



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
(АО «НПО Лавочкина»)



Ленинградская ул., д. 24, г. Химки,
Московская область, 141402
ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566

Тел. +7 (495) 573-56-75, факс +7 (495) 573-35-95
e-mail: npol@laspace.ru
www.laspace.ru

от 18 ОКТ 2019 № 517/25389
на № _____ от _____

Учёному секретарю
диссертационного совета
Д 212.125.12
на базе Московского
авиационного института
к.т.н.

Старкову А.В.

125993, г. Москва,
Волоколамское ш., д.4, А-80, ГСП-3

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научной работе
д.т.н., профессор



С.Н. Шевченко

С.Н. Шевченко

« 10 2019 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО «НПО Лавочкина») на диссертационную работу Разумного Владимира Юрьевича «Методика выбора орбитального построения космического комплекса технического обслуживания на орбитах», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)

В диссертационной работе Разумного Владимира Юрьевича решается важная научно-техническая задача баллистического обоснования космического комплекса для технического обслуживания различных группировок космических аппаратов (КА), находящихся на компланарных и/или некомпланарных орбитах.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 30 / 10 2019

Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время на околоземной орбите находится более тысячи дорогостоящих спутников различного назначения, имеющих ограниченный срок активного существования, обусловленного недолговечностью отдельной бортовой аппаратуры и мелкими неисправностями, а также неизбежным расходом топлива, необходимого для поддержания и коррекции орбиты. Все эти проблемы приводят к тому, что КА отправляются на орбиты захоронения, что приводит к очередному загрязнению околоземного космического пространства, а также увеличению бюджета и времени выполнения миссии из-за дополнительных затрат, связанных с изготовлением и запуском новых спутников. Техническое обслуживание работающих на орбите и ремонт нефункционирующих КА значительно повысит продолжительность активного существования спутников и, в частности, уменьшит количество потенциального космического мусора.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 107 наименований. Текст диссертации изложен на 150 страницах, включает 35 рисунков и 25 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, отмечены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту, а также сведения об апробации полученных результатов.

В первой главе сформулирована постановка научной задачи, решаемой в диссертационной работе как орбитального построения перспективного космического комплекса технического обслуживания и методический подход к ее решению по критерию минимума необходимого числа орбитальных станций (ОС) в составе космического комплекса технического обслуживания (ККТО) на основе минимизации затрат суммарной характеристической скорости на перелеты отделяемых от ОС орбитальных модулей (ОМ) в окрестности обслуживаемых КА.

Предложен методический подход к решению сформулированной задачи выбора орбитального построения ККТО на основе ее декомпозиции на частные задачи проектирования орбит станций в составе ККТО, планирования обслуживания целевых КА с помощью отделяемых от ОС орбитальных модулей и расчета маневров перевода ОМ с орбит ОС в окрестности требуемых обслуживаемых КА с учетом их возвращения на борт ОС, а также выявления закономерностей относительного изменения отклонений долгот восходящих узлов орбит обслуживаемых КА и их целенаправленного применения для решения указанных задач.

Во второй главе приводится описание основных теоретических положений разработанной методики выбора орбитального построения ККТО применительно к каждой из выделяемых частных задач – задаче проектирования орбитального построения, задаче планирования

обслуживания целевых КА и задаче оценки затрат на перелеты орбитального модуля.

Получено решение задачи проектирования ККТО с выбором орбит ОС на основе анализа портрета отклонений долгот восходящих узлов орбит обслуживаемых КА с точки зрения минимизации необходимого числа ОС в составе ККТО с учетом имеющихся ограничений на время обслуживания и энергетические характеристики, как в части запаса суммарной характеристической скорости на борту каждого ОМ, так и в части суммарного запаса характеристической скорости на борту ОС.

На основе анализа портрета отклонений долгот восходящих узлов орбит обслуживаемых КА для заданного (оптимального) орбитального построения ККТО получено решение задачи планирования оптимальных перелетов ОМ между орбитальными станциями ККТО и обслуживаемыми КА при обеспечении минимальных затрат суммарной характеристической скорости ОМ.

В пространстве отклонений большой полуоси и эксцентриситета выявлены области локализации оптимальных решений для случая маневрирования с малой тягой. На основе применения теории базис-вектора разработан метод определения параметров оптимального маневрирования при перелете между компланарными орбитами, позволяющий уменьшить необходимую величину характеристической скорости на перелет ОМ, оснащенного двигателем малой тяги, в окрестность обслуживаемого КА по сравнению с применением известных аналогичных методов.

Третья глава содержит описание созданного комплекса программного обеспечения для решения задачи выбора рациональных вариантов орбитального построения космического комплекса технического обслуживания на орбитах.

Проведено численное моделирование возможных вариантов орбитального построения ККТО для двух принципиальных случаев:

- 1) целевые КА имеют близкие высоты и их орбиты разнесены по существенно разным долготам восходящего узла;
- 2) целевые КА находятся на разных высотах, что приводит к многочисленным пересечениям их орбит по долготе восходящего узла в течение заданного периода времени обслуживания.

Приведено подробное описание практических примеров расчета рациональных вариантов орбитального построения ККТО по заданным исходным данным для двух типовых случаев обслуживания КА на близких или существенно отличающихся по высоте (большой полуоси) орбитах. Получены и представлены рациональные варианты орбитального построения космического комплекса технического обслуживания применительно к заданным вариантам обслуживаемых группировок КА. Приведены оптимальные схемы перелетов орбитальных модулей в районы обслуживания целевых КА и соответствующие оценки суммарной характеристической скорости для обеспечения перелетов ОМ в окрестности

обслуживаемых КА с учетом возвращения ОМ на орбитальные станции.

Обосновано направление дальнейшего развития разработанного методического и программно-алгоритмического аппарата на основе предложенного способа выбора орбитального построения космического комплекса технического обслуживания на эллиптических и круговых нодально-синхронных орбитах, обеспечивающего минимизацию необходимого суммарного запаса характеристической скорости при обслуживании КА, расположенных на существенно отличающихся по наклонению и долготе восходящего узла орбитах.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты:

1. Новый методический подход к проектированию орбит ОС в составе ККТО, включая обоснованный выбор минимально необходимого числа станций и модулей для обслуживания заданной группировки целевых КА, и планированию обслуживания целевых КА на основе выявления и целенаправленного использования закономерностей относительного изменения отклонений долгот восходящих узлов орбит обслуживаемых КА.

2. Новые технические решения по оценке минимально необходимых затрат характеристической скорости для перелета орбитальных модулей в окрестность обслуживаемых целевых КА, движущихся по орбитам с отличающимися высотами и/или долготами восходящих узлов.

3. Новый способ орбитального построения космического комплекса технического обслуживания КА на основе использования нодально-синхронных орбит.

Достоверность и обоснованность результатов определяется корректностью постановки задачи, адекватностью используемых математических моделей реальным условиям функционирования КА с обоснованной долей приближения, применением известных и хорошо изученных методов, применением разработанных и обоснованных автором специальных технологий, совпадением полученных численных результатов с результатами других авторов в известных частных случаях.

Практическое значение полученных результатов состоит в создании отсутствовавшего до настоящего времени методического и программно-алгоритмического обеспечения баллистического проектирования перспективного космического комплекса технического обслуживания. В работе впервые приведены важные для практики численные оценки возможности орбитального построения такого космического комплекса и эффективности его функционирования на примерах обслуживания заданных группировок целевых КА.

Апробация диссертационной работы и публикации

Результаты диссертационной работы докладывались и получили одобрение на 9-ти международных и российских научных конференциях. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 10 печатных

работах, в том числе в четырех работах в журналах из перечня ВАК, в четырех источниках, индексируемых в базе данных Scopus, и одном препринте. Также получен один патент на изобретение.

Автореферат имеет четкую логическую структуру и в полной мере отражает содержание диссертации. В автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показаны вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость приведенных результатов исследований, содержатся сведения об организации, в которой выполнена диссертация, об оппонентах и ведущей организации, о научном руководителе соискателя ученой степени, приведен список публикаций автора, в которых отражены основные научные результаты диссертации.

Отметим следующие **недостатки** данной диссертационной работы:

1. Автором приведен и достаточно подробно описан пример проектирования орбит ОС для обслуживания функционирующих целевых КА «Глобалстар» на заданном продолжительном интервале времени с последовательными некомпланарными перелетами к ближайшим КА. Однако, пример проектирования орбитального построения ККТО с учетом срока активного существования каждого КА отсутствует, поскольку рассматриваемые спутники «Глобалстар» запускались в разное время и в каждой плоскости имеются как «старые» спутники, так и спутники, запущенные значительно позже.

2. В ходе исследования был разработан метод определения параметров оптимального маневрирования с малой тягой для перелета между компланарными орбитами. Однако, в рассмотренном примере выбора орбитального построения ККТО для обслуживания спутников «Глобалстар» при решении задачи оценки все расчеты приводятся для случая импульсной модели маневров.

3. В последнем подразделе диссертации приведены теоретические положения по проектированию орбит ОС на нодально-синхронных орбитах, но не рассмотрено ни одного практического примера его использования.

4. Многие рисунки в третьем разделе диссертации представляются перегруженными, что затрудняет восприятие графической информации.

5. В тексте диссертации и автореферата присутствует ряд грамматических и стилистических ошибок.

Указанные недостатки не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Рекомендуем их учесть при проведении дальнейших исследований.

Диссертация имеет научно-практическое значение и полностью соответствует паспорту специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Разумного Владимира Юрьевича «Методика выбора орбитального построения космического комплекса технического обслуживания на орбитах» представляет собой завершенную научно-

квалификационную работу, содержащую решение актуальной научной задачи, имеющей важное научное и практическое значение для развития космической отрасли. Работа соответствует паспорту специальности 05.07.09 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

На основании текстов диссертации и автореферата можно сделать вывод о том, что работа Разумного Владимира Юрьевича является научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Разумный Владимир Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

Математик 2-ой категории
отдела баллистики и навигации,
кандидат технических наук



Гордиенко Евгений Сергеевич

Ведущий математик
отдела баллистики и навигации,
кандидат технических наук



Симонов Александр Владимирович

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании Научно-технического совета АО «НПО Лавочкина» протокол № Р9-19 от 4 октября 2019 года.

Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО "НПО Лавочкина")

Почтовый адрес: 141402, РФ, г. Химки, Московская область, Ленинградская ул., д. 24.

Телефон: +7 (495) 573-56-75

Официальный сайт: <http://www.laspace.ru/>

Электронная почта: npol@laspace.ru