

Отзыв научного руководителя  
на диссертационную работу Запевалина Павла Романовича  
«Определение орбит космических аппаратов по данным глобальных  
навигационных спутниковых систем»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук  
по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Целью диссертационной работы П.Р. Запевалина является построение, разработка и апробация алгоритмов определения орбит космических аппаратов по данным глобальных навигационных спутников систем (ГНСС). Для достижения поставленной цели диссертант должен был решить следующие задачи:

1. Разработать высокоточную модель движения космических аппаратов на низких околоземных орбитах и высокоточную модель наблюдений глобальных навигационных спутников систем с учётом всех возможных эффектов, влияющих на распространение сигнала от навигационного спутника к приемнику.
2. Исследовать существующие и разработать новые алгоритмы определения и фиксации целочисленных неоднозначностей фазовых измерений глобальных навигационных спутниковых систем; реализовать данные алгоритмы.
3. Разработать программное обеспечение для реализации алгоритмов определения орбит космических аппаратов по данным ГНСС. Провести апробацию реализованных алгоритмов на синтетических и реальных наблюдениях ГНСС.
4. Исследовать возможности использования глобальных навигационных спутниковых систем для различных типов орбит.

5. Исследовать существующие и разработать новые алгоритмы определения ориентации космических аппаратов в целях улучшения точности определения орбиты и качества научных результатов космических миссий; реализовать данные алгоритмы.

Диссертант самостоятельно разработал методики, алгоритмы и программно-вычислительный комплекс для обработки ГНСС наблюдений и уточнения орбит космических аппаратов. Для высокоточного определения орбиты КА по данным ГНСС необходимо использовать фазовые измерения. Их ошибка составляет всего несколько мм. Однако при их использовании возникает сложность, связанная с разрешением фазовых неоднозначностей и пропусками циклов. Работ, посвящённых методам разрешения фазовых неоднозначностей, в отечественной литературе не так много. Надо отметить, что универсального и достоверного метода, способного зафиксировать абсолютно все фазовые неоднозначности не существует до сих пор, и работы в этой области продолжаются по нынешний день. Поэтому, диссертационная работа П.Р. Запевалина является важным шагом в данном направлении.

П.Р. Запевалиным самостоятельно разработан метод фиксации фазовых неоднозначностей ГНСС измерений и метод уточнения определения ориентации по звездным датчикам; осуществлена программная реализация высокоточного численного моделирования движения КА, обработки траекторных измерений, методов уточнения орбиты и ориентации КА. Полученные результаты и программный комплекс важны и необходимы для реализации многих космических проектов, в которых требуется знать точное положение и ориентацию аппарата в пространстве.

Результаты работы изложены в трёх рецензируемых печатных изданиях. Достоверность результатов П.Р.Запевалина подтверждается сравнением орбит КА, вычисленным по программам диссертанта и по данным, полученным с использованием другого, проверенного, программного обеспечения Bernese.

П.Р.Запевалин пришёл на кафедру небесной механики, астрометрии и гравиметрии на третьем курсе в 2016 г. С 2017 г. по настоящее время он являлся и является членом научных коллективов, выполнявших государственные контракты с АО «ЦНИИмаш»: «Вызов», «Развитие», «Геософт» и активно участвовал в разработке программ, подготовке научно-технических отчетов, программной документации. В частности, он занимался разработкой программ определения орбит низкоорбитальных гравиметрических КА по данным GPS, и показал себя грамотным специалистом, способным решать сложные задачи. Им самостоятельно разработан программно-вычислительный комплекс LOIS (Low Orbit Improvement Software), необходимый для определения орбит низкоорбитальных КА типа GRACE и GOCE. Частично результаты работы по указанным госконтрактам представлены в диссертационной работе.

Занимаясь научными задачами, он не забывал об учёбе. За время обучения на физическом факультете МГУ имени М.В.Ломоносова по всем предметам получал оценки «хорошо» и «отлично», полностью и в срок выполнил программу обучения в аспирантуре. Согласно плану обучения в аспирантуре подготовил и представил научно-квалификационную работу под названием: «Определение орбит искусственных спутников Земли по данным глобальных навигационных спутниковых систем», которая была переработана в диссертационную работу.

Считаю, что диссертация П.Р. Запевалина «Определение орбит космических аппаратов по данным глобальных навигационных спутниковых систем», удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым МГУ к кандидатским диссертациям, и может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (физико-математические науки).

Научный руководитель

Доктор физико-математических наук, профессор

Заведующий кафедрой небесной механики, астрометрии и гравиметрии  
физического факультета Московского государственного университета имени  
М.В.Ломоносова

Заведующий лабораторией гравиметрии Государственного астрономического  
института имени П. К. Штернберга Московского государственного  
университета имени М.В.Ломоносова

Жаров Владимир Евгеньевич

18 мая 2023 г.

Подпись В. Е. Жарова удостоверяю: