

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор
ФКП "НИЦ РКП"

П.Н. Савчук

03 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального казенного предприятия "Научно-испытательного центра ракетно-космической промышленности" на диссертационную работу Гемрановой Екатерины Анатольевны "Диагностика жидкостных ракетных двигателей с автоматом разгрузки и стояночным уплотнением турбонасосного агрегата", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов"

Диссертационная работа Гемрановой Е.А. посвящена решению важной научно-технической проблемы – повышению безопасности и достоверности огневых испытаний (ОИ) жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) за счет раннего обнаружения отказа до наступления аварийного выключения двигателя с помощью многоуровневой методики диагностирования состояния двигателя с контуром автомата разгрузки и стояночного уплотнения ТНА.

Актуальность темы диссертации

Выбранная автором тема диссертационного исследования представляется весьма актуальной и не вызывает сомнений. Контур автомата разгрузки (АР) и стояночного уплотнения (СУ) турбонасосного агрегата (ТНА) является критически важным узлом мощных ЖРД, неисправности в котором, как показывает практика, приводят к катастрофическим последствиям. Существующие системы аварийной защиты (САЗ) часто неспособны обнаружить развивающуюся неисправность на ранней стадии. Разработка методов ранней диагностики, позволяющих предотвратить аварию, является насущной задачей отечественного двигателестроения.



Новизна полученных результатов

Основные элементы новизны, заявленные автором, являются весомыми и подтверждены материалами диссертации:

1. Интеграция модели контура АР и СУ в общедвигательную модель. Это ключевое достижение, позволившее отказаться от локальных моделей с эмпирическими граничными условиями и перейти к комплексному анализу двигателя как единой системы. Это обеспечило адекватное моделирование взаимовлияния агрегатов.

2. Разработка формализованной многоуровневой методики диагностирования. Предложенный четырехуровневый алгоритм (от контроля параметров до локализации неисправности методом структурного исключения) существенно повышает достоверность диагноза и снижает вероятность ложных срабатываний, что критически важно для эксплуатации.

3. Практическая верификация на реальных данных. Наиболее сильной стороной работы является ее апробация на примерах реальных аварийных огневых испытаний. Приведенные в Главе 5 результаты убедительно доказывают, что разработанная система способна обнаруживать неисправности на десятки секунд раньше штатной САЗ (на 1 с в случае неисправности дросселя и на 26 с в случае неисправности в контуре АР).

Значимость полученных результатов для науки и практики

Значимость полученных автором диссертации результатов состоит в расширении существующих теоретических положений в области диагностирования сложных технических систем. Кроме того, результаты работы не являются сугубо теоретическими. Они внедрены и используются в АО «НПО Энергомаш» при анализе ОИ. Разработанное ПО и методика представляют собой готовый инструмент, который может быть использован не только при стендовых испытаниях, но и, потенциально, в составе системы управления ракеты-носителя. Экономический эффект от предотвращения разрушений дорогостоящих двигателей и стендового оборудования трудно переоценить.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, содержащего 106 наименований. Общий объем работы составляет 124 страницы, включая 41 иллюстрацию и 9 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель работы и задачи, которые необходимо выполнить для достижения цели. Кроме того, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе сформулирована постановка задачи функционального диагностирования ЖРД, выполненного по схеме с дожиганием генераторного газа в камере сгорания, представлена пневмогидравлическая схема двигателя и соответствующая ей структурно-функциональная схема, являющаяся основой для составления математической модели рабочих процессов. Кроме того, в первой главе выполнен обзор патентных и литературных источников, анализ и выбор методов диагностирования, решающих поставленную задачу. На основании анализа ряда способов контроля и диагностирования автором установлено, что в основу методов диагностирования, используемых для решения поставленных задач, может быть положена многоуровневая процедура контроля.

Во второй главе контур автомата разгрузки и стояночного уплотнения ТНА анализируется как объект диагностирования. Рассмотрены конструкция и принципы работы АР и СУ, отмечены неисправности, приведшие к нарушению нормального функционирования двигателя при ОИ.

В третьей главе приводится описание разработанной диагностической модели двигателя, которая включает в себя математическую модель двигателя с контуром АР и СУ, систему измерений и алгоритмы, соответствующие выбранным методам диагностирования. Математическая модель представлена системой 270-и нелинейных алгебраических уравнений стационарных рабочих процессов двигателя, включая контур АР и СУ с модифицированными

уравнениями локальной математической модели контура. Эта диагностическая модель является основным инструментом, который может быть положен в основу системы функционального диагностирования (СФД), применяемой в режиме реального времени.

В четвертой главе для решения поставленной задачи разработаны методика и программное обеспечение диагностирования, реализующее численные и логические методы диагностирования. Методика регламентирует последовательность действий и их реализацию при диагностировании состояния двигателя. Кроме того, автором определен состав диагностических признаков, по которым проводится процедура принятия решения.

В пятой главе на основании разработанной методики диагностирования и программно-математического обеспечения представлены результаты диагностирования нескольких двигателей с контурами АР и СУ при проведении ОИ на стенде. Автором было установлено, что в ряде случаев основные параметры двигателя были не чувствительны к неисправности в этом контуре и показано, что диагностирование позволяет сформировать команду системе управления двигателем на выключение (или переводе на безопасный режим работы) существенно раньше, чем система аварийной защиты (САЗ).

Таким образом, показана эффективность разработанной процедуры диагностирования при определении моментов времени возникновения конкретных неисправностей при ОИ, и вызванных ими изменений характеристик агрегатов и функциональных связей в двигателе.

В заключении обобщаются результаты выполненного исследования и представлены выводы по работе.

Соискатель продемонстрировал глубокое понимание проблемы и высокий уровень профессиональной подготовки. К безусловным достоинствам работы можно отнести комплексный и системный подход. Работа не ограничена частной задачей. В ней представлен полный цикл создания системы диагностики: от модификации фундаментальной математической модели и разработки методики до создания программного обеспечения (ПО) и апробации

на реальных объектах. Это придает исследованию законченный, опытно-конструкторский характер.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается согласованием результатов расчетов, полученных при помощи разработанной математической модели с экспериментальными данными. Кроме того, результаты диссертации получили широкую апробацию на основе публикаций в ведущих научных журналах и в материалах профильных конференций, имеется свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и зарегистрирован патент на изобретение.

Замечания к диссертационной работе

Несмотря на безусловно высокий уровень выполненной работы можно отметить ряд недостатков и дискуссионных моментов:

1. Ограниченность рассмотрения динамических процессов. Работа сфокусирована на стационарных и квазистационарных режимах. В то же время, многие критические процессы, особенно связанные с запуском и остановом двигателя, носят ярко выраженный динамический характер.

2. Верификация модели на ограниченном количестве параметров. В разделе 5.1 коррекция и верификация модели показана на примере нескольких параметров (давления в АР, коллекторе и т.д.). Однако модель контура АР и СУ, представленная в Главе 3, является чрезвычайно сложной и включает множество переменных, не доступных прямому измерению (например, точные значения зазоров, локальные нагрузки).

3. Отсутствие анализа вычислительной сложности и требований к аппаратному обеспечению для реализации в реальном времени. В работе заявлено, что методика может быть положена в основу системы функционального диагностирования (СФД) в режиме реального времени. Однако решение системы из 270 нелинейных уравнений даже на современных ЭВМ является нетривиальной задачей.

Вышеперечисленные замечания не снижают научной и практической значимости результатов исследования, а также не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Гемрановой Е.А.

Заключение

Диссертационная работа Гемрановой Екатерины Анатольевны является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи – повышению безопасности и достоверности огневых испытаний (ОИ) жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) за счет раннего обнаружения отказа до наступления аварийного выключения двигателя с помощью многоуровневой методики диагностирования состояния двигателя с контуром автомата разгрузки и стояночного уплотнения ТНА, имеющей теоретическое и практическое значение. Научные положения и результаты, выносимые на защиту, полностью отражены в работе и публикациях и соответствуют научной специальности 2.5.15. "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов".

Таким образом, диссертационная работа Гемрановой Екатерины Анатольевны "Диагностика жидкостных ракетных двигателей с автоматом разгрузки и стояночным уплотнением турбонасосного агрегата" по научному уровню, полученным результатам, актуальности, практической и теоретической значимости, оформлению и содержанию полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Гемранова Е.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов".



Госкорпорация «Роскосмос»
Федеральное казенное предприятие
"Научно-испытательный центр
Ракетно-космической промышленности"



ФКП «НИЦ РКП»

Бабушкина ул., 9 д., г. Пересвет,
Сергиево-Посадский городской округ,
Московская область,
Российская Федерация, 141320,
Тел. (496)556-2270, (496)546-3321;
факс (496)546-7698; телекс 846246 АГАТ;
E-mail: mail@nic-rkp.ru
ОГРН 1025005328820; ОКПО 07540930;
ИНН/КПП 5042006211/504201001

От 03.03.2026 № ИсхП-461-958-2026
На № 104-787 от 19.02.2026

Председателю диссертационного
совета 24.2.379.10

Шахматову Е.В.

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара,
443086

О направлении отзыва ведущей организации

Уважаемый Евгений Владимирович!

По результатам ознакомления с диссертационной работой Гемрановой Екатерины Анатольевны на тему: "Диагностика жидкостных ракетных двигателей с автоматом разгрузки и стояночным уплотнением турбонасосного агрегата", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов", и обсуждения ее на заседании НТС ФКП "НИЦ РКП" направляю официальный отзыв ведущей организации.

Приложение: Отзыв ведущей организации на 7 л. в 2 экз., н/с.

Генеральный директор

П.Н. Савчук

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	3A41E4318E114512C454C575F4F973B2
Владелец:	Савчук Павел Николаевич, ФЕДЕРАЛЬНОЕ КАЗЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ НАУЧНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, Генеральн директор
Действителен:	с 13.01.2026 по 08.04.2027