**Специальность: 23.02.01** «Организация перевозок и управление движением на транспорте»

**Курс:** 2. **Группа:** ОП-189-1,2.

**Дисциплина:** Технические средства (автомобильные)

**Преподаватель:** Тахтамиров Олег Борисович

**Тема:** Механические и автоматические коробки передач.

**Содержание учебного материала:**

**Трансмиссия:** Трансмиссия автомо­биля выполняет две функции: она передает крутящий момент от дви­гателя ведущим коле­сам автомобиля, а так­же изменяет его вели­чину и направление.

При передаче крутящего момента трансмиссия, кроме того, перерас­пределяет его между отдельными колесами.

Двигатели внутреннего сгорания, являющиеся на сегодняшний день основным источником энергии для автомобилей, имеют максимальные значения крутящего момента и мощности при разных значениях частоты вращения коленчатого вала двигателя. Для того чтобы ис­пользовать соответствующие обороты двигателя при различных скоростях движения авто­мобиля, необходимо иметь возможность изменять передаточное число трансмиссии. Общее передаточное число трансмиссии в любой момент времени можно определить отношением частоты вращения коленчатого вала двигателя к частоте вращения ведущих колес.

Крутящий момент, передающийся на ведущее колесо, определяет тяговое усилие, дейст­вующее в контакте колеса с дорогой. Это усилие определяется делением величины крутяще­го момента на радиус колеса. Для движения автомобиля необходимо, чтобы тяговое усилие было больше суммы сил сопротивления движению (силы сопротивления качению, силы сопротивления подъему, силы инерции, аэродинамического сопротивления). Сумма сил сопротивления движению изменяется в широких пределах в зависимости от условий движе­ния, поэтому трансмиссия автомобиля должна обеспечивать возможность изменения тяго­вого усилия путем изменения в широком диапазоне крутящего момента. Максимальное тяговое усилие ограничивается не возможностями двигателя и трансмиссии, а сцеплением колес с дорогой. Это усилие не должно превышать силу сцепления, иначе ведущие колеса будут проскальзывать и автомобиль не сможет двигаться. Силу сцепления можно опреде­лить, умножив часть массы автомобиля, приходящегося на одно колесо, на коэффициент сцепления. Коэффициент сцепления зависит от состояния дорожного покрытия, качества состояния шин и находится в пределах от 0,1 до 0,9.

Наибольшее суммарное тяговое усилие может быть реализовано, если все колеса авто­мобиля будут ведущими. Тем не менее для движения автомобиля по дорогам с твердым покрытием достаточно двух ведущих колес на одной оси. Увеличение числа ведущих колес приводит к усложнению трансмиссии и увеличению механических потерь, поэтому конструк­торам автомобилей приходится применять компромиссные решения в зависимости от на­значения автомобиля.

Выбор типа привода ведущих колес и компоновки автомобиля определяют возможность в наибольшей степени реализовать те или иные его свойства. Особенности привода оказы­вают влияние на топливную экономичность, безопасность, массу и компактность автомобиля, а также на показатели устойчивости, управляемости и тормозной динамики. Виды компоно­вок автомобиля, их преимущества и недостатки, а также типы трансмиссий были рассмотрены в гл. 1, а в этой главе будут рассмотрены особенности конструкций различных трансмиссий автомобилей.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ

У автомобилей классической компоновки с колесной формулой 4x2 крутящий момент от двигателя передается через сцепление к коробке передач. В коробке передач крутящий момент может ступенчато изменяться в соответствии с включенной передачей. Двигатель, сцепле­ние и коробка передач обычно объединяются в один блок, образуя силовой агрегат. От ко­робки передач крутящий момент передается через карданную передачу к главной передаче, где увеличивается, и далее через дифференциал и полуоси подводится к ведущим колесам. Главная передача, дифференциал и полуоси с колесами образуют ведущий мост.

Если силовой агрегат располагается в непосредственной близости от ведущего моста (переднеприводные автомобили и автомобили заднемоторной компоновки с задними веду­щими колесами), в трансмиссии можно обойтись без карданной передачи между коробкой передач и главной передачей. При такой компоновке главная передача и дифференциал обычно объединяются в один агрегат, а для привода ведущих колес используются полуоси с шарнирами.

Коробка передач (рис. 3.10 б) предназначена для изменения в широком диапазоне крутяще­го момента, а следовательно, и тягового усилия на ведущих колесах автомобиля и скоростей движения, для обеспечения движения задним ходом, а также для длительного разобщения двигателя от ведущих колес при работе двигателя на холостом ходу.

К коробке передач предъявляются следующие требования:

* обеспечение оптимальных тягово-скоростных свойств автомобиля при заданной харак­теристике двигателя;
* бесшумность в работе и переключении передач;
* легкость управления; высокий КПД.



Рис. 3.10 б. Коробка передач Иж-2126:1 - первичный вал; 2 - картер сцепления; 3 - задний подшипник первичного вала; 4 - болт крепления верхней крышки; 5 - верхняя крышка; 6 - пе­редний подшипник вторичного вала; 7 - блокирующее кольцо синхронизатора включения пере­дачи; 8 - ступица III-IV передач; 9 - муфта III-IV передач; 10 - шестерня III передачи; 11 - стопор­ное кольцо; 12 - ступица V передачи; 13 - муфта V передачи; 14 - шестерня V передачи; 15 - шестерня II передачи; 16 - роликовый подшипник; 17 - шпонка; 18 - муфта-шестерня зад­него хода; 19 - блокирующее кольцо синхронизатора включения II передачи; 20 - ступица I-II передач; 21 - шестерня I передачи; 22 - стержень рычага переключения передач; 23 - чехол рычага; 24 - рычаг переключения передач; 25 - задний подшипник вторичного вала; 26 - фла­нец эластичной муфты карданной передачи; 27 - ведущая шестерня привода спидометра; 28 - сальник вторичного вала; 29 - гайка фланца эластичной муфты; 30 - центрирующее коль­цо; 31 - вторичный вал; 32 - уплотнитель; 33 - грязеотражатель; 34 - шайба; 35 - задний болт промежуточного вала; 36 - болт крепления кронштейна задней опоры силового агрегата; 37 - гайка шпильки крепления задней крышки; 38 - задний подшипник промежуточного вала; 39 - задняя крышка коробки передач; 40 - прокладка задней крышки; 41 - игольчатый под­шипник; 42 - промежуточная шестерня заднего хода; 43 - ось промежуточной шестерни; 44 - промежуточный вал; 45 - картер коробки передач; 46 - передний подшипник промежуточ­ного вала; 47 - болт переднего подшипника промежуточного вала.

С появлением первых моторных экипажей появилась необходимость применения уст­ройств для изменения передаточного отношения от двигателя к колесам. Применявшиеся вначале ременные передачи, скопированные со станков, оказались несостоятельными и очень скоро стали вытесняться зубчатыми передачами. Первой подобной коробкой, полу­чившей широкое распространение на автомобилях, была коробка передач со скользящими шестернями, которые могли перемещаться на квадратном или шлицевом вале, для того что­бы входить в зацепление с шестернями, установленными на другом, параллельном первому, вале. Она сконструирована инженером Эмилем Левассором во Франции и в 1891 г. была ус­тановлена на автомобиле «Панар-Левассор».

По принципу действия коробки передач различают ступенчатые, бесступенчатые и ком­бинированные. Ступенчатые коробки передач имеют механический привод перемещения шестерен по валам, а бесступенчатые позволяют изменять крутящий момент на ведущих ко­лесах, не меняя положение педали «газа».

На большинстве легковых и грузовых автомобилях устанавливают ступенчатые ко­робки передач. Ступенчатые коробки передач могут иметь разное число применяемых валов. Долгое время на автомобилях применялись только трехвальные коробки пере­дач. Крутящий момент от двигателя передается с помощью сцепления на ведущий вал (первичный) коробки передач, на котором имеется шестерня. Параллельно ведущему валу располагается промежуточный вал с набором соединенных с ним шестерен. Веду­щий вал находится на одной оси с ведомым (вторичным) валом и может быть соединен с ним напрямую для получения прямой передачи с передаточным числом, равным еди­нице. Кроме того, одна из шестерен промежуточного вала находится в постоянном за­цеплении с шестерней ведущего вала, а другие — со свободно вращающимися на ведо­мом вале шестернями. Для движения автомобиля задним ходом необходимо добавить еще одну шестерню между шестерней промежуточного и шестерней ведомого вала, что позволит ведомому валу изменить направление своего вращения. Для переключения передач необходимо обеспечить возмож­ность жесткого соединения отдельных ше­стерен ведомого вала непосредственно с самим валом. На практике задача пере­ключения передач оказалась не такой простой. Для безударного включения пе­ре дач необходимо, что бы угловые скорости вращения шестерен на ведомом вале и скорость самого вала были равны. Пе­реключение передач на первых автомоби­лях было довольно трудной задачей, с кото­рой могли справляться только опытные водители, которые могли сочетать управление автомобилем с четкой работой педалями сцепления, «газа» и рычагом переключения передач. Процесс пере­ключения передач в механических трансмиссиях существенно упростился после изобретения синхронизатора.

Синхронизатор — специальная фрикционная муфта, которая обеспечивает вы­равнивание угловых скоростей шестерен, свободно вращающихся на вале, с угловой скоростью самого вала и не допускает их соединения до момента, пока указанные скорости не сравняются.

В трехступенчатых коробках передач, выпускавшихся в 1940-х гг., синхронизаторы при­менялись между второй и высшей передачами, а переключение на первую передачу требо­вало двойного выжима сцепления (так называемая перегазовка). Сегодня современные ступенчатые коробки передач имеют синхронизаторы на всех передачах, независимо от ко­личества ступеней.

Двухвальные коробки передач применяются в переднеприводных и заднеприводных (с задним расположением двигателя) автомобилях. Конструктивно их совмещают в одном блоке с двигателем, сцеплением, главной передачей и дифференциалом.

Поперечное расположение коробки передач (рис. 3.12) позволяет применять главную передачу с цилиндрическими шестернями. При продольной компоновке (рис. 3.13) применя­ется главная передача с коническими или гипоидными шестернями; последняя является бо­лее сложной в изготовлении и регулировке.

Основные достоинства двухвальных коробок передач:

* простота конструкции;
* малая масса;
* высокий КПД на промежуточных передачах (при передаче крутящего момента участвует только одна пара шестерен).

В то же время в двухвальной коробке передач нет прямой передачи (когда в передаче крутящего момента не участвуют шестерни) и максимальный КПД на высшей передаче ниже, чем на прямой передаче трехвальной коробки.

Максимальное передаточное число одной зубчатой пары коробки передач не должно превышать некоторого предела, близкого к 4, превышение которого приводит к увеличению габаритов и повышению уровня шума. Это ограничивает область применения двухвальных коробок передач только легковыми автомобилями малого класса.

Если двигатели с такими коробками устанавливаются поперечно в передней части автомобиля, то для конструкторов двухвальных коробок передач увеличение числа пере­дач, а, следовательно, и числа пар шестерен, представляет определенные трудности. Продольная коробка передач может быть легко увеличена по длине для размещения до­полнительных передач. Поперечно расположенный двигатель и коробка передач имеют ограничение по ширине, определяющееся расстоянием между колесными арками авто­мобиля. Так, конструкторы компании Volvo столкнулись с этой проблемой, когда потребо­валось установить поперечно на автомобиле Volvo 850 пятицилиндровый двигатель. Эта проблема была решена за счет использования в конструкции коробки передач М56 до­полнительного третьего вала. Два вала являются вторичными валами, на одном устано­влены промежуточные шестерни для первой и второй передач, а на другом — промежу­точные для пятой и задней. Промежуточные шестерни для третьей и четвертой установ­лены на первичном вале. Коробка передач имеет пять передач, три вала и два комплек­та шестерен.

За счет уменьшения числа шестерен на отдельном вале, появилась воз­можность выполнить валы короче, что позволило уменьшить длину коробки (до 335 мм) и увеличить их жесткость. При этом снижается шум при работе коробки и повышается ее долговечность. В настоящее время Volvo выпускает еще более короткую коробку пере­дач с четырьмя валами.

Трехвальные коробки передач (рис. 3.14) характеризуются наличием прямой пере­дачи. При этом на прямой передаче трехвальная коробка имеет более высокий КПД, чем двухвальная, так как в этом случае уменьшаются потери на трение. На остальных переда­чах трехвальной коробки в зацеплении находятся две пары зубчатых колес, в то время как у двухвальной — одна.



Рис. 3.12. Пятиступенчатая двухвальная коробка передач легкового автомобиля с попе­речным расположением двигателя: 1 — задняя крышка картера коробки передач; 2 — ве­дущая шестерня V передачи; 3 — шариковый подшипник первичного вала; 4 — ведущая ше­стерня IV передачи первичного вала; 5 — первичный вал; 6 — ведущая шестерня III передачи первичного вала; 7 — картер коробки передач; 8 — ведущая шестерня II передачи первичного вала; 9 — шестерня заднего хода; 10 — промежуточная шестерня заднего хода; 11 — ве­дущая шестерня I передачи первичного вала; 12 — роликовый подшипник первичного вала; 13 — сальник первичного вала; 14 — сапун; 15 — фланец муфты; 16 — подшипник выключения сцепления; 17 — направляющая втулка муфты; 18 — роликовый подшипник вторичного вала; 19 — вторичный вал; 20 — ось сателлитов; 21 — ведущая шестерня привода спидомет­ра; 22 — шестерня полуоси; 23 — коробка дифференциала; 24 — сателлит; 25 — картер сцеп­ления; 26 — пробка для слива масла; 27 — ведомая шестерня главной передачи; 28 — регу­лировочное кольцо; 29 — роликовый конический подшипник дифференциала; 30 — сальник полуоси; 31 — ведомая шестерня I передачи вторичного вала; 32 — синхронизатор I и II передач; 33 — ведомая шестерня II передачи вторичного вала; 34 — стопорное кольцо; 35 — упорное полукольцо; 36 — ведомая шестерня III передачи вторичного вала; 37 — синхронизатор III и IV передач; 38 — ведомая шестерня IV передачи вторичного вала; 39 — шариковый под­шипник вторичного вала; 40 — ведомая шестерня V передачи вторичного вала; 41 — син­хронизатор V передачи; 42 — игольчатый подшипник; 43 — вилка переключения передач



Рис. 3.13. Конструкция двухвальной пятиступенчатой коробки передач при перед­нем приводе и продольном расположении двигателя (Москвич-2141): 1 — фланец полуоси; 2 — подшипник дифференциала; 3 — ведущая шестерня редуктора привода спидометра; 4 — коробка дифференциала; 5 — ведомая шестерня главной передачи; 6 — манжета (сальник); 7 — подшипник выключения сцепления; 8 — картер сцепления; 9 — первичный вал; 10 — сателлит; 11 — полуосевые шестерни; 12 — ось промежуточ­ной шестерни заднего хода; 13 — промежуточная шестерня заднего хода; 14 — шестер­ня передачи заднего хода первичного вала; 15 — шестерня I передачи первичного вала; 16 — синхронизатор I и II передач; 17 — шестерня II передачи первичного вала; 18 — ведущая шестерня III передачи; 19 — синхронизатор III и IV передач; 20 — ведущая шестерня IV пе­редачи; 21 — ведущая шестерня V передачи; 22 — синхронизатор V передачи; 23 — выклю­чатель света заднего хода; 24 — вал переключателя передач; 25 — переключатель передач; 26 — шток вилок переключения V передачи и заднего хода; 27 — шток вилок переклю­чения III и IV передач; 28 — шток вилок включения I и II передач; 29 — плунжер; 30— ведомая шестерня V передачи; 31 — ведомая шестерня IV передачи; 32 — ведо­мая шестерня III передачи; 33 — ведомая шестерня II передачи; 34 — ведомая шестерня I передачи; 35 — ведомая шестерня заднего хода; 36 — ведущая шестерня глав­ной передачи; 37 — картер главной передачи; 38 — пробка маслосливного отверстия; а — отверстие-сапун



3 — выключатель света заднего хода; 4 — манжета первичного вала; 5 — задний подшип­ник первичного вала; 6 — шестерня привода промежуточного вала; 7 — сапун; 8 — шестер­ня III передачи; 9 — передний картер; 10 — шестерня I передачи; 11 — шестерня заднего хо­да; 12 — штоки переключения передач; 13 — шарик-фиксатор; 14 — пружина; 15 — рычаг переключения; 16 — защитный уплотнитель; 17 — колпак рычага; 18 — корпус рычага пе­реключения; 19 — задний картер; 20 — вторичный вал; 21 — манжеты удлинителя заднего картера; 22 — сталебаббитовая втулка; 23 — шестерня привода спидометра; 24 — привод спидометра; 25 — задний подшипник промежуточного вала; 26 — шестерня V передачи; 27 — болты крепления оси промежуточной шестерни заднего хода; 28 — промежуточная ше­стерня заднего хода; 29 — промежуточный вал; 30 — маслозаливная пробка

Многие легковые автомобили с мощными двигателями сейчас комплектуются шестиступенчатыми коробками передач. Для повышения жесткости картера коробки передач широ­ко применяют оребрение. Применение новых технологий и материалов дает возможность уменьшить массу коробок передач, а создание новых синхронизаторов обеспечивает улуч­шение легкости включения передач.

Многовальные коробки передач представляют собой четырех-шестиступенчатую трехвальную коробку передач со встроенным или совмещенным редуктором. Редуктор мо­жет быть повышающим или понижающим. Повышающий редуктор (делитель) устанавливает­ся перед коробкой передач и предназначен для уменьшения разрыва между передаточными числами соседних передач, незначительно увеличивая диапазон. Делитель имеет обычно две передачи — прямую и повышающую, что позволяет увеличить число передач вдвое.

Понижающий редуктор (демультипликатор) размещается за коробкой передач. Демульти­пликатор выполняют двух или трехступенчатым и обычно с большим передаточным числом, благодаря чему еще больше расширяется диапазон возможных передаточных чисел.

Механизм переключения передач должен обеспечить четкое переключение, надежную фиксацию включенной передачи и предотвратить возможность одновременного включения нескольких передач. В его состав входят штоки, вилки и фиксаторы. В приводе включения применяют рычаги, тросы и в последнее время гидростатический привод. Для уменьшения трения ползуны механизма переключения покрывают тефлоном или применяют игольчатые подшипники в шарнирах.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ

Переключение передач на первых автомобилях было довольно трудным делом и требовало определенного навыка. Поэтому уже тогда появлялись конструкции автоматических транс­миссий. Некоторые изобретатели пытались автоматизировать механические коробки пере­дач, создавая хитроумные устройства, копирующие действия водителя при переключении передач, другие создавали бесступенчатые трансмиссии, используя различные устройства (в основном фрикционные), которые могут плавно изменять крутящий момент.

Все такие конструкции, как правило, были сложными, ненадежными и малоэффективны­ми, потому, что в те времена не существовало соответствующих технологий и надежных сис­тем управления. По мере развития конструкций механических коробок передач, сцеплений, появления синхронизаторов, процесс управления механической коробкой упростился и те­перь для переключения передач не требуется большого опыта. В то же время, рост интенсив­ности движения, особенно на улицах больших городов приводит к тому, что многие водители предпочитают автоматические трансмиссии, избавляющие их от постоянного управления сцеплением и коробкой передач.

Автоматические трансмиссии, позволяющие водителю управлять режимом движения с помощью только двух педалей: «газа» и тормоза, могут иметь коробку передач или не иметь ее. Ко второму типу относятся гидрообъемные и электрические трансмиссии, которые позво­ляют в определенном диапазоне получить любое передаточное число.

В гидрообъемной трансмиссии гидравлический насос, приводимый в действие от двига­теля внутреннего сгорания, соединяется трубопроводами с гидродвигателями, которые при­водят в действие ведущие колеса автомобиля. Гидростатический напор жидкости, создавае­мый насосом, преобразуатся в крутящий момент на валах гидродвигателей. Гидрообъемные трансмиссии не получили широкого распространения на автомобилях из-за низкого КПД и высокой стоимости, но довольно часто используются в дорожно-строительных машинах.

В электрических трансмиссиях ведущие колеса автомобиля приводятся в действие электродвигателями, к которым от генера­тора подается электрический ток. Электро­двигатель с редуктором может располагать­ся непосредственно внутри колеса. Такая конструкция носит название мотор-колеса (рис. 3.33).



Рис. 3.33. Мотор-колесо автомобиля

Электрические трансмиссии в ближай­шем будущем получат широкое распростра­нение при переходе к альтернативным ис­точникам энергии (см. гл. 8).

В автоматических трансмиссиях с короб­ками передач используются ступенчатые (автоматизированные), бесступенчатые (ва­риаторы) и комбинированные (гидромеханические) коробки передач.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА

Гидромеханическая передача (ГМП) успешно применяется на автомобилях уже более полуве­ка и дает возможность заметно облегчить управление автомобилем.

Применение гидромеханической передачи на автомобиле позволяет получить следую­щие преимущества:

1. Обеспечение автоматизации переключения передач и отсутствие необходимости иметь пе­даль сцепления.
2. Повышение проходимости автомобиля в условиях бездорожья за счет отсутствия разрыва потока мощности при переключении передач.
3. Повышение долговечности двигателя и агрегатов трансмиссии за счет
4. Способности гидро­трансформатора снижать динамические нагрузки.

В то же время как недостаток необходимо отметить потерю мощности и повышение рас­хода топлива за счет более низкого КПД ГМП по сравнению с автомобилем, имеющим меха­ническую коробку передач.

Гидромеханическая передача включает в себя три основные части:

* гидротрансформатор;
* механическую коробку передач;
* систему управления.

На автомобилях ГМП впервые появилась в США: в 1940 г. коробка Hydramatic была установлена на автомобилях Oldsmobile. Справедливости ради необходимо отметить, что еще с начала 1930-х гг. на английских автобусах использовалась гидромеханическая трансмиссия Wilson, которая не была автоматической, но облегчала работу водителя. В настоящее время в США ГМП снабжаются 90 % легковых автомобилей, а также все го­родские автобусы и значительная часть грузовых автомобилей. В Европе массовое при­менение ГМП началось только в начале семидесятых годов прошлого века, когда эти пе­редачи нашли применение в автомобилях Mercedes-Benz, Opel, BMW. В это же время в Европе строятся специализированные заводы по производству ГМП: фирма Borg-Warner строит завод в Англии (г. Летифорд), Ford — в г. Бордо (Франция), GM — в Страсбурге (Франция). В Японии появляются сразу два специализированных производства — Jatco и Aisin-Warner.



1 — блокировочная муфта; 2 — турбинное колесо; 3 — насосное колесо; 4 — реактор­ное колесо; 5 — механизм свободного хода

Гидротрансформатор (рис. 3.34; 3.35) был изобретен немецким профессором Феттингером в 1905 г. Прежде чем найти приме­нение на автомобилях, гидротрансформатор использовался на судах и тепловозах.

Простейший гидротрансформатор, вы­полнен в виде камеры тороидальной фор­мы и включает в себя три лопастных колеса: насосное, вал которого соединен с колен­чатым валом двигателя; турбинное, со­единенное с трансмиссией, и реактор, установленный в корпусе гидротрансфор­матора (рис. 3.36).

Гидротрансформатор заполняется спе­циальной жидкостью. Каждое колесо имеет наружный и внутренний торцы, между кото­рыми располагаются профилированные ло­пасти, образующие каналы для протока жидкости. Все колеса гидротрансформатора максимально приближены друг к другу, а вытеканию жидкости препятствует специальное уплотнение.



Рис. 3.35. Внешний вид гидротрансфор­матора

При вращении коленчатого вала двигате­ля вращается насосное колесо, которое перемещает жидкость, находящуюся между его лопастями. Жидкость не только вра­щается относительно оси гидротрансфор­матора, но и за счет воздействия на нее цен­тробежных сил перемещается вдоль лопа­стей насосного колеса по направлению от входа к выходу, что сопровождается увеличе­нием кинетической энергии потока. На выхо­де из насосного колеса поток жидкости попа­дает на турбинное колесо, оказывая силовое воздействие на его лопасти. Затем поток по­падает в реактор, пройдя который, возвра­щается к входу в насосное колесо. Таким об­разом, жидкость постоянно перемещается по замкнутому кругу циркуляции, образованному проточными частями всех трех лопастных колес, и находится с ними в силовом взаимодейст­вии. При этом насос передает энергию двигателя потоку, а тот, в свою очередь, — турбине.

Если бы между насосным и турбинным колесами отсутствовал реактор, то такая конструк­ция (гидромуфта) осуществляла бы перенос энергии от двигателя к трансмиссии гидравличе­ским способом, без возможности изменения крутящего момента. Расположенный между ко­лесами гидротрансформатора неподвижный реактор, имеет лопасти специального профиля, которые изменяют направление потока жидкости, выходящей из турбинного колеса и напра­вляют его под определенным углом на лопасти насосного колеса. Это позволяет значитель­но увеличить передаваемый от двигателя в трансмиссию крутящий момент.

Любой гидротрансформатор характеризуется определенным КПД, передаточным отно­шением, которое показывает соотношение угловых скоростей его колес, и коэффициентом трансформации, показывающим, во сколько раз увеличивается значение крутящего момента. Максимальный коэффициент трансформации зависит от конструкции гидротрансформа­тора и может составлять до 2,4 (при неподвижном турбинном колесе). При увеличении час­тоты вращения вала двигателя увеличивается угловая скорость насосного и турбинного ко­лес, а увеличение крутящего момента в гидротрансформаторе плавно уменьшается. Когда угловая скорость турбинного колеса приближается к угловой скорости насосного, поток жид­кости, поступающей на лопасти реактора, изменяет свое направление на противоположное.

Для того чтобы реактор на этом режиме не создавал помех потоку жидкости, его устана­вливают на муфте свободного хода, и он начинает свободно вращаться (гидротрансформа­тор переходит на режим гидромуфты), что позволяет, в свою очередь, снизить потери. Такие гидротрансформаторы называют комплексными.

КПД гидротрансформатора определяет экономичность его работы. Максимальное значе­ние КПД гидротрансформатора может быть от 0,85 до 0,97, но обычно находится в диапазоне от 0,7 до 0,8. В комплексном гидротрансформаторе на режиме гидромуфты можно получить максимальное значение КПД — 0,97.



Рис. 3.36. Детали гидротрансформатора: 1 — насосное колесо; 2 — турбинное колесо; 3 — крышки муфты свободного хода; 4 — часть корпуса гидротрансформатора; 5 — остатки рабочей жидкости с продуктами механического износа деталей; 6 — колесо реактора; 7 — муфта свободного хода реактора; 8 — упорная шайба турбинного колеса; 9 — упорный под­шипник реактора; 10 — поршень блокировки гидротрансформатора

Изменение режимов работы гидротрансформатора происходит автоматически. Если уве­личивать нагрузку на выходе из гидротрансформатора, то происходит уменьшение угловой скорости турбины, что приводит к увеличению коэффициента трансформации.

К сожалению, гидротрансформатор имеет малый диапазон передаточных чисел, не обес­печивает движения задним ходом, не разобщает двигатель от трансмиссии (необходима сложная система опорожнения проточных частей от рабочей жидкости). Поэтому за гидро­трансформатором устанавливают специальную коробку передач, которая компенсирует указанные недостатки. Такая гидромехани­ческая передача является бесступенчатой и позволяет получить любое передаточное число в заданном диапазоне.

В гидромеханических передачах в ос­новном применяются механические плане­тарные коробки передач, которые легко поддаются автоматизации, но иногда используют и обычные ступенчатые коробки передач с автоматическим управлением.

Простая планетарная передача состоит из центральной, «солнечной», шестерни и на­ружной шестерни в виде кольца, с внутрен­ними зубьями; эти две шестерни связаны между собой посредством нескольких (обычно трех) шестерен-сателлитов, смонти­рованных на общей раме, которая называ­ется водилом.

Для того чтобы планетарная передача изменяла крутящий момент, нужно обеспечить вращение одного из ее элементов («солнеч­ной», коронной шестерни или водила), а один из элементов затормозить. В этом случае третий элемент будет вращаться с уг- ло вой ско ро стью, оп ре де ля е мой чис лом зубьев шестерен, входящих в планетарную передачу. Если одновременно затормозить два элемента, планетарная передача будет работать, как прямая с передаточным чис­лом равным единице. Планетарная передача позволяет легко реверсировать вращение для получения заднего хода автомобиля. В то же время такие передачи достаточно компактны, обеспечивают возможность по­лучения больших передаточных чисел и легко соединяются последовательно для получения большого числа ступеней. Для переключе­ния передач достаточно просто затормажи­вать валы отдельных элементов планетар­ной коробки передач. Раньше в качестве тормозных устройств часто использовали ленточные тормоза, а в последнее время они практически вытеснены многодисковы­ми «мокрыми» сцеплениями — фрикциона­ми. Существуют и более сложные варианты планетарных передач.





65456 897 5

Рис. 3.38. Варианты исполнения планетарных передач: 1,2,3 — валы; 4 — водило; 5, 8, 9 — сателлиты; 6, 7 — коронное зубчатое колесо

Первые американские ГМП легковых ав­томобилей имели двухступенчатую переда­чу, причем низшая передача включалась вручную. Однако впоследствии одной автоматической передачи оказалось явно недостаточно и появились ГМП с двумя и тремя авто­матическими передачами. Для повышения топливной экономичности, гидротрансформато­ры стали делать блокирующимися — после разгона на высшей передаче насосное и турбин­ное колеса жестко соединялись фрикционной муфтой. Затем в конце 1980-х гг. блокировку гидротрансформатора стали применять на всех передачах, кроме первой.

Система автоматического управления обычно состоит из следующих подсистем:

* функционирования (гидравлические насосы, регуляторы давления);
* измерительная, собирающая информацию о параметрах управления;
* управляющая, вырабатывающая управляющие сигналы;
* исполнительная, осуществляющая управление переключением передач, работой двигателя;
* подсистема ручного управления;
* подсистема автоматических защит, предотвращающая возникновение опасных ситуаций.

Конец 80-х гг. ознаменовался повсеместным внедрением электроники. Она позво­ляет гораздо точнее выдерживать заданные моменты переключения (с точностью до 1 % вместо прежних 6-8 %). Появились дополнительные возможности: по характеру изменения скорости при данной нагрузке на дви­гатель компьютер может вычислить массу автомобиля и ввести соответствующие поправки в алгоритм переключения.

Однако, как и прежде, многое зависит от выбора закона переключения и организации переходного процесса переключения пере­дач, а также тщательного согласования их с характеристиками двигателя. Например, многие автомобили BMW, Audi, Jaguar имеют одинаковые по конструктивным особенностям автоматические коробки передач одной и той же фирмы Zanradfabrik (ZF), но они работают со­вершенно по-разному.





С сентября 2003 г. на автомобили Mercedes-Benz класса E, S, SL и CL устанав­ливаются гидромеханические коробки пе­редач 7G-Tronik (рис. 3.40). Эта семиступен­чатая автоматическая коробка передач при­шла на смену пятиступенчатому варианту ГМП. Новая ГМП позволила снизить расход топлива в среднем на 5 % в зависимости от модели автомобиля. Переключение пере­дач происходит быстрее и более плавно.

Переключение передач осуществляется тремя многодисковыми тормозами, на кото­рые оказывают воздействие гидравличе­ские цилиндры. Давление в системе управления создаёт гидронасос с при во дом от двигателя через насосное колесо гидро­трансформатора. В нижнюю часть коробки устанавливается гидравлическое исполнительное золотниковое устройство, которое с помо­щью электромагнитных клапанов и по команде блока управления соединяет гидронасос с гидравлическими элементами сцепления и тормозов.

Основными элементами электронной системы управления являются электронный блок и рычаг управления. В правом секторе рычаг может занимать четыре позиции:

P — режим парковки;

R — задний ход;

N — нейтральная передача;

D — движение в режиме автоматического переключения передач.

При положении рычага в позиции D программа обеспечивает различные алгоритмы пе­реключения в соответствии с сопротивлением движения, нагрузкой, положением педали «газа», дорожной ситуацией.

Алгоритмы управления соответствуют движению в различных условиях:

* движение с постоянной высокой скоростью;
* городской режим движения;
* горный режим движения;
* режим буксировки;
* движение на поворотах.

При перемещении рычага влево водитель переводит коробку передач в режим ручного пе­реключения. Движением рычага вперед-назад — включение повышающей-понижающей пе­редачи. Такое переключение передач принято называть секвентальным (последовательным). Электронный блок управления является адаптивным, он запоминает манеру вождения водите­ля и корректирует алгоритмы автоматического переключения передач.

КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ С ВАРИАТОРАМИ

Коробки передач с вариаторами являются бесступенчатыми и дают возможность получить в заданном ограниченном диапазоне любое передаточное число. Во многих странах такие коробки передач обозначают буквами CVT (Continuously Variable Transmission) — постоянно изменяющаяся трансмиссия. История использования вариаторов различных типов в транс­миссиях легковых автомобилей насчитывает почти сто лет. В настоящее время в автомати­ческих коробках передач применяют клиноременные и тороидные вариаторы.

КЛИНОРЕМЕННЫЕ ВАРИАТОРЫ

Впервые на серийном автомобиле трансмиссия с клиноременным вариатором DAF Variomatic была использована в 1950 г. В трансмиссии Variomatic использовался бесконеч­ный резиновый приводной ремень, зажатый между коническими поверхностями шкивов. Расстояние между двумя половинками шкивов изменялось, поэтому изменялся рабочий ра­диус ведущего шкива, а это в свою очередь заставляло изменять радиус ведомого шкива, по­ловины которого сжимались пружиной. Такая конструкция обладала существенными недос­татками. Резиновые ремни, расположенные под днищем автомобиля, быстро разрушались, и их замена являлась довольно сложной операцией. Величина передаваемого крутящего момента была небольшой и поэтому такую конструкцию можно было применять только на автомобилях с маломощными двигателями. Кроме того, автомобиль с такой трансмисси­ей мог двигаться задним ходом с той же скоростью, что и вперед, а это было довольно опасно. Голландский инженер Ван Доорн усовершенствовал конструкцию клиноременного вариато­ра, заменив резиновый ремень стальным, состоящим из набора отдельных пластин специ­альной формы.

Принципиальным отличием этой конструкции является то, что такой ремень может пере­давать не только тяговые, но и толкающие усилия. Ван Доорн использовал свою разработку в конструкции трансмиссии Transmatic, которая могла передавать крутящие моменты вели­чиной до 150 Н м. Трансмиссии с вариаторами не имеют нейтральной передачи, и поэтому при остановке автомобиля необходимо отсоединять двигатель от трансмиссии с помощью какого-либо устройства. В трансмиссиях Variomatic и Transmatic для этой цели использова­лось центробежное сцепление, которое автоматически выключалось и включалось. Трога- ние с места и остановка автомобилей с этими трансмиссиями сопровождались резкими рывками. Компания Subaru (Япония), использовавшая коробку передач с клиноременным вариатором на автомобиле Justy, применила электромагнитное порошковое сцепление с компьютерным управлением. Аналогичное решение использовала и компания Nissan на автомобилях Micra с вариатором. Для ограничения скорости заднего хода применяют специ­альные ограничительные устройства.

Компания Honda разработала свою собственную конструкцию вариатора со сталь­ным ремнем и шкивами. Для троганья с места и остановки используется многодиско­вое, мокрое сцепление, управляемое компьютером. Эта трансмиссия устанавливается на автомобиль среднего класса Civic, приводимый в движение 1,6-литровым двигателем, развивающим максимальный крутящий момент 140 Н м. Среди особенностей трансмиссии следует отметить компьютерный контроль (от электронной системы управления), да­вления для управления положением половин обоих шкивов вариатора. Эта система обеспечивает оптимальное давление без чрезмерного его увеличения. Слишком силь­ное «сжатие» снижает механическую эффективность, а также приводит к преж­девременному износу ремня и увеличе­нию шумности работы.

В 1995 г. немецкая компания ZF продемонстрировала автоматическую коробку передач с клиноременным вариатором Ecotronic, в которой использовался гидротрансформатор.

Такое решение усложняет и удорожает конструкцию, но обеспечивает плавное трогание с места и интенсивный разгон автомобиля. Наличие гидротрансформатора дает воз­можность уменьшить диапазон передаточных чисел вариатора, что снижает его размеры и габариты автоматической коробки передач. В настоящее время ZF производит три ва­рианта таких коробок передач. Наиболее мощный вариант из этого семейства коробок CFT25 имеет стальной ремень шириной 30 мм, планетарную передачу для обеспечения заднего хода, которая включается с помощью многодискового, мокрого сцепления. Ко­робка передач может передавать крутящий момент до 250 Н м, что дает возможность ис­пользовать такие коробки передач на автомобилях среднего класса VW Passat, Ford Mondeo и др. Управление коробками передач ZF осуществляется с помощью компьюте­ра, программное обеспечение которого обеспечивает адаптивное управление различ­ны ми режимами движения.

Автомобили с современными автоматическими коробками передач, использующими ва­риатор со стальным ремнем, обладают гораздо лучшими показателями топливной экономич­ности и плавностью работы по сравнению с обычными гидромеханическими автоматами. Надежность и долговечность современных коробок передач с такими вариаторами также довольно высока. Однако широкое применение таких коробок сдерживается в силу не техни­ческих, а, скорее, психологических проблем. Водители привыкли, что при разгоне автомобиля с обычной механической или автоматической коробками передач они ощущают увеличение частоты вращения двигателя. Автомобиль с вариатором может интенсивно разгоняться и при постоянной частоте вращения двигателя, потому что вариатор поддерживает эту час­тоту, которая необходима для лучшего разгона. Такая работа обеспечивает наиболее опти­мальный разгон, но из-за непривычного звука у водителя создается впечатление, что прие­мистость автомобиля недостаточна.

Для решения этой проблемы некоторые производители были вынуждены адаптировать управляющие системы своих вариаторов для искусственного создания ряда фиксированных передаточных чисел, преодолев, таким образом, психологическую проблему. У водителей та­ких автомобилей появилась возможность выбора между ручным последовательным (сек­вентальным) переключением передач с фиксированными значениями или бесступенчатым автоматическим управлением. Впервые такая конструкция была использована компанией Nissan в 1997 г. в коробке передач Hyper CVT-M6 (рис. 3.44).

Компания Audi при создании коробки передач с вариатором Multitronic (рис. 3.45) использовала другой принцип. При разгоне обеспечивается увеличение оборотов двигателя с увеличением скорости автомобиля. Такой режим разгона не является са­мым эффективным, но дает возможность решить психологические проблемы. При экстремальном разгоне управляющая электроника переключает вариатор на опти­мальный режим работы. Новый подход обеспечил возможность автомобилю Audi A6 с коробкой передач Multitronic показать лучшие результаты по топливной эконо­мичности и интенсивности разгона по сравнению с таким же автомобилем, но имею­щим механическую коробку передач. Кроме автоматического режима Multitronic под­держивает режим секвентального переключения передач с шестью фиксированными передаточными числами. В конструкции используется мокрое многодисковое сцепле­ние для обеспечения возможности старта с места. Приводной ремень Audi представ­ляет собой многозвенную цепь, которая передает крутящий момент за счет трения между торцами осей пластин, составляющих цепь, и поверхностями шкивов (рис. 3.46). Гидравлическая система управления вариатором обеспечивает оптимальное усилие сжатия шкивов, не допуская проскальзывания цепи и обеспечивая необходимую дол­говечность вариатора.



Рис. 3.44. Коробка передач Hyper CVT-M6

Рис. 3.45. Схема коробки передач Multitronic: 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — вариа­тор; 4 — цепь; 5 — гидронасос; 6 — управляющий блок; 7 — блок электроники



Рис. 3.46. Схема работы вариатора Multitronic: 1 — цепь

1

ТРОГАНЬЕ С МЕСТА ОВЕРДРАЙВ

ТОРОИДНЫЕ ВАРИАТОРЫ

В тороидном вариаторе (рис. 3.47) между двумя колесами со сферической (тороидной) рабо­чей поверхностью зажимается ролик. Одно колесо является ведущим, а другое — ведомым. Передача крутящего момента обеспечивается силами трения между рабочими поверхностя­ми колес и ролика. Изменение положения оси ролика в поперечной плоскости приводит к изменению передаточного числа вариатора, равного отношению радиусов окружностей проходящих через точки контакта колес с роликом.

В зависимости от угла поворота ролика ведомое колесо может вращаться с той же ско­ростью, что и ведущее (если ролик горизонтален), с большей, или меньшей (если ролик пово­рачивается). При использовании тороидного вариатора в трансмиссии автомобиля так же, как и в случае клиноременного, необходимо обеспечить возможность получения заднего хода и отключения вариатора от двигателя с помощью сцепления.

Первый патент на конструкцию трансмис­сии с тороидным вариатором был получен Чарльзом Хантом еще в 1877 г. Такие транс­миссии производства Perbury-Hayes предлага­лись для автомобилей в 1930-е гг., однако они отличались недостаточной величиной переда­ваемого крутящего момента и низкой долго­вечностью из-за отсутствия соответствующих материалов и технологий. Основная проблема заключается в том, что передача крутящего момента целиком зависит от трения в контак­те ролика с колесами, и чем выше передавае­мый момент, тем больше должна быть сила трения, причем при очень малой площади кон­такта. Для увеличения трения давление между деталями вариатора должно быть выше, что может привести к повреждению вариатора.

В 1999 г. компания Nissan начала устана­вливать на некоторых из своих автомобилей, предназначенных для японского рынка, ко­робки передач Extroid. В этой коробке передач используется сдвоенный тороидный вариатор, разделяющий поток мощности с целью умень­шения размеров узла. Коробка передач была сконструирована для продольной установки на мощные заднеприводные автомобили и мо­жет передавать крутящий момент до 300 Н^м, что на сегодняшний день является рекордом для коробок передач с вариаторами.

Возможность передачи таких усилий обес­печена применением высококачественных сталей и специальных трансмиссионных масел.

Усилия сжатия колес и роликов вариатора составляют величину до Ют. При таких усилиях сжатия повернуть ролик для изменения

Nissan использует оригинальную систему поворота роликов, в которой ролики поворачиваются ав­томатически при их небольшом смещении относительно оси вращения. Совместно с вариатором в коробке передач Extroid работает гидротрансформатор. Для включения заднего хода использу­ется планетарная передача, управляемая с помощью многодискового мокрого фрикционного сцепления.

На Токийском автосалоне 1999 г. компания Mazda продемонстрировала трансмиссию, которая включает в себя два тороидных вариатора, двухступенчатую планетарную передачу и два автоматических сцепления (рис. 3.48). При троганьи автомобиля с места планетарная передача понижает передаточное число, в целях получения высокого крутящего момента. На большой скорости привод на колеса осуществляется непосредственно оттороидного ва­риатора. Коробка передач включает в себя и главную передачу с дифференциалом и пред­назначена для поперечной установки на переднеприводные автомобили.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

В последнее время возродился интерес к автоматическому управлению механическими ко­робками передач с использованием электронного контроля и современных исполнительных устройств. То, чего изобретатели не могли осуществить в прошлом, используя хитроумные механические устройства, стало возможным после появления надежных компьютеров и но­вых технологий.

Впервые такой агрегат — SMG (Sequential M Gearbox) — был предложен компанией BMW (рис. 3.49). Эта коробка передач предлагается как дополнительное оборудование для авто­мобиля BMW М3, имеет шесть передач для движения вперед и может работать в двух неза­висимых, управляемых сервомеханизмами режимах.

В первом, так называемом экономичном режиме, коробка передач работает полностью автоматически, как и любая другая автоматическая коробка. Этот режим включается автома­тически каждый раз когда включается зажигание. Второй, спортивный режим, который вы­бирает сам водитель, дает возможность переключать передачи вверх-вниз, как это делает система Tiptronic. Для переключения передач используются гидравлические исполнитель­ные механизмы. Инженерам BMW удалось добиться рекордного времени переключения пере­дач — при разгоне автомобиля время переключения не превышает 0,08 с. Электронный блок управления коробки передач контролирует не только исполнительные устройства, но и управ­ляет работой двигателя, обеспечивая перерегулирование при переключении на низшие пе­редачи. При снижении скорости до 15 км/ч автоматически включается вторая переда­ча, а при полной остановке первая.

В коробке передач Easytronic (рис. 3.50), разработанной совместно компаниями Valeo и Luk и предназначенной для установки на небольшие автомобили для европейского рынка, в качестве исполнительных устройств используются три шаговых электродвига­теля. Коробка передач получилась легкой и компактной, но переключение передач осуществляется медленнее, чем в коробках передач с гидравлическим управлением.

Управление трансмиссией грузовых ав­томобилей, в особенности коробками пе­редач магистральных тягачей с большим числом передач, всегда требовало большого умения от водителя. Неслучайно, что автома­тизация коснулась и таких коробок (рис. 3.51). Большинство производителей грузовых автомобилей предлагают в качестве вариантов автоматические и полуавтоматические коробки передач.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ С ДВОЙНЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ

В 2003 г. компания Volkswagen предложила автомобили Audi TT 3.2 Quattro и VW Golf 5 с но­выми автоматизированными коробками передач, в которых переключение передач при раз­гоне происходит без разрыва потока мощности (рис. 3.52).

В этой коробке передач крутящий момент от двухмассового маховика двигателя переда­ется на два многодисковых сцепления, связанных с соответствующими соосными ведущими валами, один из которых проходит внутри другого (рис. 3.53).

Параллельно ведущим валам расположены два ведомых вала. С одним из ведущих валов жестко связаны ведущие шестерни нечетных передач (1, 3, 5), а с другим — ведущие шестер­ни четных передач (2, 4, 6 и передача З.Х.). На ведомых валах находятся шестерни постоян­ного зацепления соответствующих передач, которые могут жестко соединяться с ведомыми валами с помощью синхронизаторов. Управление сцеплениями и перемещением синхрони­заторов осуществляется посредством гидравлических исполнительных устройств. Необходи­мое давление в гидравлической системе создается электрическим гидронасосом. Управляет работой коробки передач электронный блок управления, который получает информацию от десяти датчиков, расположенных в коробке и связан высокоскоростной шиной с электрон­ным блоком управления двигателем.



Рис. 3.52. Коробка передач с двумя сцеплениями автомобиля Audi TT 3.2 Quattro:

1 — ведущий вал I; 2 — двигатель; 3 — ведущий вал II; 4 — сцепление II; 5 — сцепление I; 6 — выход на главную передачу; 7 — задний ход; 8 — VI передача; 9 — V передача; 10 — I пе­редача (активна); 11 — III передача; 12 — IV передача; 13 — II передача (выбрана); 14 — вы­ход на главную передачу; 15 — главная передача

При трогании автомобиля с места элек­тронный блок дает команду, включая пер­вую передачу, а затем первое сцепление, после чего крутящий момент передается на один из ведомых валов коробки передач, который через ведущую шестерню приводит во вращение ведущую шестерню главной передачи. Главная передача через диффе­ренциал приводит во вращение ведущие ко­леса автомобиля и одновременно раскручи­вает второй ведомый вал, на котором рас­положены синхронизаторы, включающие четные передачи. За время разгона на пер­вой передаче при достижении соответству­ющей скорости и за счет простого переклю­чения сцеплений на параллельном ведомом валу включается вторая передача. Переход на последующие передачи происходит аналогично, без разрыва потока мощности, неизбеж­ного в простых механических коробках передач.

Процесс переключения усложняется тогда, когда появляется необходимость переключения на более низкую передачу при движении с постоянной скоростью. Алгоритм переключения, зало­женный в памяти электронного блока управления, был разработан компанией Audi. Автомобили с та­кими коробками передач показывают очень хорошие результаты по динамике разгона и топливной экономичности в сравнении с автомобилями, оснащенными обычными механическими коробками.

Коробки передач, выполненные по такой конструктивной схеме, применяет фирма Ferrari на своих автомобилях Формулы-1. Схема с двумя сцеплениями и параллельными валами впервые была опробована на гоночном автомобиле Audi Quattro еще в 1978 г.



*Список литературы:*

1. Пехальский А.П., Пехальский И.А. Устройство автомобилей. Учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования – М. Издательский центр «Академия», 2015. – 521 с.
2. Пузанков А.Г. Автомобили. Конструкция, теория и расчет. Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. 2-е издание, переработанное – М. Издательский центр «Академия», 2013. – 544 с.
3. Стуканов В.А. Устройство автомобилей. Сборник тестовых заданий. Учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования – М. ИД «Форум» - ИНФРА-М. 2013. 191 с.

**Электронные учебники:**

1. Стуканов В. А. Устройство автомобилей: Учебное пособие (Профессиональное образование). 2018
2. Передерий В. П. Устройство автомобиля: Учебное пособие (Профессиональное образование). 2017

*Контрольные вопросы*

1. Назначение коробок передач, их основные части?
2. Устройство трехвальной коробки передач.
3. Устройство двухвальной коробки передач.
4. Почему в коробке передач не могут быть включены две передачи?
5. Назначение и принцип работы синхронизатора коробки пе­редач?
6. Общее устройство и принцип работы гидротрансформатора.
7. Общее устройство и принцип работы планетарного ряда.
8. Особенности устройства автоматических коробок передач с двойным сцеплением.
9. Назначение раздаточных коробок, их основ­ные части.

***Примечание:***

Ответы сдать до 23 марта на электронную почту Otakhtamirov@yandex.ru в виде фотографии ответов на поставленные вопросы по форме:

Номер вопроса – ответ в письменном виде, кратко, по существу (4-7 строк).