



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)

ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ  
АКАДЕМИЯ ИМЕНИ  
А.Ф.МОЖАЙСКОГО

г. Санкт-Петербург, 197198

«14» 11 2021 г. № 15/1991

На № \_\_\_\_\_

Экз. № 1

Заместителю проректора  
по научной работе федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования «Московский  
авиационный институт (национальный  
исследовательский университет)»  
доктору технических наук, профессору  
Ю.А.РАВИКОВИЧУ

Волоколамское шоссе, д. 4,  
г. Москва, 125993

Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаю отзыв официального оппонента на диссертацию Аминовой Фатимы Эльдаровны, выполненную на тему «Модели и алгоритмы управления ракеты-носителя легкого класса с двигательной установкой на твердом топливе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Приложение: Отзыв официального оппонента..., экз. №№ 1, 2 на 6 листах каждый, только адресату.

*С уважением,*  
Заместитель начальника академии  
по учебной и научной работе  
доктор технических наук, профессор

Ю.Кулешов

Отдел документационного  
обеспечения МАИ  
«16» 11 2021 г.

Исп. и отп. Фоминов И.В. (21 каф.)  
Тел. 8-(812)-347-95-21

## Отзыв официального оппонента

Экз. № 1

### ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Аминовой Фатимы Эльдаровны, выполненную на тему «Модели и алгоритмы управления ракеты-носителя легкого класса с двигательной установкой на твердом топливе» и представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)

**Актуальность темы диссертации** заключается в необходимости модернизации систем управления конверсионных твердотопливных межконтинентальных баллистических ракет (МБР) для выведения космических аппаратов (КА) на орбиту с заданной точностью и сброса отделяемых ступеней в заданный район падения. В последние годы учеными Московского института теплотехники и Центра автоматики и приборостроения имени академика Н.А. Пилюгина решена проблема регулирования тяги твердотопливных двигателей МБР, что позволило расширить их сферу применения конверсионных МБР для выведения КА на основе реализации методов терминального управления. Однако нестабильность горения топлива существенным образом оказывает влияние как на точность выведения КА, так и на эллипс рассеивания точек падения отделяемых ступеней. Учет разброса тяги твердотопливной двигательной установки является сложной задачей, что обуславливается особенностью физических свойств горения твердого топлива. Для ее решения целесообразно использовать новые подходы, например, на основе технологии искусственного интеллекта. В работе Аминовой Фатимы Эльдаровны, решена задача учета разброса тяги твердотопливной двигательной установки в алгоритмах терминального наведения ракеты-носителя на основе использования технологии искусственных нейронных сетей, что обуславливает актуальность выбранной темы диссертации и своевременность получения практических результатов.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 16 » 11 2021 г.

## Научная новизна результатов диссертационной работы

Исследованиям терминального управления движением ракет-носителей (РН) с учетом возмущений на различных участках его полета уделяется большое внимание в связи с их научной и практической значимостью. При этом в ряде работ, в частности в работах Л.Н. Лысенко, Л.А. Майбороды, В.И. Мирнова и их многочисленных учеников при проведении исследований методов терминального управления делалось допущение о стационарности горения компонентов ракетного топлива, либо не учитывалась возможность регулирования тяги твердотопливных ракетных двигателей. Созданию твердотопливного двигателя с глубоким регулированием тяги посвящены работы Г.Н. Румянцева, В.С. Гаврилова и других ученых, однако в этих работах не рассматривались способы учета нестационарного процесса горения топлива. Решению задачи идентификации параметров нестационарных процессов на основе применения нейросетевых технологий посвящены работы А.И. Галушкина, А.В. Зайцева, В.В. Ефимова, однако разработанные этими учеными теоретические аспекты применения нейросетевых технологий не касались вопросов идентификации разброса тяги твердотопливных ракетных двигателей.

Сопоставительный анализ представленных в диссертации результатов и положений с известными в настоящее время достижениями в области методов наведения РН, методов идентификации параметров технических систем, моделей функционирования ракетных двигателей свидетельствует о том, что автором предложены новые модели и алгоритмы управления ракетой-носителем с твердотопливным ракетным двигателем с учетом идентификации параметров разброса тяги на основе нейросетевых технологий. Это подтверждается получением новых научных результатов:

- модели аналитического решения задачи терминального наведения ракеты-носителя с учетом дополнительных возмущающих воздействий;
- алгоритмов расчета параметров движения конструкции ступеней при реализации терминального метода наведения с учетом дополнительных возмущающих воздействий;

- модели идентификации параметров ракетного двигателя на твердом топливе с глубоким регулированием тяги на основе искусственной нейронной сети.

**Степень обоснованности и достоверности каждого из полученных положений, выводов и заключений, содержащихся в диссертации**

Обоснованность и достоверность сформулированных в диссертации научных положений, выводов и заключений подтверждается:

- полнотой и глубиной анализа отечественных и зарубежных источников, характеризующих современное состояние теории управления движением РН, методов исследования характеристик твердотопливных ракетных двигателей, методов идентификации параметров сложных технических систем;

- обоснованностью выбора исходных допущений и ограничений при постановке задачи исследования;

- использованием современного математического аппарата при получении аналитических решений в процессе проведения синтеза алгоритмов управления РН;

- использованием апробированных методов изучения возмущенного движения РН как тела переменного состава;

- достаточной полнотой опубликования и апробацией основных положений и выводов диссертации.

**Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики**

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки заключается в развитии теории управления летательных аппаратов и, в частности, методов наведения РН с твердотопливной двигательной установкой с глубоким регулированием тяги, а также в применении нейросетевых технологий для решения задачи идентификации разброса параметров твердотопливной двигательной установки.

Практическая значимость результатов, полученных в диссертации, заключается в том, что их реализация позволит расширить парк современных РН

конверсионными МБР, обеспечивающих запуск малых КА с требуемой точностью и минимизацией площади района падения отделяемых ступеней. Значимость полученных результатов подтверждается их использованием в создании пакета прикладных исследовательских программ и методик, используемых в разработках систем управления РН, а также ряда универсальных технических решений и рекомендаций, что позволило реализовать комплекс алгоритмов наведения РН и отработки бортового программно-методического обеспечения систем управления РН легкого класса.

### **Оценка содержания диссертации**

Анализ содержания диссертации показывает, что ее автору удалось лаконично и вполне аргументировано изложить основные положения работы. Строгая логичность и последовательность изложения, грамотный научный стиль и использованием строго обоснованного математического аппарата являются безусловным достоинством диссертации.

Полученные автором результаты нашли полное отражение в опубликованных им научных работ, в том числе статьяx:

1. Зайцев А.В., Аминова Ф.Э. Алгоритм оптимального программного управления летательного аппарата с учетом действующих возмущений // Труды ФГУП «НПЦАП». Системы и приборы управления. – М.: ФГУП «НПЦАП», 2019. – №4, с. 65-69

2. Аминова Ф.Э. Исследование стандартов по проектированию информационно-управляющих систем и разработке программного обеспечения ракетной и космической техники. Труды ФГУП «НПЦАП». Системы и приборы управления. – М.: ФГУП «НПЦАП», 2020. – №1, с. 63-65

3. Аминова Ф.Э. Исследование эффективности алгоритмов наведения и стабилизации системы управления ракетно-космического комплекса «Старт-1» [Электронный ресурс] // Электрон. журн. «Труды МАИ». – М.: МАИ, 2020. – №111.

4. V. Alekseev, A. Yakovlev, F. Aminova, M. Sergeev The study of the complex information systems structure on the coefficient of structural uncertainty basis

– Journal of Physics: Conference Series (JPCS), Vol.1399, 2019, Krasnoyarsk, Russian Federation.

Существо выполненных исследований и представленных результатов соответствует специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

Текст диссертации оформлен аккуратно и в полной мере отвечает современным требованиям, предъявляемым к оформлению диссертаций.

### **Недостатки**

Наряду с отмеченными положительными сторонами, диссертация Аминовой Ф.Э. не лишена ряда недостатков.

1. В диссертации не приводится анализ всех возмущающих факторов, влияющих на точность падения отделяемых ступеней РН. Например, зависимость плотности атмосферы от времени года, движение воздушных потоков, неоднородность гравитационного поля Земли и других факторов.

2. Удовлетворение заданной точности падения отделяемых частей является случайным событием из-за нестационарного характера горения топлива и достижение цели исследования целесообразно представлять вероятностными характеристиками, а не детерминированными.

3. В диссертации и автореферате указано, что обучение искусственной нейронной сети производится по результатам огневых стендовых испытаний твердотопливного двигателя, однако не ясно требуется ли ее переобучение от испытаний к испытанию последующих двигателей.

4. Из вывода о достижении цели говорится о двукратном уменьшении ошибки разброса координат точки падения ступеней РН от прогнозируемого значения в результате реализации разработанных научных положений. Однако численных результатов моделирования, подтверждающих этот вывод не приведено.

Отмеченные замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку работы и не имеют определяющего значения на значимость результатов диссертации.

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в публикациях соискателя. Анализ публикаций автора показывает, что полученные им результаты прошли широкую апробацию, что свидетельствует об их высокой значимости. Требования о наличии публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК, выполнено.

Автореферат точно отражает основное содержание диссертации. Название диссертации соответствует ее содержанию и характеру выполненных исследований.

**Заключение.** Диссертационная работа Аминовой Ф.Э. является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует критериям, изложенным в п.9 абзац 2 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, в части решения научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, а ее автор, Аминова Фатима Эльдаровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Официальный оппонент  
Начальник кафедры автономных систем управления  
Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского  
доктор технических наук доцент

10.11.2021

И. Фоминов

Личную подпись доктора технических наук доцента Фомина И.В. заверяю.  
Начальник отдела кадров  
Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского



М.П.

Г. Плотников