

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт относится к динамично развивающимся видам транспорта и играет первостепенную роль в пассажирских перевозках, транспортировке грузов на короткие и средние расстояния. Он занимает ведущее положение в городских и пригородных перевозках пассажиров и грузов, а также при доставке грузов к станциям железных дорог, речным пристаням, морским портам и от них — к потребителям.

Вместе с этим дальнейшее повышение эффективности его работы и улучшение технико-экономических показателей связаны с необходимостью повышения технического уровня эксплуатации, развития сети автомобильных дорог и решения ряда научно-технических проблем.

Знание устройства автомобилей позволяет организовать качественное обслуживание и ремонт, а также эксплуатацию автомобильного транспорта и транспортно-технологических машин.

Трансмиссия, являясь одним из основных элементов автомобиля, оказывает большое влияние на характеристики автомобиля, особенности его эксплуатации и ремонта.

Появление большого количества новых технологий, бурное развитие электроники естественным образом оказывает влияние на конструктивные изменения трансмиссий, появляются новые системы и совершенствуются существующие.

В предлагаемом пособии сделана попытка собрать и классифицировать разрозненный материал в имеющейся на рынке специализированной литературе, а также находящийся в свободном доступе в сети Интернет.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСМИССИЙ

1.1. Назначение и виды трансмиссий

Трансмиссия автомобиля — это ряд взаимодействующих между собой агрегатов и механизмов, передающих крутящий момент от двигателя к ведущим колесам. При передаче крутящий момент изменяется как по величине, так и по направлению, одновременно распределяясь между ведущими колесами автомобиля.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС), 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, передаваемый 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, приходящуюся на одно колесо, на коэффициент сцепления — ϕ . Коэффициент сцепления зависит от состояния дорожного покрытия, качества и 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 приходится применять компромиссные решения в зависимости от назначения автомобиля.

Компоновку трансмиссии и проходимость автомобиля удобно характеризовать колесной формулой. Колесная формула — это условное обозначение, указывающее количество ведущих и ведомых колес автомобиля (если имеются

сдвоенные колеса, то каждое из них считается как одно). Колесная формула имеет вид $M \times N$, где M — общее число колес, а N — число ведущих колес (например, 4×2 , 6×4 , 8×8 и т. п.). Если M равно N , автомобиль называют полноприводным. Как будет показано далее, некоторые полноприводные автомобили обладают возможностью отключения части ведущих колес, т. е. превращения их из ведущих в ведомые. Колесная формула при этом не изменяется, поскольку описывает в общем случае максимальные с точки зрения создания тяговых сил возможности автомобиля.

Выбор типа привода ведущих колес и компоновки автомобиля определяет 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, проходимости и тормозной динамики.

По характеру связи между двигателем и ведущими колесами, а также по способу преобразования крутящего момента трансмиссии делятся на механические, комбинированные (гидромеханические), электрические, электромеханические и гидрообъемные (рис. 1.1) [1, 6, 10, 13, 15–17, 21].



Рис. 1.1

Типы трансмиссий автомобилей

1.2. Механическая трансмиссия

Наибольшее распространение получили механические трансмиссии, выполненные по различным схемам (рис. 1.2) в зависимости от общей компоновки агрегатов автомобиля, включая расположение двигателя и ведущих колес.

Механическая трансмиссия автомобиля с одним ведущим мостом (рис. 1.2а), применяемая на большинстве грузовых и легковых транспортных средств, состоит из сцепления 1, коробки передач 2, карданной 3 и главной 4 передач, дифференциала 5 и двух полуосей 6. Трансмиссии автомобилей с двумя и более ведущими мостами (рис. 1.2б, в) оборудуют раздаточной коробкой 7

и дополнительными карданными валами — передачами 3, а каждая пара ведущих колес имеет свою главную передачу, полуоси и дифференциал. Эти схемы трансмиссий часто называют мостовыми, так как крутящий момент подводится к каждому ведущему мосту, а затем распределяется между правым и левым ведущими колесами данного моста. В отдельных конструкциях полноприводных автомобилей с колесной формулой 6×6; 8×8 или 10×10 применяют механическую бортовую трансмиссию (рис. 1.2).

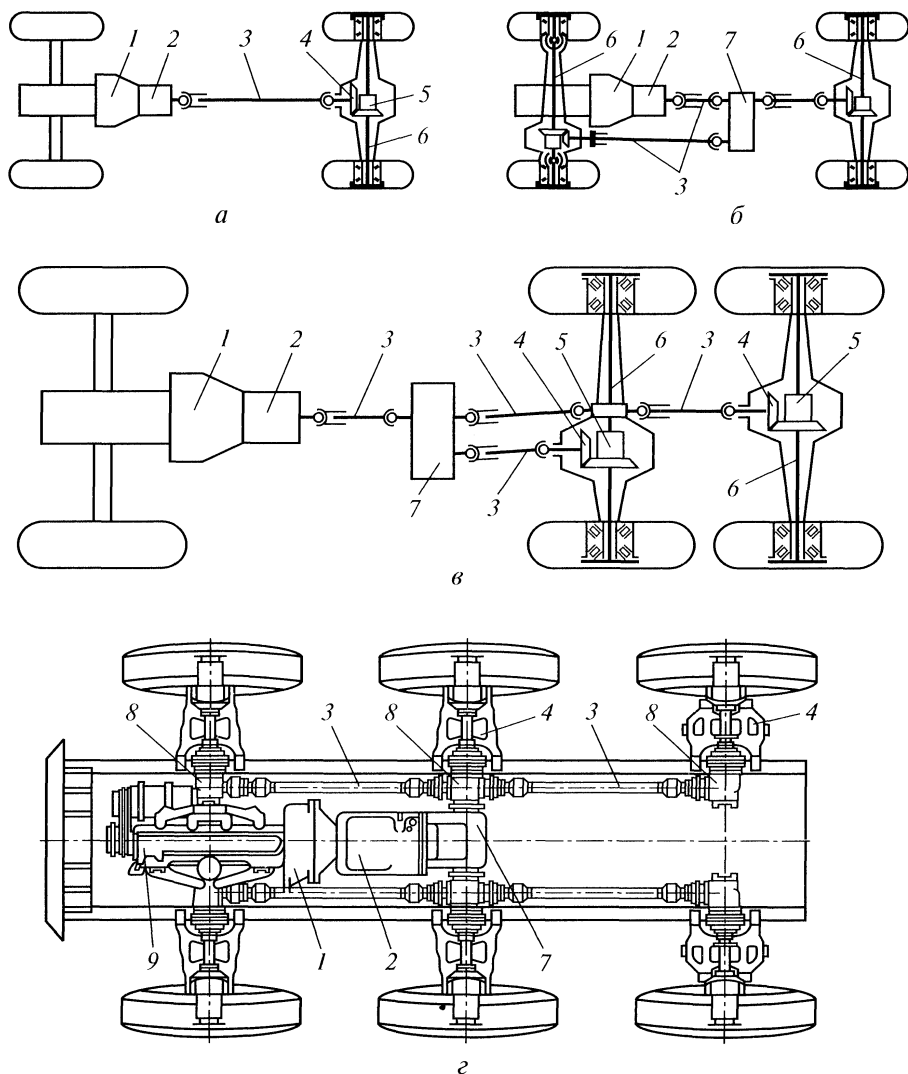


Рис. 1.2

Схемы механических трансмиссий автомобилей с различной колесной формулой:

а — 4×2; *б* — 4×4; *в* — 6×4; *г* — бортовой 6×6; 1 — сцепление; 2 — коробка передач; 3 — карданная передача; 4 — главная передача; 5 — дифференциал; 6 — полуось; 7 — раздаточная коробка; 8 — бортовой редуктор; 9 — двигатель.

В такой трансмиссии крутящий момент от двигателя 9 через сцепление 1 и коробку передач 2 передается к раздаточной коробке 7, в которой крутящий момент делится поровну между правым и левым бортами (колесами каждой стороны). От раздаточной коробки крутящий момент подводится к бортовым редукторам 8, а от них — к колесам. При этом у каждого колеса устанавливается своя главная передача 4.

1.2.1. Особенности компоновки механических трансмиссий легковых автомобилей

Компоновочные схемы легковых автомобилей очень разнообразны [7]. Классической (рис. 1.2а) называют такую компоновочную схему, при которой двигатель расположен в передней части автомобиля, а ведущие колеса задние. Крутящий момент от двигателя к ведущим колесам передается последовательно через сцепление, коробку передач, карданную и главную передачи. При такой компоновочной схеме масса автомобиля распределяется по осям равномерно, что благотворно влияет на устойчивость, управляемость, проходимость автомобиля и долговечность шин. Такая схема имеет широкое распространение, особенно на автомобилях большого и высшего классов.

Компоновочную схему с задним расположением двигателя и задними ведущими колесами называют заднемоторной (рис. 1.3а). При такой компоновочной схеме удастся несколько уменьшить общую массу автомобиля, однако задние колеса оказываются перегруженными, возникают проблемы с отоплением салона и обдувом ветрового стекла, уменьшается объем багажного отделения. Двигатель при такой компоновочной схеме вместе со сцеплением, коробкой передач и главной передачей образует силовой агрегат, который может быть расположен как вдоль оси автомобиля, так и поперек. При этом вторая схема, не оказывая заметного влияния на эксплуатационные качества, позволяет уменьшить длину автомобиля.

Последовательность передачи крутящего момента через механизмы трансмиссии не зависит от компоновочной схемы, однако устройство узлов и агрегатов непосредственно с ней связано. Так, например, в схеме, изображенной на рисунке 1.3а, картер главной передачи находится между картерами сцепления и коробки передач, тогда как крутящий момент от двигателя последовательно проходит через сцепление, коробку передач и главную передачу. При такой компоновочной схеме картер главной передачи должен предусматривать наличие проходящего через него вала, соединяющего сцепление с коробкой передач. Кроме того, входной и выходной валы коробки передач должны проходить через отверстия с одной и той же стороны картера, а при классической компоновочной схеме трансмиссии они выходят с разных сторон коробки передач.

Для достижения желаемых показателей распределения масс и величины момента инерции относительно вертикальной оси двигатель может располагаться за задней осью, над ней или перед ней. В последнем случае (рис. 1.3б) компоновочную схему иногда называют центральномоторной. Наиболее показательной областью применения заднемоторной компоновочной схемы являются гоночные автомобили.

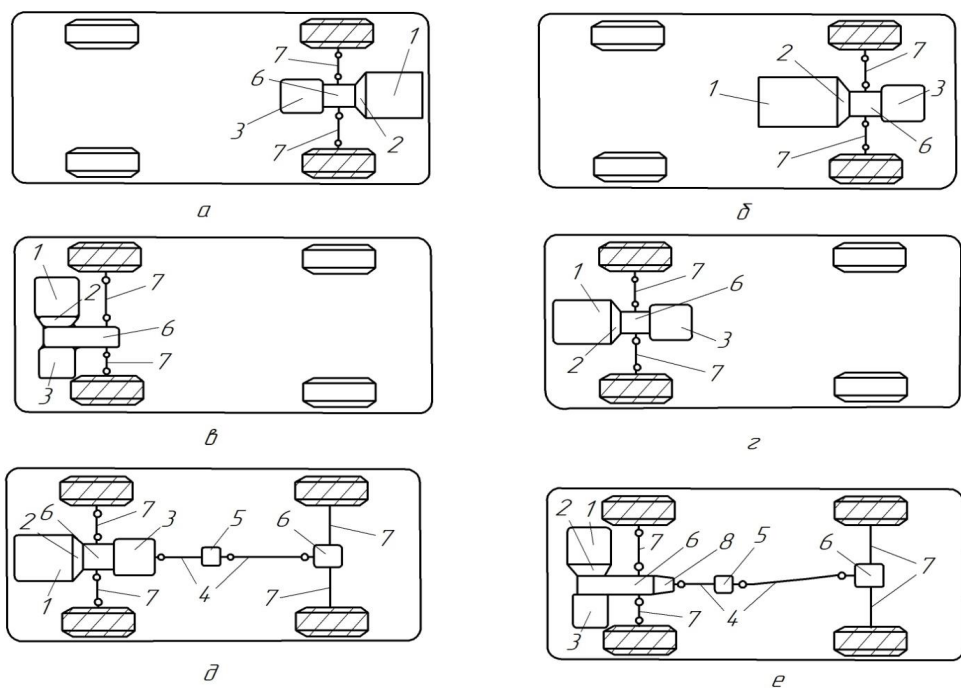


Рис. 1.3

Компоновочные схемы легковых автомобилей:

a — заднемоторная; *б* — центральномоторная; *в, г* — переднеприводные; *д, е* — полноприводные; 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — промежуточная опора карданной передачи; 6 — главная передача; 7 — привод ведущих колес; 8 — раздаточная коробка.

Переднеприводная компоновочная схема позволяет обеспечить примерно такое же снижение общей массы автомобиля по сравнению с классической компоновочной схемой, как и заднемоторная, но в данном случае перегружены оказываются передние колеса. Однако при такой схеме улучшаются управляемость и устойчивость автомобиля, имеется возможность увеличить объем багажного отделения. В наибольшей степени эти эффекты могут быть достигнуты при поперечном расположении двигателя (рис. 1.3*в*), однако часто его располагают и продольно (рис. 1.3*г*). В последнем случае снимаются ограничения на длину двигателя, удастся унифицировать валы привода ведущих колес и упрощается создание полноприводной версии конструкции. В настоящее время существует устойчивая тенденция к расширению применения переднеприводной компоновочной схемы, причем в первую очередь на автомобилях особо малого, малого и среднего классов.

Полноприводная компоновочная схема до недавнего времени использовалась только на автомобилях повышенной проходимости, конструкция которых предполагает возможность эксплуатации на неусовершенствованных (грунтовых) дорогах. При этом двигатель располагался продольно в передней части кузова, а распределение крутящего момента между ведущими мостами происхо-

дило обычно с помощью раздаточной коробки (рис. 1.2б). Однако в последнее время полноприводная компоновочная схема стала применяться и на автомобилях ограниченной проходимости, что обусловлено стремлением к наиболее полной реализации возможностей устанавливаемых на них мощных двигателей. Максимально возможная (равная массе автомобиля) сцепная масса полноприводного автомобиля позволяет реализовывать на колесах суммарно большую силу тяги, что особенно важно при плохих условиях сцепления колес с дорогой (в дождь или гололедицу).

Такие автомобили обычно делают на базе переднеприводных, в которых двигатель может располагаться как вдоль (рис. 1.3д), так и поперек (рис. 1.3е) автомобиля, а распределение крутящего момента происходит без раздаточной коробки.

На рисунке 1.4 показана такая схема для переднеприводного легкового автомобиля с подключаемым водителем задним мостом. Здесь главная передача 6 привода передних колес имеет дополнительный, подключаемый с помощью зубчатой муфты 7 конический редуктор 10 привода заднего моста 5, передающий крутящий момент на его главную передачу с помощью карданного вала 4.

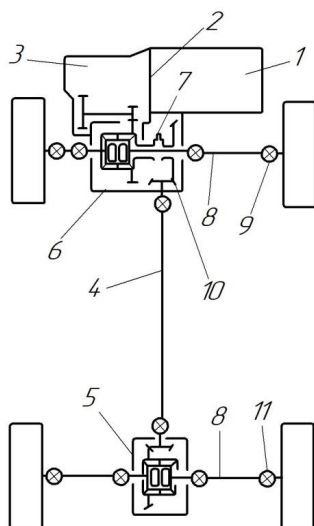


Рис. 1.4

Схема трансмиссии легкового автомобиля 4×4 с подключаемым задним мостом:

1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданный вал; 5 — задний мост со своей главной передачей и дифференциалом; 6 — главная передача привода передних колес; 7 — зубчатая муфта; 8 — качающаяся полуось; 9 — шарнир равных угловых скоростей; 10 — полуось; 11 — простой шарнир.

Вместо подключения водителем может быть предусмотрено автоматическое подключение заднего моста с помощью вязкостной или электромагнитной муфты 6 (рис. 1.5а). Возможен и постоянно включенный привод всех колес, если в трансмиссии предусмотрен межосевой дифференциал 7 (рис. 1.5б).

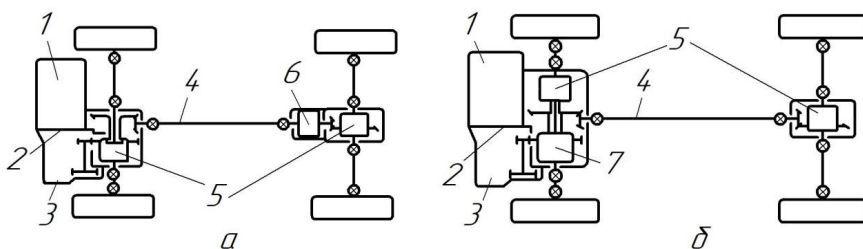


Рис. 1.5

Схемы трансмиссий легковых автомобилей с колесной формулой 4×4:

а — автоматически подключаемый привод заднего ведущего моста; *б* — постоянный привод всех колес через межосевой дифференциал; 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — межколесные дифференциалы; 6 — вязкостная или электромагнитная муфта; 7 — межосевой дифференциал.

1.2.2. Особенности компоновки механических трансмиссий грузовых автомобилей

Наряду с колесной формулой и типом привода компоновочные схемы грузовых автомобилей принято различать по расположению двигателя и кабины [13]. Поскольку двигатель на большинстве грузовых автомобилей установлен в передней части несущей системы, различают четыре компоновочные схемы (рис. 1.6): капотную, полупкапотную, бескапотную с кабиной над двигателем и бескапотную с передней кабиной (двигатель сзади переднего моста, кабина максимально сдвинута вперед).

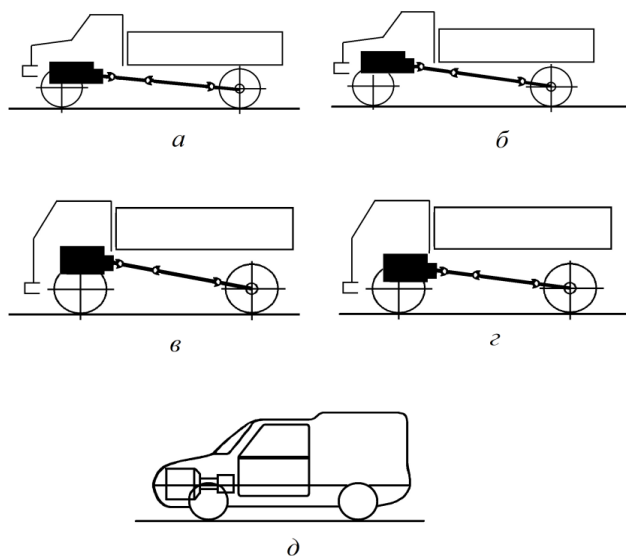


Рис. 1.6

Компоновочные схемы грузовых автомобилей общего назначения:

а — капотная; *б* — полупкапотная; *в* — бескапотная («кабина над двигателем»); *г* — бескапотная («передняя кабина»); *д* — на основе конструкции легкового автомобиля.

Капотная компоновочная схема (рис. 1.6а) обеспечивает меньшую высоту автомобиля, упрощение механизмов управления двигателем и трансмиссией и лучшую пассивную безопасность (при лобовом ударе моторный отсек выполняет энергопоглощающие функции). Однако при такой компоновочной схеме ухудшена обзорность (имеется большая, закрываемая капотом «мертвая зона» перед автомобилем) и слишком большая доля длины автомобиля занята кабиной и моторным отсеком.

Если кабину несколько приподнять и надвинуть на моторный отсек, то можно получить полукапотную компоновочную схему (рис. 1.6б). При небольшой длине автомобиля такая компоновочная схема позволяет увеличить объем кузова, однако доступ к двигателю становится более затрудненным.

Бескапотная компоновочная схема с установкой кабины над двигателем (рис. 1.6в) позволяет получить минимальную колесную базу и длину автомобиля, хорошую обзорность. Недостатки этой схемы: перегружена передняя ось (это может быть полезным для автомобилей повышенной проходимости); кабина расположена очень высоко, что значительно затрудняет доступ; двигатель в кабине (шум, вибрации, загазованность, температура, затруднена установка третьего сидения); трудный доступ к силовому агрегату (требуется откидывать вперед кабину, что, в свою очередь, усложняет конструкцию рулевого вала и приводов управления сцеплением и коробкой передач); повышенная лобовая площадь из-за высокой кабины. В настоящее время это компоновочное решение считается малопривлекательным в силу большого количества недостатков, однако в нашей стране продолжается эксплуатация большого количества автомобилей ГАЗ-66, выполненных по рассмотренной схеме.

Компоновочная схема, при которой двигатель расположен сзади переднего моста, а кабина сдвинута вперед (рис. 1.6г), позволяет получить максимальную обзорность, наибольшую площадь грузовой платформы, удобную для водителя и пассажиров кабину. Недостатки этой схемы: перегружена передняя ось (если она не ведущая, то значительно снижается проходимость по бездорожью); усложнен привод органов управления; кабина находится в зоне повышенных вертикальных колебаний на подвеске. Данное компоновочное решение имеют автомобили семейства КамАЗ.

Часто легкие грузовые автомобили делают на базе легковых. В этом случае их компоновочную схему оценивают теми же терминами, что и у легковых автомобилей. Например, автомобиль может быть переднеприводным (рис. 1.6д).

Поскольку грузовые автомобили часто имеют несколько ведущих мостов, существует множество конструктивных вариантов их трансмиссий. Некоторые из них представлены на рисунках 1.2 и 1.7.

Наиболее простой вариант трансмиссии имеют автомобили с колесной формулой 4×2 (рис. 1.2а). Если двухосный грузовой автомобиль имеет колесную формулу 4×4 (рис. 1.2б), то для распределения крутящего момента между передними и задними колесами практически всегда используется раздаточная коробка.

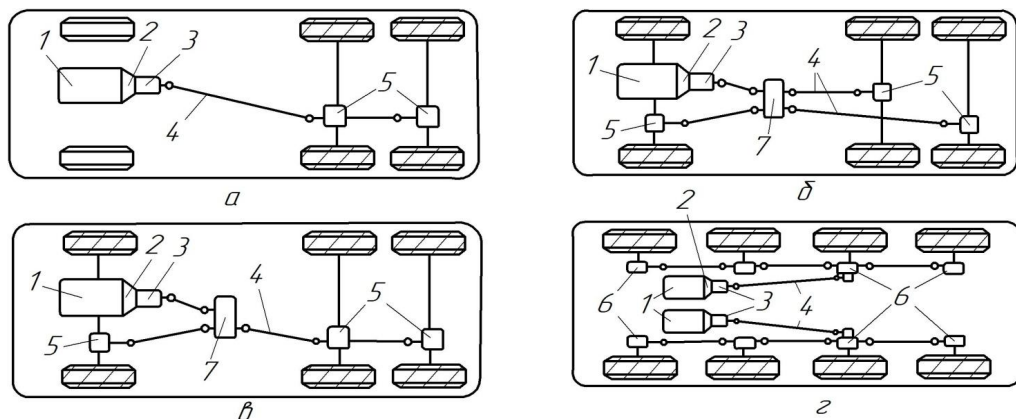


Рис. 1.7

Схемы трансмиссий грузовых автомобилей различных колесных формул:

a — 6×4; *б, в* — 6×6; *г* — 8×8; 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — главная передача; 6 — бортовой редуктор; 7 — раздаточная коробка.

Автомобили с колесной формулой 6×4 могут иметь раздаточную коробку (рис. 1.2в), тогда как при других схемах трансмиссии она может и отсутствовать (рис. 1.7а). Полноприводные автомобили с колесной формулой 6×6 с традиционной (мостовой) схемой распределения мощности могут иметь параллельный привод среднего и заднего мостов (рис. 1.7б) или последовательный (рис. 1.7в).

Специальные полноприводные многоосные автомобили часто имеют схемы с бортовым распределением мощности. В схеме, показанной на рисунке 1.2г, при этом используется раздаточная коробка, а схема, приведенная на рисунке 1.7г, предусматривает наличие на автомобиле двух двигателей.

1.2.3. Особенности компоновки механических трансмиссий автобусов

Оценку компоновочной схемы автобуса обычно начинают с анализа формы его кузова (рис. 1.8). Существует два распространенных варианта: капотная и вагонная компоновочные схемы. Первый вариант, отличающийся наличием во внешних контурах явно выраженного моторного отсека, обычно применяют в случае, если конструкция автобуса построена на базе какого-либо грузового автомобиля, в частности, используется его несущая система. Такую компоновочную схему (при использовании которой упрощается доступ к двигателю, но трудно достичь оптимального распределения нагрузок по осям) часто используют для создания полноприводного автобуса для сельских перевозок. Более распространенной является вагонная компоновочная схема. Отличия в конструкциях автобусов, имеющих такую компоновочную схему, определяются расположением двигателя.

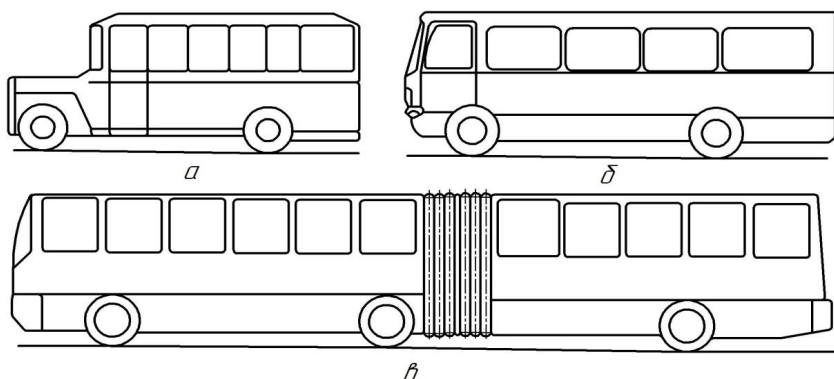


Рис. 1.8

Конструктивные варианты автобусов:

a — капотный; *б* — вагонный; *в* — сочлененный.

Если двигатель расположен в передней части кузова (рис. 1.9*a*), то при большой длине автобуса усложняется подвод крутящего момента к задним ведущим колесам, повышается сложность трансмиссии и уровень порождаемых ею шума и вибраций. Поэтому вагонная компоновочная схема с передним расположением двигателя наиболее распространена на небольших автобусах.

Валы трансмиссии можно сделать короче, а пространство кузова использовать более эффективно, если расположить двигатель под полом между передней и задней осями (рис. 1.9*б*). Однако при такой схеме нужен двигатель с небольшими вертикальными габаритами (этого можно достичь при горизонтальном расположении цилиндров поршневого ДВС), и даже при этом уровень пола поднимается, что затрудняет посадку и высадку пассажиров. Кроме того, значительно затрудняется доступ к двигателю и усложняется система отопления автобуса. Однако при использовании сочлененной схемы (рис. 1.8*в*) расположение двигателя под полом является распространенным решением.

Самая малая высота уровня пола может быть достигнута, если расположить двигатель вне колесной базы рядом с ведущим мостом, т. е. использовать переднеприводную или заднемоторную компоновочную схемы. Первая пока на автобусах широкого распространения не имеет (исключение составляют микроавтобусы), а автобусы вагонной компоновочной схемы с расположением двигателя за задней осью (рис. 1.9*в*) широко применяются как в качестве городских, так и междугородных. Двигатель может размещаться как продольно, так и поперечно. Смещение продольно расположенного двигателя к борту, противоположному тому, где находятся двери пассажирского салона (рис. 1.9*г*), позволяет увеличить размеры накопительной площадки и понизить уровень пола.

Повышения вместимости автобусов обычно добиваются, увеличивая их длину, особо большие автобусы делают сочлененными (рис. 1.8*в*). Существуют конструкции сочлененных автобусов с расположением двигателя (продольным или поперечным) в прицепном звене (рис. 1.10). Их называют автобусами с толкающей секцией.

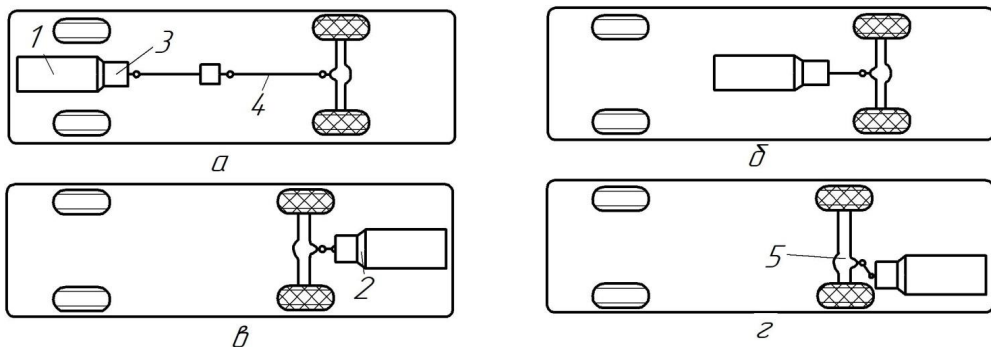


Рис. 1.9

Варианты расположения силового агрегата автобусов:

а — в передней части кузова; *б* — под полом («в базе»); *в* — в задней части кузова («в све-се»); *г* — в задней части кузова со смещением относительно продольной оси; 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — ведущий мост.

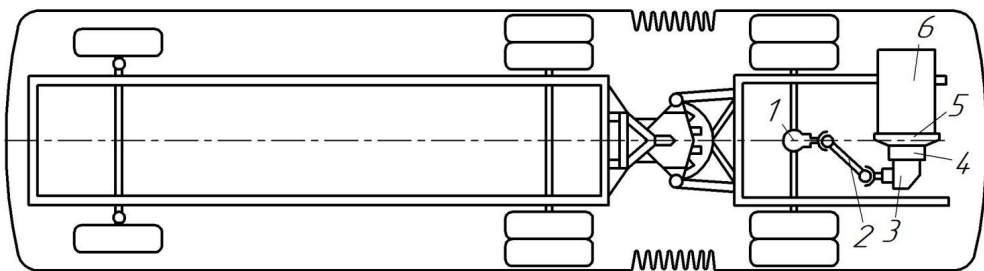


Рис. 1.10

Схема компоновки трансмиссии сочлененного автобуса с толкающей задней секцией с поперечным расположением двигателя в задней прицепной секции:

1 — главная передача; 2 — карданная передача; 3 — угловой редуктор; 4 — коробка передач; 5 — сцепление; 6 — двигатель.

1.3. Гидрообъемная трансмиссия

Гидрообъемная трансмиссия представляет собой бесступенчатую силовую передачу, в которой крутящий момент двигателя к ведущим колесам автомобиля передается гидравлическим потоком жидкости. Такая трансмиссия обеспечивает преобразование механической энергии в напор циркулирующей жидкости. В такой трансмиссии гидронасос, приводимый в действие от ДВС, соединен трубопроводами с гидродвигателями. Напор жидкости, создаваемый гидронасосом, преобразуется в крутящий момент на валах гидродвигателей, соединенных с ведущими колесами автомобиля.

ДВС 1 (рис. 1.11а) приводит в действие гидронасос 2, соединенный трубопроводами с гидродвигателями 3, валы которых связаны с ведущими колесами автомобиля. При работе двигателя гидродинамический напор жидкости, создаваемый гидронасосом, в гидродвигателях ведущих колес преобразуется в механическую работу. Ведущие колеса с гидродвигателями, установленными в них,

называются гидромотор-колесами. Рабочее давление в гидравлической системе в зависимости от конструкции гидроагрегатов составляет 10–50 МПа.

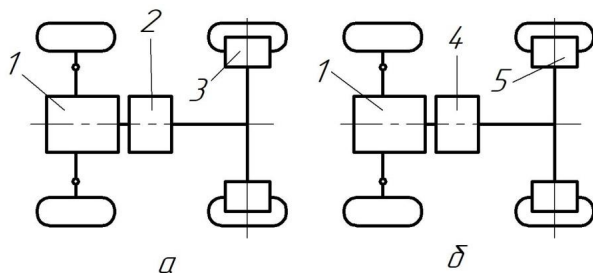


Рис. 1.11

Схема гидрообъемной (а) и электрической (б) трансмиссии:

1 — двигатель; 2 — гидронасос; 3 — гидродвигатель; 4 — электродвигатель; 5 — генератор.

На рисунке 1.12 представлена схема работы простейшей гидрообъемной передачи, в которой используется гидростатический напор жидкости. При вращении коленчатого вала двигателя 1 через кривошип 2 и шатун 3 перемещается поршень 4 гидронасоса. Жидкость из гидронасоса через трубопровод 9 подается в цилиндр гидродвигателя, перемещает поршень 8 и через шатун 7 и кривошип 5 приводит во вращение ведущее колесо 6.

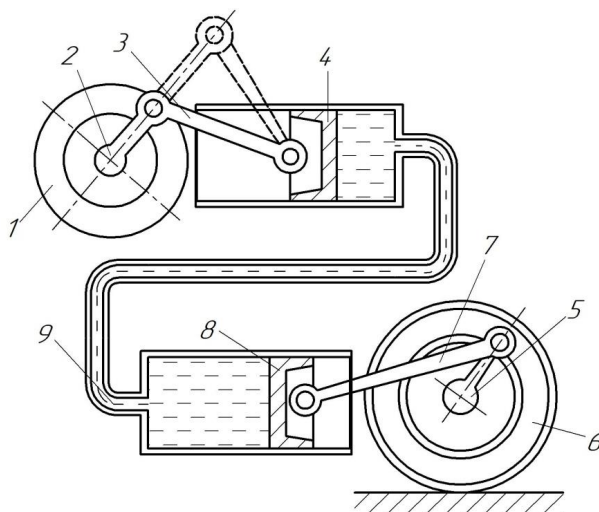


Рис. 1.12

Схема работы гидрообъемной трансмиссии:

1 — двигатель; 2 и 5 — кривошипы; 3 и 7 — шатуны; 4 и 8 — поршни; 6 — колесо; 9 — трубопровод.

Гидрообъемные передачи, применяемые на автомобилях, включают роторные гидронасосы плунжерного типа, колесные гидродвигатели, магистрали высокого и низкого давлений, редукционные клапаны, охладитель, дренажную систему и подпитывающую систему (резервуар, фильтр, охладитель, насос, редукционный и предохранительный клапаны).

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru