ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Щербакова Михаила Сергеевича на тему «Выбор орбит и алгоритмов управления инспекционным движением малоразмерного космического аппарата», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Рецензируемый автореферат отражает основные результаты исследования, посвященного изучению проблемы движения малого космического аппарата по облётной траектории относительно некооперируемого КА (объекта инспекции (ОИ)) — задаче выбора номинальной инспекционной траектории, подверженной минимальному влиянию внешних возмущений, а также задаче её поддержания с помощью электроракетных двигательных установок (ЭРДУ).

Проблема повышения эффективности транспортных операций в ближнем космосе, которой посвящена диссертационная работа, является на сегодняшний день весьма актуальной.

В автореферате поставлена четкая цель работы, указаны основные задачи, перечислены методы исследования, определены объект и предмет исследования, описана теоретическая значимость и установлена практическая значимость работы, сформулировано шесть положений, выносимых на защиту. Основное содержание работы представлено достаточно информативно и позволяет понять суть проведенного исследования.

Автореферат написан корректным научным языком, достаточно хорошо технически оформлен и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к авторефератам кандидатских диссертаций. По материалам диссертации опубликовано 17 работ, в том числе две статьи в научных периодических изданиях перечня ВАК, шесть статей — в научных изданиях, индексируемых базой Scopus.

Судя по автореферату, построение работы логично. В первой главе приведены математические модели относительного движения, учитывающие воздействия основных возмущающих факторов: влияния второй зональной гармоники разложения гравитационного потенциала Земли, аэродинамическое сопротивление верхней атмосферы, а также гравитационное влияние Луны (для высокоэллиптических орбит).

Во второй главе представлен алгоритм нахождения начальных условий движения малого инспектирующего КА и начального расположения объекта инспекции на орбите, обеспечивающего максимальное время пассивного инспекционного полёта. Во второй части данной главы представлены результаты анализа возмущенного пассивного инспекционного

Входящий №217-8460
Дата 12 НОЯ 2024
Самарский университет

движения для нескольких примеров. Проведено исследование влияния случайных ошибок при формировании начальных условий движения малого КА на продолжительность пассивной инспекции

В третьей главе представлен алгоритм одноимпульсной коррекции инспекционной траектории, а также методика поддержания инспектирующего КА в допустимой области пространства относительно ОИ в течение всего срока инспекционного полёта. Приведены результаты исследования возможности поддержания инспекционного движения наноспутником SamSat-M (формат CubeSat 3U) для объекта инспекции расположенного на круговой орбите высотой 500 км и наклонением 51.6 градуса.

Четвертая глава посвящена разработке алгоритма управления КА-инспектором на базе метода динамического программирования Беллмана с использованием SDRE-технологии для поддержания номинальной инспекционной траектории. Представлены результаты математического моделирования, позволяющего провести сравнение оптимальных законов управления, найденных в рамках стратегий управления LQR и SDRE. При этом рассматривалось плоское движение малого КА формата CubeSat 3U относительно международной космической станции. Было показано, что использование технологии управления SDRE более предпочтительно. Также в рамках данной главы представлены результаты анализа возможного одноканального управления вектором тяги ЭРДУ для поддержания и инспекционного движения КА.

Полученные в работе результаты исследования отличаются определенной теоретической новизной. В частности, разработаны работоспособные и оригинальные методики формирования начальных условий относительного движения малого КА-инспектора и начального аргумента широты объекта инспекции, позволяющие реализовывать длительное пассивное инспектирование на орбитах с малым эксцентриситетом при учёте влияния второй зональной гармоники разложения гравитационного потенциала Земли, а также на эллиптических орбитах при наличии гравитационных возмущений от Луны.

Несомненна и определенная практическая значимость результатов диссертационного исследования. Так, разработанные в работе методики могут быть применены при проектировании траекторий инспекционного движения относительно ОИ, расположенных как на низких околоземных круговых орбитах, так и на высокоэллиптических орбитах.

Обоснованность правильности решения и достоверность результатов подтверждаются использованием адекватных математических моделей движения, обоснованных применяемых допущений, а также сравнением качественных результатов, полученных в рассматриваемой диссертационной работе, с известными в литературе решениями.

Вместе с тем, судя по автореферату, работа не лишена недостатков. Движение малого КА по инспекционной траектории рассматривается в рамках модели, учитывающей лишь вторую зональную гармонику разложения гравитационного потенциала Земли (наряду, возможно, с учётом торможения в атмосфере или гравитационных возмущений от Луны). Нам представляется, что работа значительно выиграла, если бы автор ввёл в модель движения, по крайней мере, зональные гармоники более высоких степеней. Несколько первых зональных гармоник могут достаточно существенно повлиять на качественную картину короткопериодических возмущений инспекционной траектории.

Указанное замечание не снижает общей ценности диссертационной работы и не влияет на главные теоретические и практические результаты диссертации. Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Автореферат отражает все этапы исследования. Работа соответствует классификационным признакам диссертации, определяющим характер результатов кандидатской диссертационной работы. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК России, а ее автор Щербаков М. С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Я, Ельников Роман Викторович, согласен на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя учёной степени кандидата технических наук Щербакова Михаила Сергеевича.

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела 02 (СКБ) акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна»
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)

Ельников
Роман Викторович

(подпись)

6 ноября 2024 г.
(дата)

Адрес: 107078, г. Москва, Хоромный тупик, д. 4, стр. 1.
Тел.: +7 495 623-40-22
E-mail: elnikov_rv@mail.ru

Верно
Заместитель начальника
по управлению персоналом