

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сазонова Василия Викторовича «Математическое моделирование воздействия внешней среды на космический аппарат с изменяющейся геометрией поверхности», представленную на соискание степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

В диссертационной работе В.В. Сазонова рассмотрены вопросы создания современной методологии математического моделирования воздействия внешней среды на космический аппарат при использовании геометрических методов и решению ряда актуальных прикладных задач. Целью работы является выработка общего подхода к созданию быстрых, но достаточно точных, численных методов определения воздействия внешней среды на космический аппарат с изменяющейся геометрией поверхности, предназначенных для использования на персональных компьютерах в интерактивном режиме. Такое свойство численных методов крайне востребовано для решения задач, возникающих при проектировании космической техники и научно обоснованной поддержки принятия решений при управлении полетом. Поскольку учет факторов воздействия внешней среды на космический аппарат необходим при проектировании космической техники и в процессе управления полетом, и принимая во внимание сложную конструкцию космических аппаратов, содержащих подвижные элементы, существенно меняющие форму его внешней поверхности, выбранная тема диссертационного исследования В.В. Сазонова является безусловно актуальной.

В работе предложен подход к созданию так называемых интерактивных геометрических моделей внешней поверхности космических аппаратов, которые могут менять форму этой поверхности в процессе математического моделирования как по заданной циклограмме, так и в зависимости от учитываемых при моделировании факторов, таких как направление на Солнце и условий освещенности. Разработаны методы, алгоритмы и программное обеспечение для решения следующих прикладных задач: расчета сил и моментов аэродинамического сопротивления разреженных газов, действующих на низколетящий космический аппарат,

математического моделирование выработки электроэнергии солнечными батареями космического аппарата, математического моделирования работы радиолокационной системы измерения параметров движения космического корабля с орбитальной станцией во время сближения и стыковки и поиска зон возможной неустойчивой работы этой системы.

В работе предложена, в том числе, модифицированная математическая модель движения низколетящего космического аппарата относительно центра масс, где моменты аэродинамического сопротивления вычисляются по детальной геометрической модели внешней поверхности. Модифицированная математическая модель применяется для восстановления вращательного движения космических кораблей «Прогресс» по телеметрическим данным датчиков угловых скоростей. Для сглаживания полученных значений аэродинамических моментов используется разложение по сферическим функциям. Предлагаемая математическая модель позволила восстановить вращательное движение с приемлемой точностью.

Автором предложена математическая модель работы радиолокационной системы с активным ответом измерения параметров движения космического корабля относительно орбитальной станции во время сближения стыковки и разработан алгоритм и программное обеспечение поиска зон возможной неустойчивой работы системы. Разработанное программное обеспечение было применено для анализа работы системы «Курс», установленной на Международной космической станции и стыкуемых российских космических кораблях, во время шести стыковок грузовых и транспортных космических кораблей «Союз» и «Прогресс» со станцией. Результаты моделирования показали хорошее совпадение с полученной телеметрической информацией, предсказанные при помощи модели зоны возможной неустойчивой работы совпали с фактически обнаруженными. Существенными достоинствами предложенной модели и разработанного программного обеспечения является невысокая вычислительная сложность и способность работать на персональном компьютере.

Разработанные автором в ходе диссертационного исследования программные комплексы математического моделирования работы солнечных батарей и работы радиолокационной системы с активным

ответом были внедрены в процесс проектирования космической техники и управления полетом в ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева и АО НИИТП.

Существенных замечаний по автореферату нет. Автореферат полно отражает содержание самой работы. В качестве несущественных замечаний нужно отметить следующие:

- не приведено сравнение результатов «быстрых» методов расчета аэродинамического воздействия на низколетящий КА с классическими результатами численного решения уравнения Больцмана для разреженного газа методом трассировки вдоль траектории молекул и метод прямого статистического моделирования Монте-Карло;

- в автореферате не приведена оценка погрешности расчетов аэродинамических воздействий на конструкцию КА в зависимости от времени суток, времени года и активности Солнца;

- отсутствует алгоритм выбора рациональных настроек системы управления программными поворотами СБ в обеспечение максимальной выработки электроэнергии частично затененными фотоэлектрическими преобразователями.

Сделанные замечания не снижают общего высокого уровня оценки работы В.В. Сазонова. В целом диссертацию можно оценить как крупное научное достижение в области математического моделирования, в работе решены на высоком уровне важные народно-хозяйственные задачи, результаты исследования используются в России в организациях, занимающихся проектированием и эксплуатацией космической техники. Выводы диссертации обоснованы и ясно изложены. Результаты диссертации опубликованы в высокорейтинговых российских и международных журналах, докладывались на профильных конференциях, семинарах и научно-технических советах.

Считаю, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям согласно, пункту 9 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года и к "Изменениям, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней", утвержденным постановлением Правительства Российской

Федерации №335 от 21 апреля 2016 года, и автор диссертации Сазонов Василий Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Начальник отдела математического  Клишев О.П.
и имитационного моделирования

АО ЦНИИмаш, д.т.н.

Подпись Клишева О.П. удостоверяю:

и.о. главного ученого секретаря

АО ЦНИИмаш, д.т.н.



Ключников В.Ю.

08.04.22

Адрес АО «ЦНИИмаш»: ул. Пионерская, дом 4, Королев, Московская область, 141070, e-mail corp@tsniimash.ru, тел. 8 495 708 49 78, дата составления 06.04.2022 года.