

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор

ПАО «ОДК-Кузнецов»



Чупин П.В. Чупин

30 *март* 2026 г

ОТЗЫВ

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

Низкочастотные колебания давления в камере сгорания жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) закрытой схемы, связанные с особенностями работы регулятора, управляющего режимом работы двигателя посредством изменения расхода горючего в газогенераторе, представляют собой крайне нежелательные явления.

Такие колебания естественным образом приводят к колебаниям силы тяги двигателя, создающим проблемы управления полётом ракеты-носителя (РН), а при определённых условиях, и к неустойчивости процессов в камере сгорания и аварийным последствиям.

Наиболее проблемным наличие колебаний силы тяги двигателя становится для РН многоразового применения, а также для многодвигательных ступеней, управляемых рассогласованием тяг.

Таким образом, исследования в области моделирования процессов и поиска средств воздействия на динамические характеристики переходных процессов в системе ЖРД были и остаются крайне актуальными.

Диссертационная работа посвящена одной из важнейших научно-технических задач этой крайне актуальной проблеме – разработке методики, позволяющей оценить влияние нелинейности расходной характеристики регулятора на параметры низкочастотных колебаний давления в камере сгорания и, соответственно, силы тяги ЖРД, а также способов воздействия на параметры этих процессов.

Основные достоинства работы

1. Научная новизна:

– выявлены зависимости частоты и декремента затухания автоколебаний от атрибутов динамической нагрузочной характеристики регулятора;



- разработана методика оценки влияния нелинейности в стабилизирующей части регулятора на параметры низкочастотных колебаний силы тяги ЖРД;

- на базе модельного анализа процессов и анализа конструкции регулятора предложены конструктивные мероприятия, обеспечивающие существенное (практически в разы) снижение амплитуды колебаний давления в камере сгорания и силы тяги двигателя.

2. Практическая значимость:

- разработанная в диссертационной работе методика моделирования и анализа может быть применена на стадии проектирования ЖРД закрытой схемы для прогнозирования и подавления низкочастотных колебаний, связанных с особенностями работы регулятора в системе двигателя, что позволит повысить его надёжность, как при огневых испытаниях на стенде, так и при эксплуатации в составе РН;

- проведенная верификация математических моделей на основе вариантных расчётов, подтвердила их практическую применимость;

- предложенные на базе моделирования и анализа изменения конструкции регулятора расхода внедрены в существующие двигатели разработки АО «НПО Энергомаш».

3. Обоснованность и достижимость результатов:

- выводы основаны на комплексном анализе, включающем математическое моделирование, экспериментальные и расчётные исследования;

- достоверность подтверждена результатами верификации математических моделей и практическим внедрением разработанных решений.

4. Апробация и публикационная активность:

- основные положения диссертации отражены в семи публикациях, четыре из которых вышли в журналах перечня ВАК;

- оформлена заявка на патент (рег. № 2024130241 от 08.10.2024) разработанного способа повышения подвижности стабилизирующей части регулятора расхода.

Замечания и рекомендации:

1. В автореферате не отражены имеющиеся альтернативные решения других разработчиков (ПАО «ОДК-Кузнецов», АО «КБХА» и т.д.) по обеспечению устойчивости работы и процесса регулирования ЖРД закрытой схемы надёжно решающие рассматриваемую проблему. Например, регулятор двигателя НК-33 за счёт учёта трибосопряжений в элементах регулятора, на всех режимах обеспечивает отсутствие колебаний давления в КС при прямом и обратном переходах на режимы до 40 % номинальной тяги.

2. В автореферате не показана возможность расширения основных положений методики для других типов регуляторов и, возможно, схем ЖРД.

3. Есть ряд замечаний по оформлению автореферата в отношении стилистики и орфографии текста, страницы 4 ÷ 15.

4. В автореферате не уделено внимание анализу необходимых вычислительных средств и затрат времени на подготовку исходных данных модели и её расчёт, наличие сервиса для анализа результатов при применении разработанной методики как на ранних стадиях проектирования, так и в ходе доводки двигателя.

Следует отметить, замечания относятся к автореферату и, возможно, желаемая информация присутствует по тексту диссертации. В целом, замечания не имеют принципиального значения и не снижают достоинств диссертационной работы.

Заключение

В целом, диссертационная работа Бурцева Ивана Владимировича «Методика оценки влияния нелинейности в регуляторе на параметры автоколебаний тяги жидкостного ракетного двигателя» по актуальности темы, поставленным задачам, уровню их решения, научной новизне и практической значимости, а также личному вкладу автора, вполне соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК РФ предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Бурцев Иван Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые и электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Кандидат технических наук, эксперт
ПАО «ОДК-Кузнецов»

 Е.П. Кочеров

Кандидатская диссертация защищена по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Адрес места основной работы	443009, Самара, Заводское шоссе, 29
Рабочий телефон	(846) 998-60-56
Мобильный телефон	8 (917) 110-05-22
Адрес электронной почты	ep.kocherov@uec-kuznetsov.ru

Я, Кочеров Евгений Павлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Бурцева Ивана Владимировича, и их дальнейшую обработку.

Кочеров Евгений Павлович