

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Ягодникова Дмитрия Алексеевича

на диссертационную работу Бурцева Ивана Владимировича
«Методика оценки влияния нелинейности в регуляторе на параметры автоколебаний тяги жидкостного ракетного двигателя», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. — Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Общая характеристика работы

В своей работе Бурцев И.В. рассматривает особенности функционирования современных маршевых ЖРД на режимах глубокого дросселирования по тяге и ставит целью повышение точности поддержания тяги ЖРД при его работе на режимах глубокого дросселирования. Цель работы достигается за счёт применения разработанной методики оценки влияния нелинейности в регуляторе на параметры автоколебаний тяги ЖРД.

Для достижения поставленной цели автором были решены следующие задачи:

1. Проанализированы процессы, способствующие возбуждению автоколебаний при переходе на режимы глубокого дросселирования по тяге и разработать математическую модель ЖРД, учитывающую действительную нагрузочную характеристику регулятора и обеспечивающую проведение вариантных расчётов параметров динамических процессов.

2. Проведены экспериментальное исследование влияния нелинейных сил в стабилизирующей части регулятора на точность поддержания расхода через регулятор и на атрибуты его динамической нагрузочной характеристики: угол наклона переходного участка и разность расходов между ветвями.

Входящий № 106-2777
Дата 30 МАР 2026
Самарский университет

3. Выявлены зависимости между атрибутами динамической нагрузочной характеристики регулятора и параметрами автоколебаний тяги ЖРД: амплитудой и декрементом затухания.

4. Разработаны рекомендации по контролю атрибутов динамической нагрузочной характеристики регулятора при проведении его автономных испытаний.

5. Предложен способ повышения точности поддержания расхода через регулятор, а также разработать методику оценки влияния нелинейности в стабилизирующей части регулятора на амплитуду и декремент затухания автоколебаний тяги ЖРД.

Актуальность темы исследования

Тенденция на применение многоразовых элементов в конструкции РН, в том числе, возвращаемых первых ступеней с многоразовыми маршевыми двигателями вызывает необходимость посадки первой ступени, что требует широкого диапазона регулирования маршевых ЖРД. Поэтому важно обеспечение устойчивой работы ЖРД во всем диапазоне режимов по тяге, в том числе на режимах глубокого дросселирования. Этому актуальному направлению научных исследований посвящена диссертационная работы Бурцева И.В.

Актуальной является задача обеспечения высокой точности поддержания расхода через регулятор при функционировании ЖРД, в особенности, на режимах глубокого дросселирования, с целью недопущения возникновения автоколебаний тяги.

Актуальность темы диссертации определяется в научном плане – необходимостью оценки влияния нелинейности в регуляторе расхода на параметры автоколебаний тяги жидкостного ракетного двигателя до проведения его огневого испытания, в практическом отношении – разработкой способов повышения точности поддержания тяги в маршевом ЖРД.

Структура диссертации

Диссертационная работа включает в себя 5 глав, заключение список литературы из 104 используемых источников. Диссертация изложена на 124 страницах, содержит 68 рисунков и 12 таблиц. Структура изложения чёткая и направлена на решение поставленных задач.

В первой главе выполнен аналитический обзор подходов к обеспечению устойчивой работы современных ЖРД при их функционировании на режимах глубокого дросселирования по тяге. Рассмотрены механизмы возникновения автоколебаний в ракетном двигателе. ЖРД является потенциально автоколебательной системой и при определённых соотношениях параметров во внутриводвигательных контурах возможно возникновение автоколебаний, для этого необходимо наличие обратной связи. По результатам анализа были сформулированы задачи исследования.

Во второй главе разработана математическая модель маршевого ЖРД. Выделены основные контуры, в которых возможно возникновение автоколебаний и представлено физическое описание механизмов возникновения автоколебаний в выделенных контурах.

В третьей главе представлены результаты расчётно-экспериментального исследования влияния нелинейных сил в стабилизирующей части регулятора на атрибуты его динамической нагрузочной характеристики. Приведены результаты экспериментальных работ в диапазоне расходов и перепадов давления, соответствующих режимам глубокого дросселирования ЖРД по тяге.

В четвёртой главе верифицирована и валидирована математическая модель ЖРД, определено влияние атрибутов динамической нагрузочной характеристики регулятора на амплитуду и декремент затухания автоколебаний, возникающих в ЖРД на режимах глубокого дросселирования по тяге.

В пятой главе на основании проведённых расчётно-экспериментальных исследований разработаны рекомендации по контролю атрибутов динамической нагрузочной характеристики регулятора при проведении его автономных испытаний, предложен способ повышения точности поддержания расхода через регулятор при возмущениях по перепаду давления с целью недопущения возникновения автоколебаний тяги ЖРД, а также разработана методика оценки влияния нелинейности в стабилизирующей части регулятора на параметры автоколебаний тяги ЖРД.

Таким образом, можно констатировать, что структура диссертации и методика её выполнения решены автором верно, цели и задачи исследования досконально раскрыты и полностью достигнуты. Полученные результаты позволяют характеризовать диссертационную работу как завершённую. В целом, диссертационная работа написана технически грамотным языком. Выводы и рассуждения обоснованы.

Новизна проведённых исследований

В диссертационной работе Бурцева И.В. получен ряд новых научных результатов в виде выявленных зависимостей амплитуды и декремента затухания автоколебаний тяги ЖРД от угла наклона переходного участка и разности расходов между ветвями динамической нагрузочной характеристики регулятора.

Другим элементом, отражающим научную новизну являются разработаны рекомендации по контролю атрибутов динамической нагрузочной характеристики регулятора при проведении его автономных испытаний, что позволяет оценить точность поддержания расхода через регулятор при изменении перепада давления на нём. Также автором предложена методика оценки влияния нелинейности в стабилизирующей части регулятора на параметры автоколебаний тяги ЖРД. Её применение позволяет учесть особенности работы регулятора при оценке параметров

ЖРД и выявить возможность возникновения автоколебаний тяги до проведения ОИ.

Обоснованность и достоверность основных результатов исследований

Основные гипотезы диссертационного исследования достаточно аргументированы и логично связаны с целью и задачами, которые поставил перед собой автор. Достоверность полученных результатов подтверждается применением поверенного и аттестованного оборудования в процессе проведения испытаний на стендах АО «НПО Энергомаш» и высоким уровнем согласования расчётных данных с результатами испытаний.

Выводы по главам, заключение по работе и рекомендации соответствуют разработанным научным положениям и оригинальны.

Апробация работы

По материалам диссертации опубликовано 7 работ, в числе которых 4 статьи в научных журналах из перечня ВАК РФ.

Результаты были доложены на научных конференциях. В связи с изложенным считаю, что диссертация Бурцева И.В. апробирована в необходимой и достаточной степени.

Замечания по диссертационной работе

1. В тексте рукописи имеются стилистические неточности, затрудняющие восприятие работы.

2. В работе недостаточно уделено внимание объяснению физических причин возникновения нелинейности характеристик регулятора расхода.

3. В работе экспериментально зарегистрировано запаздывание при перемещении золотника регулятора, однако обобщающих зависимостей времени запаздывания от основных режимных параметров не приводится.

Указанные замечания не уменьшают положительного мнения о диссертационной работе.

Заключение о соответствии диссертации критериям «Положения о присуждении учёных степеней»


Диссертационная работа Бурцева И.В. на тему «Методика оценки влияния нелинейности в регуляторе на параметры автоколебаний тяги жидкостного ракетного двигателя» написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и является законченной научно квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения по повышению точности поддержания тяги ЖРД при его работе на режимах глубокого дросселирования, имеющие существенное значение для развития ракетно-космической отрасли России.

Диссертация по своему объёму, актуальности и практической значимости полностью соответствует пункту 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., включая изменения и дополнения от 16.10.2024 г., а её автор, Бурцев Иван Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Ракетные двигатели»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана


20.05.2026г.

Д.А. Ягодников

Подпись Ягодникова Дмитрия Алексеевича заверяю.

Контактные данные оппонента:

Адрес: г. Москва, 105005, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Телефон: (499) 267-89-03

E-mail: daj@bmstu.ru



Специальность, по которой оппонентом защищена диссертация: 05.07.05. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Адрес места работы:

105005, Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Александров
20.03.2026

ВЕРНО *AS*
ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ ПО ПЕРСОНАЛУ
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ
И АДМИНИСТРИРОВАНИЯ



Александров С.Е.
8-499-263-80-48