

ВЛИЯНИЕ РАЗВАЛА, СХОЖДЕНИЯ И КАСТОРА КОЛЕС НА УПРАВЛЯЕМОСТЬ АВТО И ИЗНОС ШИН

Калекин Владислав Вячеславович – ст. гр. А-63 Маг.

vladkalekin@gmail.com

Для повышения устойчивости автомобиля при движении, легкости управления и снижения износа шин служат углы установки передних управляемых колес. К таким углам относятся: схождение и развал колес, продольный и поперечный наклон геометрической оси поворота (кастер, или, устаревшее, кастор) управляемого колеса.



Рис.1 – (а) схождение и (б) развал колес

Общая информация о установке колес автомобиля. Передние колеса автомобиля (а иногда и задние) устанавливаются не параллельно, а под определенными углами друг к другу. Положение колеса относительно вертикальной плоскости называется развалом колеса, а относительно горизонтальной — схождением. Схождение и развал бывают как положительными, так и отрицательными.

Несмотря на то что наименьшее сопротивление движению и меньший износ шин будут в случае, когда колеса катятся в вертикальных плоскостях, параллельных продольной оси автомобиля, их все же устанавливают с развалом и схождением. Дело в том, что при движении автомобиля его колеса нагружены силами взаимодействия с дорогой. Например, на передние колеса автомобиля с задним приводом большую часть времени действуют

силы, направленные против движения и стремящиеся развернуть колеса наружу. В подвеске автомобиля имеются упругие элементы, которые имеют определенную эластичность и дают возможность колесам повернуться наружу. Для того чтобы при движении колеса катились параллельно продольной плоскости автомобиля, их предварительно устанавливают с небольшим положительным схождение. У автомобилей с передними ведущими колесами, у которых большую часть времени на эти колеса действует сила тяги, совпадающая с направлением движения, колеса устанавливаются с отрицательным схождение. Установка колес с развалом обусловлена более сложными причинами. Колеса при движении автомобиля по возможности должны находиться в положении, когда они перпендикулярны дорожной поверхности (нулевой угол развала). Если колесо катится под углом к вертикали, сцепление шины с дорогой уменьшается, а пятно контакта шины с дорогой изменяет свою форму, что приводит к появлению боковой силы, которая стремится дестабилизировать движение автомобиля.

Можно создать такую независимую подвеску, в которой колесо будет перемещаться в вертикальной плоскости без наклона при движении по любой прямолинейной дороге. Гораздо труднее сохранить вертикальность колеса, когда кузов автомобиля, к которому присоединен направляющий элемент, наклоняется при прохождении автомобилем поворота. Поэтому конструкторы современных подвесок выяснили, что лучше позволить изменяться развалу, но сделать его направленным противоположно крену кузова, поскольку это сохраняет вертикальное положение колес при поворотах. Такой подход обеспечивает улучшение сцепных свойств при прохождении поворотов и, как следствие, улучшение устойчивости и управляемости.

Для самовозврата колес к прямолинейному движению после поворота служит угол поперечного наклона шкворня (кастер). Наличие такого наклона приводит к возникновению стабилизирующего момента на управляемых колесах, который зависит от величины этого угла наклона и силы тяжести, приходящихся на управляемые колеса, но не зависит от скорости движения. Эти углы лежат в пределах $6-10^\circ$.

Наклон геометрической оси в продольной плоскости заключается в смещении нижнего конца этой оси относительно вертикали. Данный угол наклона служит для сохранения прямолинейного движения колес при движении с большими скоростями. Создаваемые реактивные усилия на плечах, представляющих собой расстояния от точек касания с дорогой, стремятся вернуть колеса в положение прямолинейного движения. Этот угол обычно равен $1-3,5^\circ$ и зависит от боковой упругости шин.

Рассмотрим каждый случай более детально.

Подвеска без углов. Если вообще не делать никаких углов, колесо в ходе сжатия-отбоя будет оставаться перпендикулярным к дороге, в постоянном и надежном контакте с ней. Правда, совместить центральную плоскость

вращения колеса и ось его поворота конструктивно довольно сложно (здесь и далее речь о классической двухрычажной подвеске заднеприводного автомобиля, например «жигулей»), поскольку обе шаровые опоры вкупе с тормозным механизмом внутри колеса не помещаются. А раз так, то плоскость и ось «расходятся» на расстояние A , называемое плечом обката (при повороте колесо обкатывается вокруг оси ab). В движении сила сопротивления качению не ведущего колеса создает на этом плече ощутимый момент, скачкообразно меняющийся при проезде неровностей. В результате руль будет постоянно рваться из рук.

В поперечной плоскости положение колеса характеризуется углами α (развал) и β (наклон оси поворота). Кроме того, преодолеть этот самый немалый момент в повороте придется мускульной силой. Стало быть, положительное (в данном случае) плечо обката желательно уменьшить, а то и вовсе свести к нулю. Для этого можно наклонить ось поворота ab . Здесь важно не переусердствовать, чтобы при ходе вверх колесо не слишком заваливалось внутрь. Качение наклонного колеса напоминает качение конуса. На практике делают так: несколько наклонив ось поворота (β), нужную величину добивают наклоном плоскости вращения колеса (α). Угол α и есть развал. Под этим углом колесо опирается о дорогу. Покрышка в зоне контакта деформируется. Выходит, что автомобиль движется словно на двух конусах, стремящихся раскатиться в стороны. Чтобы компенсировать эту неприятность, плоскости вращения колес надо свести. Процесс называется регулировкой схождения. Оба параметра жестко связаны. То есть, если угол развала нулевой, не должно быть и схождения, отрицательный - требуется расхождение, иначе шины будут «гореть». Если на автомобиле развал колес выставлен по-разному, его будет тянуть в сторону колеса с большим наклоном.

При положительном плече обката поворот колеса сопровождается подъемом передка кузова. Другие два угла обеспечивают стабилизацию управляемых колес - проще говоря, заставляют автомобиль с отпущенным рулем ехать прямо. Угол поперечного наклона оси поворота (β) отвечает за весовую стабилизацию. Легко заметить, что при этой схеме (рис.) в момент отклонения колеса от «нейтрали» передок начинает подниматься. А так как весит он немало, то при отпуске руля под действием силы тяжести система стремится занять исходное положение, соответствующее движению по прямой. Правда, для этого приходится сохранять то самое, хоть и небольшое, но нежелательное положительное плечо обката.

Кастер - угол продольного наклона оси поворота. Продольный угол наклона оси поворота - кастер - дает динамическую стабилизацию. Принцип ее ясен из поведения рояльного колесика - в движении оно стремится оказаться позади ножки, то есть занять наиболее устойчивое положение. Чтобы получить тот же эффект в автомобиле, точка пересечения оси поворота с поверхностью дороги (c) должна быть впереди центра пятна

контакта колеса с дорогой (d). Для этого ось поворота и наклоняют вдоль. Так "работает" кастер. Теперь при повороте боковые реакции дороги, приложенные позади ... (спасибо кастеру!) стараются вернуть колесо на место.

Более того, если на машину действует боковая сила, не связанная с поворотом (например, вы едете по косогору или при боковом ветре), то кастер обеспечивает при случайно отпущенном руле плавный поворот машины «под склон» или «под ветер» и не дает ей опрокинуться. Рис.2

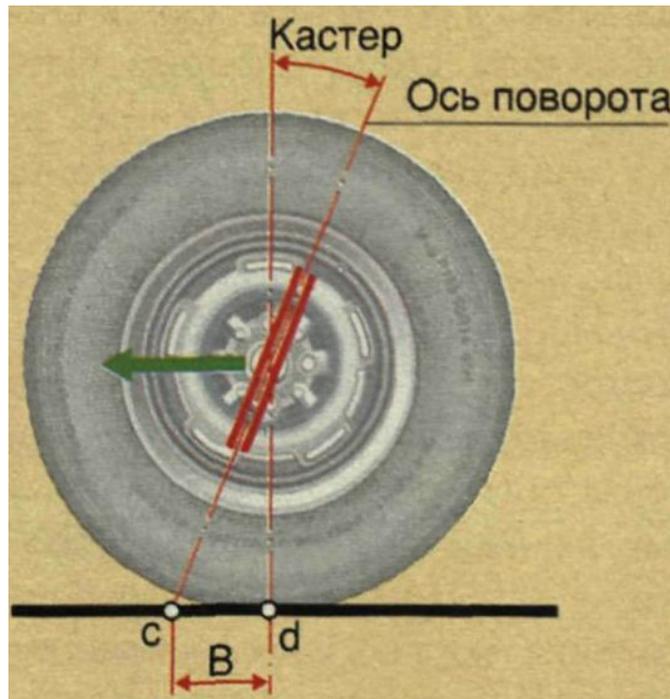


Рис.2

Положительное (а) и отрицательное (б) плечи обката. В переднеприводном автомобиле с подвеской «Мак-Ферсон» ситуация совершенно иная. Эта конструкция позволяет получить нулевое и даже отрицательное (рис. б) плечо обката - ведь внутри колеса здесь надо «запихнуть» лишь опору единственного рычага. Угол развала (и, соответственно, схождения) легко свести к минимуму. Так и есть: ВАЗов «восьмого» семейства развал - $0^\circ \pm 30'$, схождение - 0 ± 1 мм. Так как передние колеса теперь тянут автомобиль, динамическая стабилизация при разгоне не требуется - колесо уже не катится позади ножки, а тянет ее за собой. Небольшой ($1^\circ 30'$) угол продольного наклона оси поворота сохранен для устойчивости при торможении. Значительный вклад в «правильное» поведение автомобиля вносит отрицательное плечо обката - при возрастании сопротивления качению колеса оно автоматически корректирует траекторию. Углы для каждой модели автомобиля определяют после множества испытаний, доводочных работ и повторных испытаний. На старой, изношенной машине упругие

деформации подвески (в первую очередь, резиновых элементов) гораздо больше, чем у новой - колеса заметно расходятся от куда меньших сил. Но стоит остановиться, как в статике все углы вновь на своем месте. Так что регулировать разболтанную подвеску - пустой труд. Сначала нужно ее отремонтировать. Рис.4

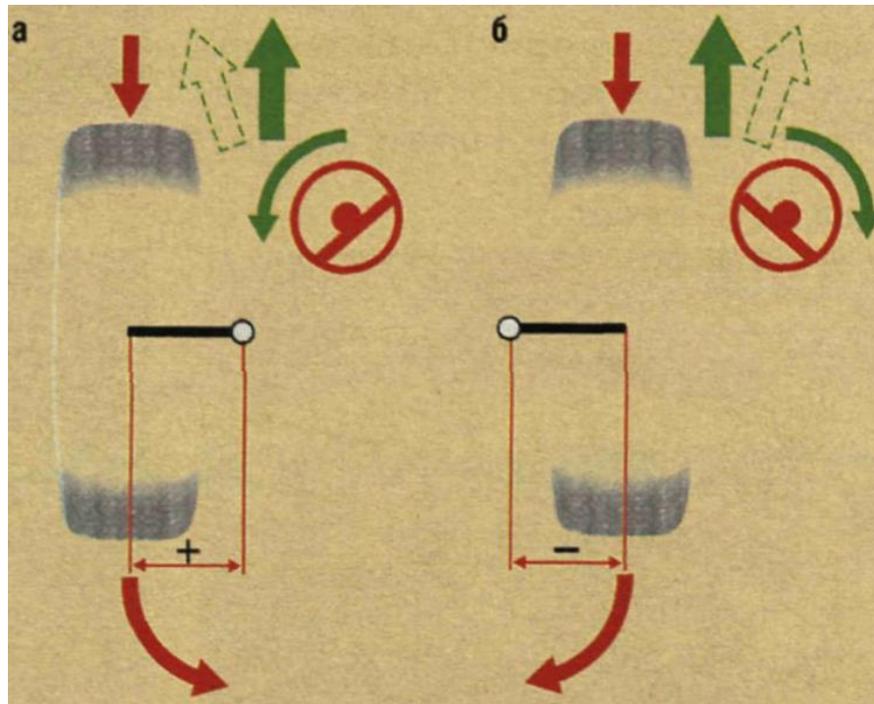


Рис.4

Свести на нет все усилия разработчиков можно и другими способами. Например, хорошенько задрать заднюю часть автомобиля. Глядишь - кастер поменял знак и от динамической стабилизации остались воспоминания. И если при разгоне водитель еще сможет справиться с ситуацией, то при экстренном торможении - вряд ли. А если добавить нестандартные шины и колеса с иным вылетом, то просто невозможно предсказать, что получится в конечном итоге.

Зыбцев Юрий Васильевич – Научный руководитель