиеся части полостей, когда муфта начинает вращаться в направлении, в котором происходит блокировка.

В результате внутреннее и внешнее кольца не могут вращаться друг относительно друга. Пружины удерживают ролики в сужающихся частях полостей, обеспечивая надежную блокировку. Роликовая муфта свободного хода используется, например, в автоматической коробке 01M Skoda Octavia.

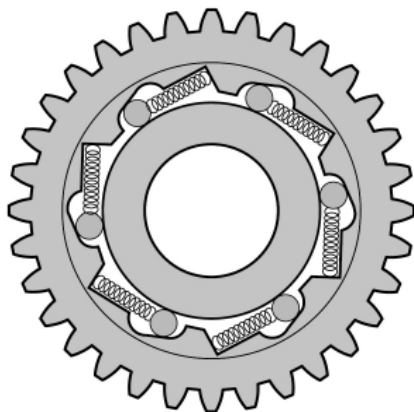


Рис. 2.22. Обгонная муфта роликового типа

Обгонная муфта кулачкового типа изображена на рис. 2.23. Эта конструкция сложнее, чем у роликовой муфты, зато она обеспечивает передачу более высокого крутящего момента в механизме тех же размеров. Гантелеобразные кулачки размещены в пружинящем сепараторе между внутренним и внешним кольцами. Сепаратор удерживает кулачки в определенном положении. В направлении свободного вращения муфты кулачки наклоняются и не препятствуют движению.

Когда муфта начинает вращаться в противоположном направлении, кулачки поворачиваются вправо и блокируют движение.

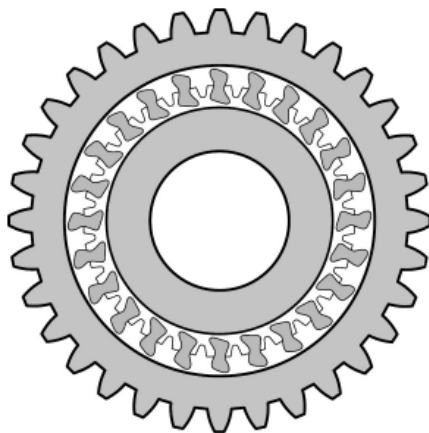


Рис. 2.23. Обгонная муфта кулачкового типа

## 2.4. Элементы систем автоматического управления

Логика управления и приведения в действие современных автоматических коробок передач включает четыре компонента (рис. 2.24) [12].

**Водитель** принимает решение, когда нажимать на педаль акселератора, до какого предела, как быстро, выбирает между спортивным и экономичным режимом вождения. «Передатчиками» являются педаль акселератора и рычаг переключения передач.

**Режимы работы** определяют управляющее давление и переключение передач.

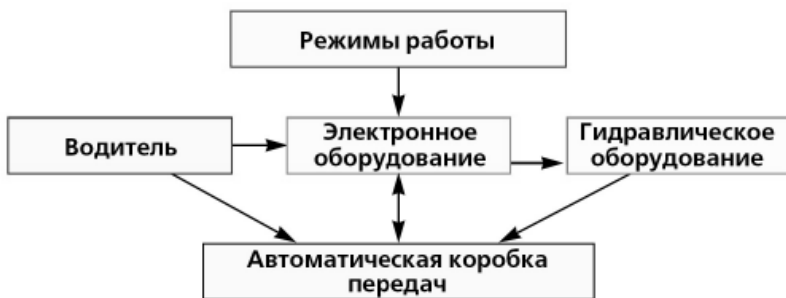


Рис. 2.24. Логика управления автоматическими коробками передач

**Электронное оборудование** — воздействие сопротивления движения, подъем/спуск, буксировка прицепа, движение против ветра либо работа двигателя на принудительном холостом ходу. Датчики представляют данные в блок управления.

**Гидравлическое оборудование** определяет управляющее давление и переключение передач. В ранних версиях автоматических коробок передач работа была организована по-иному. Гидравлическая система осуществляла выбор логики переключения передач. Гидравлические, пневматические и электрические компоненты распознавали режимы работы, устанавливали соответствующее давление — таким образом выбиралась необходимая передача.

В ходе развития электроники в машиностроении большинство этих компонентов были заменены электронными устройствами. Гидравлическое управление коробкой передач было замещено электронным управлением. Компоненты механизма переключения приводятся в действие электронными средствами.

Электронное управление коробкой передач стало центральным элементом логики управления и приведения механизмов в действие. Моменты переключения определяются на основании

большого количества данных, характеризующих режим работы и ситуацию на дороге.

Основные положения рычага переключения передач – Р – R – N – D – по-прежнему передаются механически на подвижный клапан селектора в гидравлическом блоке управления переключением передач. Это обеспечивает работу автоматической коробки передач даже в случае поломки электронного блока управления.

### 2.4.1. Электронное оборудование

Блок управления всегда размещается в автомобиле отдельно от коробки передач. Места установки отличаются на разных моделях автомобиля (например, в воздухозаборнике, моторном отсеке, в пространстве для ног).

Блок управления определяет логику переключения, постоянно анализируя поступающие данные (рис. 2.25). Блок использует вышеперечисленные данные для приведения в действие электронных компонентов управления коробки передач, при этом наиболее важными узлами являются электромагнитные клапаны, расположенные в блоке управления гидроприводом переключения коробки передач.

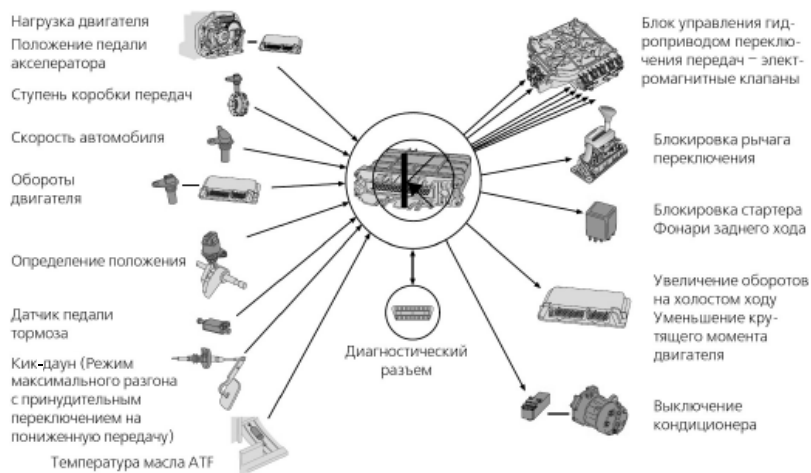


Рис. 2.25. Данные, передаваемые на блок управления

Электронный блок управления коробки передач имеет следующие преимущества перед обычной гидравлической системой:

- дополнительные сигналы могут обрабатываться электронной системой без увеличения ее мощности;

- возможно более точное управление гидравлическими компонентами;
- последствия износа могут быть компенсированы при помощи регулировки давления;
- гибкие параметры переключения передач;
- электронные устройства зачастую повышают надежность работы системы;
- возникающие неисправности могут до некоторой степени игнорироваться для обеспечения безостановочной работы автомобиля;
- зарегистрированные неисправности записываются в память неисправностей для анализа при техническом обслуживании.

Электронный блок управления коробки передач не является автономной системой. Он обменивается данными с другими электронными системами автомобиля, благодаря этому уменьшается количество необходимых для работы датчиков, а также обеспечивается плавное переключение передач и увеличивается безопасность движения.

Электронные системы двигателя и коробки передач используют большое количество сигналов от одних и тех же датчиков, например, сигнал оборотов двигателя, сигнал нагрузки двигателя, сигнал положения педали акселератора. Для минимизации давления при переключении передач во время работы компонентов механизма переключения (многодисковых муфт, многодисковых тормозов) момент переключения сообщается блоку управления двигателя. Поэтому блок управления автоматической коробки передач непосредственно соединен с блоком управления двигателя. Во время переключения передачи устанавливается более поздний угол опережения зажигания, в результате чего на некоторое время уменьшается крутящий момент двигателя.

Некоторые системы электронного блока управления коробки передач обмениваются данными с различными системами ходовой части. Если активирован цикл управления системы курсовой устойчивости (например, электронная антипробуксовочная система или электронная блокировка дифференциала), электронный блок управления не осуществляет переключение передач. Если цикл управления активирован при трогании автомобиля с места (управление противоскольжением), электронный блок управления коробки передач использует вторую передачу для понижения крутящего момента. Боковое ускорение во время крутого поворота определяется датчиком и передается в электронный блок управления



коробки передач. В течение этого времени переключение передач отключается.

Если при резком ускорении требуется максимальный крутящий момент, выключается электромагнитная муфта кондиционера. С этой целью в момент переключения на более низкую передачу электронный блок управления коробки передач передает данные в блок управления кондиционера.

На случай отсутствия сигнала в электронном блоке управления коробки передач имеется **программа работы при сбое сигнала** (программа аварийного режима работы). Если входной сигнал не поступает, например, в результате обрыва провода, система предпринимает попытку переключиться на замещающий сигнал, чтобы обеспечить безопасную работу автомобиля. Например, температура ATF определяется при помощи датчиков температуры. При отказе датчика применяется эмпирическое значение «теплой АКП», которое составляет 70° С. В качестве замещающего сигнала может использоваться сигнал датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя.

**Блок управления** коробки передач с функцией диагностики записывает зарегистрированные неисправности в память неисправностей. Данные из памяти неисправностей можно считать при помощи тестера. Таким образом, во время технического обслуживания можно сделать определенные выводы относительно причины неисправности. Нерегулярно возникающие неисправности появляются на короткий промежуток времени, а затем вновь исчезают.

В зависимости от типа неисправности блок управления применяет различные стратегии:

- управление продолжает работать в аварийном режиме, даже если неисправность более не повторяется;
- управление возвращается в нормальный режим работы, если неисправность не повторяется на протяжении нескольких циклов работы после запусков двигателя (информация о данной неисправности хранится в памяти).

**Аварийный режим** работы включается в том случае, если в электронный блок управления коробки передач не поступают основные сигналы либо если отказывает сам блок управления. В этом случае включается исключительно гидравлическое оборудование. Рычаг переключения передач остается механически соединенным с подвижным клапаном селектора, чтобы автомобиль мог работать в аварийном режиме. Автоматическая коробка передач работает в режимах N, R или D в зависимости от положения рычага переключения передач. Муфта блокировки гидротрансформатора выключена.

## 2.4.2. Гидравлическое оборудование

Гидротрансформатор, электронное оборудование и планетарные передачи автоматической коробки напрямую связаны с работой гидравлической системы. Масло в автоматической коробке передач является рабочим телом. По этой причине особое внимание также уделяется маслу в автоматической коробке, поскольку без масла АКП не смогла бы выполнять свои функции (значение масла описано в разделе, посвященном маслу для автоматических коробок передач). Гидравлическое масло циркулирует в системе под давлением, которое создает специальный масляный насос.

Насос ATF, используемый практически во всех автоматических коробках передач, представляет собой шестереночный насос с серповидной полостью (рис. 2.26). Он приводится в действие двигателем автомобиля со скоростью, равной оборотам двигателя. Насосы с серповидной полостью весьма прочны, надежны в работе и создают требуемое рабочее давление (приблизительно до 25 бар). Они обеспечивают подачу масла:

- в компоненты механизма переключения;
- блок управления коробки передач;
- гидротрансформатор;
- все точки смазки коробки передач.

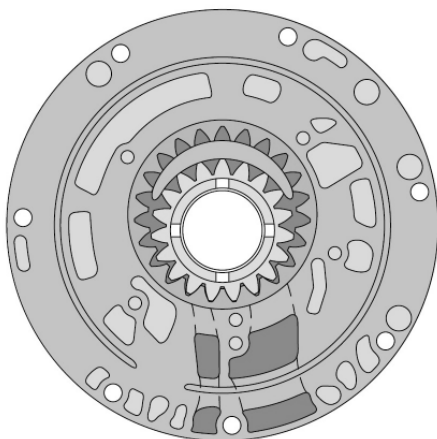


Рис. 2.26. Шестереночный насос с серповидной полостью

ATF охлаждается в отдельном малом контуре охлаждающей жидкостью двигателя. Регулирование давления и распределение давления осуществляет блок управления гидроприводом переключения (как правило, размещенный под коробкой передач). Контур

циркуляции ATF примерно одинаков во всех автоматических коробках.

Блок управления гидроприводом переключения передач представляет собой центр управления давлением ATF (рис. 2.27). Давление ATF регулируется данным блоком в соответствии с управляющими сигналами, посланными электронным блоком управления коробки передач, и распределяется по компонентам механизма переключения.

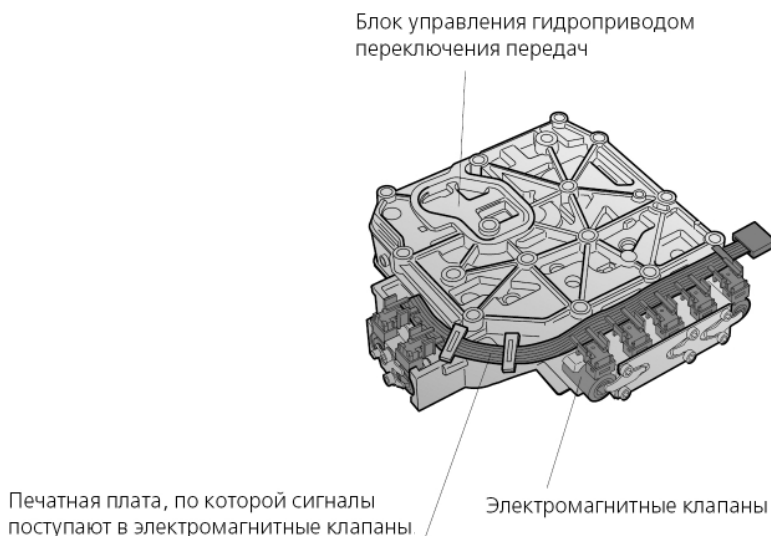


Рис. 2.27. Блок управления гидроприводом переключения передач

Как правило, блок управления переключением передач состоит из нескольких блоков клапанов. В блоке клапанов установлено несколько клапанов (клапан переключения, управляющие электромагнитные клапаны, клапаны регулировки давления). Кроме того, он содержит маслопроводы гидравлической системы (рис. 2.28). Маслопроводы в блоке клапанов не пересекаются. Все необходимые пересечения образуются за счет отверстий в промежуточном блоке. Это позволяет создавать масляные каналы в различных блоках клапанов, расположенных один над другим.

Клапаны (электромагнитные клапаны), приводимые в действие электричеством по сигналам электронного блока управления, размещаются на внешней стороне блока клапанов. Таким образом, они легко доступны для технического обслуживания и замены.

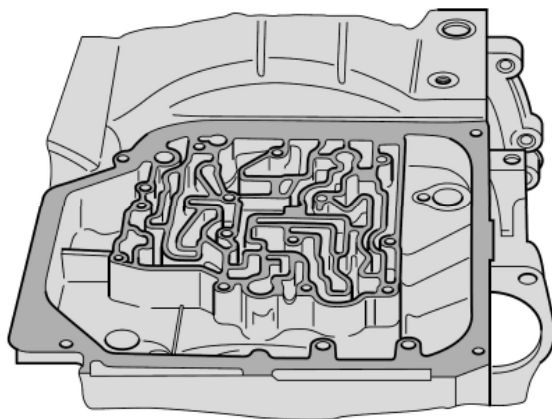


Рис. 2.28. Маслопроводы в картере коробки передач

Кроме электрических соединений с электронным блоком управления, блок управления гидроприводом переключения механически соединен с рычагом переключения передач при помощи ручного подвижного клапана. Блок управления гидроприводом переключения обычно устанавливается под коробкой передач. В таком случае в картере коробки передач находятся некоторые маслопроводы. Маслопроводы могут также быть выполнены в отдельных маслопроводящих пластинах.

Масло в гидравлической системе должно находиться под разным давлением. Клапаны регулирования давления и электромагнитные клапаны управления регулируют давление в системе.

**Рабочее давление** составляет 25 бар, это максимальное давление в гидравлической системе. Оно создается масляным насосом — непосредственно из насоса масло выходит под таким давлением. Стабилизируется клапаном регулирования рабочего давления при помощи управляемого нулевого выпуска. Давление регулируется посредством управляющих импульсов электронного блока управления коробки передач в соответствии с включенной передачей. В зависимости от того, какая передача должна быть включена, рабочее давление распределяется на один или более компонентов механизма переключения. Давление распределяется при помощи клапана переключения. Рабочее давление имеется в соответствующем компоненте механизма переключения при включении передачи.

**Номинальное значение давления клапана переключения** составляет 3–8 бар и устанавливается с помощью клапана регулирования давления. Оно подается на электромагнитные клапаны переключения с электрическим управлением. Стоит отметить, что электромагнитные

клапаны переключения используют давление клапана переключения для управления клапанами переключения, установленными за ним в контуре, которые, в свою очередь, управляют компонентами механизма переключения.

**Номинальное значение давления клапана управления** также составляет 3–8 бар и устанавливается с помощью клапана регулирования давления. Он подает управляющее давление через электромагнитный клапан управления к клапану регулирования давления, установленному за ним в контуре, например, для муфты блокировки гидротрансформатора.

**Давление плавного регулирования** прямо пропорционально крутящему моменту двигателя и отражает нагрузку на двигатель. Клапан с плавной характеристикой (электромагнитный клапан управления) приводится в действие электронным блоком управления на основании данных, полученных от электронных систем двигателя, и создает давление плавного регулирования. Оно составляет от 0 до 7 бар. Давление плавного регулирования поступает в клапан регулирования рабочего давления и влияет, таким образом, на величину рабочего давления.

**Давление переключения** составляет 6–12 бар. Оно используется во время переключения передач для включения компонента механизма переключения. Давление переключения регулируется при помощи электронного блока управления посредством электромагнитного клапана управления и клапана регулирования давления. После переключения передачи оно замещается в компоненте механизма переключения рабочим давлением. Давление в системе смазки составляет 3–6 бар. Оно подается в гидротрансформатор. Гидравлическое масло проходит через гидротрансформатор, радиатор ATF и через все точки смазки в автоматической коробке.

**Давление для муфты блокировки** устанавливается при помощи электромагнитного клапана управления и клапана регулирования давления и регулируется электронным блоком управления коробки передач. Данное давление устанавливается согласно крутящему моменту, который необходимо передать.

Электромагнитные клапаны используются в автоматических коробках передач с электронным управлением в качестве **компонентов гидропривода переключения** (электромагнитный клапан переключения, электромагнитный клапан управления). Кроме того, находят применение клапаны переключения, управляемые только гидравлическим оборудованием.

Электромагнитные клапаны переключения (рис. 2.29) регулируют давление масла в клапане переключения или уменьшают

давление масла. Иными словами, они включаются или выключаются и заставляют переключаться компоненты механизма переключения, например, начать процесс переключения. Они закрываются в выключенном положении под действием пружин. Якорь соединен с плунжером толкателя клапана. Приведенный в действие электронным блоком управления якорь преодолевает усилие пружины и втягивается. Плунжер толкателя клапана открывает канал от  $P$  к  $A$  для подачи давления в клапан переключения и закрывает канал  $O$ . Электромагнитные клапаны переключения приводятся в действие при помощи цифровых сигналов переключения. Давление клапана переключения служит управляющим давлением для клапана переключения.

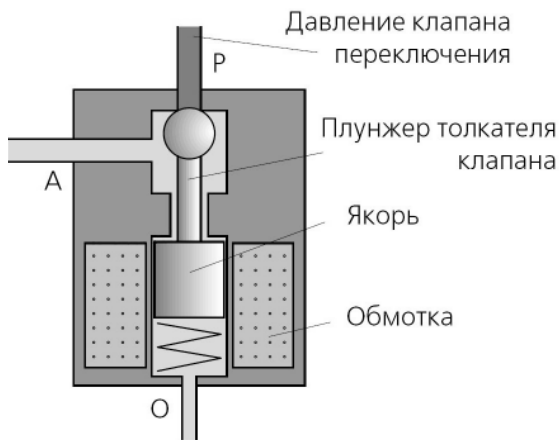


Рис. 2.29. Электромагнитный клапан

Клапан переключения (рис. 2.30) – это исключительно гидравлический клапан. Его функция заключается в распределении давления на компоненты механизма переключения. Как правило, у него только два положения, которые регулируются одним или двумя управляющими давлениями. В выключенном положении рабочее соединение  $A$  связано с каналом  $O$ , компоненты переключения не находятся под давлением. В рабочем положении управляющее давление присутствует в соединении  $X$ , давление  $P$  переключено на соединение  $A$ , канал  $O$  закрыт. Выход  $L$  служит только в качестве компенсационного канала. Большинство клапанов переключения выполняют функцию золотников и, следовательно, их зачастую называют золотниками или золотниковыми клапанами переключения.

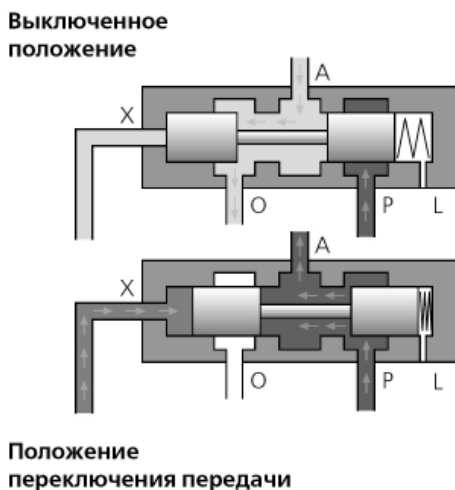


Рис. 2.30. Гидравлический клапан

В выключенном положении электромагнитный клапан не задействован. В клапане переключения не присутствует управляющее давление (давление клапана переключения). Нулевое выпускное отверстие открыто.

В рабочем положении электромагнитный клапан переключения приводится в действие электронным блоком управления автоматической коробки передач, он регулируется электрическими сигналами.

Электромагнитный клапан притягивает плунжер толкателя клапана и позволяет давлению клапана переключения поступить в клапан переключения. Таким образом, поршень (плунжер) клапана переключения перемещается под действием гидравлического оборудования. Нулевое выпускное отверстие закрывается, открывается канал, по которому подается рабочее давление. Рабочее давление подается исключительно на компонент механизма переключения (многодисковая муфта или тормоз, в зависимости от логики управления). Электромагнитные клапаны управления плавно регулируют давление масла. Под действием пружин они закрываются, обеспечивая нулевое (избыточное) давление. Приведенный в действие якорь преодолевает усилие пружины и втягивается, плунжер толкателя клапана открывает канал *O*. Следовательно, давление масла в точке *A* падает тем больше, чем более увеличивается ток активации, что обеспечивает плавное регулирование.

Низкая сила тока = высокое давление.

Высокая сила тока = низкое давление.

Электромагнитные клапаны управления всегда используются в сочетании с ограничителями, и на них подается давление клапанов управления. Они не регулируют давление масла непосредственно, однако они подают управляющее давление, которое действует через  $A$  на клапан регулирования давления, установленный за ними в контуре (плавно регулируемое давление).

## 2.5. Гибкие элементы для передачи крутящего момента

Начало применению бесступенчатых передач было положено в 1959 году. На автомобиле DAF-600 с двигателем мощностью 16 кВт (22 л. с.) была впервые установлена бесступенчатая передача, получившая название «Variomatic». Регулирование передачи «Variomatic» происходило по двум параметрам: частоте вращения коленчатого вала и нагрузке на двигатель, определявшейся разряжением во впускном коллекторе. Трогание автомобиля с места осуществлялось при помощи центробежного сцепления.

Некоторые характерные параметры этой передачи были следующие. Диапазон регулирования  $D_k = 4,33$ ; минимальный радиус изгиба ремня – 93 мм. Для передачи максимального момента 85 Нм использовались два клиновидных ремня шириной 25 мм. Позже модернизированная передача «Variomatic» была установлена на автомобиле Volvo 343. По сравнению с механической четырехступенчатой коробкой передач она показала несколько худшие результаты. Увеличение расхода топлива в ездовом цикле составило 10%. Это можно объяснить относительно небольшим диапазоном регулирования и низким КПД бесступенчатой передачи, который составлял максимально 80%. Долговечность ремня соответствовала 50000 км пробега автомобиля.

Дальнейшее расширение диапазона регулирования вариатора было проблематичным, так как минимальный радиус изгиба ремня не удалось сделать менее 93 мм. В связи с этим усилия конструкторов и исследователей были направлены на улучшение конструкции гибкой связи и ее характеристик. Многие фирмы проводили и до сих пор ведут активные работы по созданию более прочных клиновых ремней на основе резины с армированием или нитями из синтетических волокон. Однако успех был достигнут на другом направлении.

В начале 80-х годов голландской фирмой Van Doorne's Transmission B.V. (VDT) и немецкой фирмой PIV Antrieb Werner



Reimers были разработаны новые конструкции гибких металлических элементов и технологии их производства. Это позволило повысить КПД клиноременных вариаторов, увеличить их долговечность, а также обеспечить приемлемые габариты и массу [4].

Конструкция голландского гибкого элемента (рис. 2.31), который в отличие от резинокордового работает на сжатие, получила название «толкающий элемент». Ремень представляет набор тонких трапецеидальных металлических блоков 1, связанных воедино двумя многослойными лентами 2. Каждая лента состоит из 10 полос мартенситностареющей стали толщиной 0,2 мм. Трапецеидальные блоки штампуются из стальной полосы толщиной 2 мм. Собирается гибкий элемент установкой многослойных лент в боковые прорези трапецеидальных блоков. Такая конструкция позволяет иметь минимальный радиус изгиба гибкого элемента 30,5 мм.

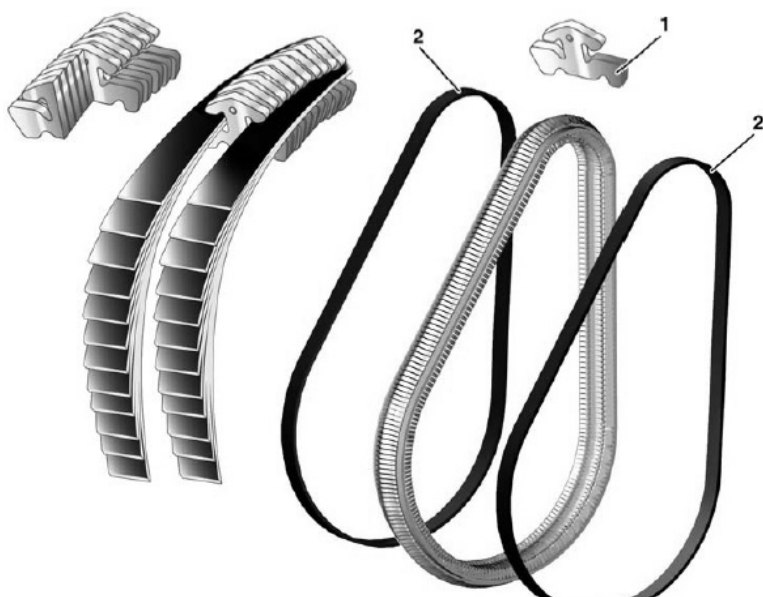


Рис. 2.31. Устройство гибкого элемента VDT

Конструкция металлического ремня позволила перераспределить силу предварительного натяжения и силу тяги между его двумя различными элементами. Силу предварительного натяжения ремня воспринимают многослойные металлические ленты, работающие на растяжение, а тяговое усилие передается металлическими звеньями, которые работают на сжатие. Крутящий момент передается за счет трения между торцами пластин и поверхностями шкивов.

Компания Audi в бесступенчатой трансмиссии Multitronic вместо металлического ремня применяет многорядную стальную цепь с малым шагом (рис. 2.32), состоящую из 1025 звеньев.

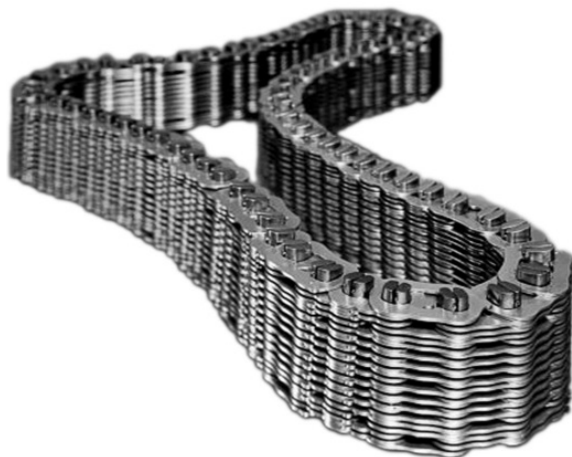


Рис. 2.32. Гибкий элемент – цепь АБКП Multitronic

Работы по созданию цепного вариатора были начаты фирмой PIV еще в начале 80-х годов. В дальнейшем эти работы получили развитие в концерне Audi-Volkswagen с участием фирмы LuK применительно к автомобилям Audi. Фирма PIV предложила для своего вариатора цепь с малым шагом.

Звенья цепи собраны из штампованных пластин, соединенных между собой осями, которые при изгибе цепи работают как шарнирные пары качения. Крутящий момент передается торцевыми поверхностями осей звеньев при их точечном контакте с коническими дисками. Применение точечного контакта обуславливает появление высоких контактных напряжений, что может приводить к износу. Чтобы выдерживать высокие напряжения в точечном пятне контакта торцевых поверхностей конусных дисков и осей цепи, в качестве материала для их изготовления служит подшипниковая сталь типа ШХ15, которая после термообработки имеет твердость порядка 1000 НВ. Цепь обеспечивает минимальный радиус изгиба 25–28 мм, что способствует уменьшению габаритов вариатора. Этим преимущества цепного вариатора не ограничиваются. Его конструкция обеспечивает меньший уровень потерь, что определяется незначительным силовым скольжением в пятне контакта и элементах цепи.

### 3. КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

#### 3.1. Конструкции планетарных АКП (ГМП)

АКП GM трёхступенчатая с гидравлическим блоком управления. Предназначена для установки на автомобили классической компоновки (рис. 3.1.).

Гидромеханическая коробка передач GM включает гидротрансформатор, масляный насос, фрикционные элементы управления, планетарный механизм, ведущий и ведомый валы, механизм парковки и гидравлический блок управления.

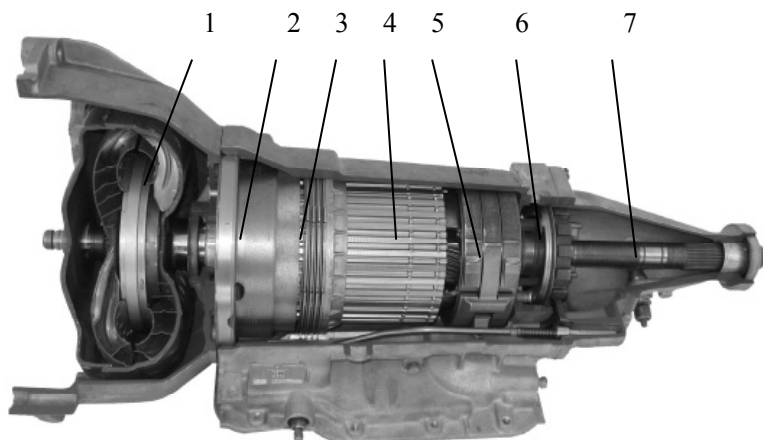


Рис. 3.1. Гидромеханическая коробка передач GM:

1 – гидротрансформатор; 2 – масляный насос; 3 – пакет фрикционных дискового тормоза; 4 – планетарный механизм; 5 – ленточный тормоз; 6 – механизм парковки; 7 – ведомый вал

Гидротрансформатор установлен в промежуточном кожухе между двигателем и коробкой передач. Особенностью конструкции гидротрансформатора является специальная форма лопаток насосного и турбинного колес. Изогнутая в обратном направлении форма лопаток насосного колеса придает дополнительное ускорение маслу в момент ее отрыва от лопатки. В то же время форма турбинных лопаток разработана так, чтобы поглотить как можно большую часть энергии масла и снизить потерю энергии за счет резкой смены направления движения при входе масла в турбинное

колесо. При взаимодействии колес гидротрансформатора наибольшие гидродинамические усилия на лопатках турбины возникают, когда она полностью заторможена, а насосное колесо работает с полной эффективностью – например, при высокой частоте вращения коленчатого вала.

В АКП GM установлен масляный насос шестеренчатого типа с внутренним зацеплением зубчатых колес (рис. 3.2). Ведущей шестерней является внутреннее зубчатое колесо, которое приводится во вращение ступицей гидротрансформатора. В насосе установлен делитель для предотвращения утечки масла из зоны нагнетания масла. Производительность насоса рассчитана на обеспечение системы управления непрерывным потоком масла при минимальной частоте вращения коленчатого вала.

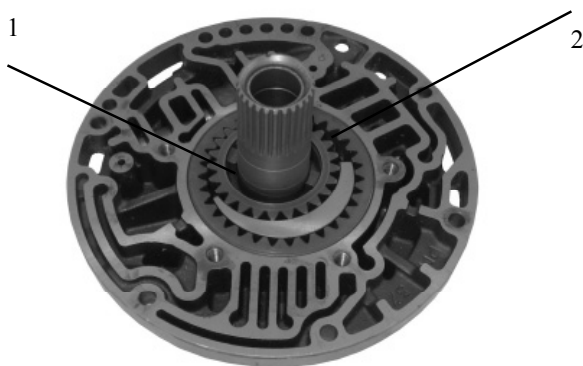


Рис. 3.2. Масляный насос:

1 – внутреннее зубчатое колесо; 2 – внешнее зубчатое колесо

С увеличением частоты вращения коленчатого вала производительность насоса увеличивается. В результате в гидросистеме возникает избыточное давление, которое может привести к неправильной работе АКП и выходу из строя некоторых ее элементов. Для предотвращения этого в системе управления АКП используется регулятор давления, задача которого – формирование давления в основной магистрали (рабочего давления). Регулятор давления установлен в основной магистрали сразу же после насоса. Он начинает работать после запуска двигателя.

**Механизм парковки** состоит из тяги, блокировочного конуса, блокировочного упора и блокировочной шестерни (рис. 3.3). Блокировочная шестерня установлена на ведомом валу коробки передач на шлицах.

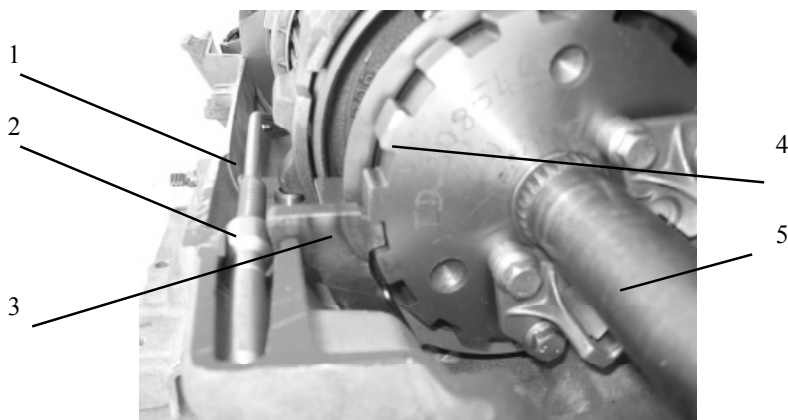


Рис. 3.3. Механизм парковки. Положение «парковка включена»: 1 – тяга; 2 – блокировочный конус; 3 – блокировочный упор; 4 – блокировочная шестерня; 5 – ведомый вал

При переводе селектора в положение «парковка» блокировочный упор входит в один из пазов блокировочной шестерни, тем самым блокируя вращение ведомого вала КП.

Объем заливаемой эксплуатационной жидкости в АКП GM составляет 3,5 л.

Стремление улучшить динамические показатели и топливную экономичность уже в начале 90-х годов привело к созданию пятиступенчатых планетарных коробок передач. Значительные работы в этом направлении были проведены фирмами ZF и Mercedes-Benz. В какой-то степени создание этих передач явилось ответом на появление шестиступенчатых коробок передач с ручным управлением. Фирма ZF разработала два варианта пятиступенчатых планетарных коробок передач.

Автоматические пятиступенчатые планетарные коробки передач способствовали улучшению тяговых и разгонных характеристик, а также топливной экономичности легковых автомобилей. Однако при этом пришлось ввести третий планетарный ряд, что увеличило длину коробки передач до 500–650 мм. Использовать такие коробки передач оказалось возможным только на автомобилях с задним приводом. Между тем в настоящее время на автомобилях малого и среднего класса в большинстве случаев используется передний привод с поперечным расположением двигателя. Для размещения автоматических планетарных коробок на таких автомобилях их длина не должна превышать 350–400 мм. В связи

с этим в конце 90-х годов активизировались работы по созданию пятиступенчатых планетарных коробок, которые имеют более компактную конструкцию, в частности уменьшенную длину.

В качестве примера такой конструкции можно привести пятиступенчатую планетарную коробку передач японской фирмы JATCO модели JF506E, которая рассматривается ниже.

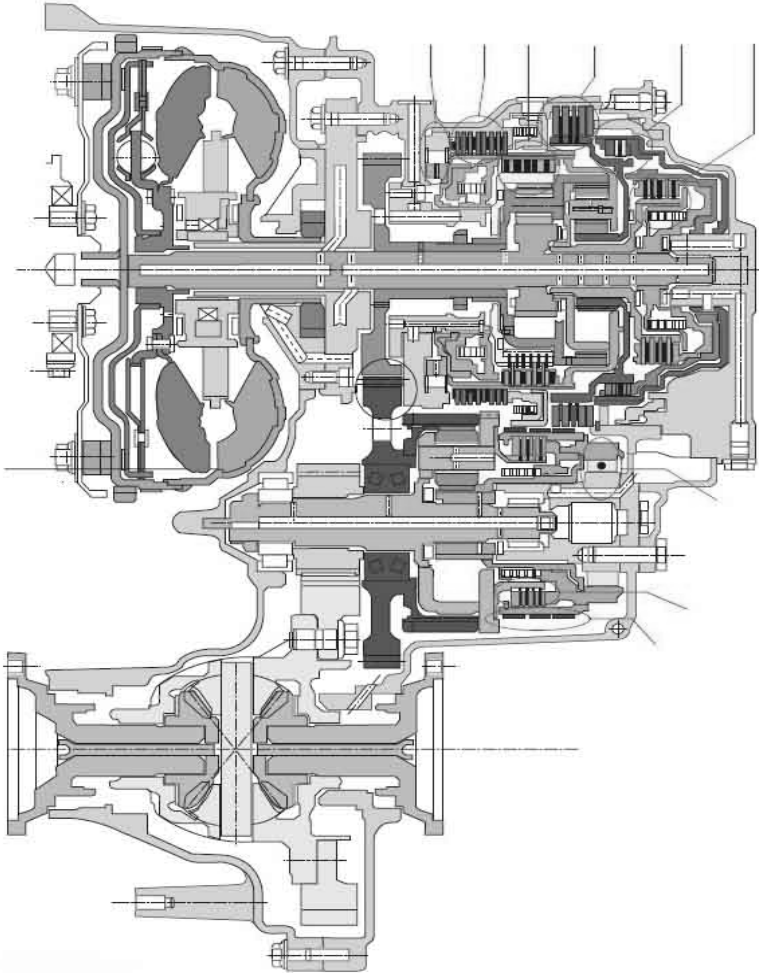


Рис. 3.4. Разрез АКП JATCO JF506E

В отличие от ранее приведенных конструкций пятиступенчатых коробок для заднеприводных автомобилей, планетарные коробки которых размещались в одну линию по оси коленчатого вала,

**пятиступенчатая коробка JATCO JF506E** (рис. 3.4) располагается в две линии, при этом на одной линии находятся гидротрансформатор и два планетарных ряда, а на другой – третий планетарный ряд.

Фирмой Mercedes-Benz также была разработана новая кинематическая схема **пятиступенчатой коробки передач**, которой был присвоен индекс 722.6. Эта коробка (рис. 3.5) включает три планетарных ряда, три сцепления, три дисковых тормоза и две муфты свободного хода. К ее особенностям следует отнести уменьшенное число выключенных фрикционных элементов, что способствует снижению дисковых потерь. Ниже приводится расчет передаточных чисел и КПД в зубчатых зацеплениях для автоматической коробки передач 722.6.

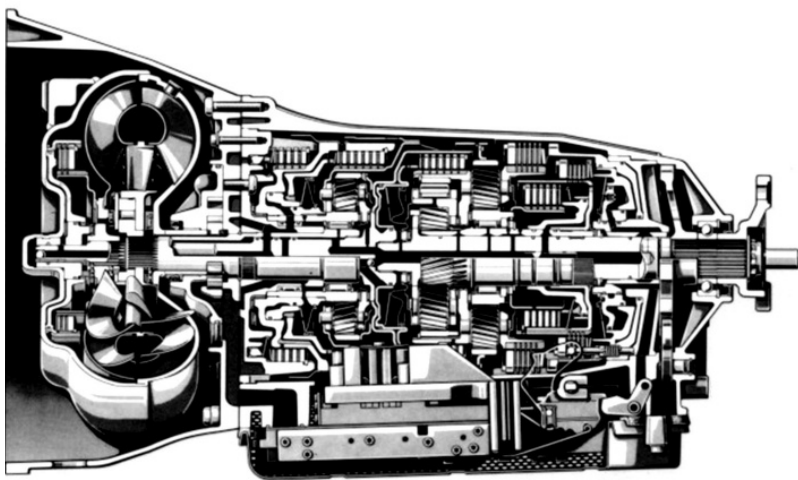


Рис. 3.5. Трансмиссия Mercedes Benz 722.6

В качестве дальнейшего шага в области развития автоматических коробок передач следует рассматривать создание **шестиступенчатой автоматической коробки передач ZF-6HP-26/6HP-32** (рис. 3.6), которая разработана фирмой ZF и используется с 2001 года на автомобилях BMW 735i и 745i.

Кинематическая схема, примененная в этой автоматической коробке, включает планетарную передачу «Ровено», при этом перед основным планетарным рядом установлен еще один планетарный ряд. Совместно они образуют планетарную передачу «Лепелетье». Указанная передача включает три сцепления и три тормоза, при этом реализуется шесть передач переднего хода, а также передача заднего хода.

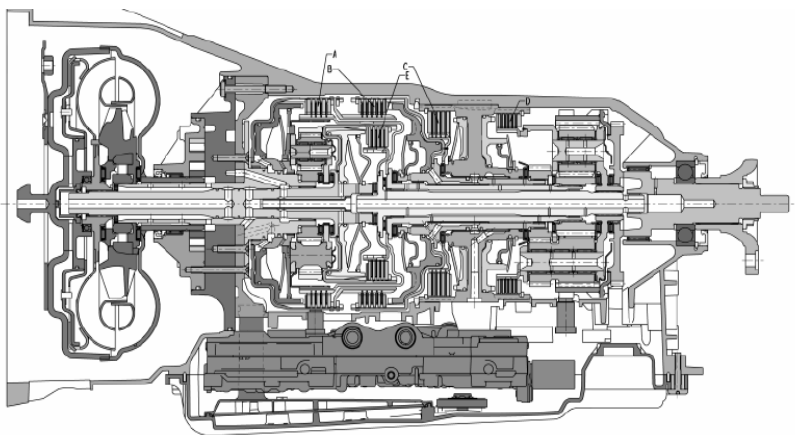


Рис. 3.6. Разрез АКП 6HP-26

Применение представленной шестиступенчатой планетарной коробки передач позволяет улучшить топливную экономичность автомобиля при работе двигателя в более экономичных режимах благодаря расширению кинематического диапазона до  $D_m = \frac{i_1}{i_6} = 6,04$ . Одновременно можно ожидать снижения дисковых потерь во вращающихся отключенных сцеплениях, так как их число уменьшено по сравнению с пятиступенчатыми передачами. По данным производителя коробки, снижение расхода топлива составляет до 5–7% по сравнению с ранее применявшейся автоматической коробкой передач ZF-5HP-24.

Благодаря расширению диапазона  $D_k$  и повышению плотности ряда по сравнению с пятиступенчатой передачей, достигается улучшение разгонных качеств автомобиля на 1–5%.

Кроме того, рациональная схема данного редуктора и удачные конструкторские решения позволили уменьшить число фрикционных элементов, используемых для управления этой коробкой передач. По данным ZF, по сравнению с пятиступенчатыми автоматическими коробками новая коробка передач легче на 30 кг и примерно на 50 мм короче. В настоящее время данная коробка передач используется на автомобилях BMW серии 735i и 745i и автомобилях Audi. Учитывая серьезные преимущества новой автоматической коробки передач, можно ожидать значительного расширения области ее применения.

**Гидромеханическая шестиступенчатая коробка передач Aisin** с блокирующимся гидротрансформатором и электрогидравлическим



блоком управления (рис. 3.7). АКП Aisin включает следующие основные элементы: гидротрансформатор, масляный насос, фрикционные элементы управления, два планетарных механизма, ведущий, промежуточный и ведомый валы, механизм парковки и электрогидравлический блок управления.

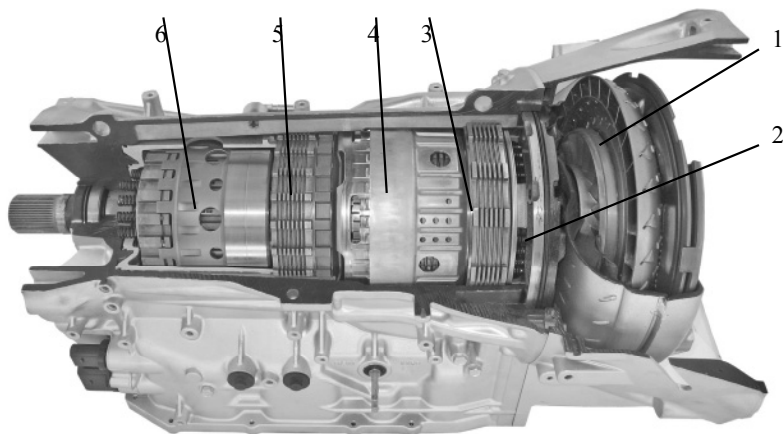


Рис. 3.7. Гидромеханическая коробка передач Aisin:

1 – гидротрансформатор; 2 – масляный насос; 3 – дисковый тормоз первого планетарного ряда; 4 – первый планетарный ряд; 5 – дисковый тормоз второго планетарного ряда; 6 – второй планетарный ряд

Электронное управление предоставило возможность самодиагностики АКП. Это важно не только для того, чтобы регистрировать неисправности коробки для последующей диагностики, но и корректировать ход внутренних процессов в зависимости от температуры, степени износа и др. Это связано с тем, что в процессе эксплуатации фрикционные диски изнашиваются и становятся тоньше, а масло изменяет свою вязкость из-за нагрева. Кроме того, компьютер постоянно отслеживает длительность каждого перекрытия передач и при необходимости оперативно вносит коррективы. Самодиагностика и применение синтетических рабочих жидкостей позволили гарантировать правильную работу АКП в пределах трехсот и более тысяч километров пробега без смены масла.

В гидромеханической коробке передач Aisin установлен блокирующий гидротрансформатор. Для блокировки гидротрансформатора используется фрикционная блокировочная муфта с пружинным демпфером крутильных колебаний.

В АКП Aisin установлены два планетарных механизма (рис. 3.8, *а*, *б*). Они обеспечивают шесть передач переднего хода

и одну передачу заднего хода при оптимальном разбиении кинематического диапазона.

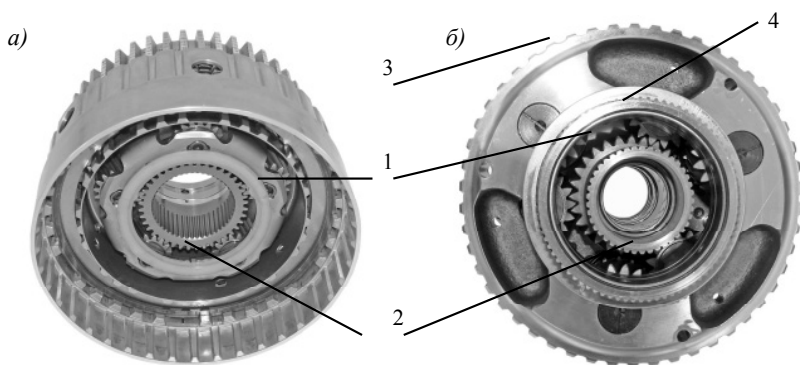


Рис. 3.8. Планетарные механизмы: а) первый; б) второй;  
1 – сателлиты; 2 – солнечная шестерня; 3 – шлицы дискового тормоза;  
4 – шлицы обгонной муфты

С увеличением количества ступеней длительность каждого перекрытия передач стала меньше – это увеличивает ресурс пар трения и обеспечивает плавное переключение передач. Автомобили, оснащенные этой трансмиссией, в среднем расходуют на 5% меньше топлива, сократилось время разгона, улучшилась эластичность.

В АКП Aisin используются дисковые тормоза и блокировочные муфты. Это объясняется тем, что дисковые фрикционные элементы управления позволяют формировать большие площади поверхности трения, чем, например, в случае ленточного тормоза. Чем больше поверхность трения фрикционного элемента, тем больший момент он может передать.

В автоматической трансмиссии Aisin используется металлический сетчатый масляный фильтр. Он расположен внутри картера трансмиссии между клапанной коробкой и масляным поддоном.

**Семиступенчатая автоматическая коробка** фирмы Mercedes-Benz (версия 7.22.9) была разработана в 2004 году применительно к автомобилям высшего класса с двигателями до 5–6 л и предназначалась взамен ранее созданной пятиступенчатой коробки (версия 7.22.6), описанной выше. Конструкция этой новой коробки (рис. 3.9) включает три планетарных ряда, один из которых сложный и содержит сцепленные сателлиты и две коронные шестерни [16].

При незначительном увеличении габаритов оказалось возможным расширить кинематический диапазон до  $D_k = 6,01$  и одновременно уплотнить ряд передаточных чисел. При этом коробка передач

имеет четыре понижающих передачи, прямую передачу и две повышающих. По имеющимся данным, это позволило улучшить разгонные качества по сравнению с автомобилями, на которых устанавливается пятиступенчатая автоматическая коробка 722.6, примерно на 5%, особенно в диапазоне 60–120 км/ч, а также повысить топливную экономичность на 4–5%. Последнее, по-видимому, связано с применением двух повышающих передач. Кроме того, при этом достигается некоторое снижение шума двигателя за счет увеличения времени его работы в зоне оптимальных оборотов.

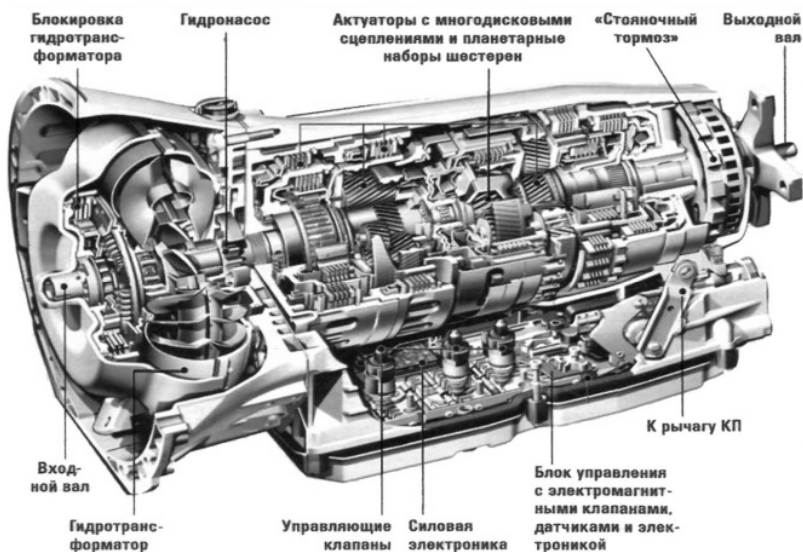


Рис. 3.9. АКП Mercedes 722.9

Одна из последних разработок компании ZF – восьмиступенчатая гидромеханическая коробка передач (рис. 3.10), позволяющая экономить до 6% топлива по сравнению с аналогичным шестиступенчатым «автоматом» и 14% по сравнению с пятиступенчатым. В новинке четыре планетарных набора шестерен и пять переключающих элементов. При включении любой передачи задействованы лишь по два из них. Новая коробка сконструирована так, что гидротрансформатор можно заменить специальным автоматическим сцеплением либо использовать новинку с гибридным приводом, разместив в ней стартер-генератор.

В нашей стране разработкой и производством автоматических коробок передач занимается фирма «КАТЕ». Конструктивные особенности **шестиступенчатой автоматической трансмиссии «RL608»**

ставят ее в один ряд с перспективными зарубежными аналогами по показателям надежности и КПД. Шестиступенчатая АКП имеет лучшие массогабаритные показатели, являясь самой компактной конструкцией среди аналогов (рис. 3.11). Она рассчитана на передачу крутящего момента до 300 Н·м.

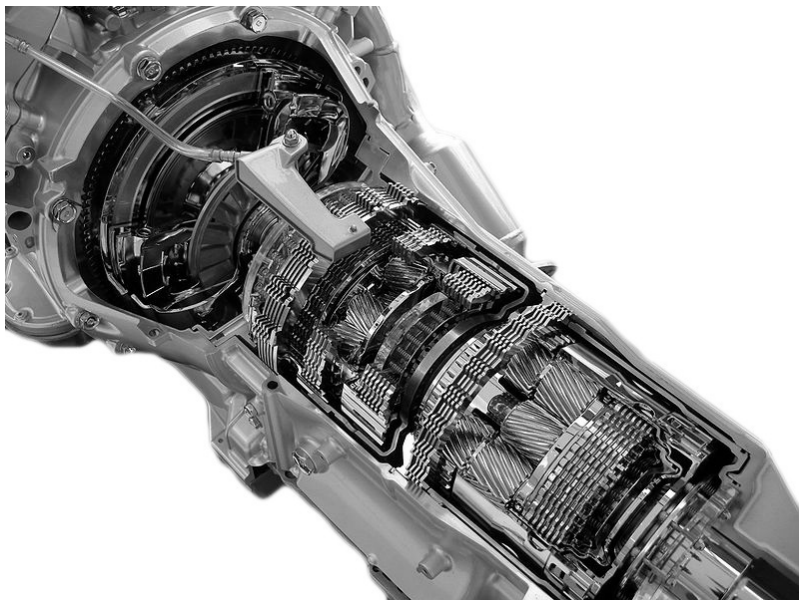


Рис. 3.10. Восьмиступенчатая гидромеханическая коробка передач ф. ZF

Для снижения расхода топлива при движении автомобиля на высших передачах все современные трансмиссии оснащаются муфтой блокировки гидротрансформатора. В большинстве гидромеханических трансмиссий блокировка реализуется одной парой трения и ресурс гидротрансформатора, а следовательно, надежность трансмиссии в целом определяется ресурсом блокировочной муфты.

Гидротрансформатор трансмиссии «RL608» оснащен многодисковой фрикционной муфтой, которая за счет большой теплоемкости позволяет осуществлять блокировку во всем диапазоне оборотов турбинного и насосного колес. Такое решение значительно увеличивает ресурс узла и позволяет повысить эксплуатационные характеристики автомобиля.

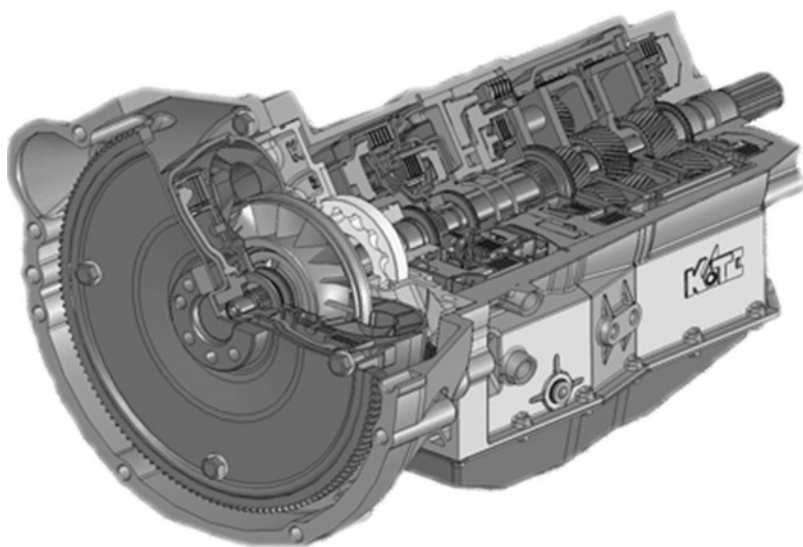


Рис. 3.11. Шестиступенчатая трансмиссия «RL608»  
компании «КАТЕ»

Управляющее давление в АКП не превышает 10 атм., в то время как в зарубежных конструкциях встречаются значения порядка 20–25 атм. Низкое управляющее давление позволяет сохранить дополнительно 8–10% мощности двигателя, отбираемой обычно масляным насосом АКП, а это ведет к увеличению коэффициента полезного действия.

Семиступенчатая автоматическая трансмиссия «FT703» компании «КАТЕ» (рис. 3.12) предназначена для эксплуатации на переднеприводных легковых автомобилях полной массой до двух тонн с поперечным расположением двигателя, развивающим максимальный крутящий момент не более 175 Н·м.

Автоматическая трансмиссия «FT703» разработана на основе уникальной кинематической схемы, синтезированной и запатентованной компанией «КАТЕ». Всего три планетарных ряда и шесть элементов управления дают возможность реализовать семь передач переднего хода при оптимальном разбиении кинематического диапазона. При этом невысокая нагруженность звеньев способствует созданию надежной и компактной конструкции. Это позволяет говорить о том, что в настоящий момент аналогов такой конструкции фактически не существует.

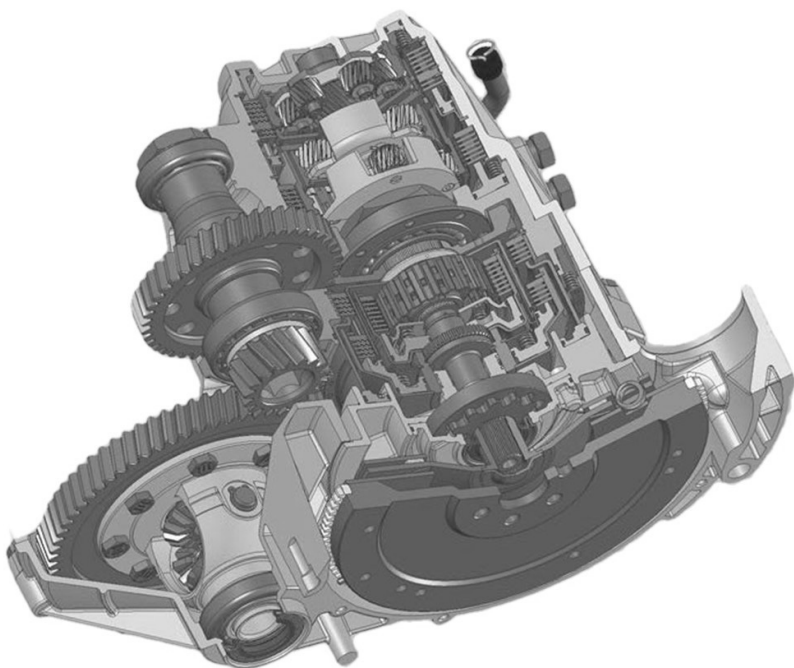
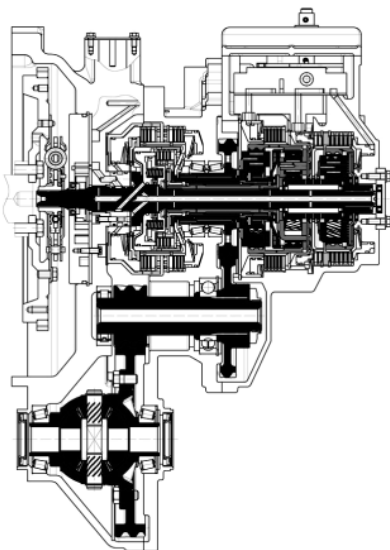
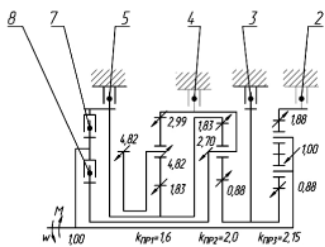


Рис. 3.12. Семиступенчатая трансмиссия «FT703»  
компании «КАТЕ»

При создании трансмиссии «FT703» было решено отказаться от использования комплексной гидродинамической передачи (гидротрансформатора) с целью повышения КПД и уменьшения массогабаритных характеристик. Для трогания с места используется один из рабочих фрикционных. Схемы передач АКП «FT703» представлены на рис. 3.13–3.16.

Компактный планетарный механизм и рациональное расположение элементов управления в «FT703» позволяют добиться минимальных ее габаритов, а высокая унификация деталей совместно с применением простых и высокотехнологичных решений делают «FT703» наиболее доступной в своем классе.

Передаточная I



Передаточная II

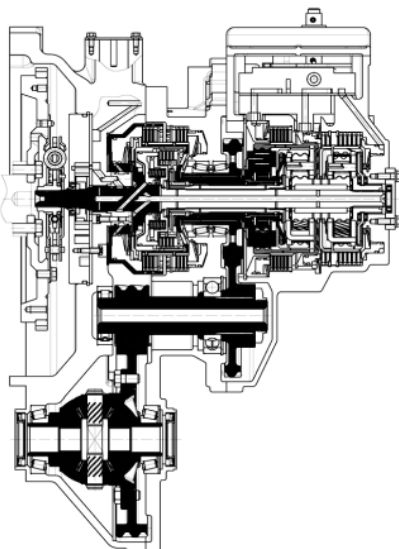
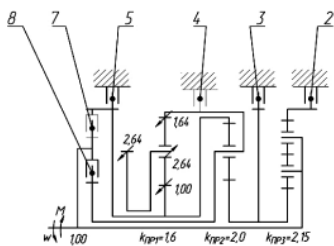
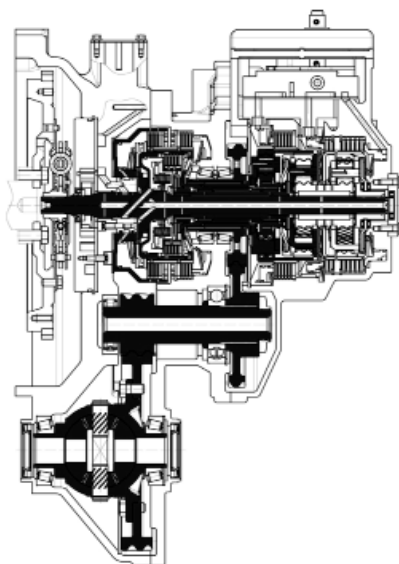
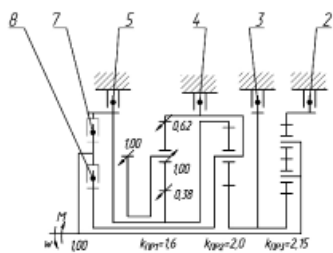


Рис. 3.13. Схема включения первой и второй передач:  
2 – тормоз фрикционный 2 (Т2); 3 – тормоз фрикционный 3 (Т3);  
4 – тормоз фрикционный 4 (Т4); 5 – тормоз фрикционный 5 (Т5);  
7 – муфта фрикционная 7 (М7); 8 – муфта фрикционная 8 (М8)





Передача V



Передача VI

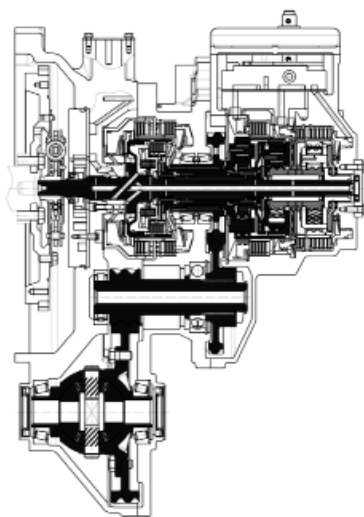
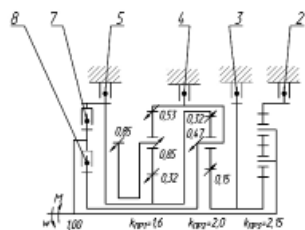
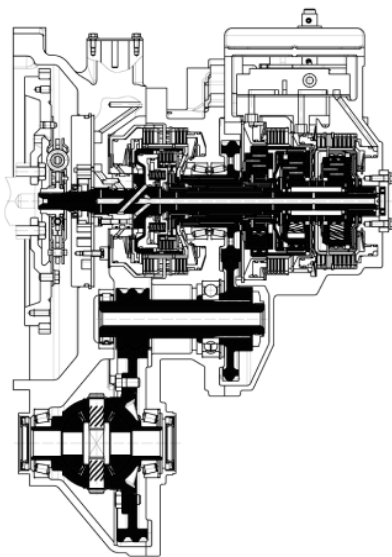
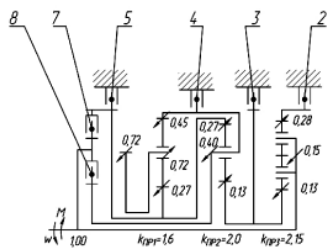


Рис. 3.15. Схема включения пятой и шестой передач

Передаточная VII



Передаточная З.Х.

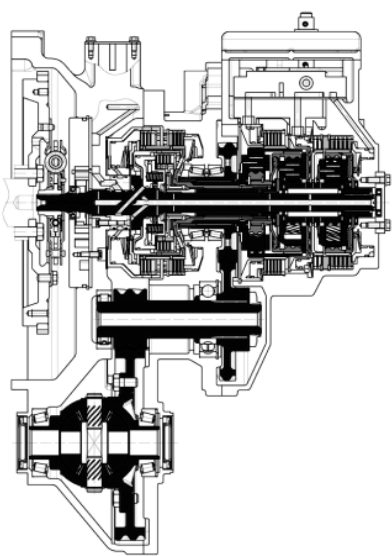
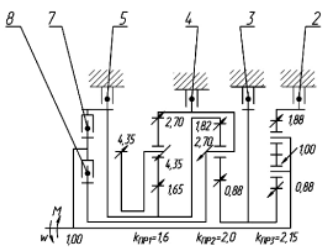


Рис. 3.16. Схема включения седьмой передачи и заднего хода

### 3.2. Конструкции вальных АКП

Несмотря на многочисленные попытки применения вальных коробок, на легковых автомобилях они используются реже, чем планетарные. Это связано с тем, что на заднеприводных легковых автомобилях требуется соосная коробка передач. При использовании соосной коробки передач в вальной коробке необходимо иметь на каждой передаче не менее двух зацеплений в шестернях. При двух зацеплениях КПД вальной коробки обычно ниже, чем планетарной.

Другой недостаток заключается в том, что при числе передач больше трех на каждой передаче в вальной коробке обычно больше выключенных сцеплений, чем в планетарной, что приводит к росту дисковых потерь. Недостаток соосной вальной коробки на заднеприводном легковом автомобиле проявляется и в том, что в большей степени стеснен салон автомобиля. Указанные недостатки имеются и в переднеприводных автомобилях с продольным размещением двигателя. Вместе с тем, как показала практика, вальные автоматические коробки передач могут быть достаточно приемлемы при их использовании в легковых автомобилях с передним приводом и с поперечным расположением двигателя.

В этом случае коробка выполняется по двухвальной схеме и содержит на каждой передаче только два зацепления шестерен, включая главную пару. Благодаря этому КПД в зацеплении равен  $\eta_{мз} \approx 0,98\%$  на каждой передаче. По величине КПД в зацеплениях такие вальные коробки обычно не отличаются от планетарных.

Дисковые потери в вальных коробках могут оказаться несколько выше, особенно при увеличении числа передач переднего хода больше четырех. Чтобы уменьшить дисковые потери в этих коробках часто для включения заднего хода используется сервопривод с применением зубчатых муфт. Такая конструкция хотя и позволяет снизить дисковые потери, но при этом увеличивает время на включение-выключение заднего хода и несколько снижает плавность.

К положительным сторонам вальных коробок следует также отнести то обстоятельство, что конструктор более свободен в выборе передаточных чисел по сравнению с планетарными коробками.

**Пятиступенчатая АКП вального типа фирмы Mercedes-Benz** (версия МВ-722.7) была первой пятиступенчатой коробкой, которая использовалась на переднеприводных автомобилях малого класса с поперечным расположением двигателя. Разместить автоматическую пятиступенчатую планетарную коробку на автомобилях этого типа долгое время не удавалось ввиду их значительно большей длины

по сравнению с вальными коробками. Благодаря наличию пятой передачи оказалось возможным улучшить эксплуатационные показатели таких автомобилей.

Данная коробка предназначалась для автомобилей Mercedes-Benz с двигателями рабочим объемом 1,4–1,9 л ( $N_e = 50–100$  кВт, или 70–135 л.с.).

Она использовалась на малых легковых автомобилях класса А и минивэнах. Конструкция этой АКП представлена на рис. 3.17. Коробка передач включает три вала и шесть фрикционных элементов (сцеплений), которые обеспечивают реализацию пяти передач переднего хода, а также задний ход.

На высших передачах (третьей, четвертой и пятой) используется одно зацепление и реализуется достаточно высокий КПД  $\eta_{мз} = 0,98$ ; на понижающих передачах (первой и второй) КПД ниже, поскольку в передаче мощности используются три зацепления, и КПД составляет  $\eta_m \approx 0,94$ , но, как уже отмечалось, время работы на этих передачах невелико. Задний ход включается сцеплением. Благодаря использованию пяти передач реализован кинематический диапазон, равный  $D_k = \frac{3,27}{0,7} = 4,67$ , что существенно больше, чем в известных четырехступенчатых коробках, где он обычно равен  $D_k = 3,8–4,2$ .

Наличие пяти выключенных сцеплений на каждой передаче может, однако, несколько увеличить дисковые потери, но в целом благодаря расширению кинематического диапазона и увеличению плотности ряда достигается лучшее использование мощности двигателя и его работа на экономичных режимах, что способствует улучшению технико-экономических показателей автомобиля.

С 2003 года концерн Volkswagen устанавливает автоматизированные шестиступенчатые коробки «DSG» (Direct Shift Gearbox) на свои автомобили, в которых переключение передач происходит без разрыва потока мощности (рис. 3.18) [17].

Этот тип трансмиссии пришел из спорта и отличается наличием двух сцеплений, одно из которых обслуживает чётные передачи, а другое – нечётные (рис. 3.19).

Во время движения крутящий момент передаётся по одному сцеплению (рис. 3.20,а), диск сомкнут (1-я передача по первому сцеплению); в то же время второй диск второго сцепления разомкнут, а само сцепление настроено на вторую передачу. В момент переключения первый диск размыкается (рис. 3.20,б), а второй синхронно смыкается. И теперь уже второе сцепление передаёт крутящий момент, а первое сцепление настраивается на 3-ю передачу

и переходит в «ждущий» режим, чтобы в момент надобности подсоеди-  
единиться. И всё повторяется заново.

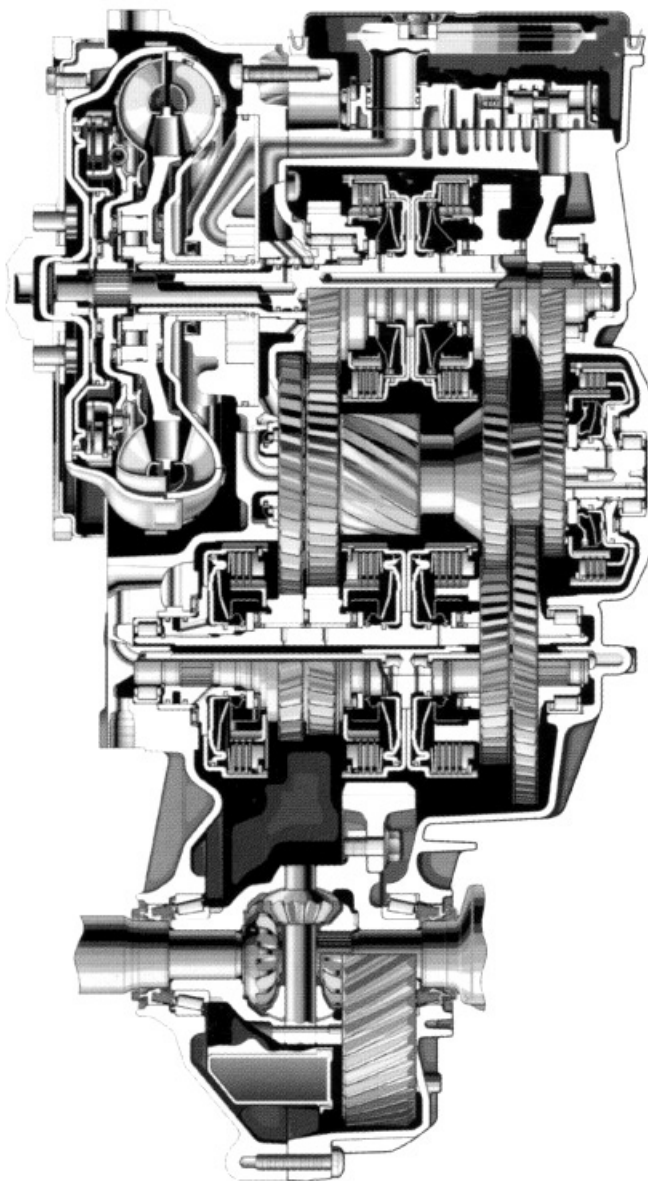


Рис. 3.17. Разрез АКП МВ 722.7



Рис. 3.18. Трансмиссия «DSG» концерна Volkswagen

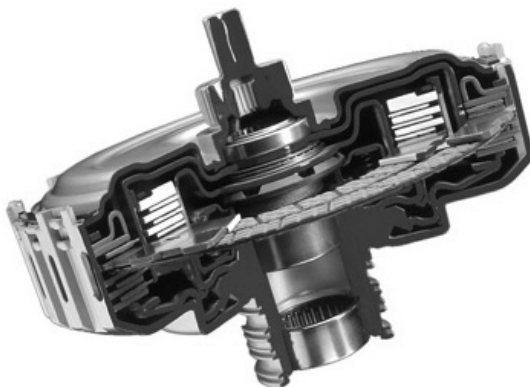


Рис. 3.19. Двухдисковое сцепление трансмиссии «DSG»

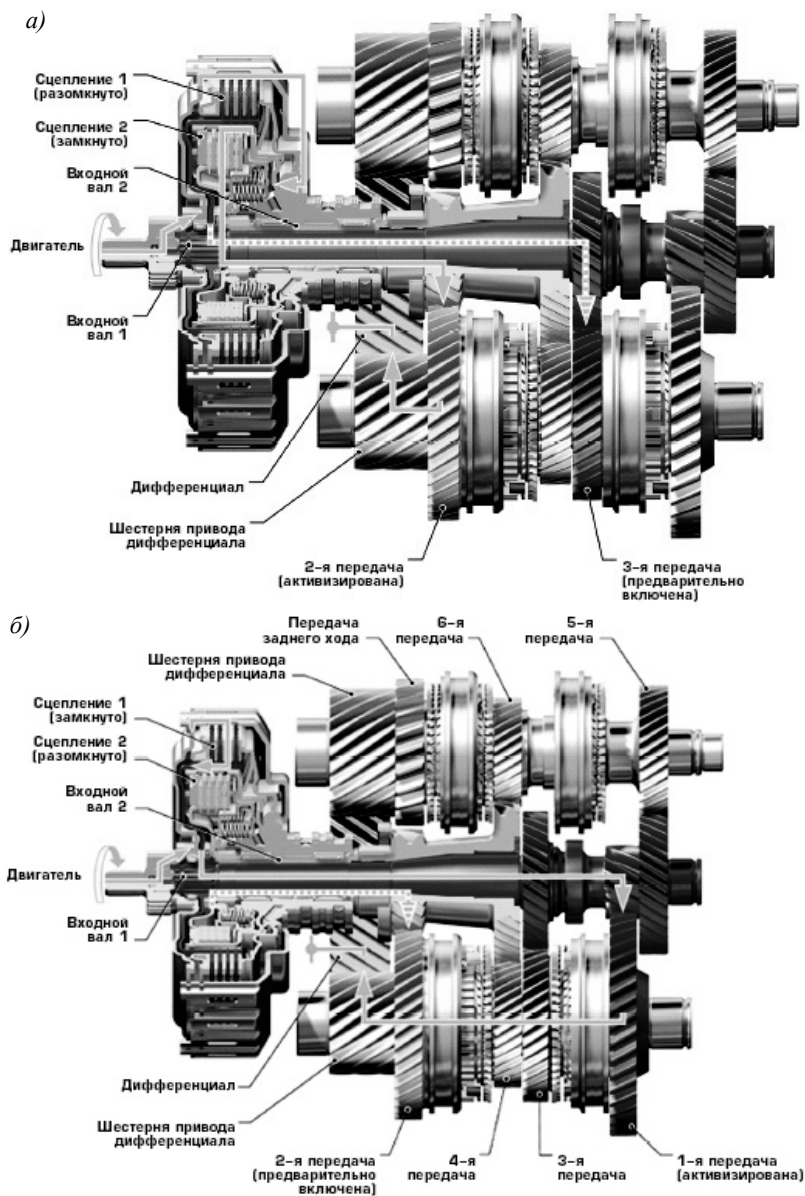


Рис. 3.20. Схема трансмиссии «DSG» концерна Volkswagen

В 2006 году концерн Volkswagen запустил в серию новую коробку передач «PSG» (Parallel Shift Gearbox – коробка передач с параллельным переключением, рис. 3.21).

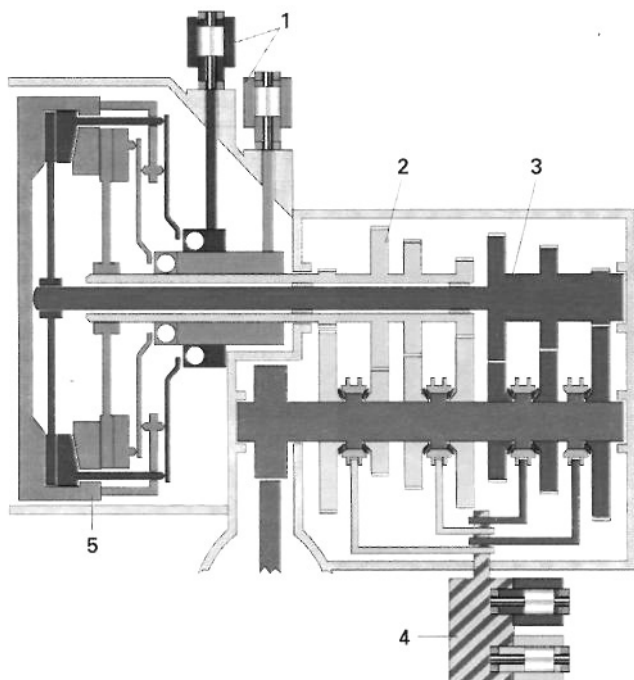


Рис. 3.21. Трансмиссия «PSG» концерна Volkswagen:  
1 – актюаторы сцеплений; 2 – шестерни четных передач;  
3 – шестерни нечетных передач; 4 – привод переключения;  
5 – двухдисковое сцепление

Трансмиссии «PSG» и «DSG» устроены схожим образом: необходимая передача включается заранее, а переход с одной передачи на другую осуществляется одновременным размыканием одного сцепления и замыканием другого. Но при этом коробка «PSG» устроена проще – в ней работают два сухих однодисковых сцепления с электромеханическим приводом (рис. 3.22), а в трансмиссии «DSG» два многодисковых фрикциона работают в масляной ванне и управляются гидравлической системой.

Преимущества этих трансмиссий очевидны: переключение происходит за доли секунды, а момент переключения практически не ощутим, как на гидромеханической коробке. Но в отличие от классических автоматов, расход топлива ниже, чем у моделей



с механической коробкой передач. Но, как у любого конструктивно сложного агрегата, у этих трансмиссий есть один важный недостаток – высокая цена, не позволяющая им стать по-настоящему массовыми.



Рис. 3.22. Двухдисковое сухое сцепление трансмиссии «PSG»

Существуют решения проще и дешевле – например, в агрегатах «Easytronic», которые производят компании Valeo и LuK для Opel, переключают передачи и выжимают сцепление шаговые электромоторы. Подобная схема реализована и в агрегате, работающем на Ford Fusion. Правда, дешевле – не всегда лучше. Большинство «бюджетных» автоматизированных коробок передач имеют отчетливо выраженные рывки и запаздывания при переключении передач, неадекватно срабатывают в сложных условиях, например, при крутом подъеме, пробуксовке колес или при торможении двигателем. Но и эти агрегаты совершенствуются – фирма Toyota на одной из самых продаваемых моделей – Corolla отказалась от гидромеханической коробки передач в пользу автоматизированной коробки.

На рис. 3.23 представлена автоматизированная коробка передач «Easytronic», устанавливаемая на Opel-Corsa. От гидромеханических коробочек передач «Easytronic» отличается меньшим весом и стоимостью изготовления. В коробке для переключения передач служат три шаговых электродвигателя. Они обеспечивают большее быстродействие по сравнению с трансмиссиями, в которых применяется гидравлика. Процесс переключения занимает менее 300 миллисекунд. В режиме ручного управления можно «перескакивать» через ненужные передачи, например, с пятой на третью. При резком торможении, когда в работу вступает АБС, сцепление автоматически выключается. Также возможна парковка с пробуксовкой сцепления, позволяющей двигаться с малой скоростью.

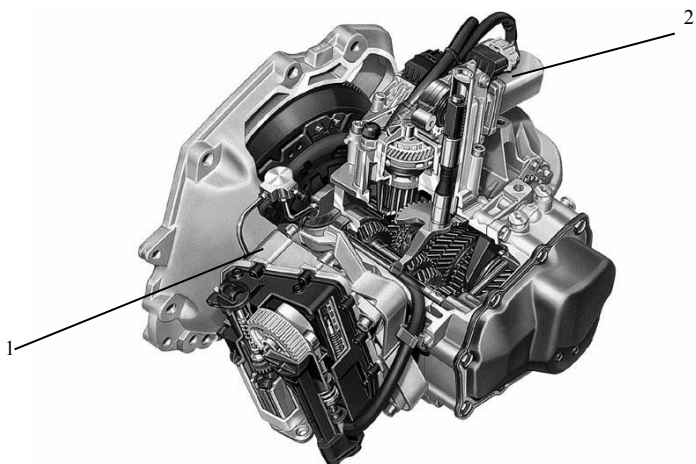


Рис. 3.23. Автоматизированная коробка передач «Easytronic»:  
1 – привод сцепления; 2 – привод коробки передач

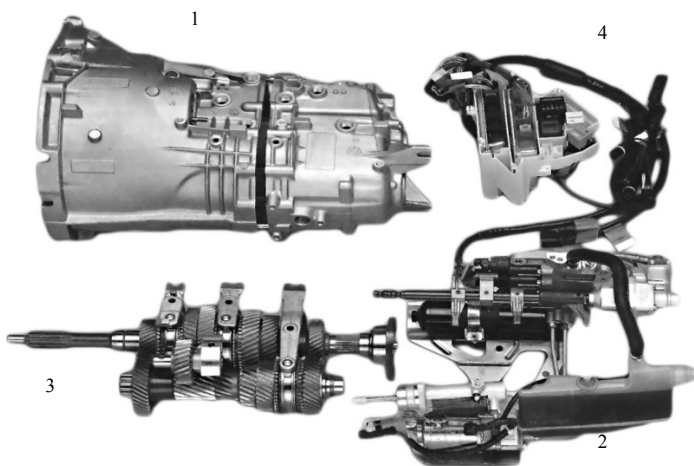


Рис. 3.24. Автоматизированная трансмиссия «SMG» концерна BMW:  
1 – картер; 2 – блок управления; 3 – ведущий и ведомый валы;  
4 – гидравлические приводы

В автоматизированной коробке передач «SMG» (Sequential M Gearbox) концерна BMW в качестве исполнительных механизмов используют гидравлические приводы (рис. 3.24). Такие коробки передач устанавливают в первую очередь на спортивные автомобили BMW M-series. Трансмиссия «SMG» тратит на переключение 0,08 сек.

### 3.3. Конструкции бесступенчатых передач (CVT)

Бесступенчатые автоматические коробки передач, разработанные фирмой ZF на основе вариатора «Transmatic», отличаются улучшенной компактной конструкцией, при этом намечается реализация нескольких типоразмеров этой конструкции с входным моментом от 130 до 350 Нм и мощностью от 70 до 250 л. с. В исполнении фирмы ZF эта АКПП получила название «Ecotronic». Фирма ZF предлагает АКПП «Ecotronic» (рис. 3.25) для переднеприводных автомобилей с поперечным расположением двигателя в четырех вариантах. Они имеют различные массогабаритные показатели и диапазон регулирования (от 5,45 до 5,82).

Регулирование передаточного числа вариатора осуществляется гидравлической системой управления. Рабочее давление жидкости создает масляный насос, приводимый от первичного вала. Подвижные части ведущего и ведомого конических дисков, являющиеся одновременно поршнями гидроцилиндров, перемещаются под действием давления жидкости. Отметим, что в целом гидравлические системы для управления изменением передаточного числа вариаторов несколько проще по сравнению с гидравлическими системами АКПП с планетарными редукторами. Это связано с тем, что в них меньше управляющих устройств (клапанов, гидроаккумуляторов). В то же время рабочее давление жидкости в АКПП выше, чем в автоматических коробках передач с планетарными редукторами.

Объем заливаемой в вариатор эксплуатационной жидкости составляет 5 литров. Контроль уровня осуществляется мерным щупом, на конце которого нанесены метки состояния жидкости.

Необходимо отметить, что в конструкции АКПП «Ecotronic», рассчитанных на передачу большого крутящего момента и, соответственно, предназначенных для более дорогих и мощных автомобилей, используется гидротрансформатор (рис. 3.26). Несмотря на то что применение гидротрансформатора усложняет конструкцию, а также несколько увеличивает габариты, этим решается ряд важных проблем. Гидротрансформатор обеспечивает более плавное трогание и снижает время перехода с минимального передаточного числа на максимальное (режим kick-down). Отсутствие рывков и ударных нагрузок увеличивает ресурс вариатора, способствует повышению проходимости автомобиля и комфорта вождения.

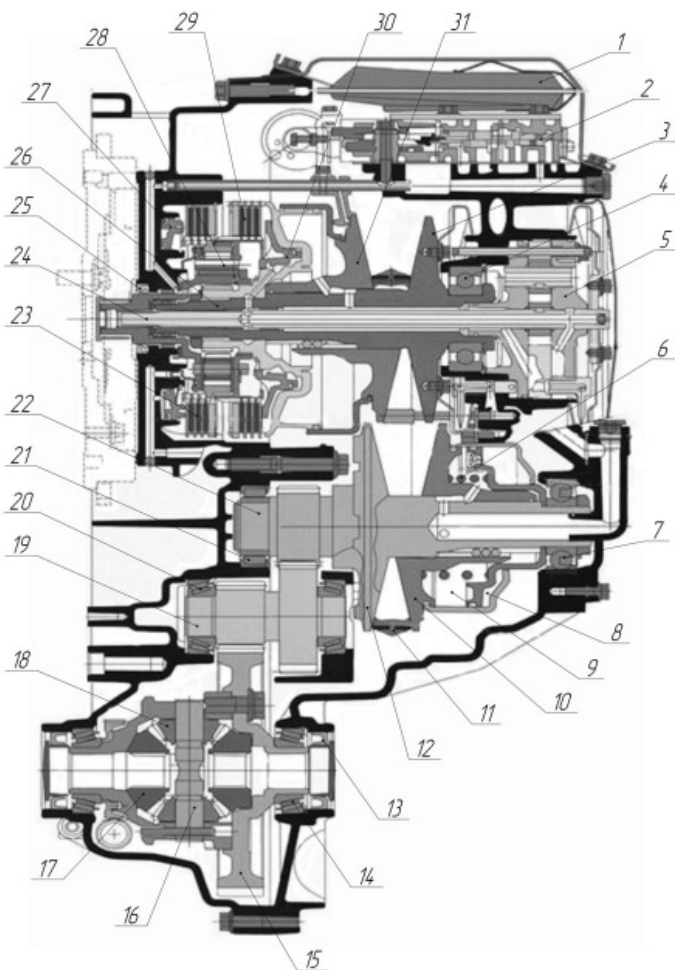


Рис. 3.25. Разрез АБКП «Ecotronic» (VT1F):

1 – масляный фильтр; 2 – блок управления; 3 – неподвижный конус ведущего шкива; 4 – шариковый подшипник ведущего вала; 5 – масляный насос; 6 – нажимная пружина; 7 – шариковый подшипник ведомого вала; 8 – компенсирующая полость; 9 – управляющая полость; 10 – подвижный конус ведомого шкива; 11 – металлический ремень; 12 – неподвижный конус ведомого шкива; 13 – сальник полуоси; 14 – роликовый конический подшипник дифференциала; 15 – ведомая шестерня главной передачи; 16 – ось сателлитов; 17 – шестерня полуоси; 18 – сателлит; 19 – промежуточный вал; 20 – роликовый конический подшипник промежуточного вала; 21 – роликовый подшипник ведомого вала; 22 – ведомый вал; 23 – дисковый тормоз передачи заднего хода; 24 – вал масляного насоса; 25 – сальник; 26 – ведущий вал; 27 – поршень дискового тормоза; 28 – муфта переднего хода; 29 – муфта переднего хода; 30 – поршень муфты переднего хода; 31 – подвижный конус ведущего вала

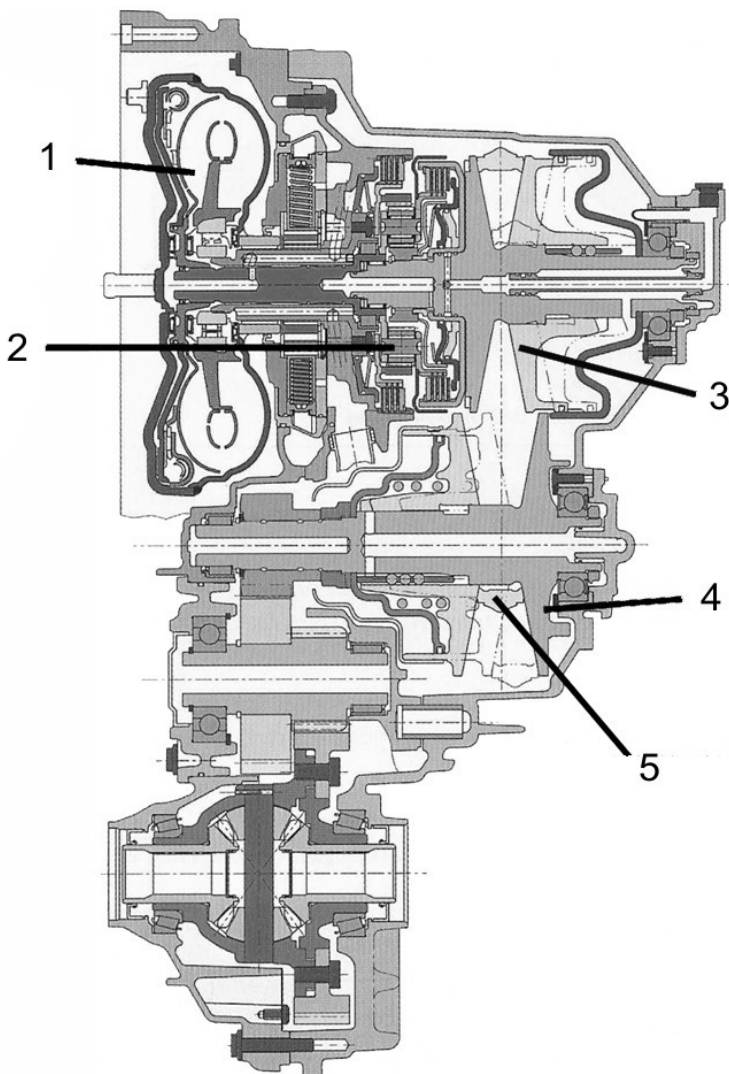


Рис. 3.26. Разрез АКП «Ecotronic» CFT-23 с гидротрансформатором:  
 1 – гидротрансформатор; 2 – механизм D-N-R; 3 – ведущий шкив;  
 4 – ведомый шкив; 5 – гибкий элемент Van Doorne

Концерном Volkswagen для автомобилей Audi разработано несколько модификаций АКП, получивших название «Multitronic», которые предназначались для работы с двигателями мощностью 100–155 кВт (130–200 л. с.) и крутящим моментом  $M_c = 200–330$  нм. Новые автоматические бесступенчатые коробки передач

с цепным вариатором имели диапазон регулирования, равный 6,0–6,2, что позволяло реализовать высокие динамические качества и топливную экономичность. Передаточное число вариатора, использованного на автомобиле Audi A6, изменялось от  $i_{\max} = 2,4$  до  $i_{\min} = 0,4$ ;  $D_k = 6,0$ . По сравнению с пятиступенчатыми механическими коробками передач указанный автомобиль в ездовом цикле показал лучшую экономичность: расход топлива 9,7 л/100 км против 9,9 л и лучшую динамику: разгон до 100 км/час за 8,1 сек против 9,9 сек. Помимо хорошей экономичности заслугой АБКП «Multitronic» можно считать то, что она впервые расширила область практического применения бесступенчатых передач в сторону двигателей с крутящим моментом до 330 нм.

Конструкция АБКП «Multitronic» автомобиля Audi A6, разработанная для переднеприводного автомобиля с продольным расположением двигателя, и ее разрез показаны на рис. 3.27.

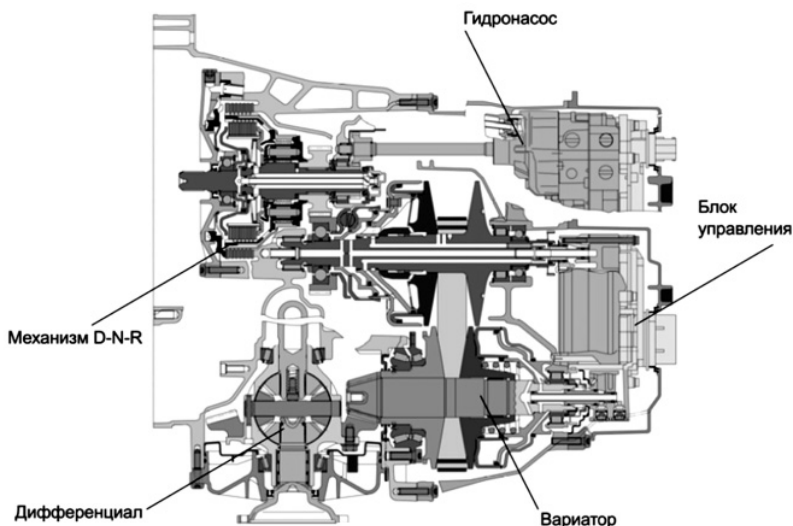


Рис. 3.27. Разрез АКП «Multitronic»

Как видно из представленных материалов, «Multitronic» включает планетарную передачу для реализации переднего и заднего хода, одну пару паразитных шестерен, позволяющих сместить вариатор в сторону, что облегчает размещение конической главной передачи для привода передних колес. Конструкция, однако, представляется несколько громоздкой и возможно имеет резервы для дальнейшего совершенствования. Планетарная передача для

реализации переднего и заднего хода выполнена по примерно той же схеме, которая использована в АБКП «Ecotronic».

**Торовый вариатор** «Extroid» фирмы Nissan также относится к группе бесступенчатых фрикционных передач. Его принципиальное отличие заключается в том, что между ведущим и ведомым дисками расположены ролики, которые, поворачиваясь на нужный угол, меняют передаточное отношение (рис. 3.28). Усилие, с которым давят ролики на диски, доходит до десяти тонн, поэтому детали производят из высокопрочной стали, применяют трансмиссионное масло со специальными добавками. Такую конструкцию имеют вариаторы «Extroid», устанавливаемые Nissan на модели Gloria и Cedric (рис. 3.28).

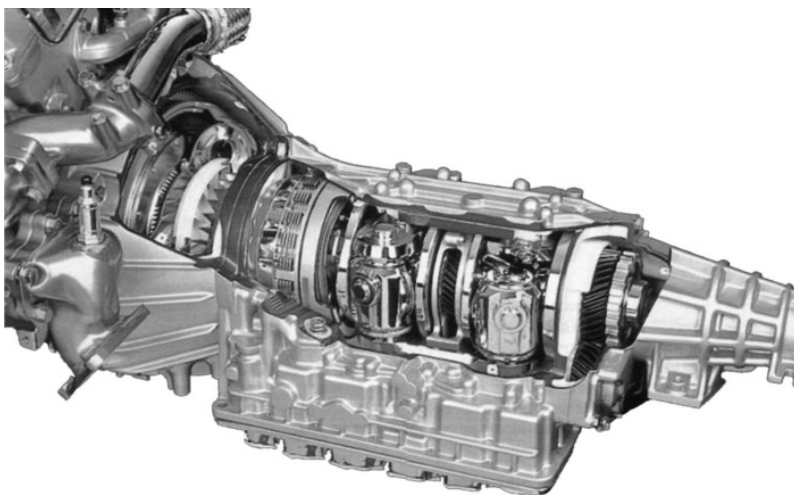


Рис. 3.28. Торový вариатор «Extroid»

На рис. 3.29,*а* ролики касаются ведущего диска в точке максимального радиуса, а ведомого – в точке минимального (высшая передача). На рис. 3.29,*б* ролики повернуты наоборот: ведомое колесо вращается медленнее ведущего (низшая передача). В промежуточном положении, когда ролики расположены параллельно оси вращения дисков, передаточное отношение равно единице.

Чтобы разгрузить детали и уменьшить размеры агрегата, в коробке «Extroid» работают два вариатора. Задний ход обеспечивает планетарная передача, а за «нейтральное положение» отвечает гидротрансформатор.

Оригинальная конструкция не получила массового распространения из-за сложности в производстве и ремонте.

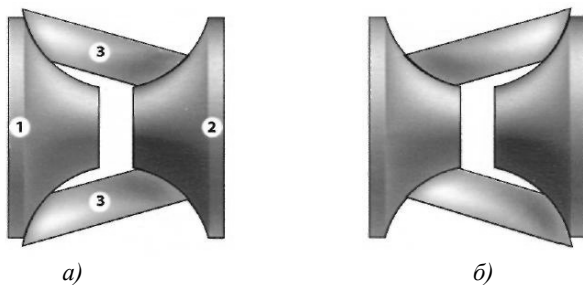


Рис. 3.29. Схема роликового вариатора:  
1 – ведущий диск; 2 – ведомый диск; 3 – промежуточные ролики

В 2004 году фирма Mercedes завершила работы по созданию **автоматической бесступенчатой коробки «Autotronic»** для новых автомобилей малого *A*- и *B*-класса с двигателями мощностью 100 кВт. В этой АКПП используется гибкий элемент типа Van Doorne, но кинематическая схема имеет ряд отличий от ранее рассмотренных. Общий вид этой автоматической коробки показан на рис. 3.30, масляный насос – на рис. 3.31.

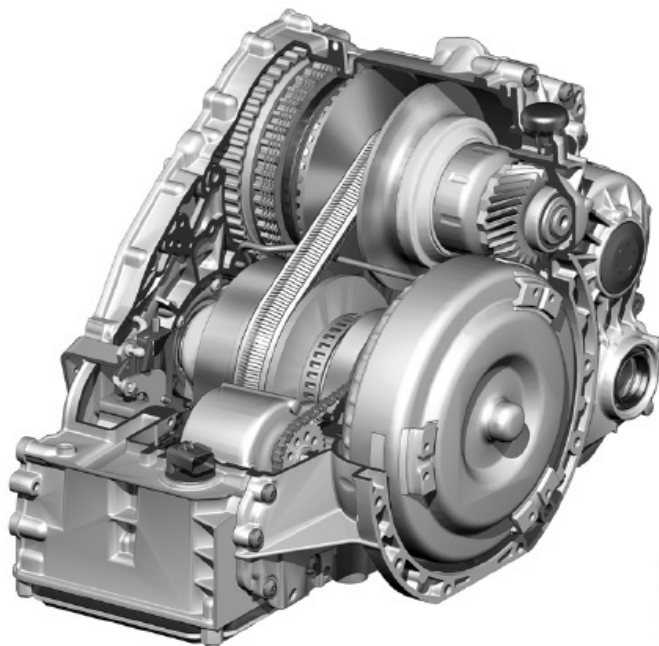


Рис. 3.30. Общий вид АКПП Mercedes 722.8



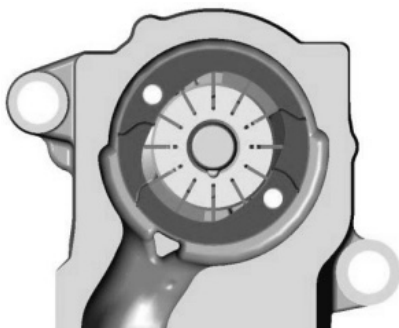


Рис. 3.31. Масляный насос LuK АКП Mercedes 722.8

При компоновке бесступенчатой коробки учитывались особенности передней части кузова. Как видно из рис. 3.30, ведущий вал вариатора связан с гидротрансформатором. Задний ход реализуется при помощи зубчатого механизма, связанного с ведомым валом вариатора. При этом для включения переднего хода блокируется сцепление, а тормоз, связанный с водилом, выключается. Для получения заднего хода выключается сцепление, а водило останавливается при помощи дискового тормоза. При этом реализуется задний ход с передаточным числом  $i_{3x} = -\frac{z_k}{z_c}$ .

Масляный насос (рис. 3.31) системы управления приводится при помощи цепной передачи. Насос пластинчатый, двухсекционный. Первая секция работает постоянно, вторая секция – при полной нагрузке, когда требуется высокое давление. В остальное время секция отключена путем соединения всасывания этой секции с нагнетанием. Это позволяет сократить затраты мощности на привод насоса.

В последнее время многие ведущие фирмы проводят большие работы по оснащению автомобилей малого и среднего класса (с передним приводом) автоматическими бесступенчатыми коробками передач. Это, по-видимому, связано с тем, что масса этих коробок передач меньше массы автоматических планетарных и вальных коробок передач примерно на 15–20 кг. При этом масса АКП превышает вес обычных механических коробок передач также на 15–20 кг. Кроме того, в автоматических бесступенчатых передачах можно реализовать кинематический диапазон в пределах  $D_k = 5,5–6,0$ , и даже 7, что способствует улучшению динамических качеств автомобиля и его топливной экономичности.

На большинстве современных автоматических бесступенчатых передачах обычно имеется и ручной режим с 6–7 фиксированными

положениями. Для реализации этого режима гибкий элемент имеет ряд фиксированных положений; при поступлении команды на изменение передаточного числа гибкий элемент перемещается из одного положения в другое. Однако благодаря совершенной системе автоматического управления этот режим практически не используется.

Следует отметить, что за последние годы число моделей автомобилей с бесступенчатыми автоматическими коробками существенно увеличилось: среди них автомобили таких известных фирм, как Audi, Ford, Mercedes, Nissan, Honda и другие, причем эти фирмы предлагают потребителю на один и тот же автомобиль разные варианты автоматических коробок, как ступенчатых, так и бесступенчатых.

Уже сейчас можно рассматривать описанные выше автоматические бесступенчатые коробки передач в качестве серьезных конкурентов пяти- и шестиступенчатым АКП в области двигателей вплоть до 160 кВт (220 л. с.). Однако необходимо учитывать и ряд других обстоятельств. Поскольку привлекательность той или иной автоматической трансмиссии определяется еще и такими факторами, как стоимость, надежность и ремонтпригодность, делать выводы о конкурентоспособности ступенчатых и бесступенчатых «автоматов» на данной стадии развития затруднительно.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном учебном пособии авторы постарались изложить наиболее полную информацию об устройстве АКП: подробно описаны различные типы автоматических трансмиссий, области их применения, ценовые показатели, перспективы развития. Рассмотрены особенности компоновки АКП в автомобилях с различными схемами исполнения. Описание отдельных элементов АКП, вариантов их исполнения с использованием большого количества иллюстраций значительно упрощает дальнейшее изучение конструкции «автоматов» в сборе.

С современным уровнем развития техники, средств проектирования, технологий изготовления в скором будущем появятся другие, усовершенствованные и принципиально новые конструкции АКП. Однако профессиональная деятельность конструктора подразумевает постоянное совершенствование своей сферы деятельности, что в наше время информационных технологий не сложно.

Материалы учебного пособия помогут не потеряться в огромном объеме информации и всегда придерживаться верного пути.

### **Дополнительные источники информации**

1. [www.autocentre.ua](http://www.autocentre.ua)
2. [www.avtonov.svoi.info](http://www.avtonov.svoi.info)
3. [www.center-at.ru](http://www.center-at.ru)
4. [www.scat24.ru](http://www.scat24.ru)
5. [www.autoreview.ru](http://www.autoreview.ru)
6. [www.volkswagen.msk.ru](http://www.volkswagen.msk.ru)
7. [www.zr.ru](http://www.zr.ru)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия: учеб. пособие / А.И. Гришкевич [и др.]. – Мн.: Выш. Шк., 1985. – 240 с.
2. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов. – М. : Машиностроение, 1984. – 376 с.
3. Корп, Д. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей Audi A4 с бензиновым двигателем / Д. Корп, Т. Лаутеншлагер; пер. Н.П. Панкратовой. – М. : ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2004. – 270 с.
4. Вахламов, В.К. Техника автомобильного транспорта: Подвижной состав и эксплуатационные свойства / В.К. Вахламов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 528 с.
5. Ткаченко, Н.Н. Автоматическая коробка передач / Н.Н. Ткаченко. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 160 с.
6. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту Mitsubishi Lancer. – М.: ООО «ИДТР», 2010. – 328 с.
7. Morey V. EcoBoost, DCTs, and stop-start for the masses / V. Morey // Automotive Engineering International, June 7, 2010, 28–29 с.
8. Преимущества автомобилей с гидромеханическими передачами [Электронный ресурс]. – URL : [www.4x4club.ru/tech/item350](http://www.4x4club.ru/tech/item350).
9. Такие разные автоматы [Электронный ресурс]. – URL : [www.autopilot.kommersant.ru/Issues/Auto/2010/03/70](http://www.autopilot.kommersant.ru/Issues/Auto/2010/03/70).
10. Как устроена коробка-автомат с гидротрансформатором [Электронный ресурс]. – URL : [www.drive.ru/technic/2007/10/18/594535](http://www.drive.ru/technic/2007/10/18/594535).
11. Секреты работы гидротрансформаторной автоматической трансмиссии [Электронный ресурс]. – URL : [www.avtoff.tomsk.ru/stat/science/201321](http://www.avtoff.tomsk.ru/stat/science/201321).
12. «Сухие» вместо «мокрых» [Электронный ресурс]. – URL : [www.autoreview.ru/archive/2008/04/dsg](http://www.autoreview.ru/archive/2008/04/dsg).
13. Автомат, великий и ужасный [Электронный ресурс]. – URL : [www.autoreview.ru/new\\_site/year2002/n08/gear/1](http://www.autoreview.ru/new_site/year2002/n08/gear/1).
14. Двенадцатая имени Ван Доорна [Электронный ресурс]. – URL : [www.autoreview.ru/new\\_site/year2002/n09/2110\\_cvt/1](http://www.autoreview.ru/new_site/year2002/n09/2110_cvt/1).
15. На семи ступенях [Электронный ресурс]. – URL : [www.zr.ru/a/7058](http://www.zr.ru/a/7058).
16. Ручки прочь [Электронный ресурс]. – URL : [www.zr.ru/a/14884](http://www.zr.ru/a/14884).

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ .....	4
1.1. Назначение и требования .....	4
1.2. Классификация автоматических коробок передач .....	5
1.2.1. Гидромеханическая трансмиссия .....	8
1.2.2. Фрикционная трансмиссия .....	11
1.2.3. Автоматизированные коробки передач .....	15
1.2.4. Гидрообъемная трансмиссия (гидростатическая передача) .....	17
1.2.5. Электрическая трансмиссия .....	22
1.2.6. Электромеханическая трансмиссия .....	23
1.3. Преимущества и недостатки АКП .....	24
1.4. Характеристики автомобилей с АКП .....	26
1.4.1. Цены автомобилей с АКП .....	26
1.4.2. Динамические качества и топливная экономичность автомобилей с АКП .....	28
1.4.3. Статистика выпуска автомобилей с АКП .....	32
1.5. Особенности компоновки автомобиля с автоматической трансмиссией .....	34
2. КОНСТРУКЦИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ АКП ....	40
2.1. Гидродинамическая передача (конструкция, принцип работы) .....	40
2.1.1. Гидромуфта .....	40
2.1.2. Гидротрансформатор .....	44
2.1.3. Муфты свободного хода .....	47
2.1.4. Масло для АКП .....	50
2.2. Механические редукторы .....	51
2.2.1. Принцип работы планетарных редукторов .....	51
2.2.2. Принцип работы вальных редукторов .....	54
2.3. Фрикционные элементы управления .....	56
2.3.1. Дисковые тормоза и муфты .....	56
2.3.2. Ленточный тормоз .....	58
2.3.3. Обгонные муфты .....	59

2.4. Элементы систем автоматического управления .....	61
2.4.1. Электронное оборудование .....	62
2.4.2. Гидравлическое оборудование .....	65
2.5. Гибкие элементы для передачи крутящего момента .....	71
<b>3. КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ</b>	
<b>КОРОБОК ПЕРЕДАЧ .....</b>	<b>74</b>
3.1. Конструкции планетарных АКП (ГМП) .....	74
3.2. Конструкции вальных АКП .....	90
3.3. Конструкции бесступенчатых передач (CVT) .....	98
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>106</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>107</b>

Учебное издание

*Кремчеев Рафаиль Арифович,  
Прасолов Алексей Вячеславович,  
Соломатин Николай Сергеевич и др.*

**АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ  
ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Учебное пособие

Технический редактор *З.М. Малявина*  
Корректор *Г.В. Данилова*  
Компьютерная верстка: *И.И. Шишкина*  
Дизайн обложки: *И.И. Шишкина*

Подписано в печать 12.01.2012. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 6,39.

Тираж 101 экз. Заказ № 1-43-11.

Издательство Тольяттинского государственного университета  
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

