

Отзыв научного руководителя

на диссертационную работу Юн Сон Ук на тему «Оптимизация траекторий космического аппарата с электроракетной двигательной установкой при наличии возмущающих ускорений», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Юн Сон Ук является выпускником кафедры Московского авиационного института (МАИ) «Космические системы и ракетостроение». Он в 2020 году окончил с отличием программу магистратуры МАИ по направлению подготовки «Ракетные комплексы и космонавтика». После окончания магистратуры Юн Сон Ук зачислен в аспирантуру кафедры и работает в студенческом космическом конструкторском бюро МАИ в должности инженера. В ходе работы над диссертацией Юн Сон Ук продемонстрировал глубокие знания в области механики космического полета, теории оптимального управления, численных методов и программирования при решении сложных задач оптимизации траекторий космических аппаратов с малой тягой. Следует отметить отличную математическую подготовку аспиранта и его склонность к глубокому анализу научно-технических проблем, что способствовало успешному выполнению аспирантом плана работы над диссертацией. Успехи Юн Сон Ук за время обучения в аспирантуре были отмечены присуждением ему в 2022/2023 учебном году стипендии Президента Российской Федерации.

За время работы над диссертацией аспирант провел большой объем работы по разработке и совершенствованию методов оптимизации траекторий космических аппаратов с электроракетными двигательными установками с учетом воздействия возмущающих ускорений. Основным результатом проведенного аспирантом исследования можно считать разработанную им методику оптимизации возмущенных траекторий перелета космических аппаратов с электроракетными двигательными установками, успешно примененную для оптимизации многовитковых межорбитальных перелетов,

перелетов к Луне и межпланетных перелетов. Значительные усилия аспиранта были направлены на обеспечение вычислительной устойчивости и сходимости разработанных методов, а также на обеспечение автоматизации процесса вычисления оптимальных решений. Разработанная Юн Сон Уком методика основана на использовании принципа максимума Л.С. Понтрягина, метода продолжения и высокоточного дифференцирования с использованием алгебры комплексных дуальных чисел. Следует отметить значительный вклад аспиранта в разработку методики и программного обеспечения для вычислений в комплексной дуальной области, которые позволили вычислять требуемые при оптимизации траекторий первые и вторые производные сложных функций с точностью сопоставимой с точностью вычисления самих функций. Реализованная методика позволила вычислять требуемые производные простым переопределением типов данных, используемых при вычислении функций и обеспечила возможность автоматизации процесса подготовки математической модели оптимального движения при использовании принципа максимума и метода продолжения, а также обеспечила улучшенную сходимость численных методов оптимизации. К числу научных достижений следует отнести успешное применение вновь введенной угловой независимой переменной (вспомогательной долготы) в качестве независимой переменной, позволившей решить задачу вычисления оптимального соотношения между угловой дальностью и длительностью перелета; использование коллинеарных точек либрации в качестве точек стыковки участков траектории при оптимизации траекторий перелета к Луне и межпланетных перелетов, разработку методики сквозной оптимизации траекторий перелета между околоземной и окололунной орбитами.

В настоящее время диссертационное исследование Юн Сон Ук можно считать завершенным. Юн Сон Ук опубликовал 16 научных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, входящих в Перечень ВАК и МРБД и 3 статьи в журналах, входящих в первый квартиль в международной системе цитирования Web of Science. В публикациях отражены основные научные

положения диссертационного исследования. Разработанные аспирантом методики и полученные с их помощью результаты могут быть с успехом применены при проведении проектно-баллистического анализа перспективных космических миссий. Среди результатов аспиранта, имеющих важное практическое значение, следует отметить разработку эффективного метода оптимизации возмущенных траекторий межорбитального перелета с очень большим числом витков, методику сквозной оптимизации траекторий перелета в системе Земля-Луна и показанную им возможность значительного снижения требуемых затрат рабочего тела при выполнении межпланетных перелетов за счет учета притяжения планет и Солнца на всех участках траектории при оптимизации траектории.

Рассматривая диссертационную работу как квалификационную, считаю, что ее автор, Юн Сон Ук является квалифицированным специалистом в области проектирования и оптимизации траекторий космических аппаратов и, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Научный руководитель, первый заместитель
директора по науке Научно-
исследовательского института прикладной
механики и электродинамики МАИ,
профессор кафедры «Космические системы
и ракетостроение», д.т.н. член-
корреспондент РАН



В.Г. Петухов

09.06.2023

Подпись Петухова В.Г. заверяю

Директор Научно-исследовательского
института прикладной механики и
электродинамики МАИ



Г.А. Попов