

В. А. Боровков, Н. И. Степанов

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПОЛУЧЕНИЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ  
ЦЕНТРА МАСС НИЗКООРБИТАЛЬНОГО КАИ

В настоящее время при решении ряда задач космонавтики существенно возросли требования к решению навигационных задач по уточнению параметров движения центра масс КАИ в заданные моменты времени. Из соображений эффективности и себестоимости эти задачи желательно решать алгоритмически. Современная теория оценивания и ее приложения к задачам уточнения параметров движения КАИ обладает развитыми методами решения подобных задач. Основные особенности решения данных задач обусловлены рядом ограничений, связанных с невозможностью обеспечения периодичности поступления измерений навигационных параметров для их обработки и требуемой избыточности этих параметров, а также временных ограничений по решению этих задач.

Ставится задача уточнения ПДМ КАИ и значения баллистического коэффициента по известным значениям векторов ПДМ, полученных в сеансах навигационных измерений и прогноз полученной оценки вектора на интервал до 1 витка. Количество векторов от 2 до 16. При решении задачи принимаются следующие допущения: модель движения КАИ учитывает 16 полных гармоник разложения геопотенциала Земли в ряд по сферическим функциям и динамическую модель плотности атмосферы, значения векторов ПДМ (от 2 до 16) получают с интервалом по аргументу широты от  $10^0$  до  $360^0$  между ними.

Решение задачи проводилось с использованием МНК для уточнения баллистического коэффициента, МНК и МДФ /1/ для уточнения ПДМ. При решении задачи сначала уточняется баллистический коэффициент. Уточнение баллистического коэффициента проводится по тем же векторам навигационных измерений перед уточнением параметров движения. Искомый параметр - баллистический коэффициент - определяется как согласующий коэффициент, минимизирующий отклонение расчетных векторов ПДМ от навигационных векторов. Решение задачи минимизации производится МНК с использованием всех векторов навигационных измерений. При этом неточность знания плотности атмосферы компенсируется выбором значения баллистического коэффициента. Для получения оценки на момент последнего изме-

рения с уже уточненным баллистическим коэффициентом используется МДФ в форме линейного фильтра Калмана-Бьюси для выборки нарастающего объема. При этом существенный выигрыш во времени работы алгоритма при обработке большого числа векторов состояния обеспечивается при аналитическом вычислении матрицы баллистических производных (параметров вектора ЦДЦМ).

В результате исследований получены следующие результаты. Точностные характеристики МНК и МДФ для задачи уточнения параметров движения по полной выборке навигационных векторов с использованием МНК и МДФ одинаково. Для выборки навигационных векторов нарастающего объема алгоритм МДФ работает быстрее в зависимости от набора поступающих измерений. Время счета МДФ на ПЭВМ типа IBM PC AT 386 с математическим сопроцессором для 16 векторов измерений с использованием в модели движения 16 гармоник в разложении геопотенциала Земли и при аналитическом вычислении изохронных производных 3 минуты.

В результате исследований показано, что при обработке 16 векторов ЦДЦМ и принятых допущениях ошибка на момент определения ЦДЦМ уменьшается в 3 раза относительно ошибок измерений. Ошибка на момент определения при заданных ошибках измерений уменьшается в зависимости от числа обрабатываемых векторов. Иллюстрация этой зависимости приведена в табл.1 для принятой единичной ошибки определения. Результаты, полученные при решении данной задачи, можно рекомендовать для использования при построении эталонных траекторий КА, при послеполетной обработке навигационной информации.

Таблица 1

| Количество векторов обработки | Относительная ошибка определения |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 4                             | 0,65                             |
| 8                             | 0,40                             |
| 12                            | 0,36                             |
| 14                            | 0,34                             |
| 16                            | 0,32                             |

## Список литературы

1. Жданюк В.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений. - М.:Сов.радио, 1978.
2. Основы теории полета космических аппаратов / Под ред. Нариманова Г.С.. М.:Машиностроение, 1972.

УДК 681.3.06

С.А.Бутырин, С.А.Герасин

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЛИНЕЙНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ

Традиционные этапы исследования сложных управляемых систем включают линеаризацию уравнений компонент систем и сборку (объединение) компонент в результирующую модель, подготовленную для операций анализа или синтеза. Предлагаемый алгоритм сборки является универсальным в классе описываемых ниже форм представления моделей компонент и не требует предварительно согласовывать размеры матриц, входящих в эти модели. Особенностью этого алгоритма является то, что связи в собираемой модели замыкаются по символьным именам переменных моделей компонент, сборка производится в пространстве состояний.

Линейная стационарная модель может состоять из произвольного числа векторно-матричных уравнений, каждое из которых представлено одной из следующих форм (в описываемых ниже формах вектор представляет собой набор символьных имен).

1. Статические непрерывная и дискретная формы. В данном случае статическим считается уравнение, в левой части которого отсутствуют производные.

$$y = \sum_{i=1}^k B_i \cdot x_i, \quad y_{[1]} = \sum_{i=1}^k B_i \cdot x_{i[1]}, \quad x_{i[1]} = X_i(t_1), \quad (1)$$

где  $y(N)$  - вектор выхода,  $x_i(M_i)$  - векторы входов,  $B_i(N, M_i)$  - матрицы,  $1$  - номер дискретного момента времени  $t_1 = 1 \cdot T$ ,  $t_1$  - текущее дискретное время,  $T$  - период дискретности.