

ОТЗЫВ

научного руководителя доктора технических наук, профессора

Бобронникова Владимира Тимофеевича

на диссертационную работу **Трифонова Максима Викторовича** на тему «**Синтез алгоритмов управления движением первой ступени ракеты-носителя для повышения эффективности пуска**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.07.09** – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

В 2014 г. Трифонов М.В. окончил с отличием специалитет каф. 604 «Системный анализ и управление» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) по специальности «Динамика полета и управление движением летательных аппаратов». С 2015 г. соискатель является аспирантом очной формы обучения на каф. 604 МАИ по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки)». Срок окончания обучения – 31.08.2019 г. В аспирантуру Трифонов М.В. поступил по рекомендации каф. 604 по результатам защиты дипломной работы, выполненной им по тематике ГКНПЦ имени М.В. Хруничева. Тема диссертационной работы и постановка технических задач исследования сформулированы соискателем как продолжение научно-исследовательской работы, начатой им еще в период выполнения дипломной работы.

За период обучения в аспирантуре Трифонов М.В. подготовил диссертацию на тему: «Синтез алгоритмов управления движением первой ступени ракеты-носителя для повышения эффективности пуска» по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», прослушал курс дисциплин, предусмотренных учебным планом, сдал экзамены кандидатского минимума, подготовил шесть публикаций по теме диссертации, из них три в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

В ходе выполнения диссертационной работы Трифонов М.В. продемонстрировал глубокие знания в различных областях науки и техники, связанных с темой его диссертационной работы, в том числе динамике полета, теории оптимального управления, теории автоматического управления и управления движением летательных аппаратов, а также свободное владение современными компьютерными технологиями. Кроме того, соискатель продемонстрировал хорошие навыки работы с научно-технической литературой на русском и английском языках.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью снижения издержек на вывод полезной нагрузки в космическое пространство с использованием ракет-носителей (РН), в том числе за счет снижения затрат на содержание и ремонт сооружений стартового комплекса, а также возможности применения на РН крупногабаритных головных обтекателей для доставки разнообразных по своим габаритам грузов. Для решения такой комплексной задачи в работе Трифонов М.В. предложены новые научно обоснованные технические решения, заключающиеся в разработке усовершенствованных методик и алгоритмов управления движением первой ступени РН и имеющие важное значение для повышения эффективности пуска.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Решена задача аналитического конструирования регуляторов (АКОР) с управляемым выходом в виде оптимального управления линейной нестационарной системой по квадратичному критерию.

2. Разработан алгоритм управления движением РН для увода струй ракетных двигателей от сооружений стартового комплекса по заданной программе увода с применением решения задачи АКОР с управляемым выходом.

3. Разработан алгоритм управления движением РН для аварийного увода РН при отказе двигателя в зону самоликвидации по заданной программе увода с применением решения задачи АКОР с управляемым выходом.

4. Разработана методика статистического анализа управляемого движения первой ступени РН для оценки нормальных перегрузок, испытываемых РН при движении на участке максимальных скоростных напоров с учетом размеров головного обтекателя и случайных горизонтального ветра и вариаций плотности атмосферы.

5. Определены структура и параметры регуляторов замкнутой системы управления (СУ) РН на участке полета первой ступени для решения задач управления уводом струй ракетных двигателей, управления аварийным уводом РН и оценки нормальных перегрузок, испытываемых РН при движении на участке максимальных скоростных напоров в присутствии атмосферных возмущений при использовании головных обтекателей различных размеров.

Основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту:

1. Решение задачи АКОР с управляемым выходом, результатом которого является оптимальное управление линейной нестационарной системой по квадратичному критерию в более общих условиях по сравнению с «классическим» решением задачи АКОР.

2. Методика решения задачи управления уводом струй ракетных двигателей от сооружений стартового комплекса по заданной программе увода с применением решения задачи АКОР с управляемым выходом.

3. Методика решения задачи управления аварийным уводом РН при отказе двигателя по заданной программе увода с применением решения задачи АКОР с управляемым выходом.

4. Методика решения задачи корректной оценки и снижения располагаемых нормальных перегрузок РН на возмущенном участке максимальных скоростных напоров при уточненных моделях атмосферных возмущений путем перенастройки параметров закона управления СУ движением РН.

5. Имитационная модель функционирования замкнутой СУ движением РН для оценки эффективности разработанных методик и алгоритмов управления движением РН на участке полета первой ступени с учетом случайных горизонтального ветра и вариаций плотности атмосферы.

Полученные в работе результаты имеют **практическую значимость**, поскольку могут быть применены при проектировании СУ движением первой ступени существующих и разрабатываемых РН для решения задач управления уводом струй ракетных двигателей, управления аварийным уводом РН при отказе двигателя и снижения располагаемых нормальных перегрузок РН на участке максимальных скоростных напоров. Решение задачи АКОР с управляемым выходом в виде оптимального управления линейной нестационарной системой по квадратичному критерию и методика статистического анализа возмущенного движения РН могут применены для ЛА различных

типов и различных задач управления их движением.

Ценность диссертации Трифонова М.В. подтверждается тем, что материалы диссертации используются в учебном процессе кафедры 604 в курсах «Статистическая динамика ЛА и систем» и «Динамическое проектирование систем управления ЛА», читаемых студентам кафедры.

Диссертационная работа Трифонова М.В. является завершенным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Профессор, доктор технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ и управление (авиационная и ракетно-космическая техника)», профессор кафедры 604 «Системный анализ и управление» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»



Бобронников В.Т.

Подпись Бобронникова В.Т. заверяю
Директор Аэрокосмического института



Тушавина О.В.