



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»
(национальный исследовательский университет)

НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ КОМПЛЕКС
«СПЕЦИАЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»
(НУК СМ)

105005, Москва, Госпитальный пер., д.10
Телефон: (499)-263-65-12. Телеракс (499)-267-74-15. Электронная почта: dekanat@sm.bmstu.ru

11. 04. 2022 № 03. 06. 01/40

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель НУК СМ
МГТУ им. Н.Э.Баумана
д-т.н., профессор
В.Т.Калугин
« 11 » 04 2022 г.



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-математический наук по специальности 1.2.2 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

В диссертационной работе В.В. Сазонова рассматривается проблема математического моделирования воздействия внешней среды на космический аппарат. Современные космические аппараты, в том числе крупногабаритные космические конструкции, обладают набором подвижных элементов, которые двигаясь с течением времени существенно меняют форму внешней поверхности. Для адекватного математического моделирования воздействия внешней среды на космический аппарат необходимо учитывать эти изменения. Целью диссертации является выработка общего подхода к созданию быстрых (но достаточно точных) методов воздействия внешней среды на космический аппарат с изменяющейся геометрией поверхности, способных работать на

персональных компьютеров в интерактивном режиме. Такое качество методов крайне востребовано для решения задач, возникающих при проектировании космической техники и управлении полетом. Поскольку учет факторов воздействия внешней среды на космический аппарат необходим при проектировании космической техники и в процессе управления полетом, выбранная тема диссертационного исследования В.В. Сазонова является безусловно актуальной.

В работе предлагается новый 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, действующих на низколетящий космический аппарат, математического моделирования выработки электроэнергии солнечными батареями космического аппарата, математического моделирования работы радиолокационной системы с активным ответом измерения параметров движения космического корабля с орбитальной станцией во время сближения и стыковки и поиска зон возможной неустойчивой работы этой системы.

В работе предложен метод вычисления силы и момента аэродинамического сопротивления, действующих на низкоорбитальный космический аппарат, используя интерактивную геометрическую модель внешней поверхности. Применение такой модели позволяет учитывать изменения силы и момента аэродинамического торможения, вызванных изменением формы внешней поверхности космического аппарата при поворотах подвижных элементов. Разработанный метод применен для вычисления силы аэродинамического сопротивления при восстановлении орбитального движения Международной космической станции по данным датчиков автономной системы навигации. Предложенная математическая модель позволила существенно уменьшить ошибку для длинных интервалах моделирования. Также способ вычисления аэродинамического момента применен при восстановлении вращательного движения космических кораблей «Прогресс-МС» по датчикам угловых скоростей, на участках полета, где вращательное движение было неуправляемым.

В диссертации В.В. Сазонова разработаны методы, алгоритмы и программное обеспечение математического моделирования выработки электроэнергии солнечными батареями космического аппарата с учетом возможного вращения солнечных батарей космического аппарата и затенения их поверхности небесными телами и элементами конструкции внешней поверхности. При помощи разработанного программного обеспечения было

проведено математическое моделирование работы солнечных батарей Служебного модуля «Звезда» Международной космической станции в течении года. Сравнение результатов моделирования с реальными телеметрическими данными позволило верифицировать это программное обеспечение и показало высокую точность моделирования. Необходимо отметить, что разработанное программное обеспечение было внедрено в АО «РКК Энергия» им. С.П. Королева для проектирования космической техники, а также в цикл управления полетом.

В работе В.В. Сазонова также рассмотрена проблема устойчивой работы радиолокационной системы измерения параметров движения космического корабля относительно орбитальной станции во время сближения и стыковки. Предложенная автором математическая модель работы этой системы позволяет найти участки возможной неустойчивой работы подобной системы, что продемонстрировано путем анализа работы системы «Курс», установленной на Международной космической станции, при сближении и стыковки грузовых и транспортных космических кораблей. Полученный автором результат безусловно полезен при решении задачи управления полетом.

Существенных замечаний по автореферату нет. Автореферат полно отражает содержание самой работы. В качестве несущественного замечания следует отметить, что автор в предложенной иерархической геометрической модели внешней поверхности космического аппарата указывает, что поддерживается загрузка моделей из сторонних САПР, но не декларирует поддерживаемые форматы входных файлов, также не указывается с какими сторонними программными продуктами имеется совместимость.

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».

Профессор кафедры СМЗ
чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор



Бетанов
Владимир
Вадимович

« 08 » апреля 2022 г.

Сведения о составителе отзыва

Бетанов Владимир Вадимович,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ
им. Н.Э. Баумана), профессор кафедры СМЗ.
Адрес: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Телефон: +7(499) 261 45 90, e-mail: bauman@bmstu.ru