

## ОТЗЫВ

научного руководителя д.т.н., профессора Малышева Вениамина Васильевича на диссертационную работу аспиранта Розина Петра Евгеньевича на тему «Динамическое проектирование системы управления движением и навигации малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с аппаратурой кадровой съемки» по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» (авиационная и ракетно-космическая техника).

В последние годы во всем мире наметился устойчивый интерес создания малых космических аппаратов для решения различных задач, в том числе дистанционного зондирования Земли. Основной целью создания аппаратов такого класса является желание снизить стоимость производства космической техники, применяя современные малоразмерные приборы и подходы в области проектирования, создания и испытания космических аппаратов.

Создание российскими предприятиями аппаратов такого класса определяет актуальность рассматриваемой в работе Розина П.Е. задачи динамического проектирования системы управления движением и навигации (СУДН) малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли.

Первая глава диссертации посвящена приборному составу, логике функционирования и алгоритмам СУДН КА ДЗЗ с аппаратурой кадровой съемки. Проведён анализ условий функционирования КА ДЗЗ на солнечно-синхронных орбитах, оценке возмущающих моментов и разработке алгоритмов и логики функционирования СУДН. Обоснован выбор исполнительных органов СУДН КА и их характеристик, а также режимов функционирования. Предложен необходимый набор алгоритмов: трёхосной ориентации и неориентируемого полёта с демпфированием угловых скоростей, логика функционирования бортовой задачи СУДН КА ДЗЗ с аппаратурой кадровой съемки (с разбиением на две подзадачи – ориентации и стабилизации и баллистико-навигационного обеспечения).

Вторая глава посвящена разработке математических моделей современных малоразмерных измерительных приборов и исполнительных органов СУДН. В качестве примера рассмотрены приборы СУДН малого КА ДЗЗ «Аурига».

Третья глава посвящена проектированию и разработке цифрового моделирующего комплекса (ЦМК) для испытания и отработки бортовой задачи СУДН. ЦМК включает в себя следующий набор уравнений и моделей: уравнения динамики Эйлера; уравнения кинематики в кватернионной форме; уравнения, описывающие орбитальное движение КА. Представлены архитектура и логика работы ЦМК при отработке режима трехосной ориентации КА, а так же демпфирования угловых скоростей с использованием магнитных исполнительных органов.

В результате проведенных исследований, автором были получены следующие результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью:

- 1) разработана математическая модель системы управления движением и навигации малого космического аппарата;
- 2) разработаны алгоритмы, логика работы и бортовое программное обеспечение СУДН с учётом особенностей применяемого бортового вычислительного комплекса и приборного состава;
- 3) определен набора математических моделей, описывающих внешнюю среду функционирования КА и его управляемое вращательное движение;
- 4) разработана архитектура и программное обеспечение цифрового моделирующего комплекса, используемого в составе стенда КА, с целью отработки бортовой задачи СУДН КА.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в использовании разработанной методики динамического проектирования системы управления и навигации при создании малого КА ДЗЗ

«Аурига». Достоверность полученных результатов подтверждается использованием при решении задач фундаментальных научно-технических подходов и методов их решения.

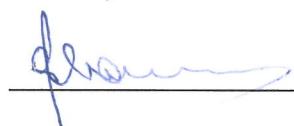
Основные результаты диссертационной работы, выносимые на защиту:

- 1) алгоритм демпфирования остаточных угловых скоростей после отделения от разгонного блока с использованием пяти магнитных катушек, учитывающий температурную компенсацию изменения располагаемого момента и нештатные ситуации, связанные с работой микроконтроллеров управления магнитным моментом;
- 2) алгоритм трёхосной ориентации КА, обеспечивающий функционирование аппарата на всех этапах работы целевой аппаратуры: орбитальная ориентация, передача целевой информации, ориентация дежурного режима, программные развороты;
- 3) логика работы бортовых задач СУДН с учётом особенностей применяемого бортового вычислительного комплекса и приборного состава;
- 4) архитектура и алгоритмы работы цифрового моделирующего комплекса, предназначенного для отработки бортовой задачи СУДН КА и подтверждения точностных характеристик.

Диссертационная работа Розина П.Е. представляет собой итог работы автора за время обучения в аспирантуре МАИ и разработке СУДН аппаратов различного класса и назначения. Это законченное научное исследование, результаты которого используются, в том числе, в учебном процессе кафедры 604. Имеется акт о внедрении результатов диссертации на предприятии – ООО «Даурия – спутниковые технологии». По диссертационной работе Розин П.Е. является автором четырех статей опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России.

Диссертационная работа Розина П.Е. удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» (авиационная и ракетно-космическая техника).

Профessor, д.т.н., заведующий кафедрой 604 «Системный анализ и управление» ФГБОУ ВО «Московского авиационного института (национального исследовательского университета)»

 B.V. Малышев

Подпись Малышева В.В подтверждаю

И.о. декана факультета №6

 О.В. Тушавина

