

ВЫБОР УГЛА НАКЛОНА ОСИ ШКВОРНЯ УПРАВЛЯЕМОГО КОЛЕСА В ПОПЕРЕЧНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Сарбаев Д.С., Сергиенко И.В., Кочетов М.С., Горбатова В.В.

Ключевые слова: угол наклона, пятно контакта, колесо, шина, шкворень, поперечная вертикальная плоскость.

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние оси шкворня управляемого колеса в поперечной вертикальной плоскости на устойчивость автомобиля.

SELECTING THE INCLINATION ANGLE OF THE PIN AXIS OF THE DRIVEN WHEEL IN THE TRANSVERSE VERTICAL PLANE

Sarbaev D.S., Sergienko I.V., Kochetov M.S., Gorbatova V.V.

Keywords: incline angle, contact patch, wheel, tire, pin, transverse vertical plane.

Abstract. This article presents the influence of the pin axis of the driven wheel in the transverse vertical plane on the vehicle stability.

Стабилизация управляемых колес (УК) полезна с точки зрения курсовой устойчивости движения автомобиля [1-3]. Особое значение, особенно при небольших скоростях движения автомобиля, имеет весовая стабилизация, возникающая при повороте управляемого колеса вокруг оси поперечно наклоненного шкворня. Для использования веса автомобиля в качестве стабилизирующего фактора оси действительных или мнимых шкворней поворотных цапф наклоняют в поперечной вертикальной плоскости на определенный угол (далее – угол поперечного наклона). Будем называть его $\beta_{ш}$. Этот угол наклона осей шкворней управляемых колес образуется при наклоне верхних шарниров осей шкворней в поперечной вертикальной плоскости всегда навстречу друг другу (то есть при сближении) или, что то же самое, при удалении друг от друга нижних шарниров осей шкворней в той же плоскости.

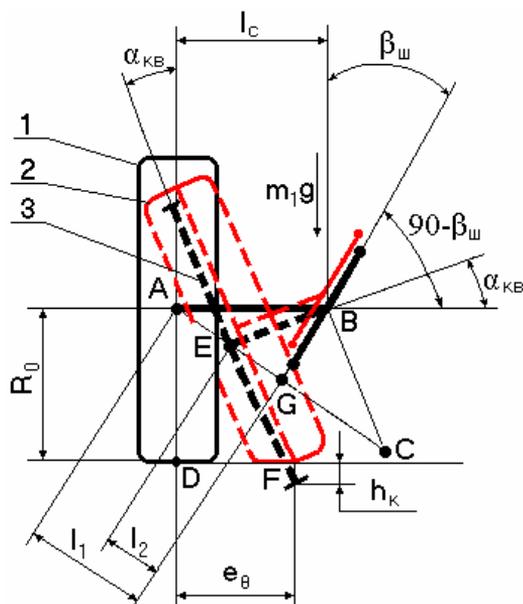
Этот угол на различных моделях легковых и грузовых автомобилей имеет значения 8...100°.

При такой установке шкворней поворот управляемого колеса в любую сторону от нейтрального положения сопровождается подниманием передней части автомобиля. Этому препятствует вес автомобиля. Возникающий таким образом стабилизирующий эффект, очевидно, зависит от массы, приходящейся на управляемое колесо m_1 , от угла поперечного наклона шкворня $\beta_{ш}$, от плеча обкатки и других факторов, определяющих работу, которую необходимо затратить для подъема передней части автомобиля, вызванного поворотом его УК.

Угол наклона оси шкворня в поперечной вертикальной плоскости имеет и другие положительные эффекты: уменьшает плечо действия относительно оси шкворня продольной реакции опорной поверхности, особенно результирующей силы, возникающей от неравенства продольных реакций под

колесами левого и правого борта, а также уменьшает плечо действия относительно оси шкворня дополнительной нормальной реакции опорной поверхности от возмущающего воздействия неровностей, особенно результирующей силы, возникающей от неравенства дополнительных нормальных реакций под колесами левого и правого борта.

На рисунке 1 изображена расчетная схема для определения весового момента M_G , стабилизирующего управляемое колесо в плоскости, перпендикулярной оси шкворня, то есть момента, стремящегося вернуть колесо в нейтральное положение при его самопроизвольном или целенаправленном отклонении от него. Здесь для упрощения не показан угол развала колеса.



1 – управляемое колесо в нейтральном положении; 2 – управляемое колесо после поворота вокруг оси шкворня на дороге с твердым покрытием; 3 – управляемое колесо после поворота вокруг оси шкворня в вывешенном состоянии

Рис. 1. Расчетная схема для оценки стабилизации управляемого колеса автомобиля за счет наклона оси шкворня в поперечной вертикальной плоскости

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: R_0 – статический радиус колеса; l_c – длина цапфы; h_k – фиктивное вертикальное перемещение управляемого колеса при его повороте вокруг оси шкворня, на которое оно стремится опуститься ниже плоскости дороги; l_1, l_2, l_3 – текущие геометрические параметры; $m_1 g$ – сила веса, приходящаяся на одно управляемое колесо; $\beta_{ш}$ – угол наклона оси шкворня в поперечной вертикальной плоскости; $\alpha_{кв}$ – угол поворота плоскости управляемого колеса в поперечной вертикальной плоскости от поворота колеса вокруг наклоненной в пространстве оси шкворня; e_θ – снос продольной реакции опорной поверхности от поворота УК вокруг оси шкворня при отсутствии бокового скольжения в пятне контакта.

Первоначально управляемое колесо находится в нейтральном положении, показанном цифрой 1 на рисунке 1. Условная цапфа АВ, поворачиваясь вокруг оси шкворня на угол Θ , описывает конус АВС, изображенный на рисунке 2, который условно можно назвать конусом цапфы. Если при этом колесо будет находиться в вывешенном состоянии, то оно займет после поворота положение 3 на рисунке 1, опустившись от первоначального положения на величину h_k . Но если поворот управляемого колеса происходит на дороге с твердым покрытием, ниже поверхности, которой колесо не может опуститься, то его центральная нижняя точка останется на том же уровне, а на величину h_k поднимется передняя часть кузова. Причем h_k определяется только кинематическими соотношениями и не зависит ни от веса автомобиля вообще, ни от веса, приходящегося на одну подвеску. При этом каждый условный шкворень совершает работу по подъему кузова $A_1 = m_1 g h_k$. Эта работа отдается назад от кузова к шкворню, и управляемое колесо вернется в исходное положение под воздействием стабилизирующего момента, поворачивающего его вокруг оси шкворня. Работу условного шкворня по подъему кузова A_1 можно приравнять работе какой-то фиктивной силы, приложенной к колесу, по перемещению точки ее приложения при повороте колеса вокруг оси шкворня. Из этого условия можно найти величину этой силы, произведение которой на расстояние до оси шкворня и даст стабилизирующий момент.

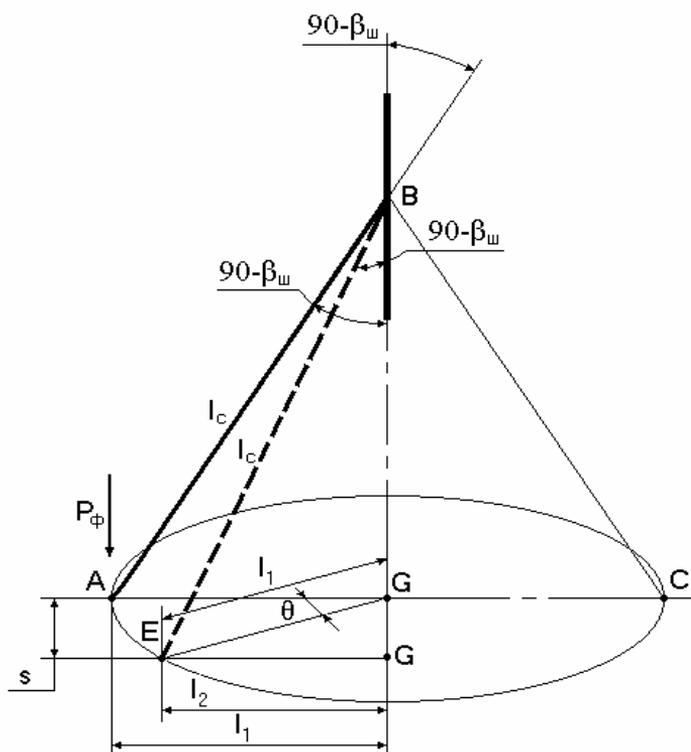


Рис. 2. Аксонометрическое изображение конуса цапфы

На рисунке 2 приняты следующие дополнительные обозначения: S – перемещение центра колеса в нижней плоскости конуса цапфы, которое совершает фиктивная сила; Θ – угол поворота управляемого колеса вокруг оси шкворня; P_ϕ – горизонтальная фиктивная сила, приложенная к центру колеса.

Величину весового стабилизирующего момента можно с достаточно высокой точностью вычислить по формуле:

$$M_{cm} = 2m_1gh_k \cdot ctg\Theta,$$

где $h_k = l_3 \cdot \sin \alpha_{кв}$; $l_3 = \sqrt{l_2^2 + (l_c \cdot \cos(90 - \beta_{ш}))^2}$; $l_2 = l_1 \cdot \cos \Theta$;

$$l_1 = l_c \cdot \sin(90 - \beta_{ш}).$$

Проведенные исследования показали, что увеличение длины цапфы в определенное число раз дает возрастание весового стабилизирующего момента в такое же число раз, то есть зависимость между этими параметрами линейная. Но увеличение длины цапфы не только сопровождается ростом нагрузки в шарнирах колеса, но и удлиняет плечо обкатки, что создает предпосылки для увеличения возмущающих моментов: момента, возмущающего УК в плоскости, перпендикулярной оси шкворня, от продольной реакции опорной поверхности и от дополнительной нормальной реакции опорной поверхности от возмущающего воздействия неровностей, а также гироскопического момента от вращения управляемого колеса в двух плоскостях при его повороте вокруг оси поперечно наклоненного шкворня. Однако при удлинении цапфы плечо обкатки можем оставлять неизменным за счет увеличения угла наклона оси шкворня в поперечной вертикальной плоскости $\beta_{ш}$. Весовой стабилизирующий момент M_G значительно растет при увеличении угла наклона оси шкворня в поперечной вертикальной плоскости $\beta_{ш}$. При этом увеличение $\beta_{ш}$ дает уменьшение плеча обкатки легкового автомобиля. Также увеличение $\beta_{ш}$ сопровождается ростом угла поворота плоскости колеса $\alpha_{кв}$ в поперечной вертикальной плоскости и, следовательно, ростом возмущающего гироскопического момента. Очевидно, что стабилизировать управляемое колесо наклоном оси шкворня в поперечной вертикальной плоскости более выгодно у тяжелого автомобиля, чем у легкого.

В общем случае поворот УК может и не сопровождаться подъемом кузова. Вспомним амплитудно-частотную характеристику вынужденных колебаний любой системы. Известно, что при возмущающем воздействии на систему с частотой, меньшей, чем частота собственных колебаний системы, происходит усиление колебаний системы, а при возмущающем воздействии на систему с частотой, большей, чем частота собственных колебаний системы, происходит ослабление колебаний системы. Равенство указанных частот сопровождается явлением резонанса. Перенося данное общее свойство колебательных систем на рассматриваемую задачу, получим, что если частота поворота плоскости вращения колеса в поперечной вертикальной плоскости $\bar{\alpha}_{кв}$, приведенная к линейной величине, меньше частоты собственных

вертикальных линейных колебаний управляемого колеса k_z , то при повороте управляемого колеса вокруг оси шкворня кузов автомобиля поднимется на величину h_k , а затем опустится, превращая полученную при подъеме потенциальную энергию в работу силы по возвращению колеса в исходное положение. В противном случае кузов останется в исходном положении, а управляемое колесо переместится относительно кузова, вызывая дополнительную вертикальную деформацию упругих элементов на величину h_k , которую следует учитывать при анализе плавности хода автомобиля.

Список литературы

1. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 208 с.
2. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 238 с.
3. Вертикальная податливость подвески и самоповорот управляемого колеса автомобиля / Е.В. Балакина, Д.С. Сарбаев, И.В. Сергиенко, М.С. Кочетов // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2020. – №19. – С. 31-35.

References

1. Grishkevich A.I. Automobiles. Theory. – Minsk : Higher school, 1986. – 208p.
2. Litvinov A.S., Farobin Ya.E. Automobile. Theory of operational properties. – М.: Mechanical engineering, 1989. – 238p.
3. Vertical pliability of the suspension and self-rotation of the steering wheel of the vehicle / E.V. Balakina, D.S. Sarbaev, I.V. Sergienko, M.S. Kochetov // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2020. – Issue 19. – P.31-35.

Сарбаев Дмитрий Сергеевич – аспирант, sards93@gmail.com	Sarbaev Dmitriy Sergeevich – postgraduate, sards93@gmail.com
Сергиенко Иван Васильевич – аспирант, sergienko-1993@mail.ru	Sergienko Ivan Vasilyevich – postgraduate, sergienko-1993@mail.ru
Кочетов Михаил Сергеевич – аспирант, kochetov_m.s.1995@mail.ru	Kochetov Mikhail Sergeevich – postgraduate, kochetov_m.s.1995@mail.ru
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия	Volgograd state technical university, Volgograd, Russia

Received 18.09.2020