

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зубко А. В. на тему «Особенности использования гравитационных манёвров и резонансных орбит для расширения возможностей исследования Венеры и малых небесных тел», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»; 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

В настоящее время в России и мире существует достаточно большое количество проектов космических исследовательских миссий, направленных на изучение различных небесных тел Солнечной системы, в том числе планет земной группы и околоземных астероидов.

Диссертационное исследование, выполненное Владиславом Александровичем Зубко, посвящено изучению проблемы проектирования межпланетных траекторий к Венере и малым небесным телам при использовании гравитационного маневра у Венеры, предназначенного для формирования резонансных (по отношению к Венере) гелиоцентрических орбит. В основе данной работы лежит стремление к повышению научной эффективности межпланетных миссий. Таким образом, актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений.

Судя по автореферату, построение работы логично. В ней освещены следующие ключевые вопросы.

В первой главе кратко рассмотрена история исследований Венеры советскими и иностранными космическими аппаратами, а также проведён анализ современных миссий по исследованию Венеры. Рассмотрен вопрос приоритета в выборе мест посадки на поверхность Венеры с точки зрения их научной значимости. Сделан обзор существующих и перспективных способов решения задачи обеспечения посадки в заданную область, не реализуемой в рамках стандартного подхода.

Вторая глава посвящена описанию методики использования гравитационного маневра у Венеры и резонансных гелиоцентрических орбит для проектирования траекторий перелета от Земли к Венере с посадкой в заданную область её поверхности.

В третьей главе диссертационной работы представлены основные численные результаты, полученные с использованием разработанной методики. Проанализированы энергетические и временные затраты миссий, осуществлена оценка достижимых областей посадки на поверхности Венеры для окон старта в 2029 — 2034 годах, а также приведён пример построения траектории перелёта КА с посадкой в заданный регион (Велламо-Юг).

Четвертая глава посвящена проблеме повышения научной эффективности разработанной космической миссии путем поиска возможных сближений КА на гелиоцентрической траектории с каким-либо малым небесным телом. Приведён пример траектории полета к Венере с облётом кометы Энке.

Полученные в работе результаты исследования отличаются определенной теоретической новизной. В частности, разработана работоспособная и оригинальная методика проектирования траекторий полёта к Венере с гравитационным манёвром у неё, позволяющая определять допустимые области посадки, а также производить оценку энергетических и временных затрат миссии.

Несомненна и определенная практическая значимость результатов диссертационного исследования. Так, разработанная в работе методика была применена в проекте «Венера-Д», построены траектории полёта к Венере с использованием гравитационного маневра для расширения возможных областей посадки.

Обоснованность правильности решения и достоверность результатов подтверждаются использованием адекватных математических моделей движения и используемых допущений на всех участках движения КА, использованием апробированных численных методов для решения систем дифференциальных уравнений (метод Рунге-Кутты 8(9) порядка), задач нахождения безусловного минимума (метод дифференциальной эволюции, метод BFGS), а также сравнением конечных численных результатов, полученных с использованием разработанной методики, с решениями, полученными в программном комплексе GMAT.

Вместе с тем, судя по автореферату, работа не лишена недостатков. В соответствии с изложенной схемой полёта, гелиоцентрическая траектория движения КА после гравитационного манёвра у Венеры представляет из себя резонансную (по отношению к Венере) орбиту, характеризующуюся отношением целых чисел витков вокруг Солнца КА и планеты. Несомненно, такой подход упрощает методику проектирования межпланетных траекторий рассматриваемого класса, однако он, на наш взгляд, существенно сужает область поиска оптимальных траекторий входа в атмосферу Венеры. Нам представляется, что работа значительно выиграла бы, если бы автор ввёл бы в рассмотрение не только резонансные гелиоцентрические орбиты попадания в Венеру, но и траектории с произвольными периодом обращения.

Указанное замечание не снижает общий научный уровень представленной работы. Автореферат и научные публикации автора позволяют сделать вывод, что диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно на высоком научном уровне. Впервые приведены результаты, позволяющие их квалифицировать как решение новой научной задачи. 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 Зубко А. В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»; 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 Зубко Владислава Александровича.

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)

2024 г.



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
ОТДЕЛА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ

А.В.СЕЛИВЕРСТОВА

Адрес: 107078, г. Москва, Хоромный тупик, д. 4, стр. 1.

Тел.: +7 495 623-40-22

E-mail: elnikov\_rv@mail.ru