

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Логинова Евгения Михайловича** на тему **«Разработка комплексного метода расчетной оценки прочности и надежности колес автотранспортных средств»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины»

Актуальность выбранной темы

Современный автомобиль представляет собой сложный технический объект, состоящий из десятков механических, гидравлических, пневматических, электрических систем и их комбинаций, размещенных в очень ограниченном объеме. Требования, предъявляемые к современному и перспективному автомобилю, носят достаточно противоречивый характер: при максимальной удельной мощности и высокой скорости современный автомобиль должен быть экологичным, энергоэффективным и максимально безопасным.

С целью повышения безопасности автомобиля в настоящее время при его разработке и производстве проводится целый комплекс мероприятий, направленных на повышение его активной и пассивной безопасности. При этом одним из основных узлов автомобиля, определяющим безопасность его движения, является колесный движитель. При разрушении или повреждении в процессе движения автомобиля компонентов колесного движителя (колеса или пневматической шины) вероятность потери подвижности автомобиля, потери устойчивости движения автомобиля и вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия резко возрастают.

В связи с этим актуальность вопроса разработки и производства максимально прочных, надежных и, соответственно, безопасных колес, как узлов, которые определяют общую безопасность движения автомобиля не вызывает сомнения.

Появление литых колес сложной геометрической формы, новых конструкций колес сборных моделей, применение новых материалов, повышение нагруженности, связанное с увеличением скоростей и масс автомобиля, требуют разработки нового подхода к анализу прочности и надежности колес.

Современное развитие систем автоматизированного проектирования и вычислительной техники привело к интенсивному развитию метода конечных элементов (МКЭ) и его применению в решении задач анализа прочности конструкций, в том числе, автомобиля и вообще транспортных средств (ТС).

Очевидно, что для проектирования наиболее рациональных конструкций современных колес необходимо обладать максимально эффективным методом, позволяющим за счет привлечения наиболее передовых современных подходов, систем автоматизированного проектирования и МКЭ, получить искомый конструктивный облик изделия при минимальных трудозатратах и в максимально короткий временной срок.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы применением современных широко апробированных в различных сферах промышленности универсальных многоцелевых расчетных комплексов МКЭ с тщательным сопоставлением полученных расчетных данных с результатами экспериментальных исследований, проведенных на стендах в условиях нормативных испытаний на усталость и удар. Выводы и рекомендации сформулированы с учетом известных положений механики деформируемого твердого тела, теории механических колебаний и основаны на ранее выполненных исследованиях по прочности колес ТС.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Достоверность исследования подтверждена сопоставлением данных расчетов с результатами экспериментов. Основные выводы обсуждались в ходе

докладов на различных национальных и международных конференциях, в работе сформулированы новые обоснованные рекомендации как по методикам расчетного анализа, так и по проведению сертификационных испытаний.

Научная новизна заключается в разработке методик, формирующих в совокупности комплексный метод оценки прочности и надежности основных типовых конструкций современных колес. Среди основных пунктов новизны следует выделить:

1. Методику создания адекватных, экспериментально апробированных конечно-элементных моделей конструкций автомобильных колес сложной геометрической формы для расчета на ударные нагрузки и сформулированные требования к качеству конечных элементов; алгоритм создания сеток конечных элементов для конкретного использования при создании экономных расчетных схем колес при нагружении в условиях нормативных испытаний.

2. Методику расчетного анализа НДС литого алюминиевого колеса с использованием аппарата нелинейной динамики на основе конечно-элементной расчетной схемы при моделировании колеса в системе ударного стенда под действием ударных нагрузок.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Решение задачи комплексной оценки прочности колеса с применением современных систем виртуального моделирования позволит сократить количество промежуточных испытаний и ускорить процесс доводки конструкции. По результатам проведенного исследования становится возможным реализовать систему виртуального эксперимента на этапе проектирования колес. Сформулированный процесс создания конечно-элементных моделей конструкций литых колес сложной геометрической формы позволяет создавать рациональные расчетные модели, обеспечивающие возможность выполнять сложные высоконелинейные динамические расчеты на прочность в различных программных комплексах конечно-элементного анализа.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Использование результатов и выводов работы возможно на предприятиях-изготовителях колес ТС, при сравнительном анализе прочности различных конструкций в условиях сертификационных испытаний, в анализе причин возникновения дефектов в колесах и учебном процессе учреждений высшего образования. В производственных процессах результаты исследования рекомендуется использовать на стадии доводки с момента получения первой твердотельной модели колеса до передачи окончательной версии конструкции для создания необходимых технологических форм и операций. Результат исследования рекомендуется использовать с целью снижения количества испытаний промежуточных версий конструкций с организацией итоговых сертификационных испытаний только для окончательного варианта колес.

Содержание диссертации и ее завершенность

Диссертационная работа общим объемом 134 страницы состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы в количестве 115 наименований отечественных и зарубежных источников и 1 приложения. Приведено 4 акта внедрения результатов исследования. Тема исследования, основные результаты и выводы по работе полностью соответствует ее содержанию. Область исследования соответствует паспорту научной специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины». Диссертация является самостоятельным завершенным исследованием с логичной структурой, грамотным изложением научно-техническим языком и достаточной степенью иллюстративности. В тексте работы имеются незначительные опечатки и синтаксические неточности, но в целом работу можно считать оформленной достаточно аккуратно и соответствующей всем предъявляемым требованиям.

Результаты исследования изложены в 11 статьях, из которых 4 опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Автореферат в целом отражает содержание диссертации. В автореферате отсутствует схема

процесса расчетного исследования колес, приведенного в Приложении 1 диссертации, которая дает хорошее представление о разработанном комплексном методе.

Во введении обоснована актуальные проблемы оценки прочности колес наземных ТС, формулируются цели и задачи исследования. Изложена научная новизна работы и положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен анализ существующих конструкций колес ТС, рассмотрены основные нагрузки, применяемые материалы, технологии изготовления и стандартные методы испытаний, регламентирующие прочность и долговечность колес ТС. Выполнен детальный анализ существующих работ отечественных и зарубежных ученых, научных школ и производственных предприятий. Среди зарубежных работ ключевое внимание уделено работам, выполненным в США и ФРГ. Обоснован выбор типовых конструкций колес (литого алюминиевого и сборного стального) для последующего анализа.

Во второй главе представлена разработанная методика создания расчетных схем колес (конечно-элементных моделей). Рассмотрены типы конечных элементов, применяемых в настоящее время для расчета колес.

Впервые структурированы и четко сформулированы количественные критерии качества конечных элементов, применяемых для расчета колес сложной геометрической формы. Предложена наглядная форма оценки качества конечно-элементных моделей с помощью диаграмм плотности распределения конечных элементов модели по значениям критериев качества.

Методика создания конечно-элементных моделей колес приводится в виде процесса, состоящего из 4 обоснованных шагов. Для каждого шага приводится подробное описание, сопровождаемое техникой выполнения. Ключевое внимание уделено шагу планирования как основному потенциалу для экономии трудозатрат и времени на создание конечно-элементной модели для расчета на удар. Опытным путем получены ценные рекомендации по соотношению размеров конечных элементов соударяющихся пар (колеса и

ударника), позволяющие в дальнейшем последователям существенно сократить время подготовки подобных конечно-элементных моделей.

Приводимое в главе утверждение, что современные конечно-элементные комплексы имеют возможность предоставлять автоматический вариант получения конечно-элементной сетки только с использованием тетраэдральных элементов неверно. Например, программный комплекс ANSYS позволяет построить гексагональные конечно-элементные сетки на достаточно сложных геометрических моделях. Однако дальнейшая корректировка полученной конечно-элементной модели с целью улучшения ее качества может занять значительное время. Приводимые автором приемы по построению конечно-элементных моделей колеса будут полезны и для случая корректировки автоматической гексагональной конечно-элементной сетки.

Основным достоинством главы является обоснованная формулировка рекомендаций по построению конечно-элементных моделей колес сложной геометрической формы и сформулированные и структурированные количественные критерии качества элементов.

В третьей главе изложена, входящая в общий комплексный метод, методика оценки усталостной прочности и долговечности колес. Решение задачи выполнено МКЭ с применением расчетного комплекса MSC.Fatigue, а также с помощью аппроксимирующего расчета с использованием формулы С.С. Мэнсона. По результатам расчета для рассматриваемого образца штампованного колеса сборной конструкции полученные значения долговечности конструкции коррелируют с результатами эксперимента. Место возникновения усталостной трещины в испытанных партиях колес совпадает с выявленной зоной максимальных эквивалентных напряжений. Исследование свойств материала для дальнейшего использования в расчетах выполнялось путем испытания на вибростенде специальных образцов-темплетов, вырезанных из колеса. Оценка усталостной прочности выполнена для трех возможных вариантов технологической сборки. Расчет конструкции литого алюминиевого колеса выполнялся для доработанной версии, которая успешно

прошла сертификационные испытания на усталость при изгибе с вращением. Формулировка последовательности расчета усталостной прочности и долговечности колес с учетом современных подходов расчетного анализа и экспериментальных оценок является важным положительным результатом работы. По исследованию стального сборного колеса тракторного ТС даны практически важные рекомендации по рациональному выбору натяга при сборке обода колеса с дисковой частью.

В четвертой главе приводится методика численного моделирования НДС литого алюминиевого колеса при ударе. Сформулирован порядок моделирования элементов испытательного стенда и закрепления на нем колеса, рассмотрен вопрос учета трения между элементами сборки колеса со стендом. Разработанная расчетная схема фактически позволяет рассматривать предложенную методику как виртуальный эксперимент. Обоснован выбор условия упрочнения Купера-Саймондса для учета влияния скорости деформации на характеристики диаграммы деформирования. В главе недостаточно подробно изложен алгоритм вычислений в расчетном конечно-элементном комплексе LS-Dyna. При сравнении результатов динамического расчета на удар по колесу с расчетными значениями деформаций в статической постановке для двух случаев приложения ударной нагрузки определен средний коэффициент динамичности, который ранее оценивался только экспериментальным путем. Даны рекомендации по его использованию для приближенного анализа динамической прочности колеса на этапе проектирования. Впервые расчетным и экспериментальным способом исследованы волновые процессы в конструкции колеса при ударе.

В основных результатах и выводах по работе приведены основные научные и практические результаты представленной диссертации, приведены рекомендации по использованию методик, входящих в состав комплексного метода расчетной оценки прочности колес ТС, практические рекомендации по технологии сборки стальных сборных колес, исследовано динамическое поведение конструкции литого алюминиевого колеса при ударе, даны

рекомендации по внесению уточнений в нормативные документы по колесам ТС.

В приложении сформулирован процесс исследования прочности автотракторных колес и приведены акты внедрения результатов диссертационного исследования.

Недостатки в содержании и оформлении диссертации

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Несмотря на то, что предлагаемый метод позиционируется как «комплексный», он не рассматривает моделирование всех возможных критических случаев нагружения автомобильного колеса, нагрузочные режимы выбираются и моделируются исходя исключительно из требований сертификационных испытаний. Не рассматривается вопрос моделирования и приложения к узлам конечно-элементной модели колеса нагрузок, действующих со стороны пневматической шины.

2. Предлагаемый комплексный метод не рассматривает вопросы расчетной оценки прочности и надежности разборных колес с увеличенной съемной закраиной, применяемых совместно с внутренней дополнительной опорой или системой Runflat. В таких конструкциях напряжения, возникающие в местах соединения закраины с ободом, имеют значительную величину, что требует от разработчика проведения дополнительных конструктивных мероприятий, рекомендации по которым в работе отсутствуют.

Общее заключение по работе

Диссертационная работа представляет собой законченную научную квалификационную работу, выполненную лично соискателем, в которой решена научная задача по повышению прочности и надежности колес автотранспортных средств. Результаты работы опубликованы, внедрены, обладают научной новизной и практической значимостью.

Диссертация соответствует выбранной специальности и требованиям «Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени

кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук». Автореферат отражает содержание диссертации.

За разработку комплексного метода расчетной оценки прочности и надежности колес автотранспортных средств Логинов Евгений Михайлович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Официальный оппонент –
кандидат технических наук (05.05.03),
доцент кафедры СМ-10 «Колесные
машины» ФГБОУ ВО «Московский
государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)».
105005, г. Москва,
2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1,
тел.: +7 (499) 263-61-40,
e-mail: kartashov@bmstu.ru

10 июля 2017г.

Карташов Александр Борисович



Подпись завершено

ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОМ
НАЗАРОВА О. В.
ТЕЛ. 8-499-263-60-48