исследования статических и динамических характеристик шины и процессов её взаимодействия с поверхностью опорного основания могут быть использованы методы моделирования – эмпирические, модельные, методы конечных элементов и другие.

Во многих исследованиях уводные характеристики колеса с эластичной шиной описываются расчётно-экспериментальной моделью на основе систематизации большого объёма экспериментальных данных. За последнее время в России проводились крайне мало экспериментальных исследований шин, что существенно ограничивает применение подобных моделей.

На наш взгляд использование метода конечных элементов является наиболее универсальным подходом при решении задач статического и динамического взаимодействия шины с опорной поверхностью. Опыт применения конечно-элементных моделей для моделирования уводных характеристик показал высокую точность расчёта, но весьма трудоёмкие процессы построения модели и вычисления её напряжённо-деформированного состояния.

Таким образом, исследование физических процессов деформации шины, определяющих её уводные характеристики, с позиций механической аналогии представляется в современных условиях весьма актуальной темой.

Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из четырёх глав, изложенных на 156 страницах машинописного текста, включающих 50 рисунков и 14 таблиц. Список литературы содержит 68 наименований.

Введение раскрывает сущность исследуемой проблемы, ее актуальность и возможные пути решения, цели и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, определяющие научную новизну и практическую ценность работы.

В первой главе представлена классификация существующих подходов к решению задачи о моделировании качения колеса с эластичной шиной. Их применимость рассматривается с учётом современных требований к моделям, их тенденций. Описываются основные понятия и определения, используемые в работе, особо отмечаются различия в определениях параметров в отечественной и зарубежной литературе. Анализируются и уточняются задачи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ФГБОУ ВПО «МГИУ»
д.т.н. проф. А.Д. Шляпин

_____

«____» _____ 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Саркисова Павла Игоревича на тему «Расчётно-экспериментальный метод моделирования нестационарного качения автомобильного колеса по недеформируемому опорному основанию», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины

Актуальность темы

Пневматическая шина является важным элементом динамической системы «дорога – шина – автомобиль – водитель». Благодаря деформациям этого упругого тела при движении транспортного средства снижаются динамические воздействия на его подрессоренную массу, что приводит к улучшению плавности хода и управляемости, устойчивости и безопасности движения. Жёсткостные и деформационные характеристики шин необходимы при создании уточнённых расчётных динамических моделей транспортных средств. Эти характеристики также используются при разработке эффективных систем рулевого управления, привода, тормозных систем, систем активной безопасности.

Известны два основных метода определения характеристик шин: расчетно-экспериментальный и физико-математическое моделирование.

Экспериментальные методы определения свойств шины являются трудоёмкими и дорогостоящими, они требуют значительных материальных затрат на оборудование, испытательные образцы. При этом такие методы не достаточно эффективны по результативности из-за ограничений по диапазонам варьирования параметров шины и физико-механического состояния опорного основания. В качестве альтернативы экспериментальным методам для

Наиболее существенными результатами, обладающими научной новизной, являются:

1. Комбинированная по предложенной схеме структура механического аналога, в рамках которой основанием одной механической модели (щёточной) является не жёсткий обод, а податливый элемент другой модели (лента на упругом основании).
2. Способ математического описания полученной структуры с помощью кинематических уравнений и формул прогиба стержней, дополненный методом численного решения системы на основе итерационного процесса.
3. Частный практический результат – полученные уводные характеристики современной шины на высококачественном оборудовании, данные об её зоне контакта, доступные к дальнейшему использованию при расчётных работах.

Таким образом, в ходе выполнения исследований автор получил научно-значимые для моделирования автомобиля и его систем результаты, имеющие существенное значение в рамках соответствующей научной специальности.

Вместе с тем, целесообразно отметить следующие **замечания**:

1. Предложенная структура модели полностью лишена демпфирующих свойств, не учитывает силы инерции. Не ясно, чем руководствовался автор введя такие ограничения.
2. Реализованный механический аналог содержит упругие элементы постоянной жёсткости, однако, в реальной шине жёсткостные характеристики за редким исключением не являются линейными и зависят от большого количества факторов, учёт влияния которых на коэффициенты жёсткости отсутствует.
3. Современные требования к моделям шин предполагают описание движения по неровной поверхности, поэтому учёт этой особенности при недеформируемом основании представляется целесообразным и необходимым.
4. Предложенный в работе метод описывает деформации в зоне контакта, позволяет вычислить положение зоны скольжения и зоны сцепления в нём, однако, особенности рисунка контакт шины при этом не исследования, описывается целевой диапазон режимов качения колеса, для которых должна быть обеспечена адекватность исследуемой модели.

Вторая глава посвящена выбору целесообразной концепции механической модели. Исследован данный подход к моделированию качения колеса в сравнении с другими, проработаны варианты его совершенствования, среди которых способ комбинации ряда простых аналогов в единую структуру. Проанализированы основополагающие инструменты описания шины физическими моделями, изучена их пригодность к комбинированию по различным схемам. Рассмотрены конструктивные особенности современной шины легкового автомобиля. В результате в исследовании предложена комбинированная структура механической модели, построено математическое описание её деформаций с помощью уравнений теории изгиба стержней. С помощью кинематических уравнений связи общая система уравнений модели доведена до совместной. Показана трудоёмкость решения системы и доказана необходимость разработки для этого специальных математических средств.

Третья глава содержит анализ системы уравнений, описывающих состояние модели, рассмотрены критические случаи. Предложен итерационный метод решения системы, показана возможность расходимости его процесса и изложены меры по её избежанию. Изложена разработанная вспомогательная модель, служащая для приближённого расчёта деформированной формы аналога, применяемая в качестве начального приближения процесса. На одном примере проиллюстрирован алгоритм работы метода, показана его сходимость и характер изменения силовых факторов на колесе по мере приближения к решению.

В четвёртой главе представлено экспериментальное подтверждение разработанной модели. Приведено описание оборудования, включая его краткую метрологическую экспертизу. Описаны способы параметризации предложенной модели. Представлены результаты испытаний для конкретной физической шины, а также результаты расчёта для этого случая с помощью модели с одномерной и модели с двумерной зонами контакта, проанализирована разница. Сделаны выводы о важности учёта ранее не учитываемой ширины зоны контакта. Показано достигнутое с помощью модели повышение адекватности и точности моделирования нестационарного качения колеса в рассматриваемом режиме.

Структура диссертации является логически корректной, главы равноценны, название работы отражает включенный в нее материал. Диссертация написана ясным, технически грамотным языком.

Качество оформления диссертации является высоким, к нему имеются лишь частные замечания, на которые автору указано.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации в необходимом для получения общего представления о научном исследовании.

Общий вывод

В диссертации успешно решена научная задача, связанная с созданием расчётно-экспериментального метода моделирования нестационарного качения автомобильного колеса по недеформируемому опорному основанию. Автор диссертации П.И. Саркисов представил завершенное научное исследование. Результаты исследования вносят вклад в решение задачи повышения точности и адекватности моделирования качения колеса, что имеет важное значение для автомобильной отрасли Российской Федерации.

Автор работы является сложившимся специалистом, способным ставить и решать задачи в области динамики автомобиля, моделирования динамических систем и вычислительных методов.

Работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям; ее автор, П.И. Саркисов, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины.

Основные результаты, полученные в результате исследования П.И. Саркисова, были представлены на заседании кафедры автомобилей и двигателей. Присутствовало 5 докторов наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины.

Отзыв, подготовленный к.т.н. Я.Ю.Левенковым, заслушан и утвержден на заседании кафедры ФГБОУ ВПО «МГИУ» от «28» августа 2014г., протокол №1.

Заведующая кафедрой
автомобилей и двигателей
ФГБОУ ВПО «МГИУ»
д.т.н., проф.
Тел.: +7 (495) 675-62-42,
e-mail: volskaja@mail.msiu.ru

Н.С. Вольская

учитываются. Поскольку рисунок играет существенную роль при деформировании протекторного слоя шины, такое допущение может трактоваться как недостаток.

5. Предложенный метод требует экспериментального определения некоторых исходных данных модели, что предполагает наличие реального образца шины и соответствующего экспериментального оборудования. Это сужает рамки использования разработанного подхода при проектировании шин.

В целом данные замечания не влияют на общее положительное впечатление о работе и носят в большей степени рекомендательный характер.

Практическое значение результатов диссертации состоит в следующем:

1. Обеспечена возможность адекватного моделирования нестационарного качения автомобильного колеса под действием крутящего или тормозного момента, с учетом увода и развала колес, также учитывается наличие скольжения в зоне контакта – то есть рассмотрены режимы, важные при разработке систем рулевого и тормозного управления, индивидуального привода, систем активной безопасности. Сохранена пригодность модели к применению в динамической системе автомобиля.
2. Представлена возможность исследовать поле деформаций точек зоны контакта шины с поверхностью опорного основания без применения для этого методов конечных элементов.
3. Получены и представлены экспериментальные данные современной шины легкового автомобиля на высококачественном оборудовании.

Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях транспортно-машиностроительного комплекса на этапе разработки и испытания транспортных средств.

Достоверность полученных результатов сомнений не вызывает. Положения, выносимые на защиту, обоснованы корректными теоретическими соображениями и качественными экспериментальными данными.

Основные результаты исследования опубликованы в 10 научных работах, среди которых, три из Перечня ВАК РФ, а также прошли апробацию на многих ведущих научно-технических конференциях соответствующего профиля.