

**Автономное определение орбиты космического аппарата на борту по данным автономной системы навигации**

**Научный руководитель – Сазонов Василий Викторович**

**Марчук Федор Юрьевич**

*Аспирант*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет космических исследований, Москва, Россия

*E-mail: f.marchuk@inbox.ru*

В последние десятилетие бурно развивается разработка и запуск малых космических аппаратов, и существенно расширился круг решаемых ими научных и прикладных задач. Для решения многих таких задач важным является знание точных параметров орбиты, поэтому задача разработки аппаратно-программных решений для определения параметров орбиты на борту малого космического аппарата является актуальной.

В рамках данной работы выбран подход, основанный на использовании данных о положении космического аппарата, получаемых с наземных станций наблюдения. Собранные измерения служат входными данными для фильтра Калмана, позволяющего рассчитывать оценку текущего состояния и прогнозирование траектории движения аппарата. При этом процесс прогнозирования осуществляется итеративно: по мере поступления новых измерений с наземных систем осуществляется периодическая корректировка оценок состояния, что способствует повышению точности предсказаний.

Методология исследования включает следующие ключевые компоненты: формализация вектора состояния, включающего координаты и скорости в выбранной системе отсчёта; построение модели динамики движения с учётом главных возмущающих сил (центральная гравитация, атмосферное сопротивление для низких орбит, при необходимости — невязки от малых возмущений); статистику погрешностей измерений. Для фильтрации используется вариант дискретного фильтра Калмана / расширенного фильтра Калмана для учёта нелинейностей модели, с процедурой адаптивного уточнения ковариаций шума при наличии неоднородных и прерывистых измерений.

Практическая часть работы включает реализацию алгоритма прогнозирования и оценки состояния космического аппарата в виде программного модуля. Проверка работоспособности алгоритма проводится с использованием примеров реальных траекторий космических аппаратов, на основе которых формируются сценарии прогнозирования движения и восстановления орбитальных параметров. Это позволяет анализировать устойчивость и точность работы алгоритма в условиях, близких к реальным задачам орбитальной навигации.

В рамках вычислительных экспериментов рассматриваются различные сценарии поступления измерительной информации, включая разреженные наблюдения и временные пропуски данных. Качество оценки орбитального состояния анализируется по ряду критериев, среди которых среднеквадратичная ошибка определения положения и скорости космического аппарата, согласованность оценочной ковариации, а также вычислительная эффективность алгоритма, включая время выполнения и требования к объёму памяти.

Ожидаемые результаты работы связаны с демонстрацией применимости методов фильтрации Калмана для автономного определения и прогнозирования орбит космических аппаратов в условиях ограниченных вычислительных ресурсов и разреженных измерений. Научная новизна работы заключается в адаптации классического алгоритма фильтрации к условиям функционирования малых космических аппаратов, а также в исследовании

влияния структуры и частоты поступления измерений на устойчивость и точность оценки орбитальных параметров.