

Пути повышения безопасности автотранспортных средств с учетом параметров угловой ориентации управляемых колес

к.т.н. доц. Красавин П.А., Лукьянов М.Н., Надеждин В.С., Рыбакова М.Р.
Университет машиностроения
avt@mami.ru

Аннотация. Описана выдвинутая авторами концепция повышения активной безопасности АТС путём принудительного снижения скорости при криволинейном движении с обязательным учётом углов установки осей поворота управляемых колёс и крена неподрессоренных масс. Приводится подтверждение выдвинутой концепции по критерию предельной скорости прохождения маневра с ограничением по опрокидыванию.

Ключевые слова: АТС, движение, колесо, опрокидывание, ось поворота, пятно контакта, траектория, увод, управляемость, устойчивость, шина

По данным статистики, процент технических неисправностей в причинах дорожно-транспортных происшествий (ДТП) составляет всего лишь 1-2% от общего числа, поэтому разработка современных интеллектуальных систем создает новые перспективные возможности повышения конструктивной безопасности автотранспортных средств (АТС), а следовательно, безопасности дорожного движения в целом, что, несомненно, поможет уменьшить число погибших и пострадавших в ДТП.

Движение по криволинейной траектории сопровождается действием боковых возмущений и представляет значительную опасность, связанную с возникновением критических ситуаций. По данным полиции 65% ДТП происходит при движении на повороте, и только, следовательно, 35% ДТП имеют место на прямолинейных участках. Неустойчивое движение на криволинейной траектории чревато потерей АТС управляемости, устойчивости и опрокидыванием, что является причиной тяжелых последствий ДТП. Особенно остро эти проблемы проявляются при движении по криволинейной траектории грузовых автомобилей и автобусов ввиду высокого расположения их центра тяжести и требований, предъявляемых при перевозке пассажиров и опасных грузов.

При движении по криволинейной траектории в зависимости от кинематики подвески и рулевого управления возможно изменение угла наклона плоскостей качения управляемых колес, что оказывает влияние на показатели устойчивости и управляемости, нагруженности основных элементов передней оси и износа шин. Однако в технической литературе данный факт находит весьма малое отражение.

Рассмотрим несколько схем АТС при движении по криволинейной траектории (рисунок 1).

Независимо от изменения углов наклона плоскостей качения колес вследствие боковой податливости шин происходит смещение пятна контакта колес с опорной поверхностью на величину h_y (рисунок 1 а, б, в). Данное смещение оказывает влияние на устойчивость АТС против опрокидывания, уводные характеристики и износ шин. В случае появления наклона плоскостей качения управляемых колес (рисунок 1 б, в), помимо смещения пятна контакта от боковой податливости шин, появляется смещение пятна контакта колес с опорной поверхностью h_y вследствие самого наклона колес. Сумма или разность рассмотренных смещений напрямую оказывает влияние на уводные характеристики и износ шин, устойчивость против опрокидывания и заноса, управляемость АТС. Поэтому учет наклона плоскостей качения управляемых колес при создании математических моделей движения АТС по криволинейной траектории видится авторам целесообразным. При этом следует отметить две основные возможности учета параметров угловой ориентации управляемых колес АТС.

Первая возможность отражается в активном управлении углами наклона управляемых колес при криволинейном движении. В этом случае создается устройство, которое позволяет изменять углы наклона плоскостей качения управляемых колес в процессе движения в зависимости от текущих значений скорости движения и радиуса поворота АТС по заранее рас-

считанным законам. При этом улучшаются показатели устойчивости, управляемости, нагруженности основных элементов передней оси и износа шин, что отражено в ряде работ [1, 2, 3].

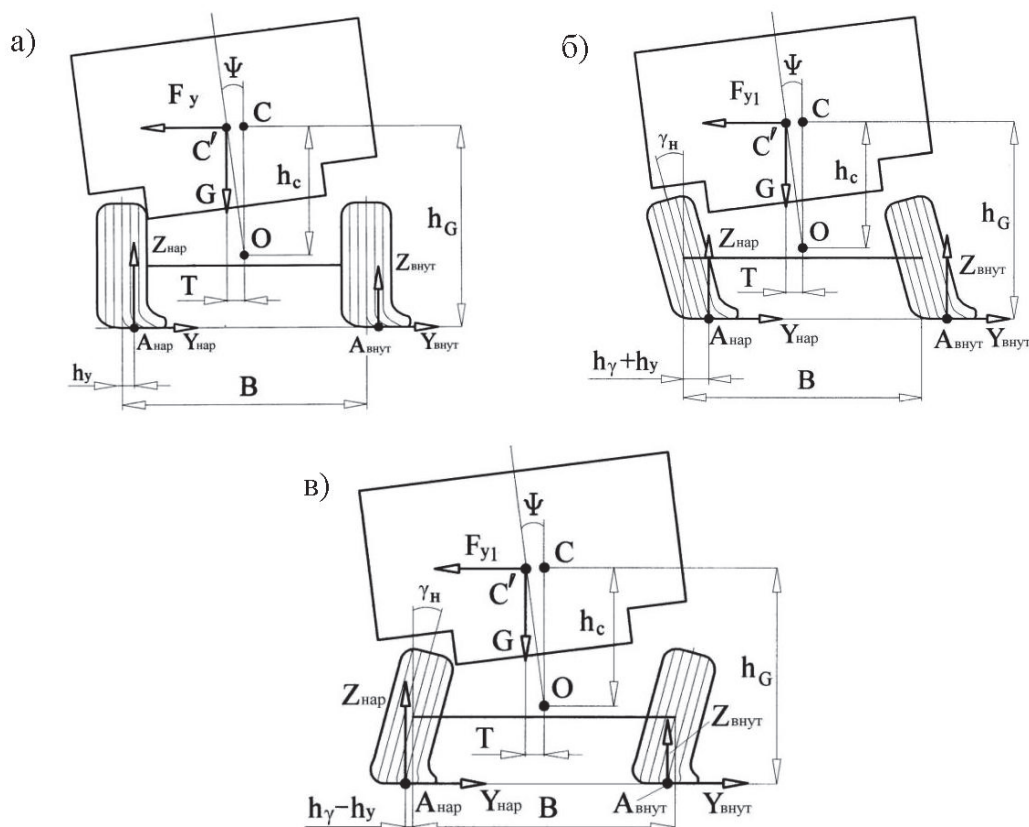


Рисунок 1. Схема АТС при движении по криволинейной траектории

Данный метод имеет ряд недостатков, к которым в первую очередь относится усложнение существующих конструкций передней оси автомобиля, что повышает себестоимость и снижает надежность автомобиля в целом. Решение этой проблемы может быть найдено в увеличении продольных углов наклона осей поворота управляемых колес, что позволит в достаточно широком диапазоне варьировать параметрами угловой ориентации управляемых колес. Однако в этом случае усиливается явление скоростной стабилизации, что приводит к увеличению усилия в рулевом приводе, и, как следствие, потребует увеличения мощности гидроусилителя, а следовательно, увеличения расхода топлива. С другой стороны, у зарубежных производителей грузовых автомобилей и автобусов наметилась тенденция к увеличению усилия в рулевом приводе с увеличением скорости, что делается с целью принудительного ограничения скорости движения по криволинейной траектории. Последний факт можно отнести к преимуществам предложенной концепции.

Вторая возможность повышения безопасности транспортных средств связана с учетом уже существующей кинематики управляемых колес [4]. Как уже отмечалось выше, при криволинейном движении происходит 65% от числа всех ДТП. Основными причинами ДТП являются: выезд на встречную полосу движения, т.е. потеря управляемости, опрокидывание и занос, что характеризует устойчивость АТС. Каждая из указанных причин связана с превышением предельной скорости прохождения маневра по критерию устойчивости или управляемости. Говоря иными словами, существуют предельные скорости прохождения поворота по управляемости, заносу и опрокидыванию. Ограничение скорости минимальным значением из трех указанных обеспечит безопасное движение АТС по криволинейной траектории. Поэтому разработка автоматического устройства регулирования скорости АТС при криволинейном движении позволит создать новую возможность повышения безопасности дорожного движения.

Рассмотрим примерный алгоритм реализации работы автоматического устройства регулирования скорости движения АТС при криволинейном движении.

Первый этап. На первом этапе создается математическая модель движения АТС по криволинейной траектории с учетом крена подрессоренных масс, увода шин и изменения угла наклона плоскости качения управляемых колес ввиду кинематики подвески и рулевого управления. Записываются аналитические выражения для определения силовых факторов, действующих в пятне контакта колес с опорной поверхностью, увода шин, угла наклона управляемых колес в зависимости от радиуса поворота рулевого колеса. При этом силовые факторы определяются из уравнений равновесия при известных конструктивных параметрах АТС. Уводные характеристики шин учитываются с использованием деформационной гипотезы. Изменение углов наклона плоскостей качения управляемых колес определяется кинематикой рулевого управления и подвески АТС.

Второй этап. Используя полученные на первом этапе аналитические зависимости, определяются предельные скорости движения АТС по криволинейной траектории для трех случаев: потеря управляемости (выезд на встречную полосу движения), начало опрокидывания АТС и занос АТС, после чего определяется минимальное значение предельной скорости при данных параметрах криволинейного движения. Математически это условие выражается в виде:

$$V_{\max} = \max \left\{ \begin{array}{l} V_{\max}^{\text{zanos}} \\ V_{\max}^{\text{oprokidivanie}} \\ V_{\max}^{\text{upravlyaemost}} \end{array} \right\},$$

где: V_{\max}^{zanos} - предельная скорость движения АТС по криволинейной траектории с точки зрения заноса;

$V_{\max}^{\text{oprokidivanie}}$ - предельная скорость движения АТС по криволинейной траектории с точки зрения опрокидывания;

$V_{\max}^{\text{upravlyaemost}}$ - предельная скорость движения АТС по криволинейной траектории с точки зрения управляемости (выезд на встречную полосу).

При этом в качестве входных параметров можно ограничиться текущей скоростью движения и радиусом поворота. Оба входящих параметра легко установить с помощью спидометра и угла поворота рулевого колеса.

Третий этап. На третьем этапе бортовой компьютер подает сигнал управляющему механизму (тормозной системе) о снижении скорости движения АТС до необходимой, с точки зрения безопасности, величины.

Стоит отметить, что первый этап проводится при проектировании новой модели АТС и требует создания верифицированных математических моделей. Программирование второго и третьего этапов в бортовом компьютере современного АТС не видится авторам неразрешимой задачей.

Реализация второго и третьего этапов возможна с помощью бортового компьютера и рабочей тормозной системы современного АТС. Расчет предельных скоростей движения АТС для рассмотренных случаев займет у современного бортового компьютера миллисекунды, после чего будет дан сигнал на тормозной механизм о принудительном снижении скорости. При такой постановке вопроса от конструкторов не требуется разработки новых механизмов или установки дополнительного оборудования. Все входящие сигналы (скорость движения и радиус поворота АТС) могут быть определены с помощью спидометра и угла поворота рулевого колеса. В качестве исполнительного механизма используется рабочая тормозная система, на которую подается сигнал о торможении от бортового компьютера.

Таким образом, из вышесказанного можно сделать вывод: создание современного автоматического устройства ограничения скорости при движении по криволинейной траектории является перспективным направлением создания интеллектуальных систем АТС. При проектировании и создании математических моделей для реализации предложенных алго-

ритмов необходимо учитывать крены как подрессоренных, так и неподрессоренных масс АТС, что будет способствовать получению более точных результатов и верифицированных моделей.

Анализируя изложенный материал, авторы считают второй путь повышения безопасности транспортных средств с учетом параметров угловой ориентации управляемых колес более перспективным ввиду простоты реализации и отсутствия трудноразрешимых недостатков. Несомненно, разработка предложенной интеллектуальной системы поможет обеспечить повышение уровня безопасности движения и тем самым снизить количество ДТП, происходящих при движении по криволинейной траектории, что подтверждает актуальность и перспективность дальнейших исследований в предложенном направлении.

Литература

1. Морозов С.А. Угловые параметры качения управляемых колес как фактор повышения устойчивости движения и снижения нагруженности передней оси грузового автомобиля. – Дисс... канд. техн. наук. – М.: 2006. – 171 с.
2. Балабин И.В., Лукьянов М.Н., Надеждин В.С., Рыбакова М.Р. Управление нагруженностью несущих узлов передней оси автомобиля путем выбора рационального угла наклона плоскости качения управляемых колес // Известия МГТУ «МАМИ» №2, 2010, с. 14-19.
3. Балабин И.В., Надеждин В.С. Активное управление углами наклона плоскости качения управляемых колес и нагруженность несущих элементов передней оси грузового автомобиля // «Автомобильная промышленность» №6, 2012, с. 18-21.
4. Красавин П.А., Лукьянов М.Н., Надеждин В.С. Ограничение скорости при криволинейном движении с учетом наклона плоскости качения управляемых колес // Сборник материалов 79-й международной научно-технической конференции, НГТУ, 2012, с. 15-17.

О необходимости управления давлением воздуха в шинах легковых автомобилей

к.т.н. доц. Красавин П.А., Смирнов А.О., Тимаев Д.М.
Университет машиностроения
avt@mami.ru

Аннотация. Описана выдвинутая авторами концепция повышения активной безопасности АТС путём управления давлением воздуха в шинах легковых автомобилей, при этом авторы считают обязательным управление давлением воздуха в шинах, т.к. это непосредственно влияет на показатели управляемости и устойчивости легковых автомобилей.

Ключевые слова: автомобиль, алгоритм, давление, датчик, золотник, индикатор, сигнал, система, управление, управляемость, шина

Известно, что все управляющие, тормозные и ускоряющие силы между автомобилем и дорогой передаются через пневматические шины – самый главный элемент активной безопасности в автомобиле. Но в процессе эксплуатации автотранспортных средств (АТС) давление воздуха (или иного газа) в шинах постепенно изменяется вследствие различных причин. Так, например, воздух из шины может вытекать через ниппель и через соединение бескамерной шины с ободом. Однако даже если указанные утечки отсутствуют, давление в шинах автомобиля, в том числе и запасном колесе, всё равно постепенно изменяется, причём не только уменьшается, но и увеличивается под действием таких эксплуатационных факторов, как температура и атмосферное давление, наиболее ярко проявляющихся в горных условиях. Кроме того, материалы шины газопроницаемы, вследствие чего неизбежна диффузия заправленного в неё (шину) газа в атмосферу, приводящая к падению давления в шине. Негативное же влияние пониженного давления в шинах на эффективность эксплуатации АТС является общепризнанным фактом.

Поддержание в шинах рекомендованного производителем автомобиля давления воздуха способствует сохранению необходимой комфортабельности АТС, позволяет сохранять