

Исследование точности определения орбит космических аппаратов ГЛОНАСС при различных обстоятельствах наземных наблюдений*

В.В. Шатохин¹, В.А. Авдюшев¹

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Исследовано влияние условий наземных наблюдений на точность определения орбит навигационного космического аппарата ГЛОНАСС. Вводится показатель позиционной точности. На основании результатов исследования показано, при каких условиях наблюдений, в том числе оптимальном размещении наземных станций слежения, плотности наблюдений и мерном интервале, может быть достигнута наилучшая точность определения местоположения космических аппаратов.

Ключевые слова: искусственные спутники Земли, ГЛОНАСС, определение орбиты, измерения дальностей, позиционная точность.

Введение

При эксплуатации глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), к которым относятся и российская ГЛОНАСС, необходимо обеспечить непрерывное высокоточное определение фактического местоположения каждого навигационного космического аппарата (НКА) в любой момент времени. От точности определения положения каждого НКА напрямую зависит точность определения ГНСС-приемником местоположения пользователя, которое осуществляется по навигационным сообщениям, передаваемым с навигационных спутников.

Вычисление координат (эфемерид) каждого НКА осуществляется непрерывно на бортовом компьютере численной моделью движения с исходными параметрами, которые рассчитываются наземным комплексом управления (НКУ) и передаются по радиосвязи на борт НКА. В то же время расчет исходных параметров НКА в НКУ выполняется по траекторным измерениям НКА с наземных станций слежения.

Вместе с тем известно, что траекторные измерения содержат ошибки разнообразной природы, которые вызывают ошибки в параметрах НКА при обработке измерений. Однако параметрические ошибки могут быть уменьшены за счет увеличения общего количества проведенных измерений, что может быть достигнуто, в частности, расширением сети станций слежения, с тем чтобы обеспечить непрерывное наблюдение за НКА и, как следствие, высокоточное определение параметров его движения.

Цель настоящей работы – оценка влияния различных условий наземных наблюдений на точность определения орбит НКА ГЛОНАСС. В работе вводится показатель позиционной точности. Описываются численные эксперименты по исследованию позиционной точности в зависимости от обстоятельств измерений со станций слежения. Анализируются результаты численных экспериментов.

1. Показатель позиционной точности

При определении орбиты НКА из траекторных измерений необходимо учитывать неопределенность, которая вызывается случайными ошибками измерений. Для оценки этой неопределенности можно использовать ковариационную матрицу, которая описывает параметрическую неопределенность в рамках линеаризированной обратной задачи [1].

Для исследования точности определения положения НКА (позиционной точности) в зависимости от условий наблюдения в начальном приближении допустимо рассматривать орбитальное движение НКА в рамках задачи двух тел. Поскольку цель исследования заключалась в оценке изменения точности определения орбитальных параметров НКА при различных условиях наблюдений (различных вариантах размещения станций слежения, периоде наблюдений и др.), представляется, что характер изменения показателей позиционной точности в модели невозмущенного

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSWM-2024-0005).