

УДК 681.2.083

Оценка точности совмещенной системы траекторных измерений методом математического моделирования

Киреев Дмитрий Сергеевич^(*)

kirey.7051996@yandex.ru

Сафронов Сергей Александрович

safronov65@mail.ru

ФГБУ «4 ЦНИИ» Минобороны России, Королёв, Московская обл., Россия

Аннотация. Проведена оценка потенциальной точности совмещенной системой траекторных измерений, включающей устанавливаемую на борт контролируемого объекта навигационную аппаратуру потребителей, работающую по сигналам ГНСС, и комплекс наземных радиолокационных станций. Оценка проводилась методом математического моделирования для высотных динамических объектов. Подтверждена эффективность совмещенной системы траекторных измерений, особенно в условиях наличия сбоев в измерениях по навигационным КА, возникающим из-за работы средств РЭБ.

Ключевые слова: испытания, измерительный комплекс, траектория, спутниковая навигация, радиолокация, модель, погрешность, сбойные измерения, точность

Введение. При проведении испытаний высотных динамических объектов для получения траектории контролируемого объекта используется навигационная аппаратура потребителей сигналов ГНСС (НАП), устанавливаемая на борт и обеспечивающая получение первичных измерений по навигационным КА (НКА). В последнее время эффективность применения НАП снизилась, что связано с негативным влиянием средств РЭБ, попадающих в поле зрения приемных антенн НАП по мере набора высоты объектом. Одним из путей выхода из сложившейся ситуации является использование существующего комплекса радиолокационных станций (РЛС), расположенных в районе старта и по трассе пуска с целью замещения выпадающих из-за влияния помех измерений по НКА и контроля оставшихся НКА на наличие сбоев в измерениях.

Методы и материалы; результаты. Основным методом проведения исследований является математическое моделирование, в ходе которого формируется траектория движения контролируемого объекта, далее в каждой точке траектории определяется наблюдаемое созвездие НКА и множество РЛС, по которым получены измерения, после чего формируется уравнение наблюдения с учетом согласованных моделей погрешности по НКА и РЛС. Оценка точности решения навигационной задачи проводится с использованием ковариационной матрицы погрешности, определяемой при решении навигационной задачи методом наименьших квадратов [1] и защищенного уровня точности, оцениваемого с использованием разработанных алгоритмов поиска и исключения измерений, содержащих сбой (FDE-алгоритмов) [2]. Особенностью используемых в модели FDE-алгоритмов является то, что РЛС образуют группу доверенных источников информации, измерения которых не подле-

жат контролю, они считаются более достоверными в сравнении с измерениями по НКА.

В ходе исследования подтверждена корректность алгоритмов поиска и исключения сбоев при наличии доверенных источников информации. Показана высокая потенциальная точность совмещенной траекторной системы, добавление данных РЛС дает существенный выигрыш, особенно при наличии сбойных НКА или выпадения НКА из рабочего созвездия вследствие воздействия помех.

Заключение. Полученные в ходе исследования результаты позволяют сделать вывод о перспективности данного направления совершенствования комплекса траекторных измерений. Наземный комплекс РЛС в автономном режиме имеет низкие точности решения навигационной задачи, однако добавление измерений РЛС, нижняя полусфера, к измерениям по НКА, верхняя полусфера, приводит к значительному (до 35 %) снижению геометрического фактора, также использование измерений РЛС в качестве опорных повышает эффективность поиска и исключения НКА, содержащих сбой.

Список источников

- [1] Сафронов С. Теоретические основы обнаружения сбойных измерений. *Двойные технологии*, 2020, № 2, с. 28–38.
- [2] *EU-U.S. Cooperation on Satellite Navigation. Working Group C. ARAIM Technical subgroup, Advanced RAIM Reference Airborne Algorithm Description Document (ARAIM ADD)*. NASA-ESA, 2022.