

1566471

На правах рукописи

ЗАДВОРНОВ
Виктор Николаевич

УДК 629.113.012.344 : 629.113.012.5.004.6

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ КОЛЕС НА ИЗНОС ШИН
В ЗАДНЕЙ НЕЗАВИСИМОЙ ПОДВЕСКЕ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ**

Специальность 05.05.03 - Колесные и гусеничные машины

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

В. Задворнов

Москва - 2000

Работа выполнена в Государственном унитарном предприятии "Научно-исследовательском центре по испытаниям и доводке автотехники" (ГУП "НИЦИАМТ") и на кафедре "Колесные машины" Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана.

Научный руководитель -

доктор технических наук,
профессор Шалдыкин В.П.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Шарипов В.М.

кандидат технических наук
Петров И. П.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1566471

Задворнов В. Н. Влияние пар

Ведущее предприятие -

ОАО "Московский шинный завод"

А 2000 г. в 14.30 на заседании
"Транспортное машиностроение" в
Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.
землярах, заверенные печатью,

научно-технической библиотеке

г.

1566471

Зузов В. Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность работы. Внимание не одного поколения ученых было приковано к проблеме выбора оптимальных параметров установки управляемых колес в передней независимой подвеске автомобиля.

Однако в настоящее время ведущие зарубежные фирмы "Ауди", "БМВ", "Мерседес-Бенц", "Пежо", "Тоета", "Фиат", "Форд" на своих автомобилях стали применять независимую подвеску и задних колес. В России же независимая подвеска задних колес находится пока еще в стадии экспериментальных разработок и не нашла еще своего внедрения на серийно выпускаемых моделях автомобилей.

Применение резинометаллических шарниров и упругоподвешенных подрамников в современных задних независимых подвесках легковых автомобилей при росте эксплуатационных скоростей приводит к тому, что при движении автомобиля параметры установки задних колес существенно изменяются, что усложняет решение проблемы.

Все это требует изучения проблемы параметров установки задних колес, которые, оказывая влияние на эксплуатационные качества автомобиля, прежде всего определяют износ шин, стоимость которых составляет до 20-25% от общей стоимости автомобиля, а их вынужденная замена обходится потребителю до 10-12% от общих расходов на поддержание автомобиля в работоспособном состоянии в эксплуатации. Поэтому проблема влияния параметров установки колес на износ шин в задней независимой подвеске легкового автомобиля является весьма актуальной.

Цель работы. Разработка экспериментально-расчетного метода нахождения рациональных параметров установки колес с целью получения минимального износа шин в задней независимой подвеске легкового автомобиля.

Методы исследования. В теоретической части работы использованы методы теории вероятностей, векторной алгебры, численные методы математического анализа и моделирования. Экспериментальные исследования проводились методами стендовых и дорожных испытаний шин и автомобиля с применением теории планирования эксперимента.

Объект исследования. Определение параметров установки задних колес проводилось на легковых автомобилях АЗЛК-21426, ГАЗ-3105, ЗИЛ-4102, "Роллс-Ройс", "Фольксваген-Поло" и "Форд-Скорпио".

Влияние параметров установки колес на износ шин в задней независимой подвеске оценено на легковом автомобиле АЗЛК-21426 и его шин 165/80P14 модели МИ-180.

Научная новизна. Впервые выполнен полный комплекс теоретических и экспериментальных исследований влияния параметров установки колес на износ шин в задней независимой подвеске легкового автомобиля, включающий: разработку математической модели качения колеса и методов расчетов параметров установки задних колес и износа шин; создание и освоение специальных средств измерения и методов экспериментальных исследований; получение экспериментальных зависимостей износа шин от параметров установки задних колес в стендовых и дорожных условиях.

Впервые предложено аналитическое выражение для расчета износа шин.

М Г Т У
БНГ. У. Е. А

характеристик шин для реальной асфальтобетонной дороги по результатам испытаний, полученных на стенде с беговыми барабанами.

Впервые получен показатель сравнительной оценки износостойкости шин, позволяющий прогнозировать ресурс по их жесткостным параметрам.

Получены корректирующие коэффициенты ресурса шины по ее износу, учитывающие влияние температуры окружающей среды и скорости движения.

Практическая ценность. Разработанный комплекс экспериментально-расчетных методов позволяет получать рациональные значения углов схождения и развала колес, обеспечивающие минимальный износ шин, в задней независимой подвеске автомобиля и на стадии проектирования и доводки автомобиля прогнозировать его эксплуатационные качества.

Реализация работы. Разработаны и внедрены в технологию испытаний в автомобильной и шинной отраслях 9 нормативно-руководящих документов по определению жесткостных, уводных и износных показателей шин и параметров установки колес автомобиля в стендовых и дорожных условиях.

По выше перечисленным теоретическим и экспериментальным методикам на ГУП "НИЦИАМТ" проводились и проводятся исследования шин основных шинных заводов и доводка передних и задних подвесок перспективных отечественных легковых автомобилей АЗЛК, ВАЗ, ГАЗ и ЗИЛ.

Акты внедрения прилагаются к диссертационной работе.

Апробация работы. Диссертационная работа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры "Колесные машины" МГТУ им. Н.Э.Баумана (1999 г.) и научно-техническом совете ГУП "НИЦИАМТ" (2000 г.). Основные положения работы докладывались на научно-технической конференции, посвященной 50-летию Московского автомеханического института (1989 г., МАМИ), на шестом симпозиуме "Проблемы шин и резинокордных композитов. Математические методы в механике, конструировании и технологии" (1995 г., НИИШП), на XXII конференции ассоциации автомобильных инженеров России "Активная безопасность автотранспортных средств" (1998 г., НИЦИАМТ).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ и получено два авторских свидетельства на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа в целом содержит 241 страницу, из них: 95 рисунков, 30 таблиц, 51 страница приложений. Список литературы включает 124 наименования работ отечественных и зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен анализ работ, посвященных проблеме повышения износостойкости и увеличения срока службы шин от влияния различных факторов, и прежде всего от параметров установки колес, влияние которых на износ шин носит преобладающий характер.

Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на повышение износостойкости и долговечности шин, нашли свое отражение в

трудах Балабина И. В., Бидермана В. Л., Бухина Б. Л., Васильева В. А., Калининского В. С., Кислицина Н. М., Кубракова В. П., Новопольского В. И., Непомнящего Е. Ф., Петрова И. П., Полунгяна А. А., Пугина В. А., Путанкина К. С., Степанова В. В., Третьякова О. Б., Троицкого В. И., Трубникова В. М., Шалдыкина П. В., Яценко Н. Н., Glarka S. K., Schallama A. и др.

Выбору оптимальных параметров установки колес посвятили свои работы отечественные и зарубежные ученые: Антонов Д. А., Балабин И. В., Белоусов Б. Н., Бочаров Н. Ф., Виравов Р. В., Гинцбург Л. Л., Илларионов В. А., Колесников К. С., Кислицин Н. М., Кнороз В. И., Литвинов А. С., Певзнер Я. М., Петрушов В. А., Платонов В. Ф., Смирнов Г. А., Шалдыкин В. П., Kuralau N., Raseika H. и др.

На основе анализа представленных выше работ установлено:

1. Износостойкость протектора является важнейшей эксплуатационной характеристикой дорогостоящих автомобильных шин, которая определяет срок службы шин по износу.

2. Износ шин зависит от многих факторов, среди которых параметры установки колес являются весьма значимыми.

3. Изменение параметров установки колес из-за податливостей в шарнирах подвески при движении автомобиля зависит от силовых параметров в пятне контакта шины: продольной и боковой реакций и момента от их равнодействующей.

4. Влияние параметров установки колес на износ шин различно. Наибольшее влияние на общий износ шин оказывает сходжение колес. Развал колес мало влияет на общий износ, но вызывает неравномерный односторонний износ шины по его ширине.

5. Многочисленные теоретические и экспериментальные работы, посвященные проблеме снижения износа шин, касались в основном передних независимых подвесок автомобилей.

6. Практически не выявлены экспериментально-расчетные методы определения параметров установки колес и их влияния на износ шин в современной задней независимой подвеске легкового автомобиля.

Приведенные выводы позволили определить цель и задачи работы.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Разработать математическую модель качения колеса для расчета силовых параметров в пятне контакта шины с опорной поверхностью.

2. Разработать метод расчета параметров установки колес в задней независимой подвеске, учитывающий податливость резино-металлических шарниров.

3. Разработать методику расчета износа шины.

4. Создать и освоить специальное оборудование, разработать методическое обеспечение экспериментальных исследований.

5. Провести экспериментальные исследования в статике и динамике по определению параметров установки и качения колеса, установить их влияния на износ шин в стендовых и дорожных условиях.

6. Оценить достоверность теоретических методов расчета результатами экспериментальных исследований.

Во второй главе разработаны математическая модель качения колеса для расчета силовых параметров в пятне контакта шины, метод расчета параметров установки колес в задней независимой подвеске с учетом податливостей шарниров и на их основе разработана методика расчета износа шины, позволяющая находить рациональные углы установки колес, которые обеспечивают минимальный износ шин.

Математическая модель колеса базируется на работах А.Б. Дика и в отличие от исходного базового описания учитывает влияние угла развала колеса и позволяет рассчитать момент шины в плоскости контакта.

В качестве кинематических параметров, характеризующих режим работы колеса и определяющих его силовые показатели, используются величины продольного S_x и бокового S_y проскальзываний. Неустановившийся характер боковой деформации шины учитывается скоростью бокового смещения пятна контакта шины относительно диска колеса y_k (рис.1):

$$S_x = \cos \delta - w_k r_{kc} / V; \quad S_y = \sin \delta - y_k / V, \quad (1)$$

где δ - угол увода; w_k - угловая скорость колеса; r_{kc} - радиус качения колеса в свободном режиме; V - скорость центра колеса.

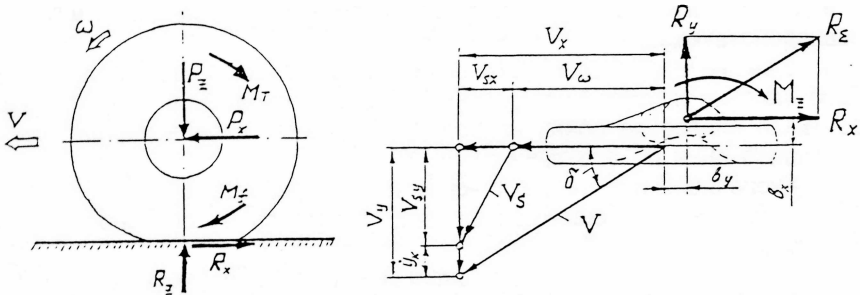


Рис. 1

С учетом преобразований продольная R_x и боковая R_y реакции определяются с помощью системы уравнений:

$$\begin{cases} \dot{S}_x = [(M_T + M_{rc}) / r_{kc} - R_x] r_{kc}^2 / (J_k V) - \dot{\delta}_p \sin \delta_p; \\ \dot{R}_y = C_y V [(\partial_3 S_x - R_y) / \partial_4 + \dot{\delta}_p \cos \delta_p]; \\ S_y = \sin \delta_p - R_y / (C_y V); \\ R_x = R_x(S_x; S_y); \\ \dot{R}_y = R_y(S_x; S_y); \end{cases} \quad (2)$$

где S_x и S_y - величины соответственно продольного и бокового проскальзываний; δ_p - результирующий угол увода; r_{kc} - радиус качения колеса в свободном режиме; C_y - коэффициент боковой жесткости шины; J_k - момент инерции колеса относительно оси его вращения; M_{rc} - момент сопротивления качению колеса в свободном режиме; M_T - тормозной момент; $R_x(S_x, S_y)$ и $R_y(S_x, S_y)$ - функциональные зависимости между продольной и боковой реакциями и соответствующими проскальзываниями колеса; $\partial_3 = \partial R_y / \partial S_x$; $\partial_4 = \partial R_y / \partial S_y$ - частные производные, определяемые численным

дифференцированием соответствующих зависимостей (принимаются постоянными на данном шаге интегрирования).

Колесо представлено как система с тормозным моментом M_r , углами увода от схождения δ и развала α на входе и продольной R_x и боковой R_y реакциями на выходе.

Момент шины M_z определяется из трех составляющих:

$$M_z = M_\alpha + M_y + M_x, \quad (3)$$

где M_α - момент от развала; M_y - момент от боковой реакции R_y ;

M_x - момент от продольной реакции R_x .

Модель позволяет рассчитать продольную и боковую реакции и момент шины в зависимости от углов увода и проскальзываний колеса.

Параметры установки колес при движении автомобиля постоянно изменяются и существенно отличаются от начальных статических значений. Эти изменения определяются кинематикой подвески и реализуемыми силами и моментами в пятне контакта шины.

Текущее значение любого параметра установки колеса при движении автомобиля в общем случае можно представить в виде:

$$X = \pm X_0 \pm X_{кл} = \pm X_0 \pm X_k \pm X_d \quad (4)$$

где X_0 - начальное значение параметра (неподвижный автомобиль); X_k - кинематическая составляющая изменения параметра, определяемая характеристиками направляющего аппарата подвески и изменением взаимного положения колеса и кузова автомобиля при перемещении подвески; X_d - динамическая составляющая изменения параметра, определяемая жесткостными характеристиками резинометаллических шарниров (сайлентблоков) подвески, силами и моментами, возникающими в контакте шины с дорогой; $X_{кл}$ - общее изменение параметра от кинематической и динамической составляющих.

Расчет параметров установки задних колес выполнен методами векторной алгебры. В данной работе рассмотрена независимая диагонально-рычажная (на косых рычагах) подвеска.

Расчет осуществляется в два этапа.

На первом этапе рассчитываются координаты точек в зависимости от вертикального перемещения рычага подвески без учета деформаций его шарниров и определяются кинематические составляющие изменений параметров установки колес (X_k).

Расчетная схема подвески на диагональных (косых) рычагах приведена на рис. 2.

Определяя положение оси вращения колеса $N_3 - N_4$ в пространстве (рис. 3.), с помощью координат точек N_3 и N_4 по трем осям вычисляем углы схождения (δ) и развала (α):

$$\begin{aligned} \delta &= \arctg [(|X_{N41} - X_{N31}|) / (|Y_{N41} - Y_{N31}|)]; \\ \alpha &= \arcsin [(|Z_{N41} - Z_{N31}|) / N_3 N_4]. \end{aligned} \quad (5)$$

На втором этапе определяются динамические изменения параметров установки колес (X_d) с учетом податливостей резинометаллических шарниров рычага подвески от действия сил и момента, возникающих в пятне контакта колеса.

Сначала реакции и момент шины, определяемые по математической мо-

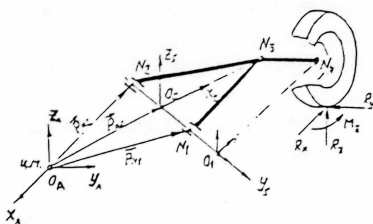


Рис. 2.

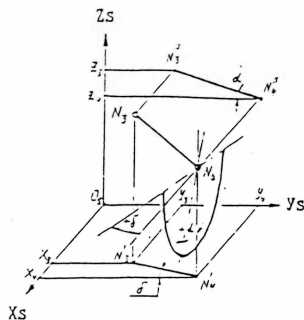


Рис. 3.

дели качения колеса, пересчитываются из пятна контакта в точку N_4 .

Податливые шарниры N_1 и N_2 заменяются эквивалентными пружинами.

Реактивные силы в шарнирах N_1 и N_2 определяются в вертикальной (рис. 4) и горизонтальной (рис. 5) плоскостях.

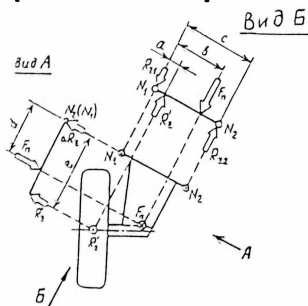


Рис. 4

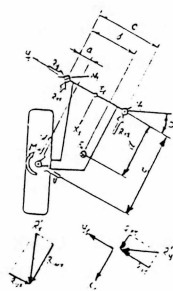


Рис. 5

По известным реактивным силам определяются смещения координат точек крепления шарниров рычага подвески и вновь проводится расчет углов установки колес по формулам (5).

При разработке методики расчета износа шины выявлены главные факторы, определяющие износ протектора шины и проанализированы аналитические зависимости и выражения для его определения.

Учеными НИИШПа установлено, что одной из важнейших характеристик шины, определяющей удельный износ (интенсивность износа) протектора, является изгибная жесткость брекера $[EI]$, с повышением которой работа трения в контакте и износ рисунка протектора снижаются. Автором исследована износостойкость легковых шин с различной изгибной жесткостью брекера на автомобиле малого класса на скоростной дороге НИЦИАМТ, результаты которой подтвердили их выводы (рис. 6, кривая $J = f([EI])$).

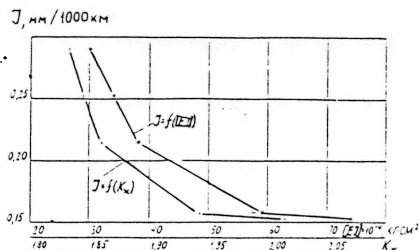


Рис. 6.

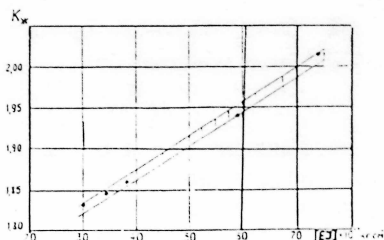


Рис. 7.

Впервые была установлена экспериментальная зависимость интенсивности износа шины от отношения радиальной жесткости шины к боковой ($K_x = C_z/C_y$) (рис. 6, кривая $J = f(K_x)$), которая также качественно отражает износ шин как и изгибная жесткость брекера $[EI]$, но при этом не требует определения большого количества теоретических и экспериментальных коэффициентов для ее расчета. Для исследованных шин установлена практически линейная зависимость между K_x и $[EI]$ (рис. 7).

Таким образом, впервые получен показатель сравнительной оценки износостойкости протектора шин, позволяющий прогнозировать ресурс по их жесткостным параметрам.

Используя принцип суперпозиции о независимости влияния параметров нагружения (P_z ; P_x ; P_y), эксплуатационных факторов (P_w ; V_a) и климатических условий (t -температура окружающего воздуха, определяющая состояние дорожного покрытия) на износ шины при $P_z = \text{const}$ и $P_w = \text{const}$, суммарный износ протектора шины составит:

$$I = (I_0 + \Delta I_x + \Delta I_y) K_v K_t \quad (6)$$

где I_0 - износ шины ведомого колеса при качении без увода при средне-эксплуатационных значениях температуры окружающей среды, скорости качения V_a , нормальной нагрузке P_z и начальном внутреннем давлении P_w ; ΔI_x и ΔI_y - приращение износа от действия продольной (тормозной) P_x и боковой P_y сил, соответственно; коэффициенты K_v и K_t учитывают влияние скорости качения и климатические условия и определяются экспериментальным путем.

Процесс формирования износа шин изобразим схемой (рис. 8):

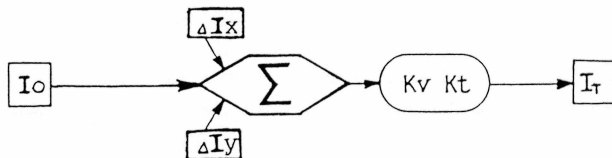


Рис. 8.

Методика расчета износа шин основана на двух аналитических зависимостях отечественных и зарубежных ученых, которые приняты априорно. На их базе получены выражения для расчета приращения износа шины от продольной и боковой сил.

Теоретически износ (I_T) может быть выражен в виде:

$$I_T = [I_0 + (a_x U_x P_x) / C_x r_k + a_y W_y \delta_r^2] K l] K_y K_t \quad (7)$$

где коэффициент $K = q Q / 2 \Pi r_k E$; r_k - радиус качения колеса; Q - путь, пройденный колесом; q - среднее давление в пятне контакта по выступам рисунка протектора; E - модуль упругости материала протектора; Π - число 3,1416; a_x и a_y - корректирующие коэффициенты для прямолинейного и криволинейного качения колеса; U_x - коэффициент сцепления шины в продольном направлении; W_y - удельный коэффициент сопротивления боковому уводу; l - длина пятна контакта; δ_r - результирующий угол увода.

Результирующий угол увода определяется выражением:

$$\delta_r = \pm \delta_0 \pm \Delta\delta \pm K_p \alpha_0 \pm K_p \Delta\alpha \pm K_T V^2 / R$$

Наименьший износ шины будет тогда, когда результирующий угол увода будет равен нулю. Поэтому рациональные начальные статические углы схождения и развала необходимо выбирать из условия:

$$\pm \delta_0 \pm K_p \alpha_0 = \pm \Delta\delta \pm K_p \Delta\alpha \pm K_T V^2 / R \quad (8)$$

где δ_0 ; α_0 - начальные статические углы схождения и развала соответственно; $\Delta\delta$; $\Delta\alpha$ - изменения углов схождения и развала при движении автомобиля; K_p - коэффициент учитывающий влияние развала колеса на величину боковой реакции; K_T - коэффициент ($K_T = 1/W_y g$); g - ускорение свободного падения; V - скорость движения на повороте; R - радиус поворота.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям по определению характеристик и параметров, используемых для расчета в математических моделях и обоснованию их адекватности.

Исследования проводились по разработанным автором методикам и включали в себя стендовые и дорожные исследования шин, подвески и автомобиля в целом.

Статические жесткостные показатели шин (радиусы колеса, нормальный прогиб шин, коэффициенты, характеризующие жесткостные и сцепные свойства, параметры пятна контакта) определялись на стенде.

Зависимости боковой силы и момента шины от углов увода по схождению (δ) и развалу (α) (рис. 9 на примере боковой силы, кривая 1) определялись на стенде с беговыми барабанами с помощью специально созданного средства измерения. Рабочая поверхность беговых барабанов стенда выполнена из деревянных (твердой породы) призматических блоков, обращенных к шине своими торцевыми частями, сцепные и теплофизические свойства которых близки к асфальто-бетонным покрытиям дорог.

Уводные характеристики шин в рабочем диапазоне нагружения (рис. 9, кривая 1) имеют качественное сходство с аналогичными расчетными характеристиками (кривая 2), но количественно отличаются в среднем на 25%. Это объясняется прежде всего искажениями на стенде формы пятна контакта шины из-за кривизны беговых барабанов.

Разработанная автором конструкция специального средства измерения

стенда-тестера позволила оценить влияние кривизны опорной поверхности бегового барабана стенда и силового характера нагружения шины на параметры качения колеса в стендовых и дорожных условиях, на основании чего впервые предложен метод определения уводных характеристик шин для реальной асфальтобетонной поверхности дороги путем пересчета результатов стендовых испытаний через коэффициент:

$$K = (r/R)^{2,5} P_{\text{в}}^{0,17} G_{\text{к}}^{0,12} \delta^{0,15} - 0,11 \text{ лг } 6\text{к} \quad (9)$$

где r - свободный радиус шины; R - радиус бегового барабана; δ - угол увода; $P_{\text{в}}$ - давление воздуха в шине; $G_{\text{к}}$ - нагрузка на колесо.

Отличие пересчитанных стендовых результатов для реальной дороги (зависимость 3) от теоретических кривых (зависимость 2) не превышает 8% (вместо 25%). Аналогичная погрешность расчета получена и для зависимости момента шины от угла увода.

Экспериментальные исследования влияния углов схождения и развала (рис.10) и отдельно продольных и боковых сил (рис.11) на износ шин при

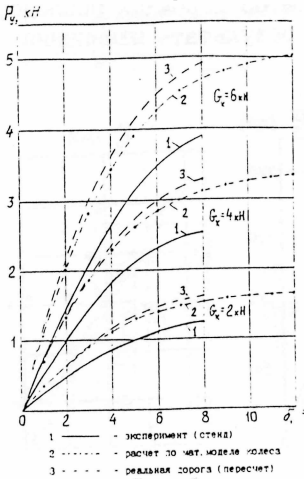


Рис. 9

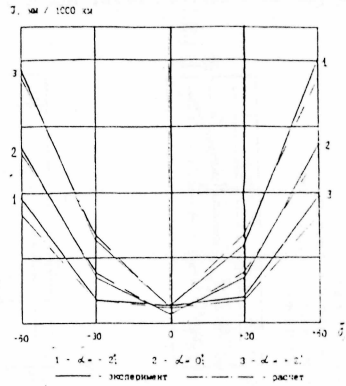
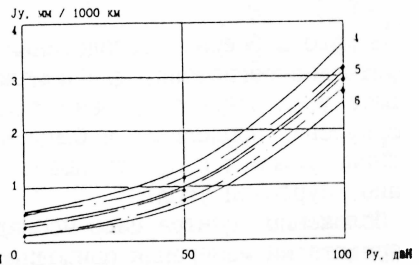
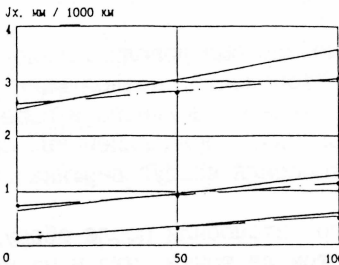


Рис. 10



1 - $P_y = 100$ даН; 2 - $P_y = 50$ даН; 3 - $P_y = 0$;
4 - $P_x = 100$ даН; 5 - $P_x = 50$ даН; 6 - $P_x = 0$.
— эксперимент — расчет

Рис. 11

различных их сочетаниях были также проведены на данной экспериментальной установке. Определение износа шин заключалось в измерении высоты рисунка протектора до и после заданного пробега. Результаты измерений высоты рисунка протектора по 72 точкам каждого замера осреднялись. В зону контакта шины с барабаном во время эксперимента подавался каолин для локализации продуктов износа и стабилизации температуры.

Определение характера и величины изменений углов схождения и развала колес от перемещений подвески на неподвижном автомобиле и в движении проводились в рамках комплексной работы с применением измерительного комплекса "Автоколиматор" (Германия) с последующей автоматизированной обработкой результатов.

Стендовые исследования автомобиля в статике позволили определить кинематические (X_K) составляющие изменений параметров установки задних колес (см. выражение 4) относительно кузова автомобиля при вертикальном (а), продольном (б) и поперечном (боковом) (в) нагружении подвески, необходимые для анализа результатов дорожных исследований. На рис. 12 в качестве примера представлены результаты изменения схождения левого колеса автомобиля АЗЛК-21426.

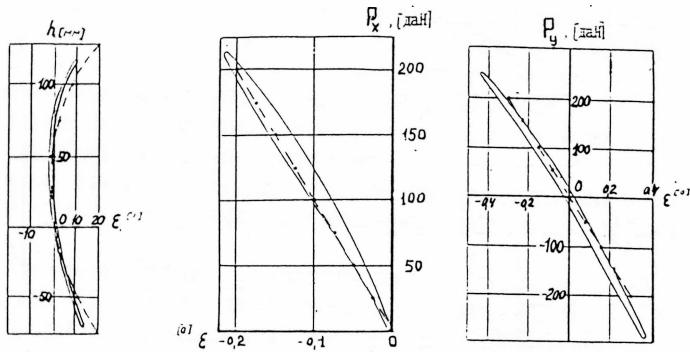


Рис. 12 (— — эксперимент; --- — расчет)

В ходе дорожных исследований автомобиль был дополнительно оснащен измерительно-регистрирующим комплексом "Корревит", позволяющим регистрировать угол поворота рулевого колеса, углы продольного и поперечного крена кузова, продольные и боковые ускорения, прямолинейную скорость движения, угловую скорость поворота автомобиля вокруг вертикальной оси в плане (курсовой угол).

Положение центра масс исследуемого автомобиля после оборудования его средствами измерения приводилось к той же точке, что и на необорудованном автомобиле при полной его массе.

Дорожные исследования включали в себя разгон, равномерное движение и торможение рабочими тормозами при прямолинейном и криволинейном движении автомобиля. На рис. 13 и 14 в качестве примера приведены ре-

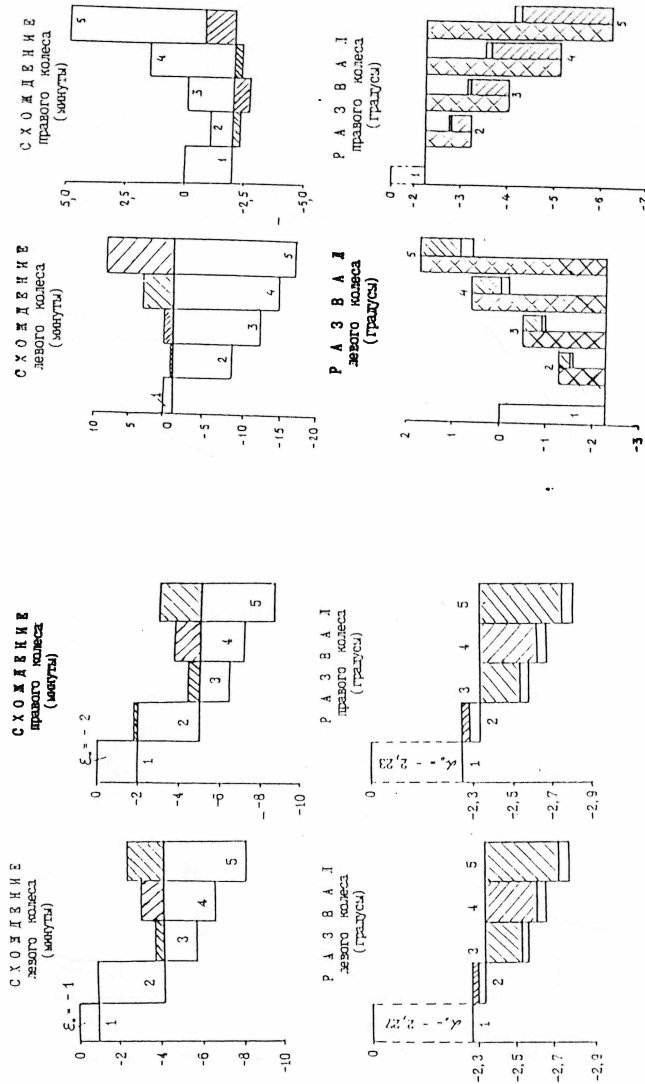


Рис. 14 Диаграмма изменения углов схождения и развала при криволинейном движении автомобиля

Рис. 13 Диаграмма изменения углов схождения и развала при разгоне автомобиля на прямой

1 - Начальное статическое значение параметра
2 - Изменение параметра при движении со скоростью 40 км/ч
3 - 5 - Изменение параметра при разгоне с ускорением 1, 0; 2, 1 и 3, 5 м/с соответственно
- Кинематическая составляющая изменения параметра
- Динамическая составляющая изменения параметра

зультаты изменения углов схождения и развала для автомобиля АЗЛК-21426.

Текущие значения параметров установки колес определялись по формуле (4) для прямолинейного движения (рис.13) и с учетом угла крена для криволинейного движения (рис.14).

Влияния температуры окружающей среды и скорости движения автомобиля на износ шин исследованы на четырех комплектах шин и проводились на скоростной дороге НИЦИАМТ на четырех автомобилях малого класса, с перестановкой шин по позициям колес и между автомобилями. По результатам износных испытаний шин были получены зависимости интенсивности износа (J) от температуры окружающего воздуха (t) и скорости движения автомобиля (V), на основании которых определены корректирующие коэффициенты (K_t и K_v) ресурса шины по ее износостойкости от соответствующих факторов (рис. 15 и 16).

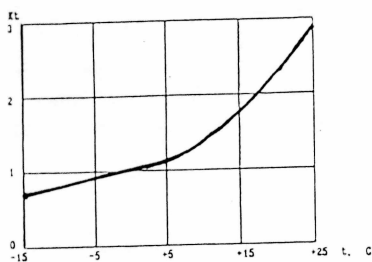


Рис. 15

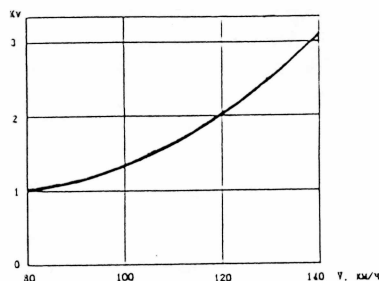


Рис. 16

Дорожные исследования по определению интенсивности износа шин (рис.17) и его неравномерности по ширине протектора (рис.18) задних колес проводились в условиях моделирования на дорогах полигона наиболее

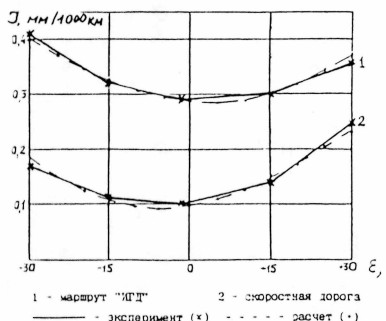


Рис. 17

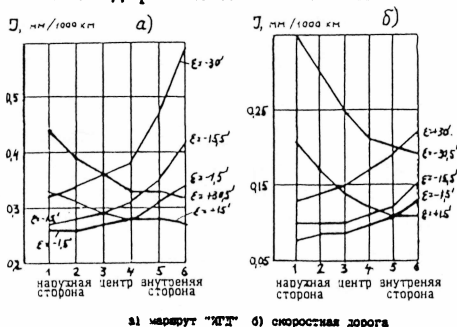


Рис. 18

типовых эксплуатационных режимов: движение по шоссе со средней скоростью 80 км/ч и движение в условиях города. Минимизация износа шин исследовалась путем изменения начальных статических углов схождения. Влияние температуры окружающего воздуха и скорости движения автомобиля

на износ шин учитывалось коэффициентами K_ξ и K_ψ .

В четвертой главе проведен сравнительный анализ результатов теоретических расчетов и экспериментальных исследований.

Анализ теоретических и экспериментальных стендовых исследований по углам установки колес (рис.12) показывают, что погрешность не превышает: по углам схождения 16%, а по углам развала 8%.

Результаты дорожных исследований (рис.19 на примере равномерного прямолинейного (а) и криволинейного (б) движения автомобиля АЗЛК-21426) по изменению углов схождения (ξ) и развала (ψ) колес качественно и количественно совпадают с теоретическими расчетами при моделировании на ПЭВМ. Погрешность не превышает по углам схождения 18%, а по углам развала 9%.

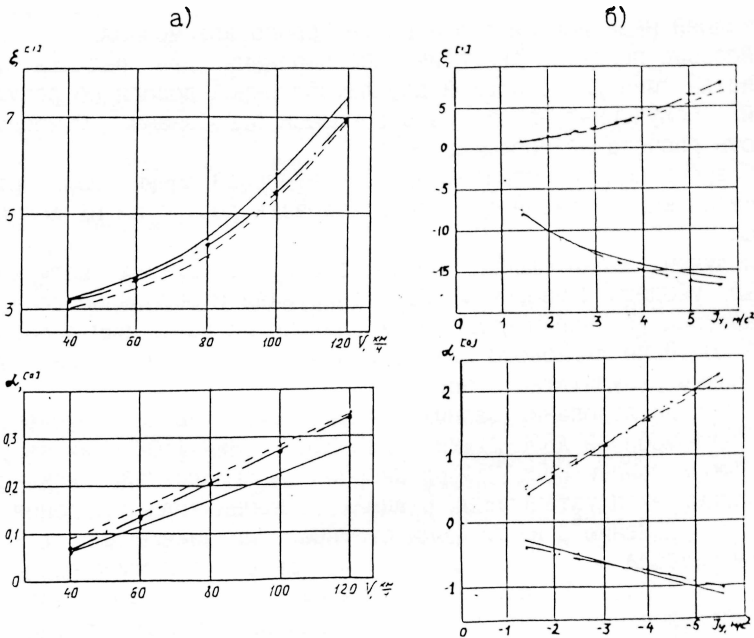


Рис. 19

— — — эксперимент — — — расчет
 — — — левое колесо — — — правое колесо

Результаты теоретического расчета износа шин хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований износа в стендовых (рис. 10 и 11) и дорожных (на автомобиле рис.17) условиях. Погрешность расчета не превышает 20%.

По результатам сравнительного анализа в модели расчета введены корректирующие коэффициенты.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Впервые выполнен полный комплекс теоретических и экспериментальных исследований влияния параметров установки колес на износ шин в задней независимой подвеске переднеприводного легкового автомобиля.

2. Разработана математическая модель качения колеса для расчета характеристик и параметров взаимодействия шины с опорной поверхностью, базирующаяся на общепринятых и общедоступных (в части их определения) оценочных показателях выходных характеристик шины.

3. Разработан метод расчета параметров установки колес в задней независимой подвеске легкового автомобиля, учитывающий податливость ее резино-металлических шарниров.

4. Разработана методика расчета износа шины и его неравномерности по ширине протектора, в зависимости от влияния параметров установки колес в задней независимой подвеске легкового автомобиля.

5. Впервые получено аналитическое выражение для расчета уводных характеристик шин для реальной асфальтобетонной дороги по результатам испытаний, полученных на стенде с беговыми барабанами. Относительная погрешность расчета не превышает $\pm 8\%$.

6. Впервые получен показатель сравнительной оценки износостойкости протектора шин, позволяющий прогнозировать ресурс по их жесткостным параметрам.

7. Получен значительный объем экспериментальных материалов по жесткостным, уводным и износным характеристикам и оценочным показателям шин; параметрам установки колес и их влиянию на износ шин в задней независимой подвеске легкового автомобиля в стендовых и дорожных условиях. К основным результатам относятся:

7.1. При исследовании задних независимых подвесок отечественных легковых автомобилей АЗЛК-21426, ГАЗ-3105, ЗИЛ-4102 и их зарубежных аналогов "Фольксваген-Поло" "Форд-Скорпио" и "Роллс-Ройс" установлено, что в основных эксплуатационных режимах движения углы схождения увеличиваются по сравнению с начальными статическими значениями от 4 до 13 раз. Углы развала мало зависят от режима движения и изменяются не более, чем в 1,5 раза. На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований создана база данных для прогнозирования рациональных углов установки колес с точки зрения износа шин и эксплуатационных качеств автомобиля.

7.2. Рациональными начальными параметрами установки колес в задней независимой подвеске для автомобиля АЗЛК-21426 в статике, обеспечивающими минимальный износ шин для магистрального и городского режимов движения являются углы развала в $-2,3$ градуса и соответственно углы схождения в -6 и $+5$ минут. При этом износ шин минимален в довольно узких диапазонах значений начальных статических углов схождения с допуском $\pm (5 - 7)$ минут. Полученные расчетные рациональные параметры установки колес подтверждены результатами дорожных износных иссле-

дований. Имеющиеся расхождения не превышают 20% и качественно коррелированы.

7.3. Корректирующие коэффициенты ресурса шины по ее износу, учитывающие влияние температуры окружающего воздуха и скорости движения автомобиля (повышение температуры с 0 до +25 °С увеличивает интенсивность износа шин в 2,9 раза, в то время как понижение температуры с 0 до -15 °С снижает интенсивность износа шин в 0,7 раза; повышение скорости движения с 80 до 140 км/ч увеличивает интенсивность износа шин в 3,1 раза).

8. Впервые разработано, освоено и внедрено в практику испытаний оригинальное оборудование для исследования процессов силового взаимодействия шины с опорной поверхностью, параметров установки колес и износа шин в стендовых и дорожных условиях, включающее в себя: стенд с резинокордными беговыми барабанами регулируемой жесткости (А.с. 1652865); средство измерения стенда-тестера (А.с. 1805313); динамометрическую ступицу; автоматизированный измерительный комплекс "Автоколлиматор" (погрешность измерения не более $\pm 0,84\%$); различные нагружающие, тарировочные и измерительные устройства и приспособления.

9. Разработаны и внедрены в технологию испытаний в автомобильной и шинной отраслях 9 нормативно-руководящих документов по определению жесткостных, уводных и износных показателей шин и параметров установки колес автомобиля в стендовых и дорожных условиях.

Результаты работы внедрены в Научно-исследовательском центре по испытаниям и доводке автотехники, на Московском шинном заводе и Московском автомобильном заводе имени И. А. Лихачева. Акты внедрения прилагаются.

Содержание диссертации отражено в 19 публикациях, основные из них:

1. А.с. 1652865 (СССР). Стенд для исследования колес с эластичными шинами /И.В. Балабин, В.Н. Задворнов, О.А. Мартынова //Б.И. -1991. -N 20.
2. А.с. 1805313 (СССР). Устройство для испытаний колес с эластичными шинами /И.В. Балабин, В.Н. Задворнов // Б.И. - 1993. - N 12.
3. Балабин И.В., Задворнов В.Н., Кнороз А.В. Комплексная оценка влияния основных силовых параметров на характеристику увода шин легковых автомобилей // Автомобильная промышленность. - 1984. - N4. - С.18-19.
4. Балабин И.В., Задворнов В.Н. Стенд для определения динамических характеристик шин //Автомобильная промышленность. - 1986. - N7.-С. 35.
5. Горячев П.Н., Задворнов В.Н. О влиянии жесткостных параметров шины на ее износ // Активная безопасность автотранспортных средств: Материалы ХХП конференции ассоциации автомобильных инженеров России. - Дмитров-7 (Моск. обл.), 1998. - С. 146-149.
6. Горячев П.Н., Задворнов В.Н. Влияние температуры окружающего воздуха и скорости движения автомобиля на изнашивание шин // Автомобильная промышленность. - 1999. - N 6. - С. 12-14.
7. Дик А.Б., Зобов В.П., Задворнов В.Н. Модель колеса для расчета различных режимов движения автомобиля // Полигонные испытания, иссле-

дования и совершенствование автомобилей. - М.: НАМИ, 1991. - С. 58-70.

8. Задворнов В.Н. Влияние кривизны опорной поверхности на упругие характеристики шин легковых автомобилей // Активная безопасность автотранспортных средств: Материалы XXII конференции ассоциации автомобильных инженеров России. - Дмитров-7 (Моск. обл.), 1998. - С. 150-155.

9. Задворнов В.Н., Шалдыкин В.П. Углы установки задних колес легкового автомобиля // Автомобильная промышленность. - 1999. - N 12. - С. 33-34.

10. Задворнов В.Н., Шалдыкин В.П. Влияние углов установки колес в задней независимой подвеске автомобиля на износ шин // Проблемы шин и резинокордных композитов: Материалы шестого Всероссийского симпозиума. - М., 1995. - С. 89-94.

11. Зобов В.П., Балабин И.В., Задворнов В.Н. Автоматизированные методы исследования автомобиля с применением магнитной записи и персональных компьютеров // Всесоюзная научно-техническая конференция, посвященная 50-летию Московского автомеханического института: Тез. докл. - М., 1989. - С. 73.

12. Мартемьянов И.В., Балабин И.В., Задворнов В.Н. Автоматизированный комплекс для определения углов установки колес // Автомобильная промышленность. - 1992. - N 11. - С. 28-31.

В. Задворнов

Подписано к печати 05.05.2000 г. Тираж 60 экз.
Объем 1 п.л. Бумага офисная. Формат 60 x 84 ¹/₁₆

ГУП "НИЦИАМТ". 141800 г. Дмитров-7, Моск. обл.