

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Катаева Андрея Владимировича «Динамика торможения ракетных кареток при высокоскоростных трековых испытаниях опытных изделий авиационной и ракетной техники», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин

Актуальность темы диссертации

Разработка высокоскоростных летательных аппаратов является перспективным направлением в развитии авиационной и ракетной техники. Комплексное моделирование факторов полета при испытаниях новых образцов летательных аппаратов производится на испытательном стенде – ракетный трек. Повышение скорости проведения наземных испытаний в условиях существующих ракетных треков требует модернизации технологического оборудования, в том числе, средств разгона и торможения ракетных кареток.

Применяемые при наземных испытаниях средства торможения обеспечивают сохранение опытных образцов летательных аппаратов и подвижного технологического оборудования ракетного трека: ракетных кареток, бортовых средств автоматики и регистрации, технологической оснастки. Сохранение подвижной материальной части позволяет снизить стоимость испытаний, сократить время их подготовки, а также сделать трековые испытания более информативными за счет регистрации показателей с помощью бортовых накопителей информации.

Выбор темы исследования связан с проблемой сохранения ракетных кареток при проведении динамических испытаний в условиях ограниченной длины ракетного трека ФКП «ГкНИПАС имени Л.К.Сафронова» на скоростях от 2 М до 4 М. Исходя из вышесказанного, актуальность избранной темы и поставленные цели работы обоснованы и понятны.

Научная новизна работы определяется полученными результатами:

- представлен новый критерий качества тормозных устройств – коэффициент неравномерности режима, позволяющий выполнить более качественную оценку энергетических возможностей тормозных устройств, относительно ранее используемых показателей.

- предложена схема задействования тормозных устройств разных типов в индивидуальных скоростных диапазонах в обеспечение поддержания требуемого уровня тормозной силы в течение всего процесса торможения;

- разработана методика расчёта новой формы профиля рабочей части гидродинамического тормозного устройства, обеспечивающего эффективное

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«13» 12 2025 г.

торможение за счет получения близкого к заданному условиями испытаний тормозного импульса;

– разработана методика расчёта режима движения ракетной каретки при фрикционном торможении в условиях переменного коэффициента трения, а также происходящего при этом нагрева и теплового износа фрикционных элементов тормозных устройств.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 111 источников, и двух приложений. Общий объем работы составляет 184 страницы.

Во введении автором обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы. Представлена научная новизна, достоверность и обоснованность результатов, теоретическая и практическая значимость работы. Указаны основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе соискатель проводит обзор основных методов торможения при проведении динамических испытаний на ракетном треке. Определены функциональные возможности и скоростные диапазоны применения исследуемых методов торможения, а также их достоинства и недостатки.

Во второй главе отражена математическая постановка задачи о торможении ракетной каретки, описана математическая модель движения ракетной каретки по участку торможения. Представлен введенный автором критерий качества тормозных устройств - коэффициент неравномерности режима, а также методика его расчета. Предложен алгоритм торможения высокоскоростных кареток с применением ряда тормозных устройств разных типов, которые задействуются в индивидуальных скоростных диапазонах.

Третья глава диссертации посвящена исследованию гидродинамического метода торможения: обозначены особенности его применения, приведено описание работы гидродинамических тормозных устройств. С помощью средств вычислительной гидродинамики проведено математическое моделирование процесса функционирования гидродинамического тормозного устройства, в результате которого были определены напряжения в конструкции гидротормоза и развиваемая сила торможения. Представлены результаты экспериментальных исследований гидродинамического торможения и возникающих при этом вибрационных ускорений в заданной точке ракетной каретки.

Представлена методика расчёта формы профиля рабочей части гидродинамического тормозного устройства для обеспечения реализуемого тормозного импульса близкого к заданному. Для сравнительной оценки эффективности применения гидродинамического тормозного устройства

представлены примеры расчёта гидродинамического торможения с применением тормозных устройств с новой и широко используемой треугольной формами профиля их рабочей части. Текст и блок-схема алгоритма программы, выполненной в соответствии с разработанной методикой, представлены в **приложении А**.

Четвертая глава диссертации посвящена исследованию фрикционного метода торможения. Приведено описание тепловых процессов, происходящих при высокоскоростном трении. Для расчета развиваемой тормозной силы с учетом переменного коэффициента трения, зависящего от скорости и контактного давления в паре трения, методом аппроксимации экспериментальных данных получена соответствующая экспоненциальная зависимость. Представлена разработанная автором методика расчёта режима фрикционного торможения на ракетном треке в условиях теплового износа фрикционных элементов тормозных устройств с учётом переменных свойств их материала, зависящих от температуры, и переменного коэффициента трения. Выполненные в соответствии с разработанной методикой блок-схема и текст программы на языке Matlab приведены в **приложении Б**.

В заключении диссертации представлены общие выводы и основные результаты, полученные в ходе проведенного исследования.

Практическая значимость работы заключается в разработке методик расчёта конструкционных параметров тормозных устройств гидродинамического и фрикционного типов, а также методического подхода в обеспечение сохранения для последующего использования высокоскоростных ракетных кареток, движущихся со скоростью от 2 М до 4 М, при динамических трековых испытаниях.

Достоверность и обоснованность результатов определяется использованием строгих и апробированных методов гидродинамики, теории теплопроводности, механики деформируемого тела, решения краевых задач. Использованием известных программных комплексов при численном решении задач. Сравнением расчётных значений и результатов решения известных задач, полученных из достоверных источников, а также данных экспериментов, проводимых на ракетном треке ФКП «ГкНИПАС имени Л.К.Сафронова».

Публикации и апробация

По теме диссертации опубликовано 20 работ, из них 5 публикаций в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 1 публикация в журнале, индексируемом международной системой цитирования Scopus, 9 публикаций в виде тезисов докладов международных конференций и симпозиумов, 5 патентов на полезные модели.

Апробация результатов диссертационной работы была проведена на различных международных симпозиумах и научно-практических конференциях.

Замечания по диссертации и автореферату

1. В главе 2 не описан подход при выборе частоты среза фильтрации сигнала зарегистрированной тормозной силы при расчете коэффициента неравномерности режима.

2. На рисунках 3.27 и 3.29 с изображением графика изменения тормозной силы от перемещения не вполне корректно обозначена горизонтальная ось - «тормозной путь».

3. В автореферате допущены незначительные неточности. Например, в таблице 2 отсутствует единица измерения в указании временного интервала, в пояснении к рисунку 7 у обозначения максимальной развиваемой силы торможения отсутствует нижний индекс «т». Требуется пояснений отрицательный временной интервал $[-1;0]$ на рис. 6 и в табл. 1 (в табл. не приведена единица изменения временных интервалов), а также не указано выбранное направление осей X, Y, Z в привязке к ракетной тележке на рис. 5, 6 автореферата.

4. В заключении не отражены рекомендации по дальнейшему развитию проведенных исследований.

Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку работы, а также теоретическую и практическую значимость полученных результатов.

Соответствие содержания диссертации и автореферата указанной специальности

Содержание и полученные результаты диссертационной работы соответствуют паспорту научной специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин в пунктах 13, 14, 15.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы и ее основные результаты.

Заключение

Диссертационная работа Катаева Андрея Владимировича, представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне и посвященной актуальной научной задаче в области динамики машин, состоящей в исследовании динамики высокоскоростных ракетных кареток в режиме торможения, используемых при трековых испытаниях современных изделий авиакосмической техники.

Диссертационная работа «Динамика торможения ракетных кареток при высокоскоростных трековых испытаниях опытных изделий авиационной и ракетной техники» соответствует научной специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин и удовлетворяет требованиям пунктов 9-14

Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (с изменениями и дополнениями), предъявляемым ВАК при Минобрнауки РФ к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Считаю, что Катаев Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Прикладная математика и системный анализ»
СГТУ имени Гагарина Ю.А.,
д.т.н., профессор



В.С. Попов

« 17 » 12 2025 г.

Полное наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.).

Адрес места работы: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77.

Телефон: +7 (845) 299 88 25

E-mail: vic_p@bk.ru

Научная специальность, по которой защищена докторская диссертация: 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Ученое звание профессора по кафедре «Теплогасоснабжение, вентиляция, водообеспечение и прикладная гидрогазодинамика».

Я, Попов Виктор Сергеевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Катаева Андрея Владимировича, и их дальнейшую обработку.



В.С. Попов

Подпись доктора технических наук, профессора Попова Виктора Сергеевича удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета
СГТУ имени Гагарина Ю.А.



А.В. Потапова

18 » 12 2025 г.

С отзывом ознакомлен
25.12.2025  А.В. Катаев