

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации М.В. Захваткина «Определение и прогнозирование параметров движения космического аппарата с учетом возмущений, вызванных работой бортовых систем», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

Тема навигации космических аппаратов (КА), которой посвящена диссертация М.В. Захваткина, в настоящее время безусловно является актуальной. Требования к точности знания параметров движения современных аппаратов повышаются как из-за усложнения выполняемых ими задач, так и в силу выбора более сложных траекторий полета. Ошибки навигации КА, как правило, возникают из-за недостаточно точного учета негравитационных возмущений. Такие возмущения зависят от особенностей конкретных аппаратов, поэтому в целом хуже изучены, чем возмущения гравитационной природы. Учет влияния наиболее существенных возмущений, связанных со световым давлением и работой двигателей КА, занимает основное место в работе М.В. Захваткина.

Диссертантом изучается движение КА, изменяющего свою ориентацию в пространстве при помощи двигателей-маховиков системы ориентации и стабилизации. Периодически маховики разгружаются при помощи реактивных двигателей, что приводит к возмущению движения центра масс аппарата. Подобное движение, например, характерно для ряда научных КА, базирующихся на платформе «Навигатор». М.В. Захваткиным разработана модель движения КА, возмущенного периодическими разгрузками. Между разгрузками движение рассчитывается согласно модели пассивного движения, ключевое место в которой занимает модель возмущений от светового давления, учитывающая форму аппарата и его ориентацию в пространстве. Параметрами модели выступают характеристики поверхности КА, отвечающие за ее оптические свойства. Помимо непосредственного расчета возмущающего ускорения центра масс разработанная диссертантом модель позволяет рассчитать момент этих сил относительно центра масс КА, что оказывается весьма полезным при оценке неизвестных параметров светового давления. Для уточнения совокупного набора параметров движения, включающего параметры светового давления и параметры проведенных разгрузок двигателей-маховиков, диссертантом используются как внешнетраекторные измерения, так и телеметрическая информация с борта аппарата. Последняя содержит данные о включениях реактивных двигателей во время разгрузок, а также данные о скоростях вращения двигателей-маховиков, позволяющие оценить действующий на аппарат возмущающий момент, а вместе с ним и параметры светового давления при помощи разработанной модели.

Предложенные в работе модели и методы были применены для решения задачи определения параметров движения КА «Спектр-Р». Проведенная апостериорная оценка точности показала многократное улучшение качества полученных орбиты по сравнению с моделью пассивного движения, не использующей результаты данной работы. Полученные результаты также подтверждаются дополнительными оценками, включающую проверку по лазерным измерениям дальности.

В части построения прогноза движения диссертантом разработан метод, учитывающий возмущения от предстоящих разгрузок двигателей-маховиков. При помощи разработанной модели момента светового давления и известной в будущем ориентации

аппарата рассчитывается прогноз накопления кинетического момента системы двигателей-маховиков. По кинетическому моменту системы определяется время и величина предстоящей разгрузки. На примере КА «Спектр-Р» показывается существенное повышение точности прогноза при использовании данного метода.

Диссертантом также предлагается математическая модель, позволяющая прогнозировать видимый блеск аппарата в зависимости от его ориентации. Основой для модели видимого блеска служит разработанная модель светового давления. Результаты исследования попутных фотометрических измерений КА «Спектр-Р» продемонстрировали согласование моделей между собой.

В целом диссертация имеет большую практическую значимость. Ее результаты были использованы в рамках баллистико-навигационного обеспечения КА «Спектр-Р», а также при навигационной привязки полученных аппаратом научных измерений. Точность полученных орбит позволила осуществить корреляцию интерферометрических измерений наземно-космического интерферометра. Помимо этого разработанные методы могут быть использованы для баллистико-навигационного обеспечения перспективных научных миссий «Спектр-РГ» и «Спектр-М». Полученная автором новая модель учёта светового давления может быть также использована в других задачах, требующих высокоточного определения по измерительной информации положения объекта в заданный момент времени. К их числу относится задача предупреждения столкновений космических объектов искусственного происхождения, находящихся на орбитах ИСЗ.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и содержит решение важной и сложной задачи, связанной с изучением динамики КА «Спектр-Р», а также ряда перспективных научных КА на схожей платформе. Результаты диссертации М.В. Захваткина полно представлены в его публикациях и правильно отражены в автореферате.

Считаю, что работа «Определение и прогнозирование параметров движения космического аппарата с учетом возмущений, вызванных работой бортовых систем» удовлетворяет Положениям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика, а ее автор заслуживает присуждение ему искомой степени.

Начальник сектора ОАО «МАК Вымпел»

д.т.н.

27.02.14

З.Н. Хуторовский

Подпись З.Н. Хуторовского заверяю

Ученый секретарь



(Митиняв К.М.)  
д.т.н.