

УДК 629.78

Определение движения свободно парящего тела внутри МКС по результатам обработки фото- и видео-информации

Алямовский Сергей Николаевич¹

sergey.alyamovskiy@rsce.ru

Беляев Михаил Юрьевич¹

Mikhail.Belyaev@rsce.ru

Иванов Данил Сергеевич²

ivanovds@keldysh.ru

Орлов Владислав Владимирович^{2(*)}

orlov.vv@keldysh.ru

Овчинников Михаил Юрьевич²

ovchinni@keldysh.ru

¹ ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Московская обл., Россия² ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

Аннотация. Описаны методики определения параметров трех видеокамер, используемых при проведении сеансов с НА «Дрейф», а также методики оценки их положения и ориентации относительно корпуса модуля МКС. Приведено описание алгоритма определения движения свободно парящих тел в виде тестовых шариков диаметром 100 и 50 мм. Проведен анализ результатов обработки фото- и видео информации, полученных во время проведения сеансов космического эксперимента «Вектор-Т» с НА «Дрейф». Выявлены основные факторы, влияющие на движение свободно-парящего тела, и проведена оценка точности примененных алгоритмов и методик обработки.

Ключевые слова: определение движения, групповой полёт, космический эксперимент

Введение. Задача оценки действующих на космические аппараты и космические станции негравитационных возмущений является важной и актуальной для высокоточного баллистико-навигационного обеспечения. Существующие модели аэродинамических сил на низких околоземных орбитах и модели сил солнечного давления требуют знания большого числа параметров, зависящих от солнечной активности, геомагнитного индекса, а также от отражающих свойств материалов поверхности космической станции и от свойств взаимодействия молекулярного потока с поверхностями. На практике эти модели характеризуются высокой степенью неопределенности, что может привести к значительным ошибкам при их использовании при прогнозе орбитального движения. Поэтому в настоящее время развиваются подходы, позволяющие получать экспериментальные оценки действующих негравитационных возмущений с использованием пробных тел внутри замкнутых объемов космических аппаратов или станций. Например, в работе [1] рассматривается космический эксперимент по определению квазистатических микроускорений на борту искусственного спутника Земли по результатам обработки видеоизображения объектов, совершающих свободное движение внутри космического аппарата «Фотон М-3». В работе [2] описаны вопросы методического обеспечения космического эксперимента «Вектор-Т» по слежению траектории дрейфа калиброванного твердого тела внутри герметичного отсека МКС.

Методы и материалы; результаты. В рамках настоящей работы проводится обработка видеоизображения движения свободно-парящего тела для получения оценки траектории внутри модуля МКС и вычисления действующих на тело ускорений. Сначала проводится оценка положения и ориентации каждой из трех камер в системе координат, связанной с модулем МКС, а также фокусное расстояние камер и коэффициенты дисторсии [3]. Эти параметры вычисляются с помощью соотнесения координат наблюдаемых на кадрах стационарных объектов внутри модуля и их изображения: согласно модели измерений камеры рассчитывается прогноз положения реперных точек на кадре, а на основе численного решения задачи минимизации разницы квадратов измерений и прогноза измерений оценивается вектор искомых параметров. Далее с помощью машинного обучения на последовательности кадров производится распознавание тестовых шариков, что дает информацию о траектории движения центра шариков на кадрах и его видимом диаметре. На основе этих данных с помощью формул проективной геометрии проводится оценка траектории движения объектов внутри модуля МКС.

Закключение. В результате анализа результатов обработки фото- и видео информации, полученных во время проведения сеансов космического эксперимента «Вектор-Т» с НА «Дрейф», были выявлены основные факторы, влияющие на движение свободно-парящего тела и проведена оценка точности примененных алгоритмов и методик обработки.

Список источников

- [1] Левтов В.Л., Романов В.В., Богуславский А.А., Сазонов В.В., Соколов С.М., Глотов Ю.Н. Математическая обработка результатов эксперимента «Динамика-М», проведенного на борту КА Фотон М-3. *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*, 2008, № 65, 27 с.
- [2] Беляев М.Ю., Кудрявцев С.И., Рулёв Д.Н., Крылов А.Н., Батырев Ю.П., Алямовский С.Н. Исследование возможных траекторий дрейфа калиброванного твердого тела внутри герметичного объема МКС при проведении эксперимента «Вектор-Т». *Космическая техника и технологии*, 2022, № 36 (1), с. 21–35.
- [3] Коптев М.Д., Прошунин Н.Н., Иванов Д.С. Определение движения макетов системы управления микроспутников на аэродинамическом столе с использованием видеокамеры. *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*, 2015, № 109, 32 с.