

# КИНЕМАТИКА ПОДВЕСКИ ТИПА «МАКФЕРСОН» С РЕЕЧНЫМ РУЛЕВЫМ МЕХАНИЗМОМ

Халиков Р.Т.<sup>1</sup>, Шукуров Н.Р.<sup>2</sup>, Шамонов Б.Ш.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Халиков Рахматулло Тангрикулович – кандидат технических наук., доцент;

<sup>2</sup>Шукуров Нуритдин Рахимович – кандидат технических наук., доцент;

<sup>3</sup>Шамонов Бекзод Шакиржанович – доцент, начальник цикла,

кафедра технического обеспечения

Академия Вооруженных Сил РУ,

г. Ташкент, Республика Узбекистан

**Аннотация:** в статье рассматриваются полученные теоретически основные кинематические зависимости характеристики реечного рулевого механизма и передней подвески, а также их зависимость от некоторых конструктивных параметров. Показано влияние кинематических характеристик рулевого управления и передней подвески на управляемость переднеприводного автомобиля.

**Ключевые слова:** переднеприводные автомобили, Макферсон, управляемость, кинематика, подвеска, углы поворота, поворачиваемость, углы развала и схождения.

## KINEMATICS OF SUSPENSION TYPE "MACPHERSON" RACK AND RACK STEERING

Khalikov R.T.<sup>1</sup>, Shukurov N.R.<sup>2</sup>, Shamonov B.Sh.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Khalikov Rakhmatulla Tangrikulovich – PhD in Technical Sciences, Associate Professor;

<sup>2</sup>Shukurov Nuritdin Rakhimovich – PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

<sup>3</sup>Shamonov Bekzod Shakirzhanovich - Associate Professor,

DEPARTMENT OF TECHNICAL SUPPORT,

ACADEMY OF ARMED FORCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN,

TASHKENT, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Abstract:** the article discusses the theoretically obtained basic kinematic dependences of the characteristics of the rack and pinion steering mechanism and the front suspension, as well as their dependence on some design parameters. The influence of the kinematic characteristics of the steering and front suspension on the controllability of a front-wheel drive vehicle is shown.

**Keywords:** front-wheel drive cars, MacPherson, handling, kinematics, suspension, steering angles, understeer, camber and toe angles.

УДК 629.017

На сегодняшний день в нашей стране и за рубежом широкое распространение получили переднеприводные легковые автомобили (например, автомобили «Chevrolet»). Они по ряду параметров устойчивости, проходимости и управляемости превосходят аналогичные заднеприводные автомобили [1]. Значительное влияние на эти показатели оказывает тип рулевого привода и передней подвески. В настоящее время в большинстве переднеприводных легковых автомобилей используется реечное рулевое управление и подвеска типа «Макферсон». При этом создателям пришлось решить ряд задач, связанных с новой компоновкой автомобиля и с разработкой новых узлов и агрегатов, которые, в свою очередь, привели к изменению эксплуатационных показателей автомобиля.

Исследования, проведенные на основе метода векторно-матричного описания кинематической схемы привода и подвески, кинематики направляющего аппарата передней подвески типа «Макферсон» и реечного рулевого управления, позволили получить в аналитической форме зависимости, связывающие поворот рулевого колеса, перемещение подвески, положение управляемых колёс [2].

Для проведения расчётов был разработан комплекс программ для персонального компьютера, позволяющее провести кинематический анализ рулевого механизма, привода и подвески. Используя эти программы, выполнен расчет кинематики передней подвески и рулевого привода переднеприводного автомобиля, а также исследовано влияние отдельных конструктивных параметров на кинематические характеристики привода и подвески.

Соотношение между углами поворота управляемых колёс зависит от нагрузки, приходящейся на переднюю подвеску. При номинальной нагрузке (5 человек и 50 кг груза в багажнике) соотношение между углами поворота внутреннего и внешнего колёс менее нелинейно, чем получаемые для заданных размеров по известной формуле для жёстких колёс. Это при прочих равных условиях приводит к увеличению недостаточной поворачиваемости автомобиля.

Повышение нагрузки ещё более снижает нелинейность соотношения углов поворота, что с точки зрения кинематики усиливает недостаточную поворачиваемость. Соотношение углов поворота управляемых колёс может изменяться в широком диапазоне за счет изменения длины боковой тяги и рычага поворотной цапфы. Чем меньше длина боковой тяги, тем более нелинейно соотношение между углами поворота внутреннего и

наружного колес. С другой стороны, чем меньше длина рычага поворотной цапфы, тем ближе к линейному соотношению углов поворота. При этом изменяется также и величина угла поворота каждого из колес. Подбирая размеры тяги и рычага, можно найти требуемое соотношение углов поворота.

Углы схождения и развала управляемых колес зависят от перемещения подвески. При отбое подвески на 80 мм от номинального положения угол схождения колеса увеличивается от 0 до 1°.

При сжатии подвески на 80 мм угол схождения становится отрицательным и плавно уменьшается до -50'. Возникающие при резком сжатии гироскопические моменты пропорциональны скорости изменения углов схождения и направлены так, что стремятся сжать дополнительно подвеску. На величину и характер изменения углов схождения существенное влияние оказывают также размеры боковой тяги и рычага поворотной цапфы. При уменьшении длины боковой тяги примерно на 50% от исходной величины увеличивается диапазон изменения углов схождения. Так, при отбое подвески на 80 мм угол схождения увеличивается от 0° до 1°45', а при сжатии - незначительно уменьшается и затем резко увеличивается до 2°10'.

Таким образом, при сжатии подвески меняется не только величина угла схождения, но и характер его изменения. Соответственно значительно увеличивается скорость изменения углов схождения и гироскопические моменты. Направление действия этих моментов при сжатии подвески изменяется на противоположное. Характерной особенностью подвески типа «Макферсон» в отличие от ряда других подвесок, является значительное смещение центра качания подвески. Поэтому для снижения колебания углов схождения длина боковых тяг должна быть максимально возможной.

Угол развала управляемого колеса при сжатии подвески на 80 мм относительно номинального положения уменьшается от 0 до -1°25', а при отбое подвески на 80 мм - увеличивается до +2°30', а характер изменения углов схождения и развала одинаков. Это обеспечивает правильное качение колеса при перемещении подвески. Появляющиеся при изменении развала гироскопические моменты направлены так, что стремятся увеличить углы схождения. В то время, как уже указывалось, углы схождения уменьшаются при сжатии подвески. Таким образом, гироскопические моменты, возникающие от развала колес, являются стабилизатором колебания углов схождения.

Углы наклона оси шкворня увеличиваются при сжатии подвески из одного крайнего положения в другое. Так, при перемещении подвески от - 80 мм до + 80 мм продольный угол наклона шкворня увеличивается от 1°30' до 2°30', а поперечный угол от 11°30' до 15°10'. Увеличение продольного угла обеспечивает повышенную стабилизацию колес при торможении автомобиля.

Увеличение поперечного угла сохраняет и незначительно увеличивает при торможении отрицательное плечо обкатки. Отрицательная величина плеча обкатки улучшает управляемость и повышает устойчивость автомобиля, особенно при тормозных режимах движения.

Для нахождения плеча обкатки определяются координаты точки контакта колеса с дорогой. При этом поверхность колеса представляется двухпараметрической торовой поверхностью. В неподвижной системе координат, связанной с дорогой, определяется огибающая семейства поверхностей колеса, образованная движением колеса с двумя параметрами: поворотом вокруг оси шкворня и перемещением вместе с подвеской. Находя производные по параметрам поверхности колеса и исследуя их на экстремум, определяем положение точки контакта колеса с дорогой в зависимости от поворота рулевого колеса и перемещения подвески.

По полученным данным вычисляется размер колеи и ее изменение при перемещении подвески. При сжатии подвески на 80 мм относительно номинального положения колея незначительно увеличивается (примерно на 5 мм), а при отбое уменьшается до 40 мм, т.е. при повышенной нормальной нагрузке боковое смещение колеса и скорость этого смещения малы. В случае пониженной нормальной нагрузки боковое смещение достаточно велико и является недостатком, устранение которого возможно за счет изменения размеров рычагов подвески.

При изменении угла крена  $\gamma$  подрессоренной массы автомобиля, вызываемом его поворотом, углы схождения и развала изменяются как показано на рис. 1. У наружного колеса угол схождения уменьшается (кривая 4), причём, чем больше угол крена, тем меньше изменение угла схождения. У внутреннего колеса угол схождения почти линейно возрастает во всем диапазоне изменения углов крена (кривая 1). Оба колеса поворачиваются в сторону, противоположную повороту, что усиливает недостаточную поворачиваемость автомобиля. Для углов развала наблюдается иная картина.

На рис. 1 кривая 2 соответствует изменению угла развала наружного колеса, кривая 3 - внутреннего колеса. Колеса наклоняются в одну сторону с автомобилем, но на меньшие углы. Следовательно, действующие боковые силы будут меньше, чем в случае равного наклона кузова и колёс. Уменьшаются также углы увода колес, что снижает недостаточную поворачиваемость, компенсируя тем самым влияние изменения углов схождения.

У наружного колеса передаточное число изменяется незначительно (рис. 2, кривая 2), у внутреннего колеса оно резко уменьшается (кривая 4).

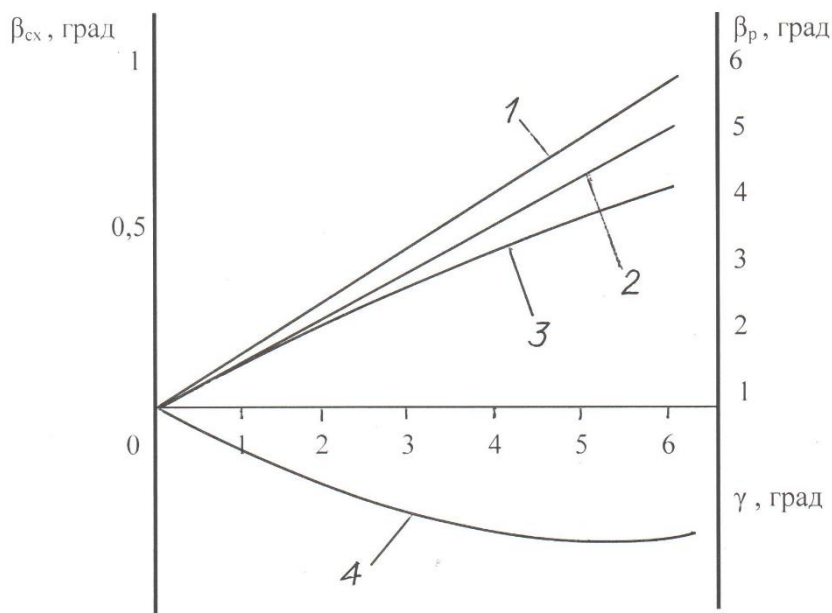


Рис. 1. График зависимости углов схождения  $\beta_{сх}$  развала колес  $\beta_r$  от крена  $\gamma$  поддресоренной массы автомобиля: 1 - изменение угла схождения внутреннего колеса; 2 - изменение угла развала наружного колеса; 3 - изменение угла развала внутреннего колеса; 4 - изменение угла схождения наружного колеса

При этом среднее передаточное число резко уменьшается (кривая 3).

Переменное передаточное число является характерным для реечного рулевого управления, что по современным данным является наиболее рациональным с точки зрения удобства управления автомобилем.

С другой стороны, при резком повороте на высокой скорости возникающие гироскопические моменты на колесах различны по величине и по-разному воздействуют на подвеску. Подвеска внутреннего колеса стремится сжаться существенно больше, чем подвеска наружного колеса. Это явление дублирует работу стабилизатора поперечной устойчивости и направлено на уменьшение скорости крена автомобиля при резком повороте.

Важнейшей кинематической характеристикой, определяющей скорость и ускорение поворота управляемых колес, является передаточное число рулевого управления. На рис. 2 представлен график изменения передаточного числа «I» в зависимости от угла поворота « $\alpha$ » рулевого колеса.

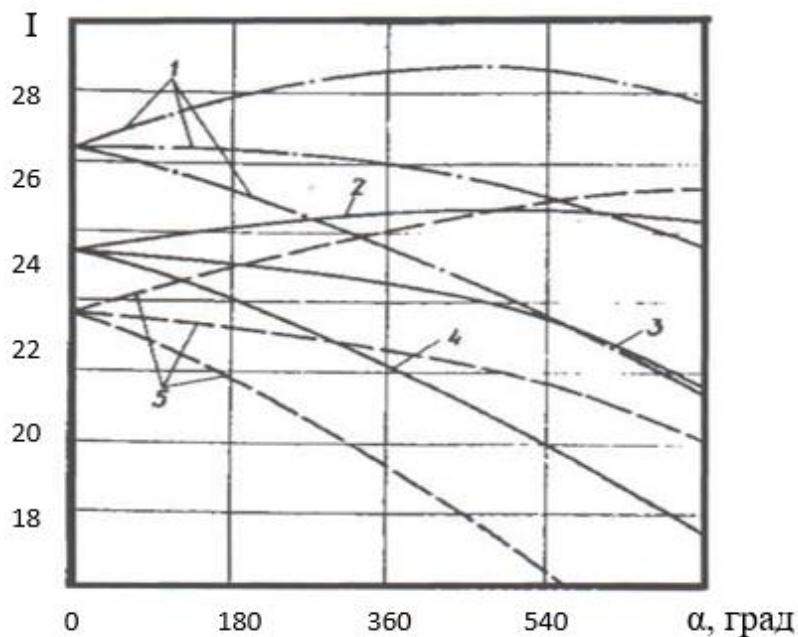


Рис. 2. График зависимости передаточного числа рулевого управления от поворота рулевого колеса: 1 - при увеличенной длине рычага поворотной цапфы; 2 - для наружного колеса; 3 - среднее передаточное отношение; 4 - для внутреннего колеса; 5 - при уменьшенной длине боковой тяги

Величина и характер передаточного числа зависят от размеров боковой тяги и рычага поворотной цапфы. Чем меньше длина боковой тяги, тем меньше передаточное число (кривая 5), и чем больше длина рычага поворотной цапфы, тем больше передаточное число (кривая 1). Из рисунка можно видеть, что изменяется также и характер зависимости передаточного числа внутреннего и наружного колёс от поворота рулевого колеса. Соответственно изменяются характеристики среднего передаточного числа.

Проведённые расчёты показали, что кинематические характеристики рулевого управления и передней подвески переднеприводного автомобиля удовлетворяют требованиям, предъявляемым к управляемости и устойчивости современного автомобиля. Разработанные конструкции рулевого управления и передней подвески обеспечивают такие важные характеристики, как устойчивость при торможении и крене, недостаточная поворачиваемость, переменное передаточное число рулевого привода. Оценить и найти положительное влияние на управляемость автомобиля отрицательных углов схождения и развала колёс на стадии кинематического анализа не представилось возможным. Для этого необходимо подробное экспериментальное исследование.

К недостаткам направлявшего аппарата передней подвески типа следует отнести значительное изменение колеи передних колёс при перемещении подвески. Для совершенствования тех или иных кинематических характеристик необходимо выполнить несколько вариантов расчёта с различным сочетанием конструктивных параметров привода и подвески. При качественном сравнении получаемых результатов выявляются параметры, обеспечивающие требуемые показатели по устойчивости и управляемости.

#### *Список литературы / References*

1. *Geffe Sidney D.* The American automobile five to ten years hence "Automotive Engineering", 1999, Vol. 88. № 6. P. 39-42.
2. *Литвинов А.С., Немцов Ю.М., Тимофеев С.А.* Исследование кинематики рулевого управления с учётом кинематики передней подвески. "Автомобильная промышленность", 1980. № 1. С. 11-13.