

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  $\varphi$ - $s$  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

реальных дорожных условий, т.к. «компьютерный» анализ поведения автомобиля в зависимости от свойств шины в различных дорожных условиях особенно важен на ранних стадиях его (автомобиля) проектирования.

Применение адекватных математических моделей шины и движения автомобиля при выполнении расчётов не менее важно, нежели обладание достоверными характеристиками увода шин, представление которых непосредственно зависит от выбора названных моделей, которые должны соответствовать некоторым основным требованиям:

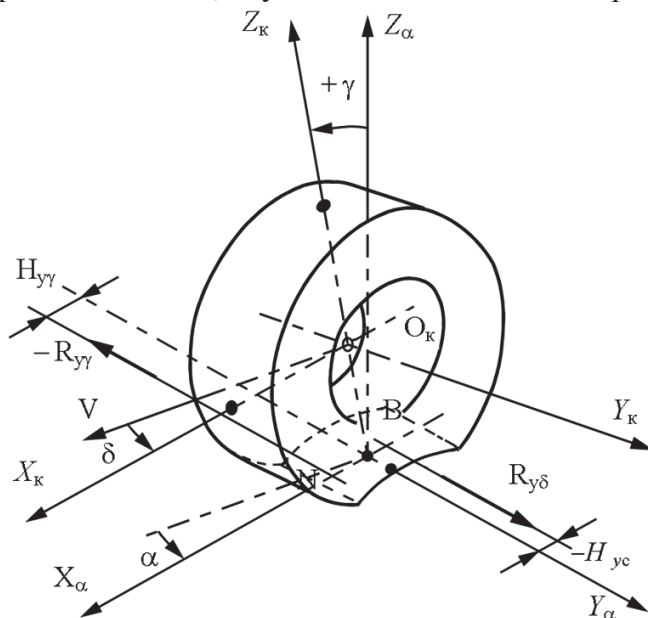
- расчёт всех необходимых сил и моментов;
- экстраполяция с минимально возможной погрешностью;
- минимальное число исходных параметров;
- определение исходных параметров минимальным объёмом испытаний;
- учёт частотных и фазовых параметров;
- максимальное упрощение расчётов с целью минимизации временных затрат и возможности накопления погрешности и т.д.

Существуют и используются несколько видов моделей шин, а именно:

- эмпирические модели, описывающие лишь внешние характеристики шины;
- полуэмпирические, основанные на совокупности фактов и гипотез, устанавливающих связь между переменными;
- теоретические одномерные, в которых деформируемая периферия шины заменяется упрощенной механической моделью («щетка», «балка» и т.п.).

При моделировании движения автомобиля даже по недеформируемому основанию (дороге) невозможно учесть все переменные параметры, что приводит к необходимости установления некоторых допущений:

- недеформируемое основание (дорога) абсолютно плоское и горизонтальное;
- коэффициент сцепления шины с дорогой постоянен;
- шина и колесо рассматриваются как единый конструктивный элемент;
- частота изменения угла наклона (развала) колеса не влияет на характеристики увода шины;
- отсутствие демпфирования в шине, обусловленного нестационарным уводом и т.д.



**Рисунок 1. Схема боковых реакций движущегося по поверхности бегового барабана с уводом и наклоном колеса (вектор  $V$  лежит в плоскости  $BX_\alpha Y_\alpha$ )**

На рисунке 1 представлена упрощённая схема реакций движущегося с незначительным уводом (коэффициент сопротивления боковому уводу постоянен) и боковым наклоном колеса по недеформируемой окружной поверхности бегового барабана (имитация дороги с бе-

тонным покрытием), при этом ось вращения исследуемой шины находится на вертикали, проведённой через ось вращения барабана, где:

- $\alpha$  – угол увода реальный,
- $\delta$  – угол увода заданный,
- $\gamma$  – угол поперечного наклона колеса (развал),
- $X, Y, Z$  – система координат,
- $H$  – плечи смещения пятна контакта,
- $R$  – реакции в пятне контакта и т.д.

Таким образом, первое из приведённых выше допущений, при котором недеформируемое основание, по которому катится исследуемая шина, должно быть абсолютно плоским и горизонтальным, нарушается при использовании барабанных стендов для исследования и получения достоверных характеристик увода шин, удобно применяемых в расчётах параметров управляемости и устойчивости автомобиля.

Относительно несложно учесть неустановившийся характер деформации шины, допустим, с помощью скорости бокового смещения пятна контакта шины относительно колеса, влияние угла наклона колеса и боковое проскальзывание, вычисляемые с учетом эффективного угла увода, плечо боковой реакции и коэффициент коррекции, учитывающий уменьшение плеча боковой реакции с увеличением области скольжения в площадке контакта шины с опорной поверхностью и т.д.

Также не возникает никаких проблем с использованием барабанных стендов при исследованиях шин с относительно высокими (более 220 кПа) давлениями воздуха в них и при относительно малых нормальных нагрузках (до 2 кН) на колесо, т.к. при названных условиях пятно контакта шины с опорной поверхностью барабана можно считать практически плоским.

Но если давления воздуха в шинах большинства современных легковых автомобилей достигли значений 220 кПа и более, то нагрузка на шину постоянно растёт, т.к. постоянно увеличивается полная масса легковых автомобилей вследствие насыщения их производителями различными сервисными устройствами и элементами системы пассивной безопасности. Немаловажное влияние на повышение массы современных легковых автомобилей оказывает увеличение размеров внутри своих классов, связанное с обеспечением конкурентоспособности. Поэтому нагрузка на одну легковую шину в статике не опускается ниже 4 кН и равняется, как правило, 5...6 кН. В динамике нагрузка на шину увеличивается вдвое и даже более, что заставляет исследователя испытывать шину с удвоенной относительно номинальной грузоподъёмности нагрузкой, что, естественно, приводит к значительным геометрическим и силовым искажениям пятна контакта шины при её качении по барабану.

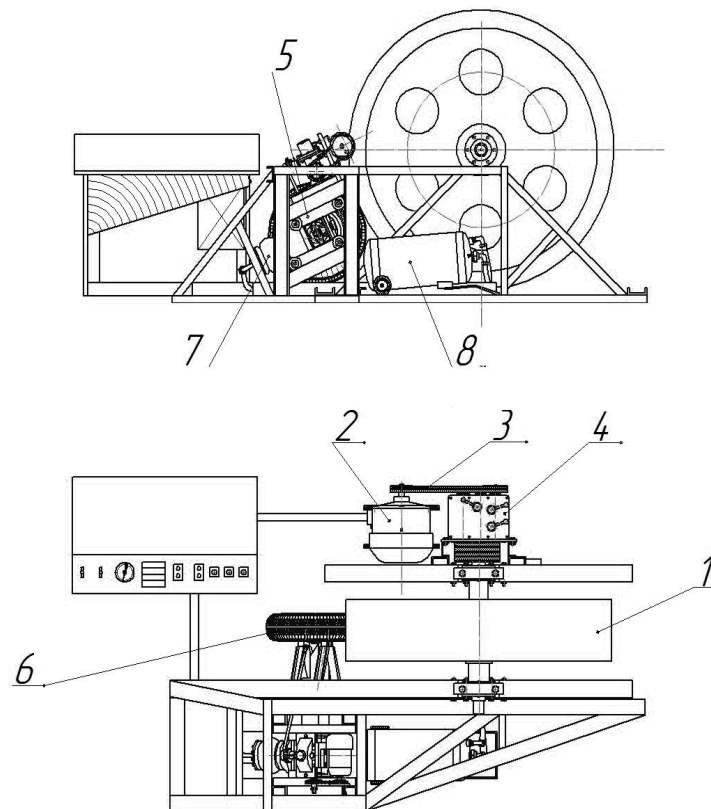
На рисунке 2 схематично представлен стенд с беговым барабаном с внешней бетонной поверхностью для исследования характеристик увода легковых шин, созданный много десятилетий назад на кафедре «Автомобили» МАМИ её сотрудниками Кушвидом Р.П. и Мирзоевым Г.К. и восстановленный в новой конфигурации (барабан без изменений) в 2010 году на кафедре «Автомобили», но уже МГТУ «МАМИ».

Направляющее устройство, на котором устанавливается колесо в сборе с исследуемой шиной, для обеспечения максимально возможной жёсткости и минимизации погрешностей измерений расположено в непосредственной близости к фундаменту, в который заделаны опоры оси вращения барабана.

Измерение нагрузки на шину осуществляется с помощью тензометрического датчика, позволяющего поддерживать точность в пределах 0,001кг. Весь измерительный комплекс контролируется компьютером, на который производится запись измеряемых параметров как, например: боковая сила, стабилизирующий момент, нагрузка на шину, углы увода и развала, скорость линейная в пятне контакта и т.д.

Конструкция барабана, оснащённого бетонной поверхностью, по которой катится шина, как упомянуто выше, не претерпела каких-либо изменений с момента его создания. Основные отличия воссозданного стенда от своего прародителя заключаются в измерительном

и нагружающем комплексах, возможности задания увода с варьируемой частотой, стабилизации скорости вращения барабана независимо от изменения сопротивления качению шины от угла её увода, возможности оснащения стенда различным дополнительным испытательным оборудованием и т.п.



**Рисунок 2. Схема стенда с беговым барабаном с внешней бетонной поверхностью для исследования характеристик увода легковых шин: 1 – беговой барабан с внешней бетонной поверхностью (наружный диаметр 1,77 м, ширина 0,4 м); 2 – электродвигатель привода вращения барабана; 3 – приводные клиновые ремни; 4 – редуктор многоступенчатый; 5 – нагружающее шину устройство; 6 – исследуемая шина; 7 – пневматический элемент нагружающего устройства; 8 – ресивер нагружающего устройства**

При создании барабана была учтена возможность проведения высокоскоростных испытаний шин, при которых линейная скорость в пятне контакта достигает 120 км/ч, но последующий исследовательский опыт показал их низкую эффективность вследствие крайне высокой изнашиваемости протектора шины на высоких скоростях качения колеса. Поэтому исследования характеристик увода шин на описываемом стенде с 1980-х годов проводятся при скоростях качения колеса не более 10 км/ч, что также немаловажно для обеспечения условий безопасности обслуживающего персонала и иных лиц. Конструкции измерительной головки и нагружающего устройства позволяют исследовать легковые шины с посадочным диаметром от 12 до 20 дюймов с наружным диаметром в пределах 0,45...0,85 м при нормальных нагрузках на колесо до 18 кН.

Качественное и количественное сравнение характеристик увода, полученных в результате исследований на стенде и на дороге для некоторых моделей легковых шин различной размерности, показало значительное влияние кривизны поверхности барабана на их достоверность. Это влияние тем значительнее, чем ниже давление воздуха в исследуемой шине, выше её профиль и выше устанавливаемая при испытаниях нормальная нагрузка на колесо.

### **Выводы**

1. Характеристики увода шин, исследуемые на стенде с беговым барабаном, необходимо корректировать перед их использованием в расчётах параметров управляемости и устой-

чивости автомобиля.

2. Наиболее применимыми при расчётах параметров управляемости и устойчивости автомобиля представляются полуэмпирические одномерные модели шин вследствие их наиболее полного удовлетворения требованиям, предъявляемым к ним со стороны математической модели автомобиля.

### Литература

1. Красавин П.А., Лукьянов М.Н., Надеждин В.С. Ограничение скорости при криволинейном движении с учётом наклона плоскости качения управляемых колёс // Сборник материалов 79-й международной научно-технической конференции ААИ, НГТУ, 2012г.
2. Красавин П.А., Смирнов А.О., Тимаев Д.М. О необходимости управления давлением воздуха в шинах легковых автомобилей // Известия МГТУ «МАМИ», 2013г.
3. Бернацкий В.В., Зверев И.Н. Универсальный шинный тестер. // «Автомобильная промышленность» № 6, 1991г.

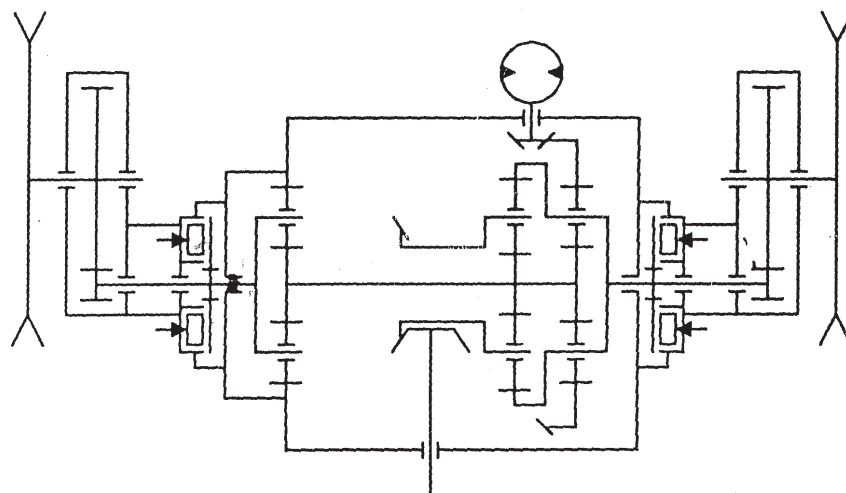
### **Подготовка исходных данных для модернизации гусеничного трактора общего назначения ДТ-175С в ходе капитального ремонта**

к.т.н. проф. Крумбольдт Л.Н., Зенин А.С., к.т.н. Головашкин Ф.П.  
Университет машиностроения, ОАО «ММЗ»  
8 (495) 223-05-23 доб. 1527, [trakvc@mami.ru](mailto:trakvc@mami.ru)

*Аннотация.* В статье определяется возможность установки на гусеничном тракторе ДТ-175С гидромеханической трансмиссии с двухпоточным механизмом передач и поворота I группы (полнопоточной при прямолинейном движении и двухпоточной при повороте). В дополнительный привод к суммирующим планетарным рядам предусматривается включение гидрообъемной передачи ГСТ-90 с установочной мощностью, равной мощности дизельного двигателя СМД-66. Составлена кинематическая схема трансмиссии, и рассмотрены прямолинейное движение и поворот трактора.

*Ключевые слова:* двухпоточный механизм передач и поворота (МПП), гидрообъемная трансмиссия, фрикционное включение, суммирующие планетарные ряды (СПР)

Трансмиссии с двухпоточным механизмом передач и поворота (МПП) получили распространение на быстроходных гусеничных машинах [1-5].



**Рисунок 1. Кинематическая схема гусеничного трактора Challenger-65**

Гусеничные машины, оснащенные такими трансмиссиями, более совершенны. В них значительно улучшены маневренность, легкость управления, эргономика водителя (экипа-