

К.С. Козелкова, к.т.н., с.н.с., Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління

АНАЛІЗ СЕАНСІВ РАДІОКОНТРОЛЮ ОРБИТИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ТОЧНОСТІ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ УТОЧНЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ КА

Вступ. Ефективність застосування космічних апаратів (КА) оптико-електронного спостереження (ОЕС) безпосередньо залежить від точності визначення їх параметрів руху. Уточнення параметрів руху КА здійснюється шляхом статистичної обробки вимірювань поточних навігаційних параметрів (ВПНП). При такій обробці мають місце дві похибки: випадкова - обумовлена випадковими помилками вимірювальної інформації і методична - обумовлена систематичними помилками вимірювальної інформації і помилками моделі руху КА. Для підвищення точності вирішення задачі уточнення необхідно зменшувати обидві складові похибки.

Зменшення впливу випадкової похибки здійснюється шляхом накопичення вимірювань поточних навігаційних параметрів з подальшою їх статистичною обробкою, тобто ряд сеансів зв'язку задіюється для проведення радіоконтролю орбіти (РКО).

Вплив методичної похибки (похибок моделі) безпосередньо залежить від часу прогнозування параметрів руху КА. Для її зменшення необхідно скорочувати часовий інтервал прогнозування, тобто зменшувати час накопичення вимірювальної інформації (зменшувати число витків РКО).

Слід також враховувати, що для максимально можливого використання КА за цільовим призначенням при однопунктній технології необхідно зменшувати кількість сеансів зв'язку, що забезпечують тільки процес управління, зберігаючи при цьому необхідну точність.

Таким чином, актуальним є завдання оптимального вибору сеансів радіоконтролю орбіти, який забезпечував би максимальну точність рішення задачі уточнення параметрів руху КА при мінімумі задіяних для пошуку даного рішення сеансів зв'язку.

Основна частина. У роботах М.А. Агаджанова, П.Є. Ель'ясберга, Б.Ф. Жданюка, Г.С. Наріманова детально розглянуті питання організації процесу балістичного забезпечення польотів космічних апаратів, перш за все це питання визначення руху центру мас КА за результатами траєкторних вимірювань. Проте обмеження території України не дозволяє повною мірою застосовувати відомі рекомендації.

В даний час для вирішення задачі уточнення параметрів руху КА здійснюється накопичення вимірювальної інформації в 6-ти сеансах РКО, що відповідає 22-розум виткам орбітального польоту. При цьому висновок про доцільність "використання" певного витка для РКО робиться на підставі

величини кута місця на параметрі для даного витка, зокрема прагнуть чергувати висхідні і низхідні витки.

Як показує практика балістико-навігаційного забезпечення (БНЗ) управління КА “Січ-1”, в період підвищеної сонячної активності на момент закінчення терміну дії попередніх початкових умов (ПУ), тобто перед черговим уточненням параметрів руху, відхилення за часом прогнозованого і псевдо-реального положення КА на орбіті може скласти близько 6-ти секунд. Що відповідає зсуву КА уздовж орбіти на величину до 50-ти км. Якщо КА знаходиться на нижчій орбіті, чим “Січ-1”, то через більший вплив атмосфери відхилення між прогнозованими і псевдо-реальними параметрами руху будуть ще більші. Так в процесі БНЗ управління КА “АУОС-СМ-КФ” відхилення за часом знаходження КА в певній точці орбіти перед черговим уточненням параметрів руху досягали величини близько 20-ти секунд, що відповідає зсуву КА уздовж орбіти на величину близько 150-ти км. Отже, при використанні апаратури ОЕС з шириною смуги огляду 10 км після 22-х витків орбітального польоту КА з параметрами орбіти схожими з “Січ-1” – відхилення прогнозованого від псевдо-реального положення КА на орбіті перевищить значення ширини смуги огляду (перевищить 10 км). Тобто ефективність системи спостереження в цілому знизиться практично до нуля.

На підставі приведених фактів можна зробити висновок, що для перспективних засобів ОЕС накопичення ВПНП на 6-ти витках РКО не прийнятно, оскільки за цей час методична похибка перевищить розміри смуги огляду. Тобто необхідно зменшувати число витків РКО.

З іншого боку, зменшення числа витків РКО обмежене впливом випадкової похибки оброблюваних ВПНП, а також “вираженістю” мінімуму цільової функції (при малому об’ємі вимірювальної інформації мінімум цільовій функції погано виражений).

У загальному вигляді завдання уточнення параметрів руху КА за результатами зовнішньотраєкторних вимірювань формулюється таким чином: положення КА на орбіті однозначно визначається вектором стану:

$$q = \{x, y, z, V_x, V_y, V_z\} \quad (1)$$

де x, y, z - координати КА в грінвічській системі координат (ГСК);

V_x, V_y, V_z - складові вектора швидкості по відповідних координатних напрямках.

Для оцінки вектора q в існуючих вітчизняних космічних системах використовуються вимірювання радіальної швидкості руху КА, залежні від стану системи.

Сукупність всіх використовуваних вимірювань утворює вектор вимірювань:

$$d = \{d_1, d_2, \dots, d_n\} \quad (2)$$

де n – число вимірювань радіальної швидкості.

Для того, щоб по виміряному значенню вектора d оцінити відповідний вектор q , необхідно знати залежність між ними. Для прийнятої математичної моделі вона має вигляд

$$d = F(q). \quad (3)$$

Проте насправді виміряні значення складових вектора d виходять в результаті спостережень за станом реальної системи, тоді як залежність (3) відповідає прийнятій математичній моделі руху КА. Позначимо через $\eta = \{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n\}$ вектор похибок цієї моделі руху

$$\eta = d_u - F(q_u) \quad (4)$$

де q_u і d_u - дійсні значення відповідних векторів.

Похибки η називають методичними похибками.

Нехай \tilde{d} - значення вектора, одержане в результаті вимірювань, яке пов'язане із d_u співвідношенням:

$$\tilde{d} = d_u + \xi \quad (5)$$

де $\xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n\}$ - вектор випадкових похибок вимірювань. З (4) (5) витікає, що

$$\tilde{d} = F(q_u) + \xi + \eta \quad (6)$$

При вирішенні даної задачі точні значення векторів ξ і η залишаються невідомими. При цьому залежність (6) замінюється так званою системою умовних рівнянь:

$$F(q) = \tilde{d} \quad (7)$$

що є системою з n рівнянь щодо m невідомих q_1, q_2, \dots, q_m . Система умовних рівнянь є неточною і з неї не можна набути дійсного значення q_u вектора стану. При цьому задача зводиться до пошуку алгоритму виду

$$\hat{q} = \Phi(\tilde{d}) \quad (8)$$

що дозволяє знаходити оцінку \hat{q} по виміряному значенню \tilde{d} .

Більшість використовуваних на практиці алгоритмів вигляду (8) розроблено стосовно лінійних (відносно q) моделей. При такому способі оцінки стану системи до похибок моделі η додаються похибки лінеаризації. Ці похибки тим менше, чим ближче опорне значення q_0 до дійсної величини q_u . Похибки лінеаризації усуваються шляхом використання методу послідовних наближень.

Висновки. Вимірювання поточних навігаційних параметрів і опорне значення вектора ПУ є початковими даними для вирішення задачі уточнення параметрів руху КА. Кількість вимірювань поточних навігаційних параметрів n природним чином залежить від числа сеансів РКО, а також від тривалості

знаходження КА в зоні радіовидимості наземного вимірювального пункту (НВП) на кожному витку РКО.

У подальших дослідженнях доцільно детальніше проаналізувати вплив складу витків на точність вирішення задачі уточнення параметрів руху КА.

1. *Жданюк Б.Ф.* Основы статистической обработки траекторных измерений. М.:– Советское радио, 1978. – 384с.
2. *Эльясберг П.Е.* Определение движения по результатам измерений. - М.: Наука, 1976. – 416с.
3. *Брахман Т.Р.* Многокритериальность и выбор альтернатив в технике. – М.: Радио и связь, 1984. – 288с.
4. *Воронин А.Н.* Многокритериальный синтез динамических систем. –К: Наук. думка, 1992. – 160с.
5. *Козелков С.В.* Наземный радиотехнический комплекс управления и идентификации космических аппаратов двойного назначения среднего и дальнего космоса: Дис.докт.тех.наук: 05.17.21.- Харьков,2000.- 457с.

Поступила 25.08.2010р.

УДК 621.391

С.Т. Черепков¹, В.В. Юсов²

¹Центральный научно-исследовательский институт навигации и управления, Киев

²Центральное управление метрологии и стандартизации, Киев

АНАЛИЗ ФУНКЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ШУМОПОДОБНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ

В статье рассматриваются вопросы исследования функции неопределенности шумоподобных пространственно-временных сигналов. Проанализированы потенциальные преимущества измерительной системы со сложными пространственно-временными сигналами.

Введение. Измерительные радиосистемы получают информацию о различных удаленных объектах путем анализа волновых полей, создаваемых этими объектами в результате собственного излучения, отражения либо переизлучения зондирующих сигналов [1]. Эти поля, поступающие на вход приемной системы и являющиеся носителями полезной информации, по своей природе представляют собой пространственно-временные процессы. Структура и характеристики такого пространственно-временного процесса (волнового поля), рассматриваемые в области, где осуществляется его анализ, полностью определяется как положением и скоростью движения объекта относительно этой области, так и характеристиками самого объекта