

только совместно с другими системами технического зрения. При этом в целом хотелось бы отметить, что за беспилотными транспортными средствами стоит развитие прогресса как в нашей стране, так и во всем мире.

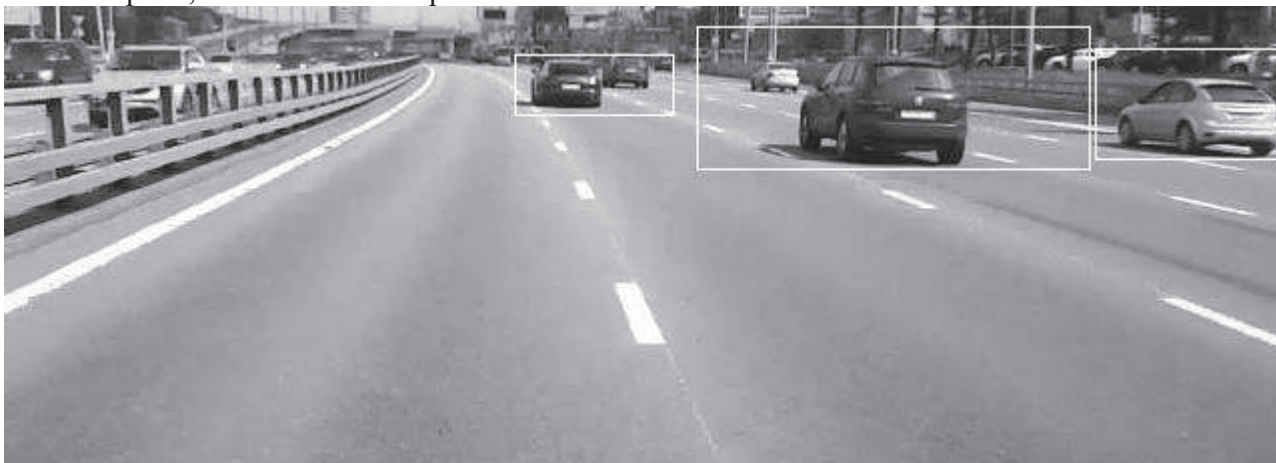


Рисунок 8. Ошибки распознавания движущихся объектов

Литература

1. Попов А.И., Спинов А.Р., Котенко И.В., Франсис О.О., Надденная Е.А. Система автоматического торможения автомобиля. Журнал Автомобильных инженеров № 6 (71) 2011 г. – с. 28 – 31.
2. Иванов А.М. Обоснование выбора ключевых технологий функционирования системы межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных средств при движении по скоростным автомагистралям / А.М. Иванов, С.С. Шадрин // Вестник МАДИ. – 2013. – Вып. 1(32). – с. 7-13.
3. Иванов А.М. Перспективы развития интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств в Российской Федерации / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев // Журнал автомобильных инженеров. – 2010. – Вып. 6(65). – с. 14-19.
4. Как ездят беспилотные автомобили Google.

Влияние геометрических параметров и конструкции стенда с беговым барабаном на достоверность исследования характеристик увода шин легковых автомобилей

Кондрашов В.Н., к.т.н. доц. Бернацкий В.В.
Университет машиностроения
(495)223-05-23 (1204) kondrashov@mami.ru

Аннотация. В статье проведен анализ работы специализированных стендов, предназначенных для лабораторного исследования характеристик увода шин легковых автомобилей. Выявлены основные их достоинства и недостатки, сформулированы определенные рекомендации, выполнение которых призвано обеспечить практическое усовершенствование работы автомобильных шин в реальных эксплуатационных условиях.

Ключевые слова: шина, колесо, боковой увод, боковая сила, стенд барабанного типа, лабораторные испытания

Автомобильное производство в нашей стране и за рубежом постоянно увеличивает выпуск автомобилей. Наряду с ростом их числа улучшаются технические показатели, в частности повышаются максимальные скорости движения, совершенствуются динамические характеристики.

Анализ статистических данных дорожно-транспортных происшествий показывает, что значительное количество аварий возникает из-за недостаточного сцепления колес автомоби-

ля с дорожным покрытием. На мокрых покрытиях количество аварий, связанных с потерей сцепления, составляет 40%. Практически любому дорожно-транспортному происшествию предшествует продольное либо поперечное скольжение автомобиля по дорожному покрытию. Очевидно, что с улучшением сцепных качеств шин можно не только предотвратить те происшествия, первопричиной которых явилась скользкость, но и в значительной степени уменьшить количество и снизить тяжесть аварий, происходящих по другим причинам. Зарубежные исследования показывают, что при значительном повышении коэффициентов сцепления общее количество происшествий снижается на 70-75%, при этом число раненых уменьшается на 65%, а погибших – на 72%. [2]

Сцепные качества среди прочих факторов, влияющих на безопасность движения, занимают особое место не только по числу происшествий, приходящихся на их долю. В силу своей специфики этот фактор не может быть оценен визуально водителем в процессе движения. Поэтому нельзя сколько-нибудь существенно снизить процент происшествий из-за скользкости организационными мероприятиями. Эта цель может быть достигнута только в результате решения технически сложной задачи обеспечения надежного контакта колеса с дорожным покрытием при всех прочих условиях взаимодействия. [4]

Большое положительное влияние на безопасность движения оказывают сцепные свойства, прежде всего, колеса с дорожным покрытием в тормозном режиме, а также устойчивость и управляемость автомобиля, основы теории которых были заложены академиком Е.А. Чудаковым. Устойчивость и управляемость автомобиля зависят от многих факторов, среди которых весьма существенное значение имеет сопротивление шин боковому уводу. Основными характеристиками шины в этом отношении является коэффициент сопротивления боковому уводу и его зависимость от нагрузки, приходящейся на колесо. Изменение характера указанной зависимости за счет изменения как конструкции шины, так и режимов ее работы может в сильной степени сказываться и на устойчивости движения, и на управляемости автомобиля, что и определяет актуальность исследования указанной характеристики шин.

Коэффициенты сопротивления уводу, как и коэффициенты продольного сцепления, определяются обычно экспериментально, а это связано с большими техническими трудностями, а именно с неточностями результатов исследований: их зависимостью от особенностей окружающей среды. В этой связи следует отдавать предпочтение проведению стендовых испытаний, позволяющих получить более стабильные результаты и возможность повторения испытаний разных шин в одинаковых условиях, и определения с помощью теоретических расчетных методов жесткостных характеристик шин – коэффициента сопротивления боковому уводу, а также коэффициента продольного сцепления. [3]

Испытания шин проводятся с двоякой целью. С одной стороны, определяются характеристики шины, от которых зависят эксплуатационные качества автомобиля. К таким характеристикам относятся статические характеристики, определяющие податливость шины при радиальной, боковой и окружной нагрузке, показатели сцепления шины с дорогой, бокового увода, потерь на качение. С другой стороны, определяются показатели, характеризующие надежность шин в эксплуатации, их износостойкость, усталостную прочность, сопротивление сосредоточенным нагрузкам и т.п.

Шины испытываются как лабораторными методами, так и путем проведения специальных экспериментов в дорожных условиях; долговечность шин определяется в условиях нормальной эксплуатации и при ускоренных дорожных испытаниях.

В лабораторных условиях испытания проводятся на специальных стендах – барабанных или с плоской опорной поверхностью. При этом испытывается обычно одна шина. В дорожных условиях испытания проводятся с помощью динамометрических передвижных установок или портативными приборами для измерения сцепных свойств колеса с дорогой. При таком оборудовании исследуются одна или две шины. Дорожные испытания шин проводятся также на самом автомобиле, однако недостатком такого исследования является большая неточность результатов ввиду влияния множества факторов: погодных-климатических условий, конструкции автомобиля, реакции и мастерства водителя. При этом испытывать приходится

сразу 4 шины, что удорожает испытания. Преимуществом такого испытания является то, что при этом можно определять сопротивление уводу всей оси.

Общеизвестны основные преимущества, а также недостаток дорожных испытаний – трудность проведения дорожных испытаний в одинаковых условиях. Как показывает опыт предыдущих испытаний, величина коэффициента сцепления шины с покрытием зависит не только от шероховатости покрытия и конструкции шины, но и от целого ряда других факторов, влияние которых при оценке сцепных качеств различных моделей шин учесть (с целью их последующего устранения) не представляется возможным. Существенное влияние на сцепление оказывают такие факторы, как температура воздуха, температура покрытия, количество пыли на покрытии и т.д. При проведении большой серии испытаний выдержать условия эксперимента одинаковыми для всех испытываемых моделей шин невозможно, так как постоянно изменяется температура, на неоднократно увлажненные участки покрытия осаждается пыль, изменяется влажность воздуха, а также происходят другие изменения, учесть которые, а значит, и предотвратить нельзя. В связи с этим последовательный порядок испытаний моделей шин нередко дает ошибочные результаты, так как модели шин, находящиеся в период опытов в более благоприятных условиях, показывают завышенные результаты, и при анализе не получается действительной картины сцепных качеств моделей шин.

Преимуществом дорожных испытаний является возможность измерения сцепления шин с дорожными покрытиями различной шероховатости и проведения их сравнительного анализа.

Преимуществом лабораторных испытаний шин являются малые затраты средств и времени на их проведение, высокая точность получаемых результатов. Для максимального приближения условий лабораторных испытаний к реальным дорожным условиям современные стенды оборудуются системой увлажнения, а на поверхность, с которой взаимодействует шина, наносится покрытие из каменного материала. [1]

Одним из совершенных отечественных стендов, применяемых для испытания автомобильных шин, является стенд, созданный в НАМИ, который позволяет наряду с определением вертикальной, продольной и поперечной силы исследовать совокупное воздействие данных 3-х сил при различных режимах движения автомобильного колеса. Недостатком стендов является то, что их рабочий орган – барабан – имеет определенную кривизну. Поэтому зона контакта автомобильной шины имеет не плоскую форму, как в случае движения шины по дорожному покрытию, а либо вогнутую, либо выпуклую форму. Несоответствие формы зоны контакта шины действительным условиям взаимодействия вносит в результаты измерения систематическую ошибку, учесть которую не представляется возможным. На барабанном стенде с внешней беговой дорожкой сложно воспроизвести условия взаимодействия шины с мокрым дорожным покрытием. Поэтому в последние годы большое распространение получили барабанные стенды с внутренней беговой дорожкой. Так, в г. Карлсруэ (Германия) был создан барабанный стенд для испытания шин при очень больших толщинах пленки воды на покрытии. Поверхность барабана выполнена с применением мелкой каменной крошки. Стенд позволяет определять тормозное усилие, по величине которого судят о начальной скорости аквапланирования. [3,5]

Фирма «Карл Шнек» разработала конструкцию стенда с беговым барабаном с внутренней и внешней поверхностью качения. На его внутренней поверхности нанесено покрытие из каменного материала. Барабан имеет диаметр 4,9 м и ширину 0,95 м. На стенде можно испытывать шины диаметром 0,5 – 0,8 м при вертикальной нагрузке до 10 кН. Испытания можно выполнять с углом увода до 25°. Стенд позволяет определять радиальную, продольную и поперечную силы. [5]

Из зарубежных работ, посвященных экспериментальному определению характеристик бокового увода на барабанном стенде, одной из первых является статья Булла. В ней приведено описание сконструированной автором так называемой «машины устойчивости». Это барабанный стенд для исследования бокового увода шин легковых автомобилей. Стенд позволяет проводить испытания в ведомом, ведущем и тормозном режимах. Для этого стенд

имеет привод на испытываемое колесо. Привод колеса и барабана осуществляется от балансирных электромашин, работающих в двигательном и генераторном режимах.

На стенде имеется возможность изменять угол увода, угол наклона колеса, наклон поворотного шкворня и плечо обкатки шины. Все эти изменения можно производить по ходу работы стенда, не прерывая испытания. Все силовые параметры измеряются (силовыми) датчиками гидравлическими, а угол увода и наклона колеса измеряется отражением на специальный экран светового луча зеркалом, установленным на ступице колеса. На этом стенде была проведена огромная по тому времени экспериментальная работа по исследованию бокового увода. Было исследовано влияние влажности поверхности и материала барабана, размера шин, радиальной нагрузки, давления воздуха, конструкции шин одного размера, скорости вращения, тормозного или ведущего режима.

Однако у барабанных стендов даже очень большого диаметра зона контакта имеет значительную выпуклость или вогнутость, что вносит значительную погрешность в результаты измерений. В связи с этим в настоящее время большое распространение получили ленточные стенды, а также стенды, рабочей частью которых является перемещающаяся плита. Данные стенды позволяют полностью воспроизвести условия взаимодействия шин с дорогой. Однако и эти стенды, несмотря на их большую стоимость, не могут полностью заменить дорожные испытания. Так, ленточные стенды не позволяют работать при значительных радиальных нагрузках, а на стендах с подвижной плитой шины испытываются только до скорости 10 – 15 км/ч.

Поэтому наиболее распространенными являются методы исследования характеристик бокового увода и коэффициентов сцепления шин на барабанных стендах.

Стенд барабанного типа, созданный в МГТУ «МАМИ» (схема его представлена на рисунке 1), предназначен для исследования увода и износа шин легковых автомобилей.

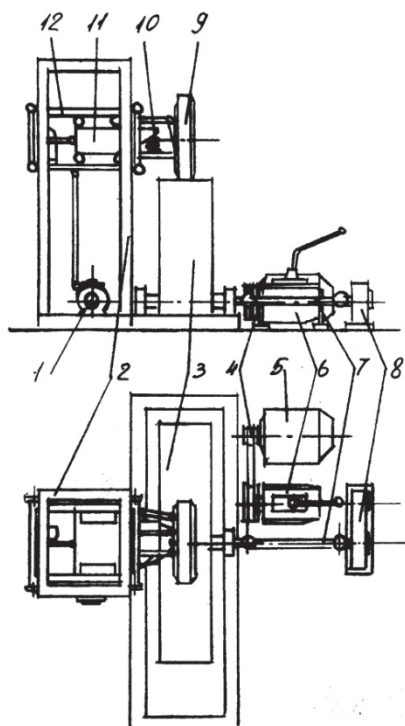


Рисунок 1. Стенд МГТУ «МАМИ» для исследования увода и износа шин

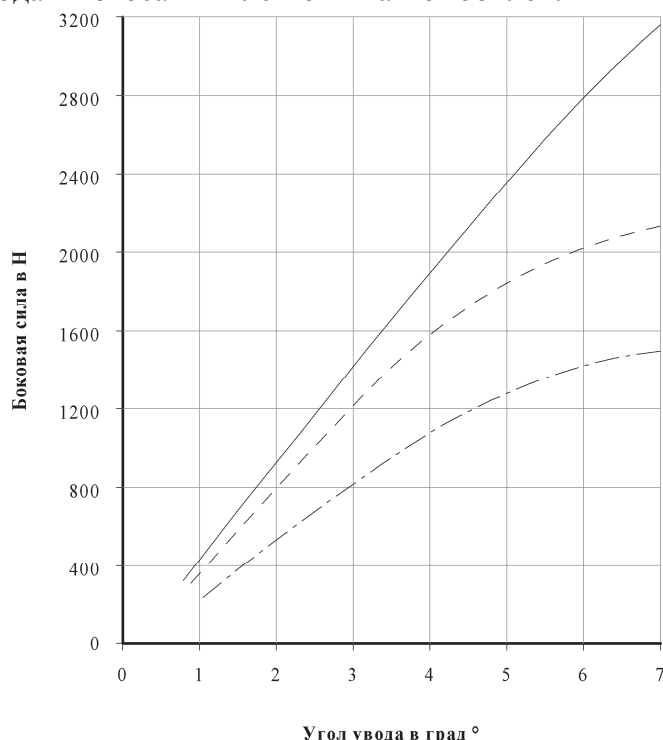


Рисунок 2. Зависимость боковой силы от угла увода при разных нагрузках

Этот стенд состоит из стандартного барабана 3 (наружная поверхность которого покрыта железобетоном) с приводом от асинхронного двигателя 5 через ременную передачу 4, коробку передач 6, понижающий редуктор 8 и карданную передачу 7; из направляющего устройства 2 колеса с механизмом подъема, нагружения, изменения углов установки и бокового перемещения шины; из устройства для опыления зоны контакта колеса с барабаном, из датчиков и аппаратуры для управления стендом и регистрации измеряемых величин. Стенд

позволяет ступенчато изменять скорость барабана от 7 до 50 км/ч и угла наклона колеса в пределах $\pm 15^\circ$, а также создавать боковые цилиндрические перемещения с частотой в 1 гц и максимальной амплитудой ± 30 мм. В этих же пределах изменять угол можно и ступенчато.

Радиальная нагрузка на шину создается пружиной и изменяется в пределах 200 – 6000 Н различной величиной поджатия. Установленные на стенде датчики позволяют в процессе испытаний измерять радиальную нагрузку на колесо, боковую силу, стабилизирующий момент, угол увода и боковое перемещение колеса. Боковое перемещение измеряется потенциометром, остальные величины - тензодатчиками, наклеенными на соответствующие детали направляющего устройства, которые воспринимают измеряемые (детали) нагрузки, и на специальную гибкую пластину для измерения угла увода. Для измерения боковых сил к ступице колеса жестко прикреплен многолепестковая пластина. Наружные лепестки соединены с ободом через сферические пластины. На лепестки пластины наклеены фольговые датчики сопротивления так, чтобы исключить влияние радиальной нагрузки на показания. Следует отметить, что применяемая система измерений – тензометрирование рабочих деталей, подвергаемых действию различных нагрузок и передающих различные реактивные моменты, вносит большие погрешности в измеряемые величины. [5]

В настоящее время стенд модернизирован и состоит из следующих основных частей:

- 1) бегового барабана, имеющего привод от электродвигателя через валы и 2-х скоростной редуктор;
- 2) механизма настройки на размер шины;
- 3) подвески колеса с механизмом ориентации;
- 4) комплекта головок: большой, средней и малой;
- 5) тележки самоходной;
- 6) пневматического привода;
- 7) электрооборудования;
- 8) пульта управления.

Модернизированный стенд предназначен для исследования работы шины и ее элементов в условиях качения ведомого и тормозящего колеса в широком диапазоне нагрузок, скоростей, углов поворота и наклона колеса. Существует возможность блокировки испытываемого колеса тормозом.

Модернизированный стенд позволяет определить следующие характеристики шин:

- сопротивление качению;
- коэффициенты сопротивления боковому уводу;
- стабилизирующие моменты при уводе;
- сопротивление боковому уводу в ведущем и тормозном режимах;
- радиусы качения от нагрузки и давления воздуха в шине и соотношения с динамическим радиусом;
- сцепление боковое, тангенциальное, их соотношения и взаимосвязь;
- износостойкость рисунка протектора;
- критические скорости качения шин по волнообразованию;
- максимальные рабочие скорости шин;
- коэффициенты сцепления с мокрой и сухой поверхностью в продольном направлении.

Стенд спроектирован в горизонтальном исполнении. Испытываемая шина закрепляется на сменных головках. Подвеска колеса с механизмом ориентации расположена на самоходной тележке. Барабан с приводом стационарно закреплен на фундаменте.

Стенд может быть использован для всесторонних испытаний шин, необходимых как для шинной, так и для автомобильной промышленности, для получения уводных характеристик шин (рисунок 2).

Приведенные выше исследования показывают, что на уводные характеристики оказывает влияние режим качения колеса: тормозной режим несколько увеличивает сопротивление уводу, а ведущий – уменьшает (рисунок 3).

В этой связи представляется актуальным провести всесторонние исследования в дан-

ном направлении. Однако анализ работ позволяет заключить, что исследования не позволяют охватить весь возможный диапазон коэффициента относительного проскальзывания по φ - s диаграмме (рисунок 4).

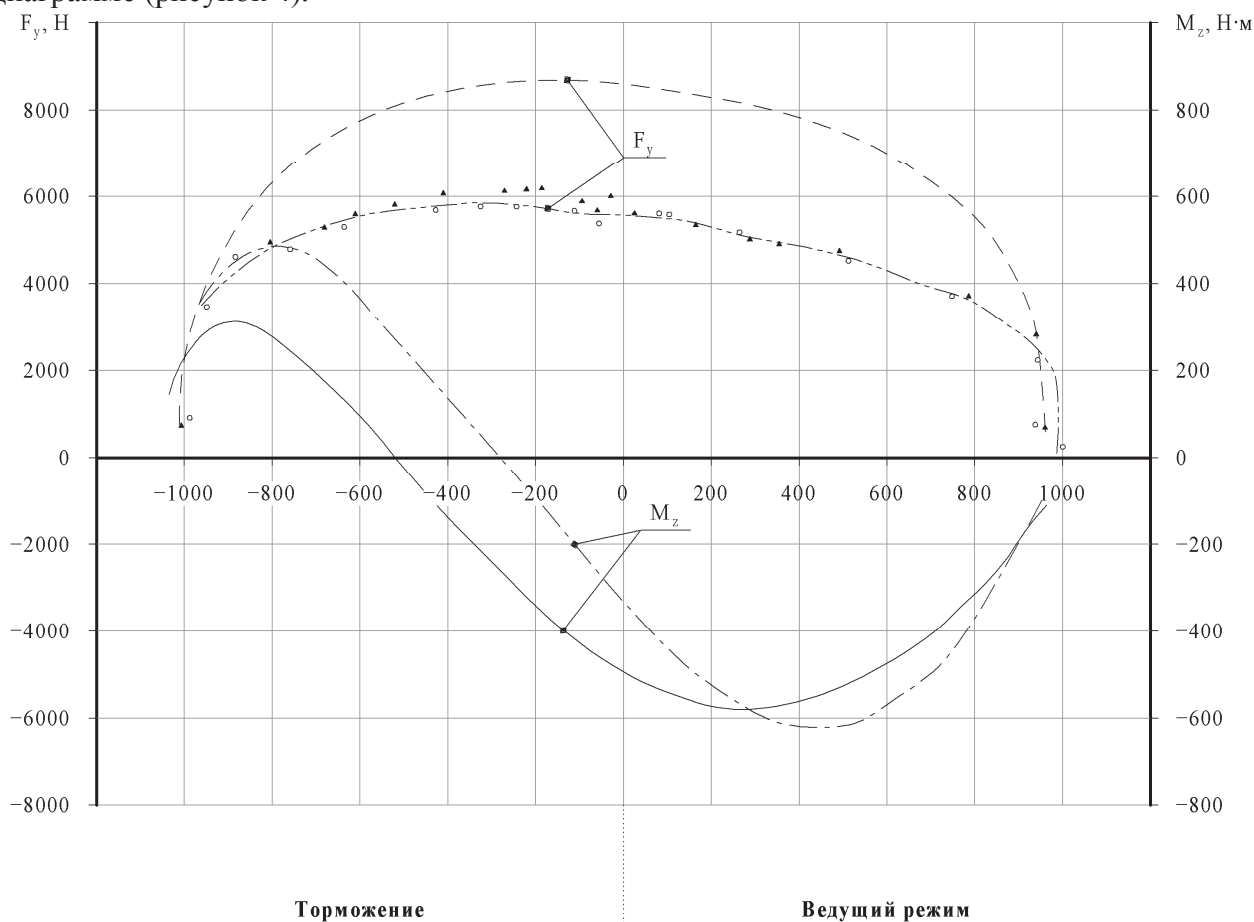


Рисунок 3. Изменение боковой силы при изменении режима движения колеса

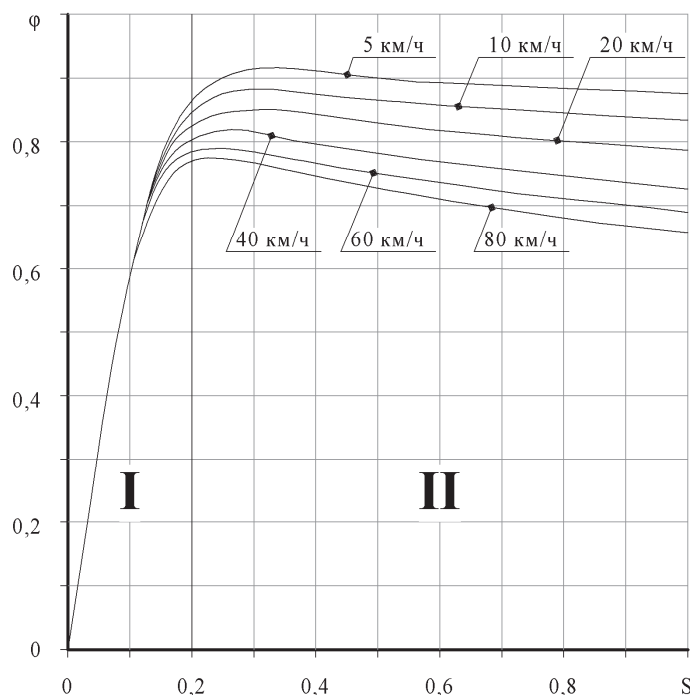


Рисунок 4. φ - s диаграмма шины: I – устойчивая зона; II – неустойчивая зона

Исследуется обычно устойчивая зона φ - s диаграммы. Существующее оборудование не позволяет исследовать неустойчивую зону, имеющую большое значение при выборе алго-

ритма настройки антиблокировочной системы тормозов.

Поэтому важной задачей модернизации стенда МАМИ является создание установки, построенной по принципу замкнутого контура, с возможностью варьировать коэффициент относительного проскальзывания колеса (s) во всем возможном диапазоне по φ - s диаграмме.

Стенд с такими возможностями позволит исследовать работу автомобильного колеса при движении с уводом как в ведомом, так и в тормозном, и тяговом режимах и изучить влияние этих режимов на уводные характеристики шин. Такие испытания будут в наибольшей степени приближены к реальным дорожным условиям. В настоящее время начаты работы в данном направлении.

Литература

1. Бернацкий В.В., Степанов И.С. Устройство для регистрации микропрофиля автомобильной дороги. // Научный рецензируемый журнал Известия МГТУ «МАМИ». - М.: Университет машиностроения, №1 (15) 2013, т.1– 6 с.
2. Бакфиш К., Хайнц Д. Новая книга о шинах. - М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 303 с.
3. Паршин М.А. Сцепление колеса с дорожным покрытием: Дисс...канд. техн. наук. - М.: НИИАТ, 1977.
4. Тарновский В.Н., Гудков В.А., Третьяков О.Б. Автомобильные шины: Устройство, работа, эксплуатация, ремонт. - М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
5. Юрьев Ю.М. Исследование коэффициента бокового увода шин: Дисс...канд. техн. наук. - М.: НИИШП, 1976.

К вопросу корреляции характеристик увода шин при стендовых исследованиях

к.т.н. доц. Бернацкий В.В., к.т.н. доц. Красавин П.А., Круглов С.М.,
Мело Обландо Хорхе Луис
Университет машиностроения
495-223-05-23, доб. 1587

Аннотация. Описан стенд барабанного типа для исследования характеристик увода легковых пневматических шин и рассмотрены причины необходимости коррекции исследованных на барабанном стенде характеристик увода шин.

Ключевые слова: автомобиль, боковая сила, давление, тензодатчик, математическая модель, нагрузка, стабилизирующий момент, угол увода, управляемость, устойчивость, характеристика, шина.

Характеристики увода пневматических шин, которыми являются зависимости боковой силы и стабилизирующего момента от угла увода движущегося колеса, оказывают непосредственное влияние на поведение автомобиля и особенно на его параметры управляемости и устойчивости. Экспериментальное исследование характеристик увода шин связано с определёнными трудностями, т.к. сложно (практически невозможно) в дорожных условиях добиться полного взаимного соответствия параметров окружающей среды при исследованиях разных шин, что крайне затрудняет последующее их сравнение. Потому названные исследования желательнее проводить в лабораторных условиях, а это требует имитации реальной дороги неким стендом. Наиболее простым и надёжным считается стенд с так называемым беговым барабаном, диаметр которого в 3 и более раз превышает диаметр исследуемой шины. Но какое бы ни было соотношение диаметров шины и барабана, в любом случае присутствует фактор искажения пятна контакта шины с опорной поверхностью, что неизбежно сказывается на достоверности получаемых характеристик. Причём чем меньшая разница в диаметрах шины и барабана тем больше данная недостоверность. Поэтому целью исследования является установление корреляционной зависимости, позволяющей применять результаты стендовых исследований для выполнения расчётов параметров движения автомобиля при имитации