Дамзен Виктор Александрович. Повышение безопасности и ресурса автомобильных шин : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.10 / Дамзен Виктор Александрович; [Место защиты: Орлов. гос. техн. ун-т].- Саратов, 2009.- 152 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/2845

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

04200955909 *ґ~~}^^*

ДАМЗЕН ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И РЕСУРСА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Специальность 05.22.10 - эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

Кандидат технических наук

доцент М. А. Трефилов

Саратов - 2009

**2**Содержание  
ВВЕДЕНИЕ 5

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ  
ИССЛЕДОВАНИЯ 10

1. Влияние шин на эксплуатационные качества автомобиля 10
2. Изменение технического состояния автомобильных шин в процессе эксплуатации 18
3. Анализ существующих методов и средств для испытания и диагностирования автомобильных шин 31
4. Выводы, цель и задачи исследования 39

2 АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМОБИЛЬНОЙ ШИНЫ 41

1. Математическое моделирование упругих свойств автомобильной шины 41
2. Теоретическое исследование динамической жесткости и коэффициента затухания свободных колебаний шины 50
3. Коэффициент затухания свободных колебаний и логарифмический декремент колебаний 50
4. Определение динамической жесткости по затухающим колебаниям шины 53
5. Система уравнений, определяющая движение транспортного средства 56
6. Выводы 61

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ 63

1. Общая структура и оборудование для экспериментальных исследований 63
2. Методика исследования жесткостных и демпфирующих

свойств шины 68

3.2.1 Методика исследования статической жесткости шины 68

**з**

3.2.2 Методика исследования динамических характеристик шины 69

3.3 Методика определения однозначности диагностических  
параметров в зависимости от давления в шине по критерию равенства

ряда средних значений 75

1. Методика статистической оценки экспериментальных данных 77
2. Выводы 78

4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ 79

1. Влияние внутреннего давления на статическую жесткость шины ....79
2. Исследование влияния внутреннего давления на коэффициент затухания свободных колебаний шины 85
3. Влияние внутреннего давления на динамическую жесткость шины...94
4. Выводы 104

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ 105

5.1 Практические рекомендации по использованию результатов  
исследований 105

1. Диагностические нормативы для автомобильных шин 105
2. Комплектование автомобилей шинами 109
3. Оценка экономической эффективности при изменении метрологических показателей диагностирования шин 112
4. Определение потерь от недостоверности измерительной информации по статьям себестоимости технического обслуживания

и текущего ремонта 116

5.4 Выводы 118

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ 120

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 122

Приложение А Определение изгибающего момента и

перемещений в шине 139

**4** Приложение Б Результаты расчетов однозначности диагностических параметров в зависимости от давления в шине (0,16 МПа) по критерию

равенства ряда средних значений 145

Приложение В Патент на полезную модель 149

Приложение Г Акты о использовании результатов кандидатской  
диссертационной работы 150

**5** ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Основные задачи, стоящие перед автомобильным транспортом, - это увеличение пробега автомобиля, снижение себестоимости автомобильных перевозок, повышение комфортабельности и безопасности дви­жения. Шины осуществляют непосредственную связь автомобиля с дорогой и, как следствие, оказывают существенное влияние на все перечисленные факторы.

Стоимость эксплуатации автомобилей в России по сравнению с европей­скими странами выше в 2,4 - 3,4 раза, при этом срок службы автомобиля со­кращается на 30 %, а срок службы автомобильных шин сокращается в 1,15-1,8 раза [18]. В общем объеме затрат на автомобиль в процессе эксплуатации рас­ходы на приобретение и ремонт шин составляют от 5 до 15 % [32] в зависимо­сти от условий эксплуатации, качества и своевременности обслуживания. По результатам анализа рекламаций, поступающих на заводы-изготовители, около 30 % шин выходят из строя до выполнения установленных норм пробега из-за дефектов, не связанных с износом протектора.

Согласно правилам ЕЭК ООН № 30, шина пригодна к эксплуатации, если после испытания на ней не наблюдается отделения протектора от каркаса, от­слоения друг от друга соседних слоев, отделения корда от его резинового по­крытия, отрывов или разрывов корда. Значительная часть этих дефектов явля­ются скрытыми и не диагностируются в процессе эксплуатации шин. Большое количество бывших в эксплуатации шин восстанавливаются наложением или нарезкой протектора. По ОСТ 38-47-171-95 пригодные к восстановлению шины в зависимости от технического состояния разделяются на три класса. Опреде­ление класса восстановления шин производят в зависимости от наличия дефек­тов. Диапазон способов обнаружения дефектов достаточно широк: от визуаль­ного до автоматизированного, с применением средств неразрушающего кон­троля. В первом случае страдает качество, а во втором - резко увеличивается себестоимость восстановления.

6

По данным Госавтоинспекции МВД России, за 11 месяцев (январь-ноябрь) 2008 года в Российской Федерации произошло 199041 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в результате которых погибли 27317 чело­век. При этом, по официальной статистике, доля ДТП по причине эксплуатации технически неисправных транспортных средств составила 0,8 %. Материаль­ный ущерб из-за ДТП в экономически развитых странах достигает 10 % годово­го национального дохода [97]. Следует отметить, что по данным специальных исследований, выполненных с выездом на место происшествия (профессио­нально и технически подготовленных специалистов), доля ДТП, обусловленных неисправностями транспортных средств, составляет 15% от общего количества ДТП, что выше данных официальной статистики. Количество ДТП из-за экс­плуатации технически неисправных транспортных средств в 2005 году состави­ло 3 % от общего числа происшествий. В качестве неисправностей транспорт­ных средств отмечаются: неисправности автомобильных шин - 17 %, неис­правности тормозной системы - 31,2 %, неисправности колес - 10,6 %, неис­правности рулевого управления - 6,4 %, неисправности приборов освещения -6,4 % [40]. Кроме того., для эффективного уменьшения вероятности ДТП необ­ходимо обеспечить низкую утомляемость водителей транспортных средств. Для этого необходимо обеспечить в допустимых пределах уровень нагрузок на водителя, вызванных колебаниями, возникающими при движении автомобиля.

Таким образом, своевременное и доступное диагностирование техниче­ского состояния шин позволит повысить эффективность их эксплуатации, сни­зить травматизм на дорогах и экономить значительные материальные и финан­совые ресурсы. В связи с этим актуальными являются вопросы повышения эф­фективности эксплуатации автомобильных шин.

Цель работы — повышение безопасности эксплуатации автомобильных шин на основе разработанного метода диагностирования шин по показателям их динамических характеристик (динамической жесткости и коэффициента за­тухания колебаний).

**7** Для достижения данной цели **поставлены и решены следующие основ­ные задачи:**

* разработать математическую модель изменения упругих свойств шины в зависимости от давления воздуха, нагрузки на колесо и геометрических параметров;
* разработать метод диагностирования автомобильных шин по пара­метрам упругих свойств;
* провести расчетно-аналитические исследования влияния жесткости шин различных моделей на колебания автомобиля;
* разработать практические рекомендации по комплектованию авто­мобилей шинами и обоснованию экономической эффективности при использо­вании предлагаемого метода диагностирования шин.

**Объект исследования** - процессы диагностирования шины легковых ав­томобилей и определение их эксплуатационных свойств.

**Предмет исследования** - упругие свойства автомобильных шин.

**Теоретическая и методологическая основа исследования.** Диссерта­ционное исследование проведено на основе научных трудов отечественных и зарубежных специалистов по проблемам эффективности эксплуатации автомо­бильных шин, повышения качества обслуживания и диагностирования шин, математического моделирования эксплуатационных свойств шины и колеба­тельной системы автомобиля в целом. В качестве инструментов исследования были использованы основные положения механики деформированного твердо­го тела, теории колебаний и планирования экспериментов, методы корреляци­онного и дисперсионного анализа.

**Научная новизна** работы состоит в развитии теоретических основ моде­лирования изменения упругих свойств шин, в разработке научных и практиче­ских методов оценки эксплуатационных свойств шин по параметрам динамиче­ских характеристик.

**8 На защиту выносятся** наиболее значимые результаты диссертационного исследования, составляющие научную новизну работы:

* математическая модель для определения жесткости автомобильных шин, которая учитывает влияние давления воздуха, нагрузку на колесо, геомет­рию шины, физико-механические свойства материалов шины;
* метод расчета параметров динамической жесткости автомобильной шины в режиме свободных колебаний;
* аналитические исследования колебательной системы автомобиля при различных характеристиках жесткости шин.

**Практическая значимость.** Предлагаемые в работе теоретические поло­жения, методологические подходы и модели являются научной основой и одним из способов разработки мероприятий по повышению эффективности и безопас­ности эксплуатации автомобилей и рекомендуются к использованию при разра­ботке технологии обслуживания автомобилей и в практической деятельности предприятий автосервиса.

**Отличие научных результатов от других работ** по данному направле­нию заключается в определении скрытых дефектов автомобильных шин с ис­пользованием в качестве диагностических параметров величин динамической жесткости и коэффициента затухания колебаний шины.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования доложены, об­суждены и одобрены на научных конференциях и семинарах: ежегодных науч­но-технических конференциях кафедры «Автомобили и автомобильное хозяй­ство» (Саратов, СГТУ, 2005-2008 гг.); международной научно-практической конференции «Логистика и экономика ресурсосбережения и энергосбережения в промышленности «ЛЭРЭП-2-2007» (Саратов, СГТУ, 2007 г.); международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение» (Одесса, 2007); 9-й международной научно-технической конфе­ренции «Измерение, контроль, информатизация-2008» (Барнаул, АлтГТУ, 2008 г.); международной научно-практической конференции «Динамика научных ис-

9 следований - 2008» (София, 2008); международной научной конференции «Ма­тематические методы в технике и технологиях» (Саратов, СГТУ, 2008 г.).

**Реализация результатов работы.** Теоретические, научно-методические и прикладные исследования используются: на ООО «Вираж-ПС» при диагно­стировании автомобилей для уменьшения затрат на шины; на ОАО «Автоко­лонна № 1181» при формировании рациональной схемы технологического про­цесса обслуживания и ремонта автомобилей для обеспечения их эксплуатаци­онной безопасности.

**Личный вклад автора** заключается в определении цели диссертацион­ной работы, в постановке задач и их решения, в разработке методологических и теоретических положений для всех элементов научной новизны исследования, новых методов, моделей и подходов к оценке эффективности инновационного потенциала на всех этапах выполнения диссертации - от научного поиска до реализации их на практике.

**Публикации.** Основные теоретические положения и научно-практические результаты опубликованы в 14 научных статьях, в том числе по­лучен 1 патент на полезную модель и 1 статья в издании, включенном в пере­чень ВАК.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе разработанных теоретико-прикладных положений, подхо­дов и математических моделей появилась возможность решать важную науч­но-практическую задачу повышения безопасности и ресурса автомобильных шин за счет их диагностирования при техническом обслуживании автомобиля.
2. Разработана математическая модель изменения упругих свойств шины, учитывающая влияние давления воздуха, нагрузки на колесо, геометрических параметров. На основе предложенной модели получены зависимости модуля упругости от давления в шине. Разница расчетных и экспериментальных значе­ний для шин модели И-391 не превышает 7 %, а для шин модели В-650 - 9 %.
3. Разработан метод диагностирования автомобильных шин по парамет­рам упругих свойств, а также получены нормативные значения для предложен­ных диагностических параметров. Предел изменения динамической жесткости - до 4 %; предел изменения коэффициента затухания колебаний - до 2 %. Пре­вышение установленных диагностических параметров свидетельствует о нали­чии дефектов в шине (в том числе скрытых). Определены диапазоны коэффи­циентов затухания свободных колебаний для шин различных моделей. Для ис­правных шин моделей И-391 и К-190М размерностью 175/70 R 13 разность в значении коэффициентов затухания свободных колебаний составляет 7-9 %, а для шины И-391 и шины модели В-650 AQ размерностью 185/65 R 13 разность составляет 38 — 41 %. Диапазон изменения динамической жесткости для шины с дефектом модели ВС-11 составляет 8 - 20 % при давлении 0,16 МПа и 6 - 14 % при давлении 0,2 МПа.
4. Проведенное расчетно-аналитическое исследование колебаний автомо­биля позволило определить влияние модели используемых шин и наличия де­фектов в шинах на изменение частотных характеристик автомобиля. При ис­пользовании на автомобилях семейства «Самара» шин модели И-391 частота колебаний составляет 3,15 Гц, а при применении шин модели В-650 — 4 Гц. За-

121 мена шин модели И-391 на шины модели В-650 приведет к уменьшению мак­симально допустимых значений виброускорения на 11,2 %, а виброскорости на 30 %.

5. При использовании полученных результатов на практике экономиче­ский эффект образуется за счет своевременного обнаружения дефектов шин при диагностировании по предлагаемому методу. Годовой экономический эф­фект от внедрения разработанного метода диагностирования составляет 3111,5 руб. на один автомобиль. На основании выполненных исследований разработа­ны рекомендации по комплектованию автомобилей шинами.

122 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1749753 СССР, МКИ G 01 М 17/02. Стенд для испытания колес с эластичными шинами / И. М. Рябов, В. А. Гудков, В. Н. Тарновский [и др.]. -№ 4852044/11 ; заявл. 18.07.90 ; опубл. 23.07.92. Бюл. № 27 - 4 с. : ил.
2. А. с. 993089 СССР, МКИ G 01 М 17/04. Стенд для исследования эле­ментов ходовой части колесного транспортного средства / Р. А. Акопян, И. С. Керницкий, И. Ф. Сикач, Б. Н. Шамлян. - № 3329021/27-11 ; заявл. 19.08.81 ; опубл. 30.01.83. Бюл. №4-3 с. : ил.
3. Авдонькин, Ф. Н. Техническая эксплуатация автомобильных шин : учеб. пособие для студентов спец. 1505, 2401 / Ф. Н. Авдонькин, А. С. Гребен­ников, В. Н. Каракозов ; Сарат. гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 1995. - 92 с.
4. Авдонькин, Ф. Н. Теоретические основы технической эксплуатации ав­томобилей. Изменение технического состояния автомобильных шин в процессе эксплуатации : учеб. пособие по курсу «Техническая эксплуатация автомоби­лей» для студентов спец. 1505, 2401 / Ф. Н. Авдонькин ; Сарат. гос. технич. ун-т. - Саратов : СГТУ, 1995. - 92 с.
5. Автомобильные шины / В. Л. Бидерман, Р. Л. Гуслицер, С. П. Захаров, С. М. Цукерберг. -М. : Госхимиздат, 1963. -338 с.
6. Автомобильные шины. Конструкция, механика, свойства, эксплуата­ция / О.Б. Третьяков, В. А. Гудков, А. А. Вольнов, В. Н. Тарновский. - М. : Ко-лосС, Химия, 2007. - 432 с.
7. Агейкин, Я. С. Вездеходные колесные и комбинированные движители / Я. С. Агейкин. - М.: Машиностроение, 1972. - 184 с.
8. Агейкин, Я. С. Особенности движения колесных машин по неровным грунтовым поверхностям / Я. С. Агейкин, Н. С. Вольская // Автомобильная промышленность. - 2004. - № 6. - С. 22-24.
9. Аксенов, П. В. Многоосные автомобили / ГГ. В. Аксенов. - М. : Маши­ностроение, 1980. - 207 с.

123

1. Алексеев, А. А. Выбор закона управления адаптивной системой под-рессоривания автомобиля / А. А. Алексеев // Известия вузов. Машинострое­ние. - 2007. - № 4. - С. 21-25.
2. Антонов, Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомо­билей / Д. А. Антонов. - М. : Машиностроение, 1978. - 216 с.
3. Бабаков, И. М. Теория колебаний / И. М. Бабаков ; 2-изд., перераб. — М.: Наука, 1965.-559 с.
4. Балабин, И. В. Эксплуатационные свойства легковых автомобилей с радиальными и диагональными шинами / И. В. Балабин, В. В. Прокопов, Н. П. Лукянов // Автомобильная промышленность. - 1984. - № 8. - С. 11-12.
5. Блинов, Е. И. Новая концепция модели подвески автомобиля / Е. И. Блинов // Известия вузов. Машиностроение. - 2003. - № 3. - С. 52-62.
6. Бухин, Б. Л. Введение в механику пневматических шин / Б. Л. Бухин. - М. : Химия, 1988. - 224 с.
7. Варченко, В. Г. Анализ влияния дорожно-климатических условий на эксплуатационный срок службы шин / В. Г. Варченко, В. П. Кубраков // Совре­менные проблемы транспорта : межвуз. науч. сб. / Сарат. гос. техн. ун-т. - Са­ратов, 2000,- С. 41-42.