



## СВОБОДА ВРАЩЕНИЯ



В повороте все колеса автомобиля движутся по своей траектории. Причем задние крутятся медленнее передних, а внешние к повороту – быстрее внутренних. Но как это возможно, если ведущие колеса жестко связаны с валом двигателя? Ответ: с помощью дифференциала

Олег Карелов, эксперт по подбору автомобилей AutoTechnic.ru

**Ч**то же такое дифференциал? Это механизм, который разделяет крутящий момент по двум выходным валам, позволяя каждому из них вращаться с различной скоростью. Число дифференциалов в автомобиле зависит от типа привода: на моделях с единственной ведущей осью устанавливается только один – межколесный, разделяющий тягу между левым и правым колесом. Если же машина оснащена, например, постоянным полным приводом, то требуются уже три дифференциала – один межосевой, передающий момент от коробки передач к ведущим осям, и два межколесных.

Внутреннее устройство дифференциалов бывает различным, но наибольшее распространение получил открытый, или, по-другому, свободный дифференциал. Это чисто механическое устройство отличается простотой (обычно в нем всего четыре конические шестерни), компактностью и полностью соответствует своему названию, то есть делит крутящий момент в фиксированном соотношении (чаще 50:50) и никак не препятствует вращению выходных валов с разной скоростью. Но здесь-то и скрыта опасность. Если одно из колес попадет на скользкую поверхность

и забуксует, то без тяги останется и второе колесо, а сам автомобиль не сможет сдвинуться с места. Знакомая картина?

От этого недостатка избавлены блокируемые дифференциалы. В отличие от свободных они уже с некоторым усилием стараются замедлить опережающий по скорости вал, увеличивая крутящий момент на отстающем. И хотя звучит это несколько сложно, на самом деле принцип работы подобных устройств прост: проворачиванию валов относительно друг друга препятствует возникающая между ними сила трения, и чем она больше, тем в большей степени крутящий момент смещается в сторону отстающего вала.

### Включить-выключить

Крайний случай – дифференциал с жесткой блокировкой, который по команде водителя может намертво соединить выходные валы друг с другом, полностью исключив проскальзывание отдельных колес на бездорожье. В «свободном» же состоянии, когда блокировка отключена, он ничем не отличается от открытого дифференциала, обеспечивая такую же независимость вращения валов.

Подобные модели довольно широко распространены, возможность передать на один вал все 100% крутящего момента двигателя весьма востребована в среде внедорожников, где дифференциалы с жесткой блокировкой встречаются как в качестве межколесных, так и межосевых. В то же время далеко выйти за обозначенные границы этим дифференциалам не суждено, ведь на асфальте блокировку надо каждый раз отключать, иначе трансмиссия будет испытывать чрезмерные нагрузки в поворотах. А значит, автомобиль остается безоружен против проскальзывания колес на неожиданно возникших скользких участках дороги.

Разумеется, это не годится для мощных легковых машин, способных провернуть колеса даже на асфальте – для них существуют различные самоблокирующиеся дифференциалы. К примеру, механизмы с дисковой блокировкой, часто применяемые в автоспорте и в форсированных версиях дорожных машин. Устроены они почти так же, как и свободные дифференциалы, но валы в них связаны друг с другом посредством подпружиненных фрикционных. То есть в случае пробуксовки дисковая блокировка может добавить на отстающий вал лишь столько ньютонов-метров, сколько фрикционные способны выдержать до начала проскальзывания. Как правило, это совсем немного – всего несколько десятков Нм, что позволит компенсировать лишь незначительное падение крутящего момента, например при попадании колеса на пыльный или мокрый асфальт.

А что мешает увеличить силу трения фрикционных? Проблема в том, что, будучи постоянно поджатыми, эти фрикционные препятствуют свободному вращению колес в повороте, что ведет к ускоренному износу шин, самого дифференциала и неоднозначно сказывается на управляемости.

### Хитро придумано

Этих недостатков лишены дифференциалы, блокируемые вискомуфтой. В данном случае перераспределение крутящего момента возникает не в результате трения фрикционных, а за счет свойств особой жидкости на силиконовой основе, которая «умеет» затвердевать при нагреве. В нее помещаются два набора пластин, каждый из которых связан со своим выходным валом дифференциала. И пока автомобиль движется без пробуксовки, а соответственно, и разница в скорости вращения валов невелика, муфта себя никоим образом не проявляет, но как только один вал начинает существенно обгонять другой, пластины взбивают жидкость, ее давление и температура возрастают, вязкость повышается – и вискомуфта тормозит вал. При этом сопротивление может быть столь велико, что блокировка становится практически жесткой, на каждый вал может передаваться 100% крутящего момента!

Почему же тогда вискомуфту не часто встретишь на внедорожниках? Тому есть две причины: первая – склонность к перегреву во время длительной пробуксовки, вторая – задержка срабатывания, ведь на нагрев жидкости нужно время. Последнее настораживает и производителей мощных легковых автомобилей – медлительность не идет на пользу управляемости. Но есть и те, кому все же удается достичь отличных ездовых характеристик, это и Subaru Impreza, и Nissan 370Z, и полноприводный Lexus IS.

Куда более совершенными являются дифференциалы с винтовой блокировкой, в частности Torsen и Quaife. В отличие от всех предыдущих, созданных по принципу «открытый дифференциал с коническими шестернями + блокировка», эти модели устроены совсем по-другому. Особенность – в хитрых червячных передачах: когда на одном из валов падает крутящий момент, шестерни начинают расклинивать и момент тут же перебрасывается на другую ось. То есть дифференциал даже не дожидается начала проскальзывания колеса – он реагирует на ухудшение сцепления с дорогой! И чем сильнее водитель жмет на «газ», тем жестче связь между валами, в пределе на одну ось может приходиться до 80% крутящего момента. Выходит, что дифференциал «закрывается» тогда, когда надо, – в момент разгона, а под сброс «газа» никак не мешает независимому вращению валов.

Столь логичное поведение и молниеносное быстрое действие пригодились в совершенно различных областях, эти дифференциалы можно встретить и на скоростных автомобилях Audi с полным приводом Quattro, и на признанном внедорожнике Toyota Land Cruiser. Недостаток же подобных устройств один – беспомощность против диагонального вывешивания, ведь расклинивание шестерен возможно только при наличии хоть какой-то силы сопротивления на проскальзывающем колесе. В тех же условиях дифференциал с дисковой блокировкой хоть как-то будет пытаться помочь, а вискомуфта, «схватившись» после нескольких проворотов колеса, и вовсе передаст большую часть момента на противоположный вал.

### Электронный век

Получается, что все дифференциалы – некий компромисс между проходимостью и управляемостью? Да, но так продолжалось лишь до тех пор, пока электроника наконец не добралась и до этого узла автомобиля. Произошло это в середине 80-х, когда Mercedes-Benz и Porsche почти одновременно оснастили свои модели дифференциалами с электронноуправляемыми многодисковыми сцеплениями. Конструктивно они напоминали механизмы с дисковой блокировкой, но фрикционные в них поджимались уже не пружиной, а гидроприводом, который по команде блока управления мог ослаблять или, наоборот, усиливать натяг.

В результате характеристики дифференциала стали определяться сточками программного кода, а конструкторы получили огромные возможности для настройки. Так, для лучшей маневренности можно ослаблять связь между валами на входе в поворот, а на выходе, наоборот, зажимать сцепление для максимально эффективного разгона. Можно и полностью заблокировать дифференциал, и тогда автомобилю не страшно никакое диагональное вывешивание.

Казалось бы, у такого дифференциала нет слабых мест. Но, как и все остальные, он перераспределяет крутящий момент, выравнивая частоту вращения валов. А что если бы дифференциал заставлял один вал вращаться быстрее другого? Ведь тогда он мог бы добавить момент на внешнее к повороту колесо и тем самым помочь «заправить» автомобиль на дугу...

Так появилась идея активного дифференциала – самого совершенного на данный момент. Пионером в этой области является Mitsubishi, оснастившая им свой Lancer Evolution. Взяв за основу обычный открытый дифференциал, японцы дополнительно соединили выходные валы через две передачи – повышающую и понижающую, включением которых управляет электроника при помощи мокрых сцеплений. Таким образом, задействуя ту или иную передачу, компьютер может заставить один вал крутиться быстрее или медленнее другого! Усилие же, а точнее, величина перебрасываемого крутящего момента регулируется изменением степени проскальзывания сцепления.

Активный дифференциал устанавливается на заднюю ось автомобиля, наделяя его невиданной устойчивостью в поворотах. Там, где любой другой в ответ на прибавление «газа» уже давно бы повис в заносе, автомобиль с таким дифференциалом лишь активнее ввинчивается в вираж. Не страшно и бездорожье – если забуксовало одно колесо, второе будет стремиться вращаться еще быстрее.

Означает ли это, что в будущем каждый автомобиль станет оснащаться подобным дифференциалом? Скорее всего, нет, и дело не столько в цене этого высокотехнологичного устройства, сколько в целесообразности. Простой и надежный открытый дифференциал никак не ограничивает скоростные возможности большинства легковых машин, а для внедорожников более чем достаточно и механизмов с дополнительной блокировкой многодисковым сцеплением. Остается сегмент мощных спортивных автомобилей, где до сих пор правили бал агрегаты Torsen и дифференциалы с дисковой блокировкой. Вот здесь-то и могут пригодиться выдающиеся характеристики активных дифференциалов. ■