

О Т З Ы В

официального оппонента Годжаева Захида Адыгезаловича
на диссертацию Кулагина Виктора Александровича
«Разработка основ метода определения ресурса несущих элементов
ходовой части автомобиля на базе технологий виртуального и
полунатурного эксперимента», представленной на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 –
«Колёсные и гусеничные машины»

1. Актуальность темы исследования

Обеспечение требуемого ресурса автомобиля, его узлов, агрегатов и компонентов является задачей, решение которой осложняется изменением процесса разработки новой автомобильной техники в связи с необходимостью более эффективного использования ресурсов автопроизводителей в рамках ускоренного процесса проектирования автомобилей. Вследствие этого становится невозможным проведение полноценных ресурсных испытаний на автомобилях в принятом объёме. По этой причине решение данной задачи начинается на более ранних этапах проектирования.

На сегодняшний день существует достаточно богатый инструментарий для решения данной задачи средствами математического и имитационного моделирования, а также в лабораторных условиях с помощью комплексного испытательного оборудования. При этом каждый автопроизводитель или КБ определяют методы использования данных технологий для определения долговечности самостоятельно.

Отечественная автомобильная наука обладает высоким уровнем развития тематики определения ресурса и долговечности продукции автомобилестроения. Так, главными представителями данной области являются Р.В. Кугель, С.В. Серенсен, Н.Н. Яценко и другие учёные. Положения, разработанные учёными, актуальны и на сегодняшний день, но их применение может быть усилено посредством использования современных технологий виртуальных и полунатурных экспериментов.

Таким образом, выбранная Кулагиным В.А. тема исследования «Разработка основ метода определения ресурса несущих элементов ходовой части автомобиля на базе технологий виртуального и полунатурного эксперимента» является актуальной.

2. Научная новизна положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором на защиту выносятся основные результаты и выводы, а также положения научной новизны и практической значимости диссертационного исследования. Научная новизна диссертационного исследования заключается:

- в методике масштабирования временных историй колёсных и трансмиссионных нагрузок, новизна которой заключается в разработанном комплексе оригинальных формул;

- в методике подготовки комплекса многозвенных математических моделей, новизна которой заключается в выборе математического описания элементов ходовой части автомобиля, что позволяет исследовать динамическую нагруженность аналогично полунатурным испытаниям;

- в методике валидации математической модели для исследования динамической нагруженности несущих элементов ходовой части, новизна которой заключается в выборе количественного и качественного критериев сходимости временных историй нагрузок и относительных деформаций.

3. Значимость результатов работы для науки и производства

Результаты, полученные автором, расширяют научное знание в области определения ресурса и долговечности компонентов ходовой части автомобиля и позволяют решать прикладные задачи по совершенствованию легковых автомобилей категорий М1 и М1С.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:

- разработан комплекс многозвенных математических моделей для динамического моделирования колёсных нагрузок в цикле форсированных испытаний подвески автомобиля, включающий в себя модели объекта исследования и модель испытательного стенда, подкрепляемый инструкцией к использованию;

- отработан метод формирования форсированного цикла нагружения подвески для полунатурных испытаний для автомобилей категорий М1 и М1С;

- результаты формирования базового цикла нагружения в виде накопленных значений псевдоповреждений по каналам колесных нагрузок могут использоваться как ссылочные при составлении программ форсированных испытаний несущих элементов ходовой части автомобилей-аналогов, схожих по массогабаритным параметрам с исследованным;

- разработан синтетический цикл нагружения ходовой части автомобиля категории М1 с использованием методики масштабирования колёсных и трансмиссионных нагрузок;

- проведены полунатурные ресурсные испытания модулей передней и задней подвесок автомобиля с использованием комплексной испытательной установки в полном объёме, результаты которых подтверждают эффективность применяемого комплекса методик для вновь проектируемых автомобилей;

- разработаны инструкции по применению масштабирования нагрузочного цикла, а также по разработке математических многозвенных моделей и проведению виртуальных испытаний на динамическую нагруженность.

4. Обоснованность и достоверность результатов работы

Достоверность научных результатов работы подтверждается корректностью постановки задач. При решении поставленных задач эффективно используются методы математического моделирования многозвенных механических систем на ЭВМ, результаты математического моделирования и экспериментальных исследований.

Выводы и рекомендации, представленные в диссертации, обоснованы и подтверждены сопоставлением результатов расчёта с данными экспериментальных исследований.

5. Структура и содержание работы

Диссертация Кулагина В.А. состоит из введения, 6 глав основного текста, общих выводов и рекомендаций, заключения, списка использованных источников из 75 наименований и приложений. Работа содержит 213 страниц машинописного текста, включая 100 рисунков и 36 таблиц. Соискателем сформулированы выводы после каждой из шести глав, в заключении представлены результаты всей работы.

Во введении раскрыта проблематика и обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задача работы, а также отражены положения научной новизны, выносимые на защиту, и практическая ценность полученных результатов.

В главе 1 «Анализ известных методов определения ресурса несущих элементов ходовой части автомобиля, постановка цели и задач исследования» проведён анализ состояния проблемы, выполненный на основе обзора отечественных и зарубежных литературных источников, в которых приводятся методы теоретического и практического определения ресурса

компонентов ходовой части автомобиля. Обоснована целесообразность разработки метода определения ресурса компонентов ходовой части автомобиля на этапе технического проектирования при совместном использовании методов математического моделирования на ЭВМ и лабораторной испытательной базы. Выполненные в первой главе исследования позволили сформулировать задачи, направленные на достижение цели работы, решению которых посвящены остальные главы диссертации.

В главе 2 «Разработка нагрузочного цикла для форсированных ресурсных испытаний несущих элементов ходовой части автомобиля» выполняется разработка нагрузочного цикла для виртуальных и полунатурных ресурсных испытаний несущих элементов ходовой части проектируемого автомобиля. Данный процесс включает в себя определение базового нагрузочного цикла, разработку и применение методики масштабирования колёсных и трансмиссионных нагрузок. Основу базового нагрузочного цикла составляют результаты определения колёсных и трансмиссионных нагрузок т.н. «базового» автомобиля, полученные в ходе выполнения манёвров, входящих в программу полигонных форсированных ресурсных испытаний легковых автомобилей. Для использования с проектируемым автомобилем базовый цикл подвергается масштабированию согласно разработанной автором методике. Данная методика основана на известных положениях теории автомобиля, в частности, тягового и динамического балансов, а также определения реакций на колёсах в статическом и квазистатическом состоянии. Методика предполагает ряд допущений, которые ограничивают её применение этапом технического проектирования автомобиля. Результатом применения методики является синтетический нагрузочный цикл, соответствующий проектируемому автомобилю и применимый в ходе виртуальных и полунатурных ресурсных испытаний.

В главе 3 «Разработка комплекса математических моделей для определения динамической нагруженности несущих элементов ходовой части автомобиля путём виртуальных испытаний» автор обосновывает концепцию двухэтапной разработки и валидации многозвенных математических моделей, направленных на анализ динамической нагруженности звеньев механической системы. Далее, следуя данной концепции, автор ведёт первый этап разработки и валидации математических моделей модулей передней и задней подвески легкового автомобиля категории M1/M1C. В качестве среды моделирования используется программный комплекс MSC Adams/Car, особенностью которого является модульный подход составления математических моделей. Валидация разработанных моделей выполнена с

использованием испытаний на определение параметров кинематики и эластокинематики, выполненные для модулей передней и задней подвески легкового автомобиля категории М1.

Приводятся результаты валидации в виде сводных таблиц и графиков сравнения расчётных и экспериментальных характеристик кинематики и эластокинематики в приложении к диссертационной работе. Приводится интерпретация результатов валидации комплекса математических моделей, согласно которой возможна доработка моделей согласно второму этапу разработки.

В главе 4 «Валидационное исследование динамической нагруженности несущих элементов ходовой части автомобиля на базе метода проведения виртуальных испытаний» рассматривается валидация разработанного комплекса математических моделей по критериям динамической нагруженности. Основу валидационного базиса составляют результаты замеров перемещения штоков амортизаторов и результаты тензометрирования, полученные для легкового автомобиля категории М1С, использованного для разработки базового цикла нагружения. Расчёт динамического нагружения осуществляется для моделей второго этапа разработки с использованием базового цикла нагружения согласно разработанной методике: динамическое нагружение моделируется для каждого режима движения, входящего в нагрузочный цикл. Валидация проводится по предложенным автором критериям.

Приводятся результаты валидации в виде сводных таблиц и графиков сравнения сигналов хода штоков амортизаторов, нагрузок и относительных деформаций в приложениях к диссертационной работе. Приводится интерпретация результатов валидации комплекса математических моделей, где отражены причины различий результатов расчёта и эксперимента в ряде случаев.

В главе 5 «Определение ресурса несущих элементов ходовой части автомобиля на базе метода проведения полунатурных испытаний» выполнены полунатурные испытания модулей передней и задней подвески легкового автомобиля категории М1 на комплексной испытательной установке, в основе которой находится стенд многокомпонентного нагружения MTS 329. В ходе полунатурных испытаний выполнялась апробация метода формирования синтетического нагрузочного цикла, рассмотренная во второй главе. Соответственно, нагружение модуля подвески осуществлялась в соответствии с сигналами нагрузок синтетического цикла нагружения.

Приводятся результаты полунатурных испытаний в сравнении с испытаниями на дорогах испытательного полигона. Также приводится оценка

выполненной процедуры настройки испытательного оборудования и оценка результатов настройки на программу полунатурных испытаний.

В главе 6 «Оценка эффективности реализации метода ресурсных испытаний несущих элементов ходовой части автомобиля» автор оценивает эффективность реализации метода ресурсных испытаний несущих элементов ходовой части автомобиля в контексте реализации нагружения модуля подвески путём сравнения длительности полигонных, полунатурных и виртуальных испытаний.

6. Основные замечания по содержанию диссертации и автореферата

1. В работе не приводятся примеры расчета ресурса элементов конструкции, которые могли бы быть использованными для оценки эффективности разработанных в работе методик и их сопоставления с экспериментальными данными.

2. Не приведены материалы по оценке коэффициента ускорения форсированных ресурсных испытаний.

3. Валидацию математических моделей по критериям динамической нагруженности следовало завершить оценкой сопротивления усталости (ресурса) конструкции.

4. Все исследования автора завершаются на уровне оценки нагруженности, а необходимо было оценить их повреждающие воздействия на конструкции с учетом характера нагрузок и физико-механических свойств конструкционного материала.

5. Некоторые выводы к главам и изложения разработанной методики носят констатационный характер, без пояснения их ценностей, например, выводы к главе 2.

6. По тексту диссертации имеются ошибки, опечатки, а также терминологические погрешности.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации. Анализ представленных материалов даёт право считать диссертацию Кулагина В.А. завершённым исследованием, в котором изложены материалы, позволяющие решать инженерные задачи, возникающие в процессе разработки легковых автомобилей.

Полученные автором результаты свидетельствуют о решении поставленных задач и достижении цели диссертационного исследования. Автореферат в достаточной мере отражает содержание диссертации. Результаты исследований опубликованы в соответствии с требованиями.


Таким образом, несмотря на замечания и пожелания, все положения и выводы, изложенные в диссертации, следует считать обоснованными, достоверными и обладающими научной новизной.

Заключение о соответствии работы требованиям ВАК

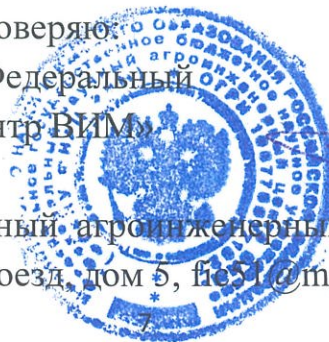
Диссертация Кулагина Виктора Александровича «Разработка основ метода определения ресурса несущих элементов ходовой части автомобиля на базе технологий виртуального и полунатурного эксперимента» выполнена на актуальную тему и является завершённым научным трудом, в котором на основании выполненных автором исследований и разработок представлено **решение научной задачи расчётно-экспериментального исследования нагруженности несущих элементов ходовой части автомобиля, позволяющей сократить длительность процесса проектирования автомобиля за счёт разработанных методических основ прогнозирования ресурса на этапе технического проектирования** и имеющей значение для отрасли автомобилестроения.

Диссертационная работа Кулагина Виктора Александровича «Разработка основ метода определения ресурса несущих элементов ходовой части автомобиля на базе технологий виртуального и полунатурного эксперимента» соответствует паспорту научной специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины» и требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор, член-
корреспондент РАН, заместитель директора
по инновационной и внедренческой
деятельности ФГНБУ «Федеральный
научный агроинженерный центр ВИМ»

 3.А. Годжаев
09.09.2022

Подпись Годжаева З.А. удостоверяю.
Ученый секретарь ФГНБУ «Федеральный
научный агроинженерный центр ВИМ»



 А.В. Соколов

ФГНБУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 109428, г.
Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5, fo51@mail.ru