



Государственный научный центр Российской Федерации –  
федеральное государственное унитарное предприятие

**"Исследовательский центр**

**имени М.В.Келдыша"**

**(ГНЦ ФГУП "Центр Келдыша")**

ул. Онежская, д. 8, г. Москва, Россия, 125438  
Тел. +7 (495) 456-4608 Факс: +7 (495) 456-8228  
ОКПО 07547339 ОГРН 1027700482303 ИНН/КПП 7711000836/774301001  
kerc@elnet.msk.ru; kerc@comcor.ru; http://www.kerc.msk.ru

**МАИ**

Учёному секретарю диссертационного совета Д 212.125.08  
**Ю.В. Зуеву**

Волоколамское шоссе, 4, 125993  
Москва, А-80, ГСП-3.

07.06.2017 № 48-24/16  
на № 08-17-07 от 17.04.2017г.

**Уважаемый Юрий Владимирович!**

Направляю отзыв на автореферат диссертации Каменского Сергея Станиславовича "Прогнозирование результатов повторных испытаний ЖРД на основе расчетно-экспериментальной математической модели", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05.

Приложение: «Отзыв...» в 2-х экз., на 3-х л. каждый.

Учёный секретарь

Ю.Л. Смирнов

Исп.: И.С. Партола

Тел.: +7-(495)-456-7585

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. №   
"13" 06 2017

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Каменского Сергея Станиславовича "Прогнозирование результатов повторных испытаний ЖРД на основе расчетно-экспериментальной математической модели", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов" в диссертационный совет Д212.125.08

Диссертационная работа Каменского С.С. посвящена решению задачи разработки методов, позволяющих повысить безопасность повторных огневых стендовых испытаний современных мощных ЖРД путем повышения точности расчетного прогнозирования динамики медленноменяющихся параметров двигателя и соответствующей индивидуальной настройки системы аварийной защиты (САЗ). Актуальность научной проблемы, решённой автором, определяется высокими требованиями по надёжности, безотказности и ресурсу, предъявляемыми к современным жидкостным ракетным двигателям.

Автором разработан метод прогнозирования результатов повторных испытаний ЖРД и показано, что этот метод отличается от существующих повышенной точностью, подтверждающейся в более широких, чем ранее достигалось, диапазонах изменений режимов работы и внешних условий, а также при изменении марки горючего.

Представленные в диссертации исследования впервые основаны на использовании математической модели двигателя, которая может корректироваться и уточняться по результатам его предыдущего испытания – расчетно-экспериментальной модели (РЭМ). Структура РЭМ автором определена и подтверждена экспериментальным материалом.

Разработан метод оперативного прогнозирования результатов повторных испытаний, основой которого является аппроксимация результатов многопараметрических расчетов по РЭМ в виде полиномиальных зависимостей.

Вывод о том, что такие зависимости можно однозначно определить как функции шести переменных: уровня тяги, соотношения компонентов топлива, а также температур и давлений компонентов на входе в двигатель, осно-



ван на анализе обобщенной математической модели ЖРД, выполненного по схеме с дожиганием генераторного газа в камере.

Выбор вида используемого полинома а также числа и состава значащих переменных убедительно подтвержден в работе адекватной аппроксимацией предложенными полиномиальными зависимостями непосредственно экспериментальных данных, полученных в испытаниях без нештатных ситуаций. Приводится описание программно-математического обеспечения метода оперативного прогнозирования параметров ЖРД в цикле повторных огневых испытаний.

В процессе решения основных задач предложен алгоритм регулирования ЖРД, определяемый как зависимости углов приводов агрегатов регулирования от выбранных шести переменных и имеющий, как показано, преимущества в адекватности при расширении эксплуатационных диапазонов значений тяги, соотношений компонентов топлива и внешних условий при эксплуатации двигателя.

Рекомендуется применение разработанных методов прогнозирования на основе РЭМ в адаптивных алгоритмах стендовых и бортовых САЗ ЖРД, что позволит повысить безопасность испытаний и полетов.

К достоинствам рецензируемой работы следует отнести то, что эффективность и преимущества предлагаемых методов прогнозирования по точности расчетных оценок и реализуемому диапазону достоверного прогнозирования показаны с привлечением представительной выборки результатов огневых стендовых испытаний двигателей РД181, РД191 и летных испытаний двигателей РД180, РД191.

Результаты диссертационной работы имеют очевидное практическое значение, применимы для прогнозирования повторных стендовых и летных испытаний и внедрены в практику работ по РД191 в АО «НПО Энергомаш им. акад. В.П.Глушко».

Следует отметить ряд замечаний, которые не снижают общую положительную научную и практическую оценку работы:

1. Обобщенный критический анализ существующих методов прогнозирования не включает статистических методов.

2. В работе не рассмотрена связь значащих переменных РЭМ с параметрами, определяющими переход двигателя в нештатное (аварийное) состояние, например, осевым перемещением вала ТНА.

3. В автореферате отсутствует математическое описание обобщённой модели ЖРД, позволившей автору сделать вывод о возможности однозначного определения всех параметров ЖРД через 6 значащих переменных РЭМ.

4. Предложенный метод прогнозирования параметров мощных ЖРД при повторных стендовых и летных испытаниях не обеспечивает прогноз быстроменяющихся параметров.

Диссертация Каменского С.С. является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой и полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», и автор ее - Каменский С.С. - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов".

Партола Игорь Станиславович  
доктор технических наук  
заместитель начальника отделения – начальник отдела

ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

125438 Россия, г. Москва, ул. Онежская, д. 8

kerc@elnet.msk.ru; kerc@comcor.ru

Тел. служ.: (495)-456-7585

 « 07 » 06 2017

Подпись Партола И.С. удостоверяю

Учёный секретарь ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

Ю.Л. Смирнов



« 07 » 06 2017

М.П.