



Минобрнауки России
Федеральное государственное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша
Российской академии наук»
(ИПМ им. М.В. Келдыша РАН)

125047, Москва, Миусская пл., 4 Тел. 8 (499) 220-72-33 Факс 8 (499) 972-07-37
http://keldysh.ru e-mail: office@keldysh.ru
ОКПО 02699381 ОГРН 1037739115787 ИНН/КПП 7710063939/771001001

22.10.2019 № 11103-9422/956

На № _____

Минобрнауки России
Федеральное государственное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша
Российской академии наук»
(ИПМ им. М.В. Келдыша РАН)
125047, Москва, Миусская пл., 4 Тел. 8 (499) 220-72-33 Факс 8 (499) 972-07-37
http://keldysh.ru e-mail: office@keldysh.ru
Ученому секретарю
диссертационного совета Д212.125.12
кандидату технических наук
А.В. Старкову
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское ш., д.4
МАИ, Ученый совет

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляю Вам отзыв главного научного сотрудника ИПМ им. М.В. Келдыша РАН Сихарулидзе Ю.Г. на автореферат диссертации Трифонова М.В. «Синтез алгоритмов управления движением первой ступени ракеты-носителя для повышения эффективности пуска», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением».

Приложение:

1. Отзыв на автореферат Трифонова М.В. в 2-х экз. на 2-х листах каждый.

Ученый секретарь ИПМ им.М.В.Келдыша РАН
Кандидат физико-математических наук

А.И. Маслов



Отзыв

на автореферат диссертации Трифонова Максима Викторовича «Синтез алгоритмов управления движением первой ступени ракеты-носителя для повышения эффективности пуска», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением»

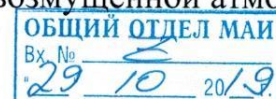
В работе исследуются актуальные вопросы, связанные с безопасным запуском тяжелой ракеты-носителя (РН), в том числе обеспечение сохранности стартового комплекса в момент начала движения РН и в случае отказа одного из пяти маршевых двигателей, а также возможность снижения нормальных (поперечных) нагрузок в области максимальных скоростных напоров.

В первой главе дано обоснование предложенной автором модификации теории АКОР (аналитическое конструирование регуляторов), которая в свое время была развита профессором А.М.Летовым. При построении оптимального по квадратичному критерию управления линейной нестационарной системой, помимо зависимости выходов от вектора ее состояния, учитывается еще ее зависимость от вектора управления. По существу предложено решение задачи АКОР с управляемым выходом.

Развитую теорию автор применил к решению важных практических задач. Во второй главе рассмотрена задача безопасного увода тяжелой РН в сторону от кабельно-заправочной башни (КЗБ) на начальном участке движения (после отрыва от стартового стола). Требуется так реализовать увод, чтобы реактивная струя двигателей не попала на КЗБ. При этом в конце увода РН должна быть ориентирована вертикально и иметь нулевую угловую скорость. Автор построил регулятор для отслеживания заданной программы увода, определил его весовые коэффициенты и численным моделированием показал, что величина положения в горизонтальной плоскости отклонения струй от программных значений не превышает 0.5 м, а угол поворота двигателей не превышает 2.5° , что допустимо.

Во третьей главе рассмотрена задача аварийного увода РН в зону самоликвидации в случае отказа одного из пяти двигателей непосредственно после отрыва от стартового стола. Построен регулятор для отслеживания программы увода, определены его весовые коэффициенты и проведено математическое моделирование для оценки эффективности регулятора. Показано, что при отказе двигателя программа аварийного увода по тангажу и рысканию выполняется с высокой точностью, а расстояние между критической точкой РН и КЗБ превышает 1 м.

В четвертой главе исследована актуальная до настоящего времени задача снижения нормальной (поперечной) перегрузки РН в области максимальных скоростных напоров на активном участке, т.е. на высотах 8-12 км. Эта задача особенно важна для РН с крупногабаритным головным обтекателем. В отличие от общепринятого ограничения в виде произведения скоростного напора на угол атаки при движении в стандартной атмосфере автор рассматривает достаточно аккуратную модель возмущенной атмосферы,



которая учитывает ветер и вариации плотности. Показано, что путем перенастройки параметров регулятора удастся снизить боковую перегрузку для крупногабаритной головной части на 9.5%.

В пятой главе показано, что построенные регуляторы для трех задач с линеаризованной моделью движения успешно функционируют в точной постановке задачи движения РН. Тем самым подтверждена эффективность разработанных регуляторов и принятой методики их конструирования.

По автореферату имеется одно замечание. Автор приводит результаты численного моделирования задач, но не дает основных параметров самой РН, для которых они получены. Например, начальная тяговооруженность, угловое ускорение при отклонении двигателей на 1° (эффективность управления), габариты РН и т.д. Поэтому нельзя понять, не упадет ли РН на стартовый стол при отказе одного двигателя из пяти, т.е. при снижении тяги на 20%? Хватит ли эффективности оставшихся четырех двигателей РН для парирования опрокидывающего момента после отказа? Зазор между РН и КЗБ в 1 м - это много или мало?

В целом, судя по автореферату, диссертационная работа М.В.Трифонова «Синтез алгоритмов управления движением первой ступени ракеты-носителя для повышения эффективности пуска» удовлетворяет всем требованиям, которые предъявляются к кандидатским диссертациям. В ней дано полезное расширение АКОР и решены практические задачи, актуальные для современных и перспективных тяжелых РН. Считаю, что М.В.Трифонов достоин ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением».

Доктор технических наук,
профессор,
главный научный сотрудник
ИПМ им.М.В.Келдыша РАН

Ю.Г.Сихарулидзе

Подпись Ю.Г.Сихарулидзе удостоверяю.
Ученый секретарь ИПМ им.М.В.Келдыша РАН
Кандидат физико-математических наук



А.И. Маслов