П451792

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

КОРЧАГИН ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

УМЕНЬШЕНИЕ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ ДИСКОВ КОЛЕС ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Специальность 05.05.03 – Автомобили и трактори

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

Москва 1986

Работа выполнена на кафедре "Колесные машины" Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища им. Н.Э.Баумана и в Управлении главного конструктора Волжского ордена Трудового Красного Знамени автомобильного завода имени 50-летия СССР.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Цыбин В.С.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Вафин Р.К.

кандидат технических наук Балабин И.В.

Ведущее предприятие – ЦКТБ колесного производства

Защита диссертации состоится "23" июня 1986 г. на заседании специализированного Совета К 053.15.10 "Транспортное машиностроение" МВТУ им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5, кафедра К-3.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направить по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени Н.Э.Баумана.

Авторе

Уч
специа
кандида

М451792

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986 - 1990 годы и на период до 2000 года" указывается на необходимость значительного снижения норм расхода важнейших видов металлопродукции, повышения коэффициентов их использования и сокращения общего удельного расхода металла.

Колесное производство является одним из наиболее крупных потребителей металлопродукции в автомобилестроении. 98 % всех колес, годовой выпуск которых составляет 30 млн. штук, изготавливаются из проката. Поэтому поиск резервов экономии металлопроката здесь особенно актуален. Это в полной мере относится к семейству серийных и перспективных моделей автомобилей Волжского автомобильного завода имени 50-летия СССР.

Снижение металлоемкости автомобильных колес даст возможность получить экономию не только в сфере производства, но и при эксплуатации.

Уменьшение массы колес позволяет повысить плавность хода автомобиля, уменьшает динамическую нагруженность подвески, улучшает динамические и экономические качества автомобиля.

Снижение массы колеса на I кг эквивалентно с точки зрения уменьшения расхода топлива снижению массы невращающихся частей автомобиля на I,2...I,3 кг.

Обоснование возможности и разработка эффективных мероприятий по уменьшению металлоемкости дисков колес легковых автомобилей является, таким образом, актуальной проблемой, имеющей большое народнохозяйственное значение.

Цель работы. Разработка конструкторско-технологических мероприятий, обеспечивающих уменьшение металлоемкости дисков колес легковых автомобилей.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

I. Определение напряженно-деформированного состояния дисков колес при действии на них основных силовых факторов.

2. Создание методики оценки напряженно-деформированного состояния диска колеса с использованием конечно-элементного подхода.

3. Определение нагруженности дисков колес в типичных условиях эксплуатации.

4. Разработка методики расчёта ресурса дисков колес.

5. Проведение стендовых и дорожных испытаний колес для опти-

М451792

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1451792
Корчагин П.А.Уменьшение ме

МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

мального по долговечности и прочности выбора материала, его толщины и конструктивных параметров дисков.

Объект исследования. Объектом исследования являются серийные и перспективные модели колес автомобилей ВАЗ.

Научная новизна. Разработаны две схемы силового нагружения для оценки НДС дисков колес методом конечных элементов, что позволит определять напряжения в существующих и вновь проектируемых конструкциях дисков.

Разработан метод прогнозирования ресурса с использованием экспериментальных нагрузочных режимов и кривых усталости натурных деталей, позволяющий определить возможность уменьшения металлоемкости конкретной конструкции диска колеса.

Получены математические модели зависимости долговечности дисков колес конкретных моделей от влияния конструктивных и технологических факторов и на их основе:

- определена минимально допустимая толщина применяемой заготовки, обеспечивающая уменьшение металлоемкости диска колеса без нарушения его прямого функционального назначения;
- определены оптимальные по долговечности размеры вентиляционных отверстий;
- разработаны рекомендации, направленные на уменьшение металлоемкости дисков колес.

Практическая ценность. Разработаны и внедрены практические рекомендации по уменьшению металлоемкости дисков колес за счет применения высокопрочных низколегированных сталей и конструктивных изменений.

Внедрена сталь 08ГСЮФ(Т) взамен стали 09Г2, что позволило получить экономию 193 тыс.рублей. За счет снижения уровня брака при штамповке уменьшен расход металлопроката на 528 тонн.

Внедрена конструкция диска уменьшенной металлоемкости из стали 08ГСЮФ(Т). Получен годовой экономический эффект 189 тыс. рублей, а экономия металлопроката составила 751 тонну.

Выданы рекомендации в производство по переводу дисков на изготовление из стали 08ГСЮФ(Т) меньшей толщины взамен стали 08кп, что позволит получить годовую экономию 1,6 млн. рублей и 709 тонн металлопроката.

Внедрена измененная конструкция диска колеса полноприводного автомобиля, обладающая большей прочностью, долговечностью и жест-

костью, чем предыдущая конструкция.

Результаты выполненных исследований использовались при проектировании диска колеса перспективной модели автомобиля особо малого класса. Введение отбортовки центрального отверстия и подбор оптимальных по долговечности размеров и формы вентиляционных отверстий позволили использовать для изготовления диска колеса этой модели сталь 08 ГСЮФ (Т) толщиной 2,6 мм.

Внедрена конструкция диска с увеличенным радиусным переходом с привалочной плоскости на кольцевое ребро жесткости, что повысило долговечность диска.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры "Колесные машины" МВТУ им. Н.Э.Баумана (Москва, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985 г.г.), научно-практических конференциях молодых специалистов Волжского автомобильного завода имени 50-летия СССР (Тольятти, 1982, 1983, 1985 г.г.), научно-технической конференции молодых ученых и специалистов автополигона НАМИ (Дмитров, 1984 г.), научно-технической конференции молодых специалистов Димитровградского автоагрегатного завода (Димитровград, 1985 г.), научно-технической конференции творческой молодежи автомобильного завода имени И.А.Лихачева (Москва, 1985 г.).

Разработанный автором с использованием результатов исследований по теме диссертации "Метод определения напряженно-деформированного состояния дисков колес" экспонировался в 1980 году на ВДНХ СССР и был отмечен дипломом, а автор удостоин звания лауреата Всесоюзного смотра НТТМ.

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 6 статей.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и приложения, содержит 120 страниц основного машинописного текста, 52 рисунка , 29 таблиц. Библиография содержит 159 источника, в том числе 55 иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Современные конструкции колес автомобилей должны быть не только долговечными и надежными, но и иметь меньший вес, что является важным с точки зрения экономии материалов и улучшения эксплуатационных

характеристик автомобилей. Реальная возможность уменьшения металлоемкости дисков колес появилась с созданием в последние годы нового класса сталей с благоприятным сочетанием прочности и штампуемости – так называемых двухфазных сталей. Значительный эффект в этом направлении может дать также применение низколегированных высокопрочных листовых сталей, обладающих хорошей штампуемостью.

При анализе накопленного опыта в области автомобильных колес были использованы материалы работ, опубликованных у нас в стране и за рубежом (США, Япония, ФРГ, Англия, Франция, Италия, ГДР, Польша). В нашей стране в области автомобильных колес известны работы И.В.Балабина, В.И.Кнороза, Н.А.Зуборева, В.А.Путина, В.В.Зорина (стальные колеса) и В.С.Цыбина, Л.Л.Гусева, А.И.Белова (пластмассовые колеса). В настоящее время 80 % колес легковых автомобилей изготавливаются из стали. По прогнозам специалистов в течение ближайших лет данный уровень в общем объеме производства колес сохранится. Аналитический обзор путей уменьшения массы колес свидетельствует о том, что этой проблеме сейчас уделяется серьезное внимание как в СССР, так и за рубежом. Однако в основном работы ведутся по колесам грузовых автомобилей. Колеса легковых автомобилей исследованы в этом направлении значительно меньше.

В настоящее время для автомобилей в основном применяются дисковые колеса, чему способствует общепризнанная тенденция перехода к бескамерным шинам. В нашей стране исследованию колес легковых автомобилей уделялось меньше внимания, чем исследованию колес грузовых автомобилей. Это объясняется тем, что массовое производство легковых автомобилей в нашей стране начато сравнительно недавно, в начале 70-х годов. До этого периода вопросы уменьшения металлоемкости колес легковых автомобилей, повышения их ресурса и надежности не стояли так остро.

Современное стальное дисковое колесо легкового автомобиля в большинстве случаев представляет собой неразборный узел, состоящий из обода и диска, соединенных электросваркой. Анализ работы по исследованию нагруженности колес показал, что влияние продольной реакции на напряженное состояние диска незначительно. Поэтому при расчётах учитывают действие только нормальной и боковой реакций. Развитие вычислительной техники дало возможность с середины 70-х годов использовать автоматизированные методы расчёта колес. Известны совместные исследования МАМИ, ЦКТБ колесного производства и автополигона НАМИ по созданию методик расчёта колес грузовых автомобилей. При-

менение в практике проектирования автоматизированных методов расчёта должно способствовать снижению массы колес и повышению их прочности.

Существует несколько путей уменьшения массы колеса: применение материалов с меньшей плотностью, например, пластмасс или легких сплавов, создание оптимальной по прочности и металлоемкости конструкции, а также применение высокопрочных сталей меньшей толщины. В данной работе в качестве основного было выбрано последнее направление и дополнительного - второе.

Диски колес автомобилей ВАЗ с посадочным диаметром обода 13", имея одинаковую конструкцию центральной части, различаются геометрическими параметрами кольцевого ребра жесткости (его высотой, удалением от оси колеса, углом подъема с привалочной плоскости, наличием или отсутствием радиусного перехода за ребром жесткости) и исполнением периферийной части диска (размерами, формой, числом и расположением вентиляционных отверстий, наличием или отсутствием радиальных ребер жесткости). Сравнение различных конструктивных вариантов дисков по уровню напряжений позволило определить влияние отдельных геометрических параметров на общую картину напряженно-деформированного состояния (НДС). Определение НДС дисков производилось с помощью метода хрупких покрытий и тензометрирования. При тензометрировании применялись тензорезисторы с базой I мм, большинство которых было наклеено вдоль меридиана диска и ориентировано на замер меридиональных напряжений.

Для определения суммарных напряжений в дисках были сопоставлены величины напряжений, обусловленные технологией изготовления, крепежом колеса и нагружением его основными силовыми факторами, возникающими в эксплуатации. Остаточные напряжения определены методом сверления отверстий с использованием хрупких покрытий. Результаты испытаний дисков колес автомобилей ВАЗ и автомобилей зарубежных фирм показали, что они имеют несколько характерных высоконагруженных зон: контактные площадки, вершина кольцевого ребра жесткости и радиусные переходы на это ребро. Максимальные растягивающие напряжения в этих зонах ориентированы в меридиональном направлении. На наружной и внутренней поверхности дисков в высоконагруженных зонах имеются остаточные снимающие напряжения (32...50 МПа), повышающие долговечность дисков. Затяжка крепежа создает в зонах радиусных переходов и на контактных площадках значительные (300...800 МПа) растягивающие напряжения, действующие в меридиональном направлении. При увеличении момента затяжки напряжения растут по линейному закону. Нагружение

диска колеса изгибающим моментом создает в характерных зонах напряжения изгиба, которые изменяются по линейному, дегрессивному или прогрессивному закону. Нарушение линейной зависимости наблюдается в зонах, испытывающих значительные напряжения от затяжки крепежа.

Испытания хрупкими покрытиями показали, что существенное влияние на уровень напряжений в периферийной зоне диска оказывают размеры, форма и место расположения вентиляционных отверстий. При квазистатической обкатке колеса под нагрузкой характер изменения напряжений в характерных зонах диска колеса - косинусоидальный.

Диск колеса имеет сложную пространственную форму, что практически исключает возможность применения традиционных методов расчёта на прочность. Только метод конечных элементов (МКЭ) при использовании быстродействующих вычислительных машин позволяет осуществить предварительный расчёт диска колеса с учетом требований по минимизации массы. Теоретическая оценка НДС дисков колес осуществлялась МКЭ. Расчёт производился с использованием пакета прикладных программ (ППП) "ЛИРА" Киевского научно-исследовательского института автоматизированных систем планирования и управления в строительстве (НИИАСС) и ППП "РИПАК" Куйбышевского авиационного института им. С.П.Королева (КуАИ). Расчётные схемы составлялись с учетом реального нагружения диска колеса в эксплуатации. Для расчёта по программе "РИПАК была принята кососимметричная схема нагружения. Изгибающий момент прикладывался в диаметральной плоскости диска через болтовые отверстия при жестком закреплении юбки в месте сварки с ободом колеса. Для создания трехмерной модели диска (рис.I) применялась сервисная программа "SAFE", позволяющая производить определение координат узлов на координатном планшете непосредственно с чертежа и контролировать правильность создаваемой структуры на дисплее. При определении структуры модели учитывались особенности конструкции диска колеса и предполагаемая концентрация напряжений в отдельных зонах. Это относится к размерам конечных элементов и их типу. Применялся изотропный, изгибный, четырехугольный элемент. Кривая распределения меридиональных напряжений по внешней поверхности диска в плоскости приложения изгибающего момента приведена на рис.2. Экспериментальные точки, полученные тензометрированием, подтверждают достоверность полученных результатов. Наибольшие напряжения наблюдаются на вершине кольцевого ребра (точка А) и на радиусном переходе от крепежного отверстия на кольцевое ребро (точка Б). При

стендовых испытаниях на усталость разрушение дисков колес данной конструкции происходит в этих зонах, что также подтверждает правильность расчёта.

Переход от кососимметричной расчётной схемы диска колеса к осесимметричной позволяет значительно уменьшить размер задачи. Это, в свою очередь, значительно уменьшает время счёта на ЭВМ, позволяет

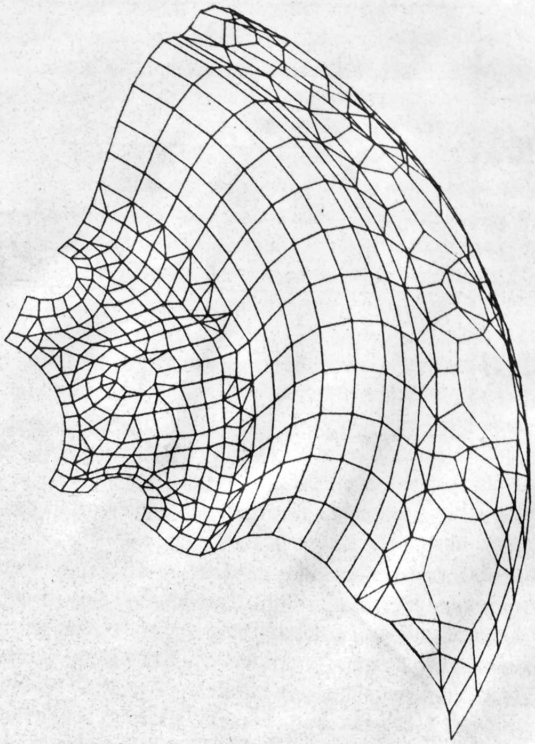


Рис.I Конечно-элементная модель диска

выполнить большое количество вариантов и, кроме того, значительно облегчает анализ результатов. При расчёте из диска выделялся узкий сектор, который разбивался на конечные элементы. В нашем случае весь диск делился на 29 секторов. Применялся прямоугольный оболо-

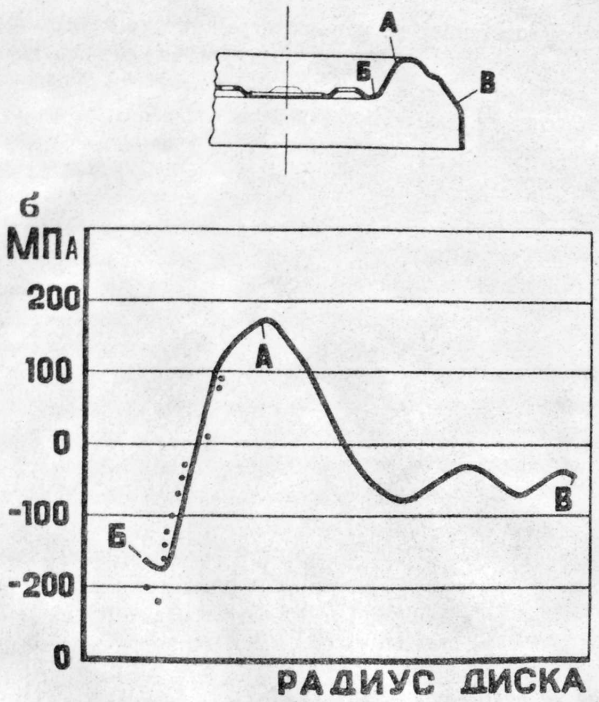


Рис.2 Результаты расчёта по кососимметричной схеме нагружения

чечный элемент. Число элементов составляло 50...80. Тензометрированием была определена осевая сила, эквивалентная величине изгибающего момента, приложенного в диаметральной плоскости диска при расчёте по кососимметричной схеме нагружения. По результатам расчёта построены эпюры напряжений вдоль меридиана диска. Увеличение высоты кольцевого ребра в 1,5 раза увеличивает изгибную жесткость дисков на 27...30 % и снижает уровень меридиональных напряжений в периферийной зоне дисков (точка В, рис.2). Введение в конструкцию диска буртика на центральном отверстии снижает уровень меридиональных напряжений на радиусном переходе (точка Б, рис.2).

Расчёт на долговечность дисков колес, приведенный в четвертой главе, основывается на линейной гипотезе суммирования усталостных

повреждений, которая позволяет по кривым усталости, полученным при стендовых испытаниях, оценить срок службы дисков в эксплуатации. Для оценки ресурса необходимо иметь данные о нагрузочном режиме, параметрах кривой усталости и выбрать вариант расчёта. Нагрузочные режимы были получены экспериментально с помощью тензометрических испытаний, которые проводились на полностью груженых автомобилях ВАЗ-2105 и ВАЗ-2108 при установке испытуемых колес на переднюю ось. Рассматривался лишь спектр амплитудных значений напряжений без учета напряжений от затяжки крепежа. Каждый оборот колеса соответствовал одному циклу изменения напряжений. Нагрузочные режимы определялись в величинах изгибающего момента, для чего исследуемые диски колес были предварительно протарированы на стенде при ступенчатом приложении изгибающего момента.

Для оценки эксплуатационной нагруженности дисков колес были выбраны три типичных дорожных участка длиной 150 м, движение по которым производилось с различной скоростью: асфальт, легкий булыжник, тяжелый булыжник. Нагруженность дисков в условиях поворота определялась на специальной трассе, отдельные участки которой имеют разную кривизну траектории. На основе результатов исследований фирм Leyland Cars, Dunlop и Timken составлено распределение пробега для определения обобщенного нагрузочного режима. Увеличение скорости прямолинейного движения и ухудшение качества дорожного покрытия приводит к росту нагруженности дисков колес, однако средний уровень нагруженности меняется незначительно. Доминирующее влияние на нагруженность диска оказывает боковая сила, возникающая при криволинейном движении. При движении на грани юза с боковым ускорением 0,7...0,8g нагруженность диска возрастает в 6...9 раз по сравнению с прямолинейным движением.

Для оценок ресурса применялась кривая усталости в виде:

$$M^m N = const \quad \text{или} \quad m \lg M + \lg N = const \,, \qquad (1)$$

где m – показатель степени, характеризующий наклон левой ветви кривой усталости; M – изгибающий момент; N – долговечность. Формула (I) выражает не функциональную, а корреляционную связь. Для выявления формы и тесноты корреляционной связи применены методы математической статистики. Выражение для семейства усталостных кривых с заданной вероятностью неразрушения имеет вид:

$$\lg N = r \frac{S_N}{S_M} (\lg M - \overline{\lg M}) + \overline{\lg N} + u_p S_{N_r} \,, \qquad (2)$$

где $\lg N$ – логарифм вероятного значения долговечности на уровне изгибающего момента M ; $\overline{\lg N}, \overline{\lg M}$ – среднеарифметические логарифмов долговечности и изгибающих моментов; r – коэффициент корреляции; S_N , S_M – основные отклонения логарифмов долговечности и изгибающих моментов; $m = r\frac{S_N}{S_M}$ – показатель наклона, коэффициент регрессии; u_p – квантиль нормального распределения, соответствующий определенной вероятности неразрушения, $S_{N_r} = S_N\sqrt{1-r^2}$ – основная ошибка корреляционного уравнения.

Расчёт ресурса выполнялся по выражению:

$$L_i = a_p \ell M_{-1}^m N_0 \Big/ \sum_{M_{min}}^{M_{max}} M_j^m n_j \quad , \qquad (3)$$

где i – номер участка дороги или режима движения; ℓ – длина мерного участка; $M_{-1}^m \cdot N_0$ – параметры кривой усталости (предел выносливости, базовое число циклов, показатель наклона); $\sum M_j^m n_j$ – сумма относительных долговечностей диска с учетом нижней границы повреждающих моментов, определенной для принятых вариантов расчёта; a_p – коэффициент.

Расчёт ресурса произведен по двум вариантам: $M_{min} = M_{-1}$, $a_p = 1$ и $M_{min} = M_{-1}$, a_p – определен с учетом спектра нагрузок по выражению (4).

$$a_p = \Big(\sum_{j=kM_{-1}}^{M_{max}} M_j t_j - kM_{-1}\Big) \Big/ (M_{max} - kM_{-1}) \quad , \qquad (4)$$

где $t_j = N_j \Big/ \sum_{kM_{-1}}^{M_{max}} N_j$ – относительное число действия амплитуд момента M_j в спектре нагрузок; N_j – число циклов с амплитудой M_j в спектре объемом $\sum N_j$ циклов; $k = 0{,}5 \ldots 0{,}6$.

Учет нагрузочных циклов с амплитудой меньшей предела выносливости привел к уменьшению расчётного ресурса дисков колес в 3...5 раз по сравнению с первым вариантом. При прямолинейном движении автомобиля ресурс дисков равен бесконечности, так как все нагрузочные режимы в этом случае находятся ниже предела выносливости. Расчётные значения ресурса по обоим вариантам линейной гипотезы суммирования повреждений, полученные с учетом спектра боковых нагрузок, значительно превышают пробег легкового автомобиля до капитального ремонта. Фактический ресурс в условиях эксплуатации более 300 тыс.км.

Оценка эффективности примененных мероприятий по повышению долговечности и уменьшению металлоемкости дисков колес производилась

по результатам стендовых и дорожных испытаний, приведенным в пятой главе. Для определения факторов, влияющих на долговечность, были испытаны диски нескольких конструктивных вариантов, выполненные из разных марок сталей.

С целью экономии металлопроката и уменьшения массы диска колеса исследована возможность замены холоднокатаной малоуглеродистой стали 08кп на горячекатаную низколегированную 09Г2 меньшей толщины. Долговечность дисков из стали 09Г2 вдвое больше, чем серийных из стали 08кп такой же толщины (3,5 мм). По результатам испытаний дисков из стали 09Г2 толщиной 2,76...2,96 мм получена математическая модель зависимости циклической долговечности от факторов: X_1 – момента затяжки крепежа; X_2 – исходной толщины заготовки; X_3 – чистоты обработки вентиляционных отверстий. После определения значимости коэффициентов при рассмотренных факторах получили модели вида:

$$y = 197{,}31 + 30{,}69 X_2 + 85{,}32 X_3 \qquad (5)$$

Из модели (5) видно, что долговечность диска колеса существенно зависит от толщины заготовки и чистоты обработки вентиляционных отверстий (наличия заусенцев). По модели вычислена минимально возможная толщина заготовки из стали 09Г2 диска данной конструкции. Наличие заусенцев на вентиляционных отверстиях уменьшает долговечность диска более, чем в 2 раза.

Исследована возможность повышения долговечности и уменьшения металлоемкости дисков колес за счёт изменения размеров, формы и места расположения вентиляционных отверстий. Для серийной модели диска из стали 09Г2 получена математическая модель зависимости долговечности от факторов: X_1 , X_2 – длина и ширина вентиляционного отверстия; X_3 – расстояние от оси колеса до ближнего края вентиляционного отверстия. Получив модель вида:

$$y = 306{,}25 - 48{,}75 X_1 + 10{,}75 X_2 + 11{,}75 X_3 \qquad (6)$$

или после исключения незначимых факторов

$$y = 306{,}25 - 48{,}75 X_1 \qquad (7)$$

и, осуществив движение по градиенту, определили оптимальные по долговечности размеры вентиляционных отверстий. Достигнуто увеличение долговечности в 1,6 раза по сравнению с серийным вариантом, что даёт значительный резерв для уменьшения металлоемкости диска.

Экспериментально подобраны форма, размеры и место расположения

вентиляционных отверстий у диска перспективного автомобиля особо малого класса, что повысило долговечность диска в 25 раз и позволило применить сталь 08ГСЮФ(Т) толщиной 2,6 мм.

Эксперименты подтвердили, что сопротивление усталости дисков существенно зависит от геометрических размеров кольцевого ребра жесткости - его высоты и удаления от центра диска: чем больше эти высота и удаление, тем больше долговечность диска (для колес размером 13 дюймов первый рекомендуется принимать равным 30...40 мм, второй - 100...105 мм). Наличие в периферийной части диска сильно развитых радиальных ребер жесткости ведет к повышению уровня напряжений в зоне перехода от привалочной плоскости к кольцевому ребру жесткости (точка Б, рис 2), что уменьшает долговечность диска. Расположение вентиляционных отверстий вблизи радиальных ребер жесткости также уменьшает долговечность диска.

Эффективность применения низколегированных высокопрочных сталей с целью уменьшения металлоемкости дисков зависит от их конструктивных особенностей, наличия концентраторов напряжений, степени деформационного упрочнения при штамповке. Выбор марок сталей для дисков производился по результатам стендовых испытаний. Испытано пять конструктивных вариантов дисков, изготовленных из десяти марок сталей: 08Ю, 08кп, 15кп, 09Г2, 09Г2 двухфазная, 10ЮА, 10Г2СФ, 08ГСЮФ(Т), STW-24, UST -1303. На первом этапе проводились стендовые испытания на усталость на одном уровне нагрузки. Критерий оценки - соотношение полученной долговечности и контрольного числа циклов, гарантирующего безотказную работу диска за весь срок эксплуатации автомобиля. На втором этапе проводились усталостные испытания на пяти уровнях нагрузки для определения наклона левой ветви кривой усталости и предела выносливости. Это является важным моментом, так как левые ветви кривых усталости дисков из низколегированных сталей имеют более крутой наклон, чем у дисков из малоуглеродистых сталей.Тем более, что основные эксплуатационные нагрузки находятся ниже или в зоне предела выносливости. Поэтому окончательный выбор марки стали производился только после определения предела выносливости исследуемого диска и сравнения его с пределом выносливости диска, имеющего достаточный ресурс в эксплуатации.

Для каждой конструкции диска рекомендовано по нескольку марок сталей, позволяющих уменьшить их металлоемкость. Максимального снижения массы всех исследованных дисков можно достичь в случае применения низколегированной стали 08ГСЮФ ($\sigma_в$ =540МПа, $\sigma_т$ =440МПа).

Диски колес уменьшенной металлоемкости из этой стали успешно выдержали стендовые и дорожные испытания. Определена минимально допустимая толщина дисков по трем критериям: циклической долговечности, жесткости при изгибе и статической прочности крепежных конусов. Достигнуто снижение массы двух конструктивных вариантов дисков на 0,2 кг и одного - на 0,4 кг.

Проведенные исследования показали, что применение высокопрочных низколегированных сталей взамен малоуглеродистых обычно приводит к перемещению зоны усталостного разрушения с центральной части дисков на вентиляционные отверстия. Сложная форма вентиляционных отверстий, в меньшей степени отражающаяся на долговечности дисков из малоуглеродистых сталей, приводит к относительному снижению долговечности дисков из низколегированных сталей (относительно максимально возможной долговечности этих дисков, выполненных без вентиляционных отверстий).

В таблице приведены результаты испытаний дисков с вентиляционными отверстиями сложной формы, изготовленных из малоуглеродистых и низколегированных сталей.

Таблица

Результаты усталостных испытаний

Марка стали	Механические свойства		Наличие вентиляционных отверстий	Долговечность, тыс. циклов	Место разрушения диска
	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа			
08Ю	310	210	+	80	центр.часть
08кп	320	230	+	80	-"-
08кп	320	230	-	80	-"-
09Г2	480	390	+	280	вентиляц.отв.
09Г2	480	390	-	640	центр.часть
08ГСЮФ	530	440	+	500	вентиляц.отв.
08ГСЮФ	530	440	-	1000	центр.часть

Долговечность дисков из малоуглеродистых сталей, выполненных с вентиляционными отверстиями и без них, одинакова. Поэтому для повышения долговечности дисков из низколегированных сталей рекомендуется отбортовка вентиляционных отверстий.

Предпочтение следует отдавать вентиляционным отверстиям круглой формы и не располагать их вблизи вершины кольцевого ребра жесткости, где в кольцевом направлении наблюдаются большие растягивающие напряжения. Для повышения долговечности центральной зоны диска служат развитые радиальные ребра жесткости с большим моментом сопротивления сечения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

I. Уменьшение металлоемкости стальных дисков колес легковых автомобилей возможно за счет создания оптимальной по долговечности и прочности конструкции, в частности, за счет подбора геометрических параметров кольцевого ребра жесткости (его высоты и удаления от центра диска), а также размеров, формы и места расположения вентиляционных отверстий, и, на основе этого, применения для изготовления дисков металла меньшей толщины. Второй путь - применение низколегированных сталей меньшей толщины с более высокими механическими свойствами, чем у ранее используемых малоуглеродистых сталей. Максимальный эффект достигается в случае одновременного использования обоих направлений.

2. Долговечность дисков колес, имеющих высокий уровень концентрации напряжений в зоне вентиляционных отверстий, может быть значительно увеличена за счет введения отбортовки на вентиляционных отверстиях или за счет подбора их формы, размеров и места расположения, что позволит, в свою очередь, применить металл меньшей толщины. Это направление наиболее эффективно для дисков колес из низколегированных сталей.

3. Из всех исследованных марок сталей наибольший эффект с точки зрения уменьшения металлоемкости дисков дает применение стали 08ГСЮФ(Т). Использование этой стали позволяет уменьшить толщину дисков на 0,2...0,4 мм без изменения их конструкции. Уменьшение толщины на 0,5...0,6 мм возможно в случае выполнения отбортовки центрального отверстия, служащей для повышения прочности конусов крепежных отверстий, и выполнения отбортовки на вентиляционных отверстиях, повышающих долговечность дисков.

4. Предложенная методика определения НДС дисков с использованием конечно-элементного подхода позволяет с достаточной точностью определить уровень напряжений в зависимости от действующей нагрузки. Меньших трудовых затрат и машинного времени требует расчет по осесимметричной схеме нагружения. Поэтому на первом этапе для выбора геометрических параметров кольцевого ребра жесткости можно использовать осесимметричную схему нагружения, а затем по кососимметричной схеме нагружения производить окончательное определение НДС диска с учетом вентиляционных отверстий и радиальных ребер жесткости.

5. Предложенная методика прогнозирования ресурса базируется на нагрузочном режиме, полученном экспериментально, усталостных кривых, определенных по результатам стендовых испытаний натурных деталей и линейной гипотезе суммирования повреждений. Расчетные значения ресурса, определенные по первому варианту линейной гипотезы суммирования повреждений, превышают пробег автомобиля до капитального ремонта в 6...I2 раз, а по второму варианту - в I,3...I,5 раза. Фактический ресурс дисков колес превышает пробег автомобиля до капитального ремонта более, чем в 2,5 раза.

6. Применение дисков колес уменьшенной металлоемкости создает экономию в сфере производства и эксплуатации. Достигнутая экономическая эффективность в сфере производства при переводе изготовления диска 2I05 на сталь 08ГСЮФ(Т) толщиной 3,I мм взамен стали 09Г2 толщиной 3,5 мм составила 382 тыс. рублей при сокращении расхода металлопроката на I273 тонны. Предполагаемая экономическая эффективность в сфере производства при переводе дисков колес, изготавливаемых из стали 08кп толщиной 3,3 мм, на сталь 08ГСЮФ(Т) толщиной 3,I мм составит I,6 млн. рублей при сокращении расхода металлопроката на 708 тонн.

Оборудование дисками колес уменьшенной металлоемкости на 0,2...0,4 кг семейства автомобилей ВАЗ-2I0I3, ВАЗ-2I05 и ВАЗ-2I07 приведет к экономии топлива более 300 тонн в год.

7. Результаты работы по уменьшению металлоемкости дисков колес внедрены на семействе автомобилей ВАЗ-2I05 и ВАЗ-2I07, что позволило уменьшить массу каждого колеса на 0,4 кг, а автомобиля в целом - на 2 кг.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы на других автомобильных заводах страны при проектировании и доводке дисков колес легковых автомобилей.

По материалам диссертации опубликованы работы:

I. Корчагин П.А. Оборудование для испытания дисков колес легковых автомобилей // Оборудование для испытания деталей и узлов в автомобилестроении: Каталог / Филиал НИИНавтопром. - Тольятти, - 1984. - С.49.

2. Пути уменьшения металлоемкости дисков колес легковых автомобилей /Р.М.Гудкова, В.И.Даценко, П.А.Корчагин, В.И.Смирнов, Г.С.Тарасов, В.И.Фалкон // Автомобильная промышленность. - 1984. - № I. - С.20-22.

3. Корчагин П.А. Диски колес уменьшенной металлоемкости // Автомобильная промышленность. - 1985. - № 2.-С.10-12.

4. Корчагин П.А., Москвин А.М., Фасахов И.Ф. Расчёт дисков колес методом конечных элементов // Экспресс - информация. Автомобилестроение. Отечественный производственный опыт / Филиал НИИНавтопром. - Тольятти. - 1985. - № 5. - С.14-18.

5. Корчагин П.А. Применение хрупких покрытий при создании опытных дисков колес и периодическом контроле долговечности серийных // Экспресс - информация. Автомобилестроение. Отечественный производственный опыт /Филиал НИИНавтопром. - Тольятти. - 1985. - № 5. - С.18-21.

6. Диски колес из низколегированных сталей / П.А.Корчагин, В.И.Фалкон, Г.А.Чугунов, Ю.А.Урусов // Автомобильная промышленность. - 1986. № 2. - С.20.

Л-89467 под. печ. 19.05.86 г. зак. № 663

16 Объём I п.л. Тираж 100 экз. Ротапринт МВТУ.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА