

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

Кафедра технических систем в агробизнесе  
природообустройстве и дорожном строительстве

Кузьменко Игорь Владимирович

## **АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ (АКПП)**

Учебно-методические указания для выполнения  
лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили»  
студентами инженерно-технологического института

по направлению подготовки:  
23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы  
профиль: Машины и оборудование природообустройства и  
дорожного строительства

УДК 629.33-585 (076)

ББК 34.446

К 89

Кузьменко, И. В. Автоматические коробки передач: учебно-методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили» студентами инженерно-технологического института по направлению подготовки: 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы, профиль: Машины и оборудование природообустройства и дорожного строительства / И. В. Кузьменко. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. – 35 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по изучению конструкции и работы автоматических коробок передач тракторов и автомобилей. Для студентов инженерно-технологического института.

**Рецензенты:** к.т.н., доцент Кузюр В.М., к.т.н., доцент Дьяченко А.В.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии инженерно-технологического института, протокол № 3, от 28 февраля 2023 года.

© Кузьменко И.В., 2023

© Брянский ГАУ, 2023

## Содержание

Автоматические коробки передач .....	4
Особенности работы автоматических коробок передач .....	4
Кто изобрел автоматическую коробку передач. ....	5
История создания автоматической коробки передач .....	6
Конструкции механизмов АКПП .....	15
Режимы работы АКПП .....	25
Управление автоматической трансмиссией .....	27
Жидкость для автоматических трансмиссий.....	30
Особенности эксплуатации и обслуживания .....	32
Контрольные вопросы .....	33
Литература .....	34

## **АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия автоматических коробок передач, деталей, механизмов и устройств, из которых они состоят, особенностями их конструкций.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить элементы автоматических коробок передач с использованием учебно-методического пособия, обучающих видеофильмов, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов ДВС.

**ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:** Разрезные макеты, видео-слайды, видеофильмы, плакаты.

### **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ**

Улучшение эксплуатационных качеств современной техники привело к значительному усложнению его конструкции. А оснащение автоматической трансмиссией позволило резко снизить объем нагрузки, возлагаемой на водителя во время движения, что также благоприятно отразилось на ходовой части, двигателе и скоростных качествах автомобиля. В настоящее время автоматические трансмиссии применяются и на легковых, и на полноприводных автомобилях, и даже на грузовом транспорте и тракторах. Применение автоматической трансмиссии исключает необходимость постоянного пользования переключающим рычагом. Изменение скорости выполняется автоматически, в зависимости от нагрузки двигателя, скорости перемещения транспортного средства и желаний водителя. Поэтому, по сравнению с ручной коробкой передач, автоматическая трансмиссия имеет следующие неоспоримые преимущества:

- увеличивает комфортность вождения автомобиля за счет освобождения водителя от контрольных функций;
- автоматически и плавно производит переключения, согласовывая нагрузку двигателя, скорость его движения, степень нажатия на педаль газа;
- предохраняет двигатель и ходовую часть автомобиля от перегрузок;
- допускает и ручное, и автоматическое переключение скоростей.

## **КТО ИЗОБРЕЛ АВТОМАТИЧЕСКУЮ КОРОБКУ ПЕРЕДАЧ.**

Как известно, трансмиссия является вторым по важности агрегатом после ДВС. При этом появление АКПП стало настоящим прорывом, так как благодаря такой коробке передач значительно повышается не только комфорт, но и безопасность при управлении автомобилем.

Идея создания автоматической коробки передач появилась практически одновременно с появлением автомобиля, оснащенного МКПП. При этом автопроизводители, изобретатели и энтузиасты из разных стран начали работать над агрегатом. В результате уже в самом начале 20-го века стали появляться опытные образцы, которые имели трансмиссию, похожую на современный автомат.

Сегодня существует несколько типов «автоматов»: гидромеханическая коробка, вариатор, робот с одним или двумя сцеплениями. Гидромеханическая планетарная коробка передач является системой, состоящей из гидротрансформатора (ГДТ) и планетарной коробки. Принципы и основы планетарной передачи были известны еще в средние века, а гидротрансформатор создал немец Герман Феттингер в начале 20-го века.

Первым объединил коробку и гидротрансформатор американский изобретатель Азатур Сарафян, более известный под именем Оскар Бэнкер. Именно он запатентовал автоматическую коробку передач в 1935г., хотя для получения патента больше 7 лет отстаивал свое право в борьбе с крупными автопроизводителями.

Родился Сарафян в 1895 году. Его семья оказалась в США в результате печально известного геноцида армян, который имел место быть в Османской империи. Обосновавшись в Чикаго, Азатур Сарафян сменил свое имя, став Оскаром Бэнкером.

Талантливый изобретатель создал различные полезные устройства, среди которых можно выделить несколько незаменимых сегодня решений (например, шприц-пистолет для смазки), однако главным его достижением является изоб-

ретенение первой автоматической гидромеханической коробки передач. В свою очередь, General Motors (GM), которая ранее устанавливала полуавтоматическую коробку передач на свои модели, первой перешла на АКПП.

## **ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ**

Важнейшим элементом, благодаря которому стало возможным появление полноценной АКПП, является гидротрансформатор.

Изначально этот узел появился в судостроении. Причина – вместо низкооборотистых паровых двигателей ближе к концу 19-го века появились более мощные паровые турбины. Такие турбины соединялись с винтом напрямую, что неизбежно привело к возникновению целого ряда технических проблем.

В конце 19 века в морском флоте в качестве корабельного двигателя все чаще стали применять быстроходные паровые турбины вместо прежних тихоходных паровых машин. Паровые машины соединялись с гребными винтами судов напрямую. Обратность гребных винтов увеличить не удавалось, и для соединения их с более высокооборотными паровыми турбинами требовался дополнительный механизм.

Высокооборотные шестеренные передачи большой мощности тогда делать не умели. Высказывалось предложение использовать гидравлические лопастные машины, чтобы двигатель вращал колесо лопастного насоса, и работа двигателя переходила в энергию жидкости, прокачиваемой насосом. Далее эта жидкость направляется в лопастную турбину, в которой энергия жидкости преобразуется в механическую энергию, используемую для вращения гребного винта.

В лопастном насосе (рис. 1) основными деталями являются подвод 1, лопастное колесо 2 и отвод 3. По подводу жидкость подается от всасывающего трубопровода к лопастному колесу. Из отвода жидкость через диффузор 4 поступает в напорный трубопровод. В лопастном колесе жидкость движется от

центра к периферии, поэтому колесо (и весь насос) называют центробежным. Уплотнение 5 предотвращает наружные утечки.

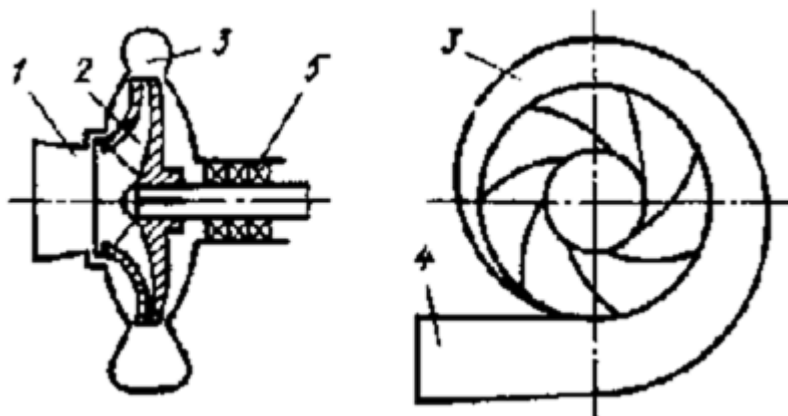


Рисунок 1 – Схема центробежного насоса консольного типа

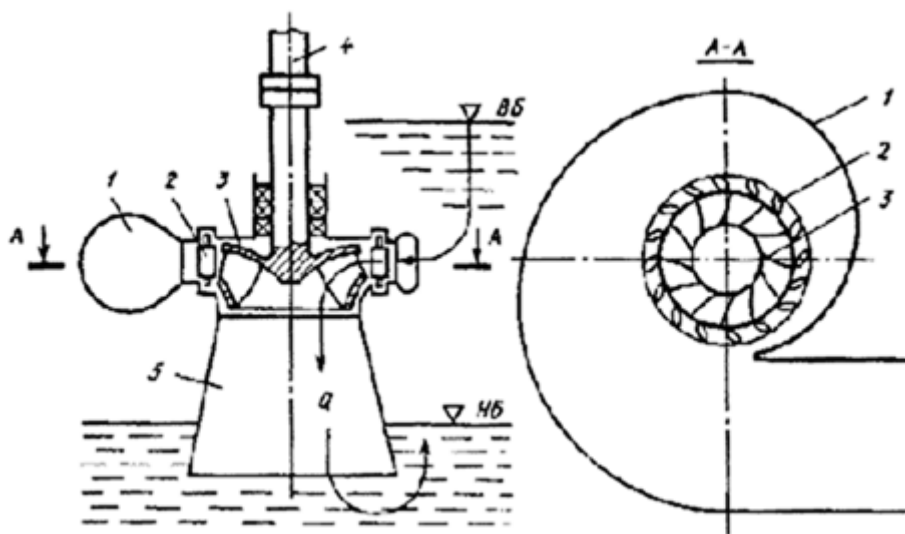


Рисунок 2 – Схема радиально-осевой гидравлической турбины

В гидравлической турбине (рис.2) жидкость поступает в спиральную камеру 1 и лопастное колесо 3 с верхнего бьефа ВБ. Отдавая энергию, жидкость приводит во вращение вал 4. Перед колесом установлен направляющий аппарат 2. Жидкость в колесе движется от периферии к центру (центростремительное колесо). Пройдя колесо, жидкость через отсасывающую трубу 5 сливается в нижний бьеф НБ.

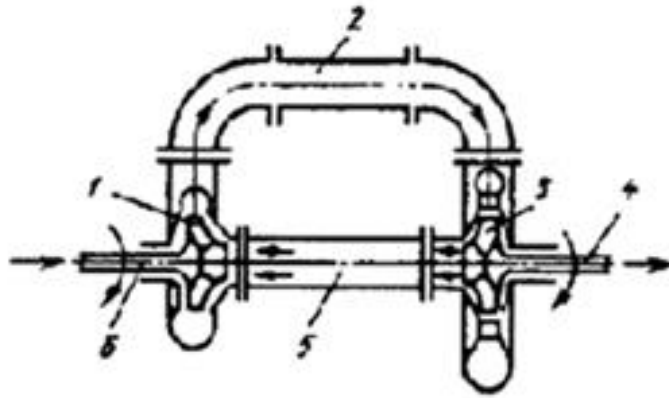


Рисунок 3 – Принципиальная схема гидродинамической передачи

Соединение насоса и турбины трубопроводами дает гидродинамическую передачу (рис.3).

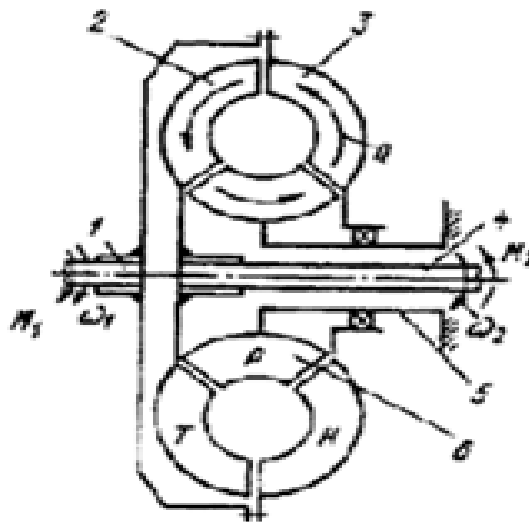


Рисунок 4 – Схема гидродинамического трансформатора (гидротрансформатора)

Такая передача теоретически возможна, но она не имеет практического смысла из-за чрезвычайно низкого коэффициента полезного действия (КПД). В начале 20-го века, когда обсуждалась такая возможность, лучшие насосы на лучших режимах работы имели КПД около 65%, а лучшие турбины около 80%. Поэтому общий КПД гидродинамической передачи такого вида даже на наилучших режимах работы не превысил бы 50%, что совершенно неприемлемо.

Выходом явилось изобретение проф. Г. Фетингером (Германия) новой гидравлической машины, объединяющей в одном корпусе все лопастные колеса



гидродинамической передачи - насос, турбину, направляющий аппарат (реактор) (рис.4).

В такой машине (патент 1902 г.) исключены потери энергии в трубопроводах, спиральных камерах, подводах и отводах, что почти вдвое увеличило КПД конструкции по схеме рис.5 по сравнению с КПД конструкции по схеме рис.4. В первой осуществленной конструкции (1908 г.) мощностью 100 л.с. был получен КПД 83% при максимальном коэффициенте трансформации  $K_o = 5$ . В 1912 г. на пассажирском пароходе "Тирпиц" КПД составил 88,5%. Позже на пароходе "Висбаден" при мощности 15 000 - 20 000 л.с. гидродинамический трансформатор имел КПД 91,3%.

Направляющий аппарат ГДТ (чаще называемый реактором) соединен с неподвижным корпусом и участвует в динамическом взаимодействии с потоком жидкости, изменяя его направление. При этом взаимодействии на реакторе возникает крутящий момент, благодаря чему момент на выходном валу не равен моменту на входном валу, т.е. происходит трансформация крутящего момента. Если реактора нет, то трансформации крутящего момента не происходит и крутящие моменты на насосном и турбинном колесах равны.

Гидродинамическая передача без реактора также была запатентована Г.Фетингером и получила название гидродинамической муфты (ГМ) (рис.5).

Как гидротрансформатор, так и гидромуфта, передают мощность при отсутствии жесткого соединения входного и выходного валов, благодаря чему двигатель и приводимая машина защищены от вредных динамических перегрузок. Это продлевает срок службы машин. Возможность бесступенчатого и плавного изменения частоты вращения выходного вала позволяет гидродинамическим передачам выполнять функцию редуктора, упрощать и облегчать работу операторов машин. Эти преимущества побудили к использованию гидромеханических передач на автомобилях.

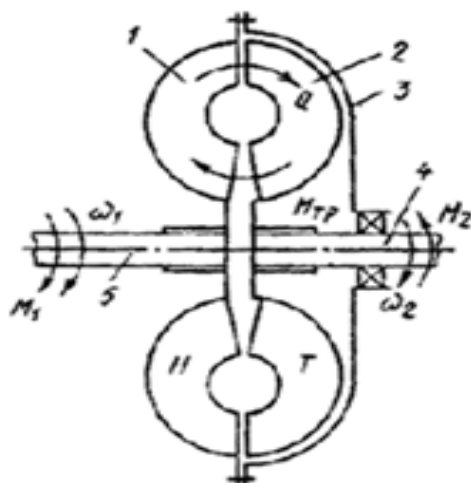


Рисунок 5 – Схема гидродинамической муфты (гидромуфты)

Успеху в применении ГМП на автомобилях способствовала возможность автоматического перехода гидротрансформатора в режим гидромуфты. Это достигается установкой реактора ГДТ на муфте свободного хода. Когда коэффициент трансформации становится равным единице, направление потока на входе в реактор совпадает с направлением потока на выходе из него, крутящий момент на колесе реактора меняет свой знак и реактор начинает свободно вращаться в потоке рабочей жидкости - гидротрансформатор превратился в гидромуфту, имеющую значительно более высокий КПД (до 98%). Такие ГДТ получили название комплексных.

Решением оказалось изобретение Г. Феттингера, который предложил гидравлическую машину, где лопастные колеса гидродинамической передачи, насос, турбина и реактор были объединены в одном корпусе.

Такой гидротрансформатор был запатентован в 1902 году и имел большое количество преимуществ по сравнению с другими механизмами и устройствами, которые могли бы преобразовать крутящий момент от двигателя.

Гидротрансформатор Феттингера минимизировал потери полезной энергии. При этом КПД устройства оказался высоким. На практике, указанный гидродинамический трансформатор, в среднем, обеспечивал на судах КПД около 90% и даже больше.

Перейдём к коробкам передач на автомобилях. В самом начале 20-го века (1904 год) изобретатели братья Стартевенты из города Бостон, США, представили раннюю версию автоматической коробки. Эта КПП на две передачи фактически являлась усовершенствованной МКПП, где переключения могли быть автоматическими. Другими словами, это был прототип коробки - робота. Однако в те годы по ряду причин серийное производство оказалось невозможным и от проекта отказались.



Рисунок 6 – Модель автомобиля FORD-T с автоматической КПП

Следующими автоматическую коробку начали ставить в компании Ford (рис. 6). Легендарная модель Model-T была оснащена планетарной коробкой передач, которая получила две скорости для движения вперед, а также заднюю передачу. Управление КПП было реализовано при помощи педалей.

Далее появилась коробка от компании Reo на моделях General Motors. Такая трансмиссия вполне может считаться первой РКПП, так как это была механическая коробка с автоматизированным сцеплением. Немного позже стала использоваться и планетарная система передач, еще больше приблизив момент появления полноценных гидромеханических автоматов.

Планетарный механизм (планетарная передача) наилучшим образом подходит для АКПП. Чтобы управлять передаточным числом, а также направлени-

ем вращения выходного вала, выполняется торможение отдельных частей планетарной передачи. При этом для решения задачи можно использовать относительно небольшие и постоянные усилия.

Другими словами, речь идет об исполнительных механизмах АКПП (фрикционы, ленточный тормоз). Также в те годы реализовать эффективное управление данными механизмами не составляло труда. Еще необходимость выровнять скорости отдельных элементов АКПП отсутствовала, так как все шестерни планетарной передачи находятся в постоянном зацеплении.

Если сравнить такую схему с попытками автоматизировать работу механической коробки, в то время это было крайне сложной задачей. Основной проблемой являлось то, что в те годы не было эффективных, быстрых и надежных сервомеханизмов (сервоприводов).

Указанные механизмы необходимы для того, чтобы перемещать шестерни или муфты включения для введения в зацепление. Сервомеханизмы также должны обеспечить большое усилие и рабочий ход, особенно если сравнивать усилие для сжатия пакета фрикционов или затяжки ленточного тормоза АКПП.

Качественное решение было найдено только ближе к середине XX века, а массовой роботизированная механика стала только за последние 10-15 лет (например, АМТ или преселективная коробка DSG).

В дальнейшем происходило развитие коробки автомат: эволюция гидромеханической АКПП.

Перед тем, как переходить к АКПП, нужно упомянуть коробку передач Уильсона. Водитель выбирал передачу при помощи подрулевого переключателя, а включение производилось посредством нажатия на отдельную педаль.

Такая трансмиссия была прообразом преселективной коробки передач, так как водитель заранее выбирал передачу, при этом ее включение осуществлялось только после нажатия на педаль, которая стояла на месте педали сцепления МКПП.

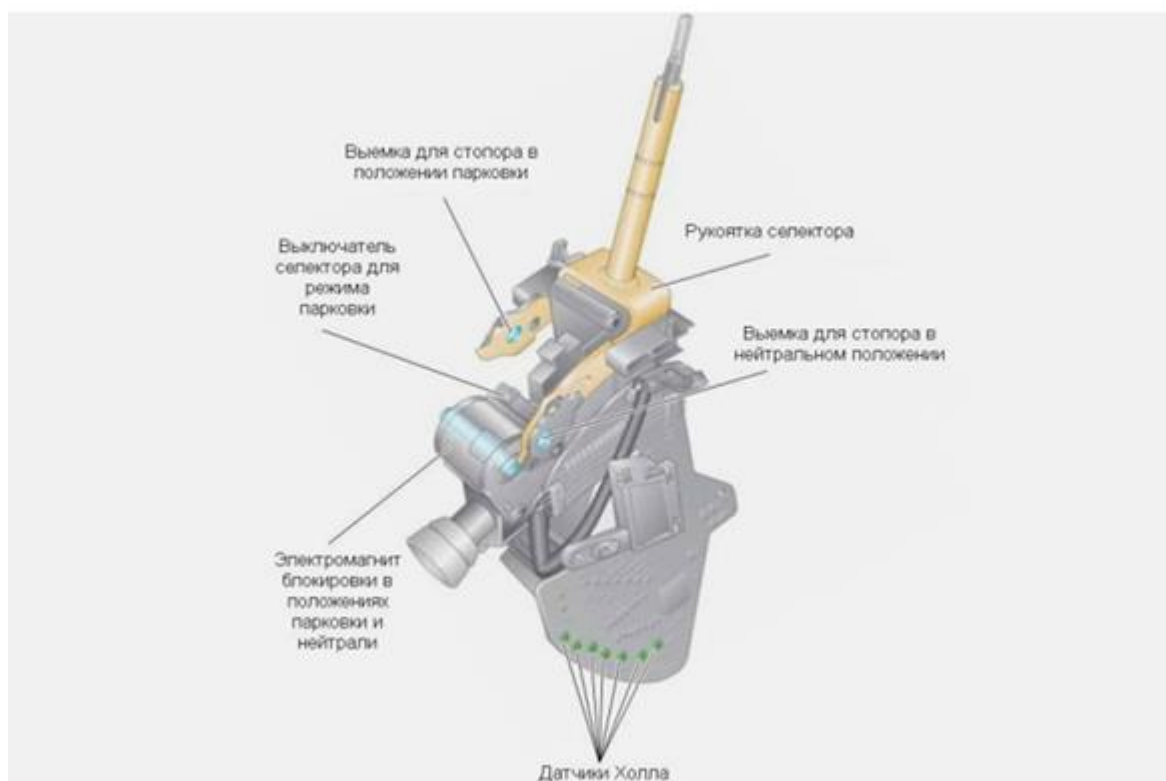


Рисунок 7 – Устройство селектора

Данное решение облегчало процесс управления ТС, переключения передач требовали минимум времени по сравнению с МКПП, которые в те годы не имели синхронизаторов. При этом значимая роль коробки Уильсона заключается в том, что это первая КПП с переключателем режимов, которая напоминает современные аналоги (режимы P-R-N-D) (рис. 7).

Таким образом, полностью автоматическую гидромеханическую коробку передач Hydra-Matic представила General Motors в 1940 году. Данную КПП ставили на модели Cadillac, Pontiac и т.д.

Такая трансмиссия представляла собой гидротрансформатор (гидромуфту) и планетарную коробку передач с автоматическим гидравлическим управлением. Управление было реализовано с учетом скорости движения автомобиля, а также положения дроссельной заслонки.

Коробка Hydra-Matic ставилась как на модели GM, так и на Bentley, Rolls-Royce, Lincoln и т.д. В начале 50-х специалисты Mercedes-Benz взяли данную коробку за основу и разработали собственный аналог, который работал по схожему принципу, однако имел целый ряд отличий в плане конструкции.

Ближе к середине 60-х автоматические гидромеханические коробки передач достигли пика своей популярности. Также появление синтетических смазок на рынке ГСМ позволило удешевить их производство и обслуживание, повысить надежность агрегата. Уже в те годы АКПП не сильно отличались от современных версий.

В 80-х стала прослеживаться тенденция к постоянному увеличению числа передач. В автоматических коробках сначала появилась четвертая передача, то есть повышенная. Одновременно стала использоваться и функция блокировки гидротрансформатора.

Также четырехступенчатые автоматы стали управляться при помощи электронного блока управления, что дало возможность избавиться от многих механических элементов управления, заменив их соленоидами.

Например, первыми внедрение электронной системы управления автоматической коробкой передач реализовали специалисты Toyota в 1983 г. Далее Ford в 1987 году также перешел на использование электроники для управления повышающей передачей и блокировочной муфтой гидротрансформатора.

Сегодня АКПП продолжает эволюционировать. С учетом жестких экологических стандартов и роста цен на топливо производители стремятся повысить КПД трансмиссии, добиться топливной экономичности.

Для этого увеличивается общее количество передач, скорость переключений стала очень высокой. Сегодня можно встретить АКПП, которые имеют 5, 6 и более «скоростей». Основная задача – успешно конкурировать с преселективными роботизированными коробками типа DSG.

При этом параллельно происходит и постоянное усовершенствование блоков управления АКПП, а также программного обеспечения. Изначально это были системы, которые только определяли момент переключения передачи и отвечали за качество включений. В дальнейшем в блоки стали «зашивать» программы, которые способны подстраиваться под манеру езды, динамично меняя алгоритмы переключения передач (например, адаптивные АКПП с режимами эконом, спорт).

Позже появилась и возможность ручного управления АКПП (например, Tiptronic), когда водитель может самостоятельно определять моменты переключения передач подобно механической коробке. Дополнительно коробка автомат получила расширенные возможности в плане самодиагностики, контроля температуры трансмиссионной жидкости и т.д.

## КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМОВ АКПП

Все разнообразие автоматических трансмиссий ступенчатого типа, применяемых сегодня, условно можно разделить на два варианта. Основное различие их заключается в системах управления и контроля за использованием трансмиссии. Для первого типа характерно то, что функции управления и контроля выполняются специальным гидравлическим устройством. А во втором типе функции управления и контроля выполняет электронное устройство.



Рисунок 8 – АКПП полноприводного автомобиля

Составные части же и узлы автоматических трансмиссий обоих типов практически одинаковы. Существуют некоторые различия в компоновке и устройстве автоматической трансмиссии переднеприводного и заднеприводного автомобиля. Автоматическая трансмиссия для переднеприводных автомоби-

лей более компактна и имеет внутри своего корпуса отделение главной передачи - дифференциал. Несмотря на эти отличия, основные функции и принцип действия всех автоматов одинаковы.



Рисунок 9 – Схема работы АКПП

Для того чтобы обеспечить движение, а также для выполнения других своих функций, автоматическая трансмиссия должна быть оснащена следующими узлами: гидротрансформатором, планетарным рядом с дисковыми фрикционными пакетами и ленточными тормозами, узлами управления и контроля.

1. Гидротрансформатор (ГТ) – соответствует сцеплению в механической трансмиссии, но не требует непосредственного управления со стороны водителя.

2. Планетарный ряд - соответствует блоку шестерен в механической коробке передач и служит для изменения передаточного отношения в автоматической трансмиссии при переключении передач. Тормозная лента, пакеты фрикционов – компоненты, посредством которых осуществляется переключение передач.

3. Устройство управления. Этот узел состоит из маслосборника (поддон коробки передач), шестеренчатого насоса и клапанной коробки. Клапанная ко-



робка представляет собой систему каналов с расположенными в них клапанами и плунжерами, которые выполняют функции контроля и управления. Это устройство совместно с электронным блоком управления преобразует скорость движения автомобиля, нагрузку двигателя и степень нажатия на педаль газа в гидравлические сигналы. На основе этих сигналов, за счет последовательного включения и выхода из рабочего состояния фрикционных блоков, автоматически изменяются передаточные отношения в коробке передач.

**Гидротрансформатор** (или torque converter в зарубежных источниках) служит для передачи крутящего момента непосредственно от двигателя к входному валу автоматической коробки передач. Он установлен в промежуточном кожухе, между двигателем и коробкой передач и выполняет функции обычного сцепления. В процессе работы этот узел, наполненный трансмиссионной жидкостью, несет довольно высокие нагрузки и вращается с достаточно большой скоростью. Он не только передает крутящий момент, поглощает и сглаживает вибрации двигателя, но и приводит в действие масляный насос, находящийся в корпусе коробки передач. Крутящий момент в нем передаётся от двигателя к первичному валу АКПП за счет гидравлического давления специальной жидкости. Прямая механическая связь между ДВС и АКПП отсутствует. Масляный насос наполняет трансмиссионной жидкостью гидротрансформатор и создает рабочее давление в системе управления и контроля. Поэтому является неверным мнение о том, что автомобиль, оснащенный автоматической трансмиссией, можно завести принудительно, не используя стартер, а разогнав его до высокой скорости.



Рисунок 10 – Гидротрансформатор

Гидротрансформатор (рис.11) состоит из трёх основных частей: насосного колеса, турбинного колеса и реактора.

Насосное колесо зафиксировано на маховике двигателя. По диаметру колеса на нем под расчётным углом расположены лопасти определенной геометрической конфигурации. При работе двигателя и вращении это маховика насосное колесо также вращается. При этом лопасти захватывают трансмиссионную жидкость, которой наполнен гидротрансформатор, и отбрасывают её по направлению к турбинному колесу, создавая направленный поток жидкости определенного давления.

Турбинное колесо соединено с входящим валом АКПП шлицевым соединением. На этом колесе также имеются лопасти определенной геометрической конфигурации, расположенные под некоторым углом. Движущаяся жидкость от насосного колеса воздействует на лопасти колеса турбинного и заставляет его вращаться, вращая входной вал АКПП. Поток жидкости направляется обратно к насосу.

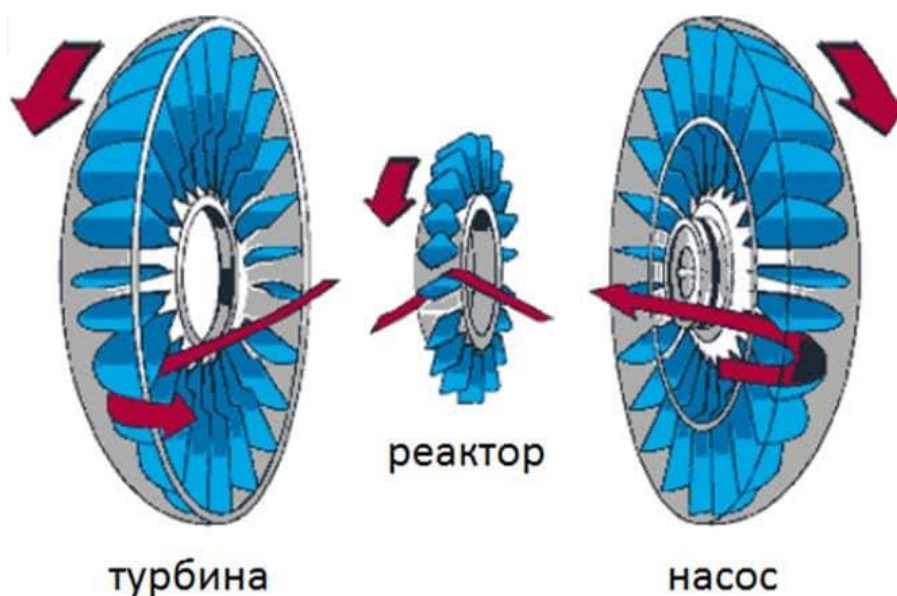


Рисунок 11 – Схема устройства гидротрансформатора

Для того чтобы жидкость, возвращающаяся от турбинного колеса к насосному, не воздействовала в обратном направлении на лопапки насосного колеса, создавая тем самым сопротивление их движению, между насосным и турбинным колесами установлен реактор.

Реактор представляет собой колесо меньшего размера с лопастями, предназначенными для перенаправления возвращающейся от турбинного колеса жидкости в сторону вращения маховика. Тем самым реактор помогает не только избежать сопротивления вращению насосного колеса, но и помогает, при определенных условиях, увеличить крутящий момент двигателя.

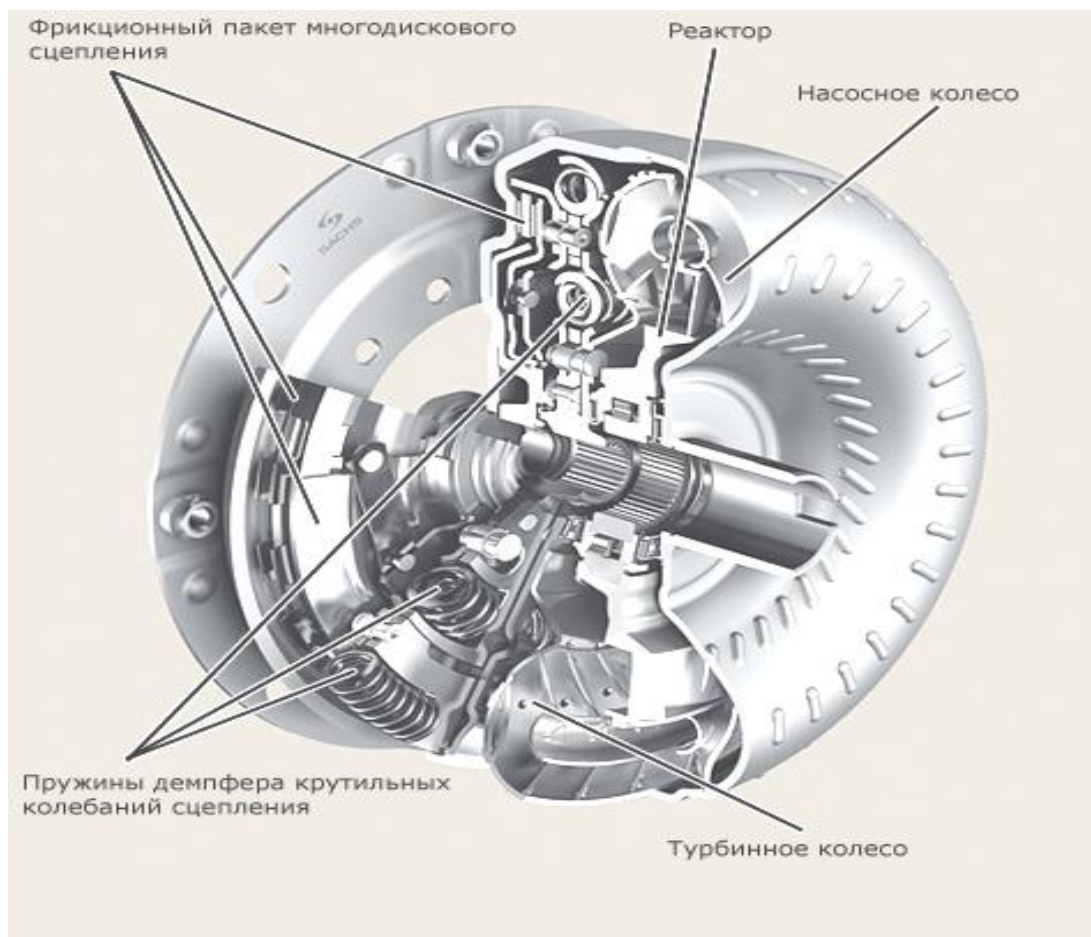


Рисунок 12 – Гидротрансформатор с фрикционным пакетом сцепления

В некоторых случаях надобность в преобразовании крутящего момента и скорости отпадает, в определённые моменты гидротрансформатор и вовсе может быть заблокирован при помощи фрикционного сцепления (рис. 12). Этот режим помогает довести КПД передачи практически до единицы, проскальзывание между лопаточными колёсами в этом случае исключено по определению.

Полезная энергия в гидротрансформаторной трансмиссии расходуется на перекачивание (и нагрев) масла гидротрансформатором. Также немало энергии потребляет насос, который создаёт рабочее давление в управляющих магистралях. Отсюда более низкий КПД, чем у механических, роботизированных и бесступенчатых КПП.

Гидротрансформатор является идеальным демпфером крутильных колебаний и способен гасить сильные толчки, которые передаются от двигателя на трансмиссию и наоборот. Это очень благоприятно сказывается на ресурсе дви-

гателя, трансмиссии и ходовой части. Но, такой элемент не позволяет завести автомобиль с «толкача».

**Планетарный ряд.** Коробки, которые работают в паре с гидротрансформаторами, обычно включают в себя ряд планетарных передач и имеют много общего с привычными нам «ручными» коробками.

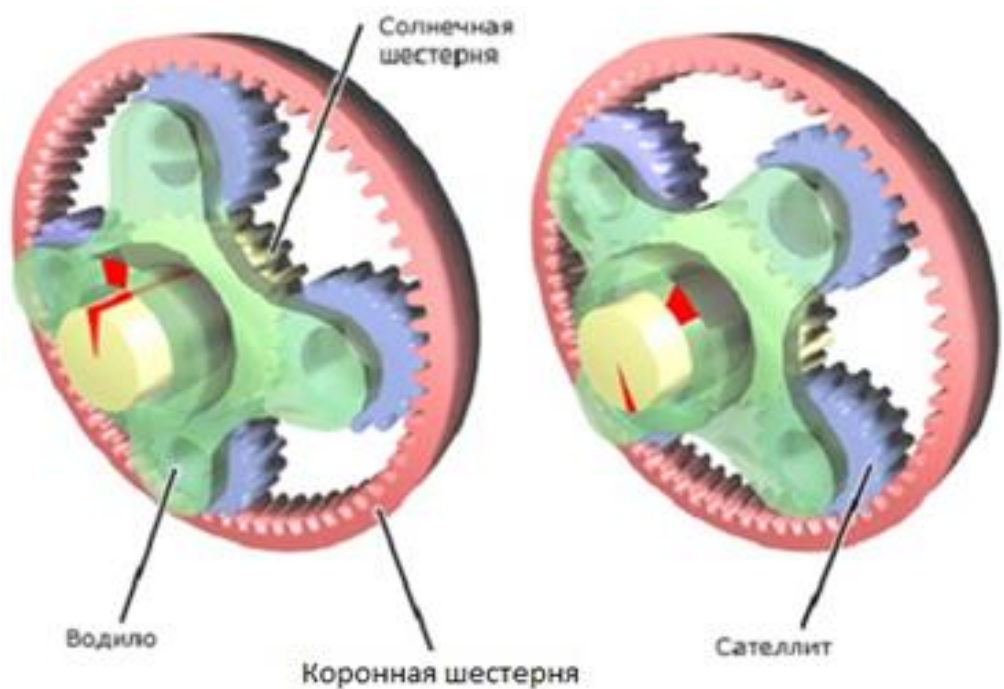


Рисунок 13 – Схема компоновки планетарного редуктора

В отличие от простой механической трансмиссии, в которой используются параллельные валы и сцепляющиеся между собой шестерни, в автоматических трансмиссиях в подавляющем большинстве используются планетарные передачи (рис. 13). Особенности конструкции планетарного редуктора позволяют при компактных размерах изменять передаточные отношения трансмиссии и направление движения транспортного средства.

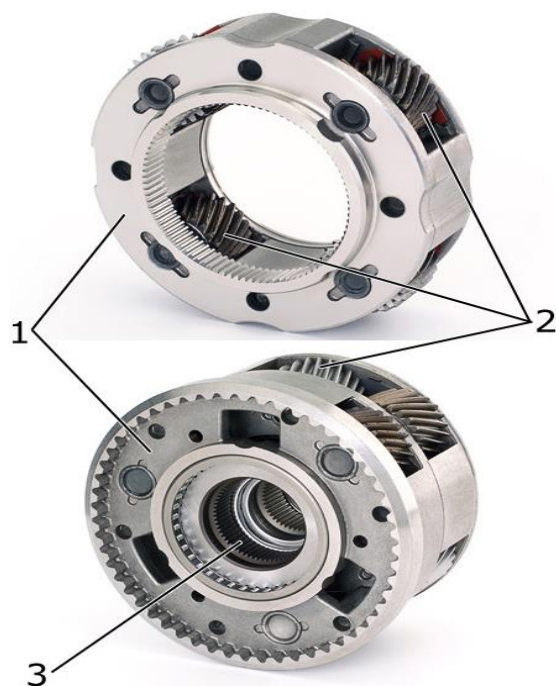


Рисунок 14 – Планетарная передача:

1 – водило, 2 – сателлиты, 3 – шлицы солнечной шестерни.

В механической коробке шестерни находятся в постоянном зацеплении, при этом ведомые — свободно вращаются на вторичном валу. Включая какую-либо передачу, мы механически блокируем соответствующую шестерню на ведомом валу. Работа автоматической коробки передач построена на таком же принципе. Но планетарные передачи (или редукторы) имеют некоторые интересные особенности. Они включают в себя несколько элементов: водило, сателлиты, солнечную и коронную шестерни.

Изменение передаточных чисел происходит благодаря торможению одних элементов редуктора и одновременной передаче вращения другим. Для передачи движения используются фрикционные пакеты, состоящие из ведущих и ведомых дисков.

Когда передача работает в режиме повышения частоты, двигатель вращает водило. Выходной вал передачи при этом соединён с солнечной шестерней, в это время коронная шестерня зафиксирована. Если коронную шестерню отпустить и в это время при помощи фрикциона её зафиксировать относительно водила, передача получится прямой. Передача получается понижающей в том

случае, когда движок приводит в действие солнечную шестерню, и при этом водило зафиксировано. Мощность при этом снимается с коронной шестерни.

При перенаправлении потока масла под давлением, создаваемым насосом внутри АКПП, поршень приводного цилиндра прижимает ведущие диски (постоянно получающие крутящий момент) к ведомым (соединенным с определенной частью редуктора).

**Пакеты фрикционов** (рис. 15) состоят из нескольких колец — неподвижных и подвижных. Они свободно вращаются друг относительно друга до тех пор, пока не возникнет необходимость включить передачу. Гидравлический толкатель зажмёт фрикционы тогда, когда в соответствующей магистрали будет создано рабочее давление. Подвижные элементы фрикциона, жёстко связанные, например, с водилом планетарной передачи, будут застопорены, водило остановится, передача включится.

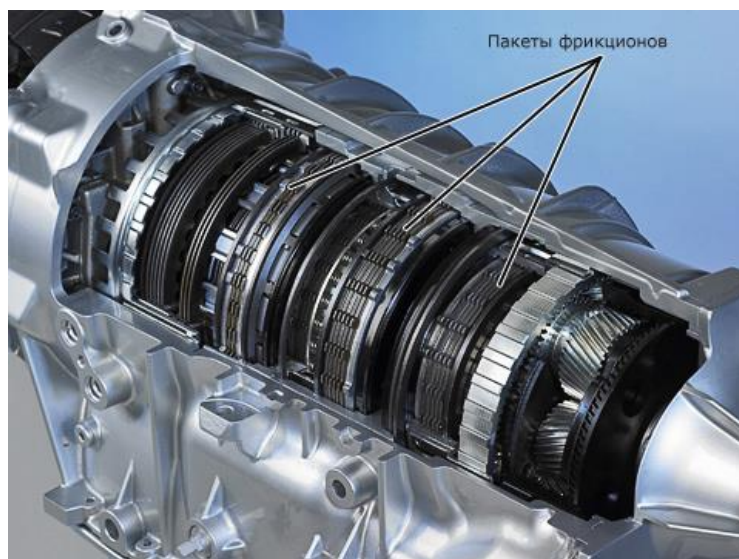


Рисунок 15 – Расположение в АКПП пакетов фрикционов

На фрикцион давит гидравлический толкатель, который в свою очередь приводится в действие давлением рабочей жидкости, той самой, что используется в гидротрансформаторе. Давление это создаётся специальным насосом, а распределяется оно между соответствующими фрикционами передач под неусыпным контролем электроники при помощи специальной системы элек-

тромагнитных клапанов — соленоидов в соответствии с алгоритмом работы коробки.

Составные части фрикциона. Поршень (piston) приводится в действие давлением масла. Двигаясь под давлением масла вправо (по рисунку), поршень посредством конического диска (dished plate) плотно прижимает ведущие диски пакета к ведомым, заставляя их вращаться как единое целое и осуществляя передачу крутящего момента от барабана к втулке. В корпусе самой коробки передач расположены несколько планетарных механизмов, они и обеспечивают необходимые передаточные отношения. А передача крутящего момента от двигателя через планетарные механизмы к колесам происходит с помощью фрикционных дисков, дифференциала и других сервисных устройств. Управление всеми этими устройствами осуществляется благодаря трансмиссионной жидкости через систему управления и контроля.

**Тормозная лента.** Устройство, используемое для блокировки элементов планетарного ряда.

Тормозная лента служит для кратковременной блокировки элементов планетарного механизма АКПП. Лента фиксируется на корпус коробки, ее конструктивные особенности обеспечивают надежное удержание на требуемый период времени. Происходит все очень быстро, буквально за доли секунды.

Лента имеет два конца: один закреплен на корпусе коробки; второй конец ленты соединен с поршнем сервопривода.

Механизмы АКПП приводятся в действие трансмиссионной жидкостью, не является исключением здесь и блокировочный механизм. Когда масло попадает в полость включения привода, его давление перемещает поршень. По мере движения последнего лента зажимается, планетарный ряд фиксируется. Манипуляция исполняется требуемый промежуток времени.

Затем, когда настает время разблокировки «планетарки», жидкость поступает в полость выключения. По мере выравнивания давления жидкости лента ослабевает, на поршень начинает действовать особая возвратная пружина, и он возвращается в исходное состояние. Тормозная лента освобождается полностью.



Обычно лента производится из гибкого металлического сплава и состоит из множества полос такого. Металл, при своей гибкости, достаточно прочен и выдерживает высокие нагрузки на истирание и разрыв. Чтобы сделать ленту более долговечной и надежной, на внутреннюю ее часть на заводе наносят фрикционное покрытие.

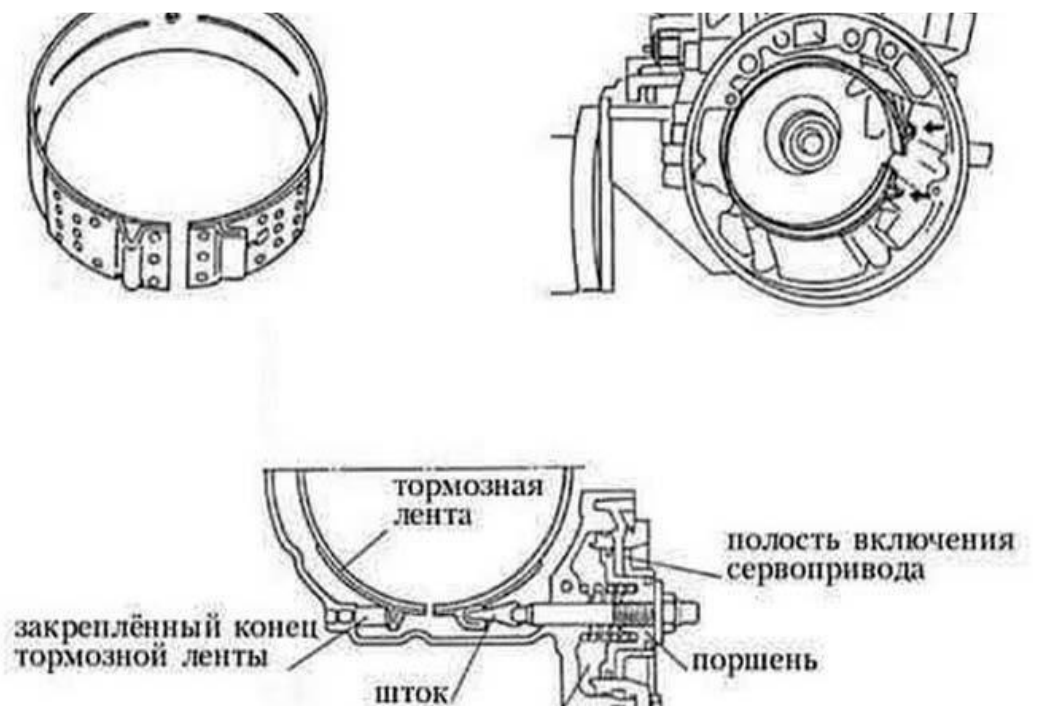


Рисунок 16 – Тормозная лента, её размещение и работа в АКПП

## РЕЖИМЫ РАБОТЫ АКПП

В автоматических трансмиссиях первого поколения системы управления были целиком гидравлическими. В дальнейшем гидравлику оставили только в качестве исполнительной части системы управления, задавать же алгоритм работы стала электроника. Благодаря ей возможно реализовывать различные алгоритмы работы коробки — режим резкого ускорения, спортивный, экономичный, зимний и т.д.

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 максималь-

ный крутящий момент. При дальнейшем ускорении частота вращения коленчатого вала доводится до максимальных значений, при которых двигатель развивает максимальную мощность. И так далее. Автомобиль в этом случае развивает значительно большие ускорения по сравнению с теми, что осуществляются при работе «экономичной» или «нормальной» программ.

На большинстве современных автомобилей с автоматической трансмиссией те или иные алгоритмы управления активизируются в зависимости от манеры вождения. Электроника адаптирует работу тандема двигатель-трансмиссия самостоятельно. Компьютер, анализируя информацию от многочисленных датчиков, принимает решение о переключении передач в те или иные моменты, в зависимости от требуемого характера переключений. Если манера движения размеренная и плавная, контроллер делает соответствующие поправки, при которых двигатель не выводится на мощностные режимы работы, что положительно сказывается на расходе топлива. Как только водитель «занервничал» и начал чаще и резче нажимать на педаль газа, искусственный интеллект тут же понимает, что ускорения и разгоны нужно производить резвее, и силовой агрегат сразу же начнёт работать по «спортивной» программе. Если же водитель станет педальировать плавно, «умная» электроника переведёт коробку и двигатель в штатный режим работы.

Одна из последних разработок компании ZF — восьмиступенчатая гидромеханическая коробка передач. Как сообщают сами создатели, коробка позволяет экономить до 6% топлива по сравнению с аналогичными шестиступенчатым «автоматом» и 14% по сравнению с пятиступенчатым. Всё логично, большое количество передач позволяет увеличить время, при котором двигатель работает в наиболее «эффективном» режиме и удельный расход топлива минимален.

Всё большее количество автомобилей оснащается коробками, в которых наряду с автоматическим предусмотрен и полуавтоматический режим управления. Здесь команды на переключение передач даёт водитель, а сами переключения обеспечивает система управления. Но это совсем не означает, что элек-

троника позволит «сильно разгуляться». Часто скорость перехода с одной передачи на другую в этом режиме увеличивают, но многие производители, заботясь о ресурсе силового агрегата, время переключений оставляют таким же, как в автоматическом режиме. Машиностроители называют эти системы по-разному — Autostick, Steptronic, Tiptronic.

Электроника из года в год становится всё умнее. Компьютеры научили анализировать степень износа фрикционов и генерировать соответствующее давление, необходимое для включения каждой муфты. Регистрируя давление, можно прогнозировать степень износа фрикционных дисков, а следовательно, и коробки в целом. Блок управления постоянно контролирует исправность системы, записывая в свою память коды неисправностей тех элементов, в которых происходили сбои в процессе работы.

В некоторых форс-мажорных случаях блок управления начинает работать по обходной программе. Обычно в аварийном режиме в коробке передач заперщаются все переключения, и включается какая-либо одна передача, как правило, — вторая или третья. Эксплуатировать, в этом случае автомобиль не рекомендуется (да и не получится), но доехать своим ходом до мастерской программа поможет.

Все типы коробок способны доставлять радость владельцам автомобилей своей службой при пробеге от 200 до 500 тысяч километров с лишним. Но есть одно «но» — безотказная работа возможна при правильной эксплуатации и регулярном квалифицированном ТО.

## **УПРАВЛЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ**

«Р» — parking. В этом режиме все передачи выключены, выходной вал КПП и «ветка» трансмиссии, связанная с ведущими колёсами, заторможены блокирующим механизмом коробки. При работающем двигателе ограничитель частоты вращения коленчатого вала срабатывает гораздо раньше, чем при разгоне. Такой режим не позволяет развивать большие обороты двигателя.

«R» — reverse, по-русски — задний ход.

«N» — нейтраль. В этом режиме двигатель и ведущие колёса не связаны. Автомобиль может двигаться накатом, его можно также буксировать без вывешивания ведущей оси.



Рисунок 17 – Селектор управления АКПП

Режим «D» или «Drive» разрешает движение. В этом режиме смена передач осуществляется автоматически.

«S», «Sport», «PWR», «Power» или «Shift» — спортивный режим. Самый динамичный и самый расточительный. При разгонах двигатель «загоняется» в режим максимальной мощности. Скорость перехода с одной передачи на другую (в зависимости от конструкции и программы) может быть увеличена. Двигатель в этом случае всегда находится в тонусе, как правило, работая на оборотах, которые не ниже тех, на которых развивается максимальный крутящий момент. Экономичность при таком режиме минимальна.

«Kick-down» — режим, в котором осуществляется переход на пониженную передачу для осуществления интенсивного ускорения, например, при обгоне. Резкий подхват происходит за счёт того, что двигатель выводится в режим максимальной отдачи, и за счёт большего передаточного отношения понижающей передачи. Чтобы трансмиссия перешла в этот режим, по педали газа нужно

хорошенько топнуть. В трансмиссиях более старшего поколения для срабатывания «кикдауна» нужно было обязательно нажать педаль газа, что называется, «в пол» до характерного щелчка.

При работе в режиме «Overdrive» или «O/D» повышающая передача будет включаться чаще, переводя двигатель на пониженные обороты. «Овердрайв» обеспечивает экономичное передвижение, но его активация может привести к существенной потере в динамике.

«Norm» реализует наиболее сбалансированный режим движения. Переключения на повышающие передачи, как правило, происходят по достижении средних оборотов и на оборотах несколько выше средних.

Если поставить селектор напротив «1» (L, Low), «2» или «3», ваша коробка не будет переходить выше выбранной передачи. Режимы востребованы в тяжёлых дорожных условиях, например, при движении по горным дорогам, при буксировке прицепа или другого автомобиля. В этом случае двигатель может работать в области средних и высоких нагрузок без перехода на повышающую передачу.

«W», «Winter», «Snow» — так называемый «зимний» режим работы АКПП. В целях предотвращения пробуксовки ведущих колёс трогание с места осуществляется со второй передачи. Дабы не спровоцировать лишние проскальзывания, переход с одной передачи на другую в этом случае тоже может осуществляться более мягко и при более низких оборотах. Разгон при этом может быть не слишком динамичным.

Наличие значков «+» и «-» определяет совсем не полноту, а возможность ручного переключения передач. Разные производители переключать передачи позволяют по-разному: селектором управления АКПП, кнопками на руле или подрулевыми переключателями... В этом режиме электроника не позволит перейти на те передачи, которые, по её мнению, неуместны в данный момент. При работе со знаками «сложения» и «вычитания» скорость смены ступеней не будет выше той, что определена программой в режиме «Sport». Достоинство ручного режима — возможность действовать на опережение.

## ЖИДКОСТЬ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

Если из двигателя слить моторное масло, то он запустится и некоторое время будет даже работать, а если же из автоматической коробки передач (АКП) удалить рабочую жидкость, то она моментально станет ни к чему не пригодным набором сложных механизмов.

Гидравлическая жидкость, применяемая в АКПП, называется ATF. К ней предъявляются более высокие требования по вязкости, антифрикционным, антиокислительным, противоизносным и противопенным свойствам, чем к нефтепродуктам для других агрегатов.

Поскольку автоматические коробки передач включают в себя несколько совершенно разных узлов – гидротрансформатор, шестеренчатую коробку передач, сложную систему управления – спектр функций масла очень велик: оно смазывает, охлаждает, защищает от коррозии и износа, передает крутящий момент и обеспечивает фрикционное сцепление.

Средняя температура жидкости в картере автоматической коробки передач составляет +80...+90 °С, а в жаркую погоду при городском цикле движения может подниматься до +150 °С.

Конструкция автоматической коробки такова, что если с двигателя снимается мощность большая, чем нужно для преодоления дорожного сопротивления, то ее избыток расходуется на внутреннее трение жидкости для автоматической коробки передач, которая еще больше нагревается. Высокие скорости движения жидкости в гидротрансформаторе и температура вызывают интенсивную аэрацию, приводящую к вспениванию, что создает благоприятные условия для окисления жидкости и коррозии металлов.

Разнообразие материалов в парах трения (сталь, бронза, металлокерамика, фрикционные прокладки, эластомеры) затрудняет подбор антифрикционных присадок, а также создает электрохимические пары, в которых при наличии кислорода и воды активизируется коррозионный износ. В таких условиях жид-

кость должна сохранять не только свои эксплуатационные свойства, но и как передающая крутящий момент среда обеспечивать высокий КПД трансмиссии.

Поэтому жидкость для автоматических трансмиссий называют именно **ЖИДКОСТЬЮ**, а не маслом. Какая разница – жидкость или масло? Разница есть и весьма существенная.

Маслом в технике принято называть вещество, используемое в первую очередь для смазывания трущихся поверхностей деталей и механизмов. В отличие от него, применяемая в АКПП жидкость выполняет множество иных функций, не свойственных маслам. Да и работает она в запредельных для масел условиях.

Принципиальным отличием автоматических трансмиссий от механических является то, что при движении автомобиля между коленчатым валом двигателя и первичным валом АКПП нет жесткой связи. Роль сцепления здесь возложена на гидротрансформатор. Именно он осуществляет передачу крутящего момента от двигателя к коробке. Главным связующим звеном, т.е. рабочим телом, является ATF.

Кроме того, ATF используется для передачи управляющего давления на фрикционы многодисковых сцеплений, вызывая включение той или иной передачи в автоматической коробке.

Таким образом, использование каких-либо иных смазывающих материалов в качестве трансмиссионной жидкости для автоматической коробки недопустимо, т.к. они не отвечают описанным выше требованиям, и в большинстве случаев их использование приводит к быстрой поломке трансмиссии. Тип используемой жидкости, как правило, указан на масляном щупе автоматической трансмиссии или в паспорте автомобиля. В большинстве автомобилей с АКПП используется жидкость типа DEXRON – DEXRON II, DEXRON III и т.п.

DEXRON I, II, III – действующие в настоящее время спецификации жидкостей для автоматических коробок передач фирмы General Motors. Чем выше по значению римская цифра после слова DEXRON, тем более современной в

плане требований является трансмиссионная жидкость. Она не только включает в себя все предыдущие спецификации, но и ужесточает их.

Помимо спецификаций DEXRON, несмотря на их популярность, существует великое множество иных типов трансмиссионных жидкостей для автоматических коробок, отличающихся по своим требованиям. К примеру, фирма Ford (тип жидкостей Mercon) отдает предпочтение коэффициенту трения, который увеличивается со снижением скорости скольжения, в то время как фирма General Motors в данном случае требует снижения коэффициента трения.

Поэтому держать масло в коробке в полной чистоте и на нужном оптимальном уровне водителям крайне необходимо, чтобы данная трансмиссия не вышла из строя, раньше установленного заводом изготовителем срока службы. Также важно использовать в коробке передач только то трансмиссионное масло, которое было рекомендовано заливать в АКПП автопроизводителем.

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ**

В процессе эксплуатации большинство проблем с автоматическими коробками передач начинаются от их перегрева. При высоких температурах жидкость в АКПП начинает окисляться и терять свои эксплуатационные свойства.

В конечном итоге из-за такого окисления в коробке передач образуются соответствующие отложения. Проверите жидкости трансмиссии после ее перегрева обнаружит, что трансмиссионная жидкость стала темной или вообще грязной, а еще она будет иметь неприятный запах гари.

Кроме того, из-за высокой температуры резиновые уплотнения и уплотнительные кольца в автоматической трансмиссии становятся твердыми и хрупкими.

Рано или поздно эти изменения в коробке все-равно приведут к одному: к ее поломке.

Также частой причиной поломки автоматической трансмиссии становится ее ненадлежащее техническое обслуживание.



Интервалы замены трансмиссионной жидкости в автоматических коробках передач варьируются по-разному: начиная от 40.000 - 50.000 тыс. км пробега и заканчивая пробегом в 100.000 тыс. км. В некоторых автомобилях производители просто не указывают интервалы замены жидкости в АКПП, так как некоторые модели коробок считаются не обслуживаемыми и после определённого пробега подлежат замене.

Чтобы узнать точный интервал плановой замены ATF в автоматической коробке передач для нужного автомобиля, вам необходимо обратиться к руководству по эксплуатации этого автомобиля или напрямую связаться с дилером.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите особенности работы АКПП.
2. Из каких частей состоит АКПП?
3. Принцип действия гидротрансформатора?
4. Из каких частей состоит гидротрансформатор?
5. Для чего нужен планетарный ряд?
6. Каков принцип изменения передаточного отношения планетарного редуктора?
7. Перечислите основные части планетарного редуктора.
8. Для каких целей в АКПП используются пакеты фрикционов?
9. Каким образом передается крутящий момент через пакеты фрикционов?
10. Для чего в АКПП используются тормозные ленты?
11. Как управляется действие тормозных лент?
12. Расскажите о режимах работы АКПП.
13. Какой тип гидравлических жидкостей применяется в АКПП?
14. Требования к гидравлической жидкости автоматической трансмиссии?
15. Особенности эксплуатации транспортных средств с автоматической трансмиссией.
16. Особенности обслуживания и ремонта транспортных средств с автоматической трансмиссией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкция тракторов и автомобилей. /Болотов А.К., Лопарев А.А., Судницин В.И. М.: КолосС, 2007. – 28,6 л.
2. Конструкция тракторов и автомобилей. /Поливаев О.И., Костиков О.М., Ворохобин А.В., Ведринский О.С. СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 288 с.
3. Семенов В.М., Власенко В.Н. Трактор. - М.: Агропромиздат, 1989. – 352 с.
4. <https://www.at-g.ru/articles/>

Учебное издание

Кузьменко Игорь Владимирович

# **АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ (АКПП)**

Учебно-методические указания для выполнения  
лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили»  
студентами инженерно-технологического института

по направлению подготовки:

23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

профиль: Машины и оборудование природообустройства и  
дорожного строительства

Редактор Адылина Е.С.

---

Подписано к печати 30.03.2023 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,03. Тираж 25 экз. Изд. №7494

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ