

activity of individuals. The search at the moment of the concept appearance can stimulate the concept development and prevent from its disappearance. ICT make people solve different problems in a new way, change the way of thinking. Surfing the Internet students feel themselves as parts of the “teaching” family, where people speak different languages. This fact impels students to learn more than one foreign language.

Integration of ICT in the educational process leads to reconsideration of a teacher’s role and place in this process. The basic objective of this process is not knowledge transmission or ability and skill formation but interest encouragement, motivation for language learning, help in adoption and creative research. Nowadays, relations with students are built on principles of cooperation and joint search and creativity.

In these conditions it is inevitable to reconsider and review present forms, principles and methods of teaching: there are tendencies in independent work and team work increase, deviation from traditional forms of lessons, illustration methods use in teaching, increasing the volume of practical and creative work with searching and research features. Internet technologies are called to favour the development of the individual educational paths: to adapt the educational material to individual features of students, their level of knowledge and abilities.

Having studied the problem of using ICT in teaching foreign languages it is possible to state that the linguistic community having understood the potential of ICT actively develops the ways of increasing the effectiveness in teaching foreign languages in non-linguistic institutes

of higher education and according to the experience ICT use in teaching raise the level of quality and preparation of future specialists.

References

1. Chuchalin A. I., Veledinskaya S. B., Royz S. S., Okhotin I. S. “Modeling Process of Foreign Training in the Institute of Higher Education from the Point of Quality Management”, *Engineering Education*, 3 (2005).
2. Galskova N. D., Gez N. I. “Foreign Languages Teaching Theory” (Moscow, 2005).
3. Gonzalez D. “Teaching and Learning through Chat: a Taxonomy of Educational Chat for EFL/ESL”, *Teaching English with Technology*, 4 (2003).
4. Mashbits E. I. “Computerization of Education: Problems and Perspectives” (Moscow: Pedagogy, 1986).
5. Polat E. S. “Some Conceptual Regulations for Foreign Languages Distance Teaching on the Basis of Computer Technologies”, *Foreign Languages at School*, 5 (1998), pp. 6–11.
6. Stanley G. “Blogging for ELT” (Barcelona: British Council, 2005).
7. Sviridon R. A. “Intercultural Education in Contemporary Conditions”, *Actual Problems in Teaching Foreign Languages at Schools and Universities*, ed. by V.I. Petrishev (Krasnoyarsk: KSPU, 2008), pp. 9–11.
8. Tyukova A. A. “Problem-solving tasks in professional training of students”, *Problem-solving Education in the Institute of Higher Education* (Moscow: Knowledge, 1986).
9. Zimnyaya I. A. “Psychology of Teaching a Foreign Language” (Moscow : Russian Language, 1989).

© Ivleva N. V., Fibikh E. V., 2013

УДК 629.7.05

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ТРАНСФОРМИРУЕМЫМИ УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КОНСТРУКЦИИ

М. Г. Игнатьев, В. М. Копылов, А. Ю. Кулаков, М. В. Сотников

ФГУП «КБ «Арсенал»

Россия, 195009, Санкт-Петербург, ул. Комсомола, д. 1-3. E-mail: michigna@mail.ru

Представлен программный комплекс, используемый для моделирования движения КА с активной системой управления движением (СУД). Комплекс предназначен для оценки функционирования СУД, определения влияния изменения технических характеристик приборов и исполнительных органов СУД, а также для проверки правильности определения коэффициентов управления с учетом упругости конструкции КА. Рассматриваются алгоритмы расчета упругих колебаний, смещений узловых точек гибких элементов, а также расчета сил и моментов от аэродинамического и светового давления.

Ключевые слова: система управления движением, математическая модель КА, протяженные упругие элементы конструкции.

PROGRAM COMPLEX FOR MODELING OF STABILIZED MOTION OF SPACECRAFT WITH TRANSFORMABLE FLEXIBLE PARTS

M. G. Ignatyev, V. M. Kopylov, A. J. Kulakov, M. V. Sotnikov

Federal State Unitary Enterprise “Design Bureau “Arsenal”
1-3 Komsomola str., 195009, St. Petersburg, Russia

The presented program complex is designed for modeling of the movement of spacecrafts with active movement control system (MCS). The complex serves to estimation of MCS functioning, evaluation of the influence of change of technical characteristics of the devices and executive elements of MCS and check of the guidance factors management according to the flexibility of spacecraft construction. The authors consider calculation algorithms of elastic oscillations modeling, shifts of flexible elements, as well as forces and the moments from the aerodynamics and light pressure.

Keywords: movement control system, computer model of spacecraft, long flexible elements of constructions.

Основными задачами разработанного программного комплекса являются проведение моделирования динамики движения КА на различных участках функционирования и оценка качества работы его СУД. Часто требуется рассматривать протяженные участки функционирования КА, длительность полёта по которым, в зависимости от выбранной орбиты, может составлять сутки и более. Для увеличения быстродействия программного комплекса математическая модель КА была представлена в виде «сборки», состоящей из жесткого центрального тела и нескольких упругих выносных элементов (УВЭ), описываемых матрицами собственных частот колебаний и коэффициентов демпфирования, а также матрицами инерционных связей с корпусом.

Протяженные выносные элементы современных КА, как правило, можно представить в виде упругой системы, жестко закрепленной в одной точке – месте установки привода раскрыва или перекадки. При наличии нескольких приводов с гибким валом их можно представить как набор отдельных УВЭ, с одной точкой закрепления. Корпус КА, как правило, является жесткой конструкцией, и его колебаниями по сравнению с колебаниями выносных элементов, можно пренебречь. Сделанные допущения позволяют по конечно-элементной модели конструкции УВЭ получить их динамические характеристики – матрицы динамических связей относительных перемещений с силами и моментами, действующими в точке закрепления (матрицы b и a соответственно).

Частотный анализ и получение матриц форм колебаний производится в среде COSMOS-M, реализующей конечно-элементные модели тел. По результатам этого анализа получены матрицы a и b связей перемещений узлов УВЭ с моментами и силами в точке закрепления.

С использованием матриц динамических связей основные уравнения движения КА с учетом упругости его конструкции записываются в виде:

$$\frac{d(\mathbf{J} \times \boldsymbol{\omega})}{dt} + \sum_i A_i \cdot \dot{q}_i + \sum_i C_i \cdot \ddot{\phi}_i = M_{\Sigma} \quad (1)$$

$$m \cdot \dot{u} + \sum_i B_i \cdot \dot{q}_i + \sum_i D_i \cdot \ddot{\phi}_i = F_{\Sigma}, \quad i = 1 \dots N$$

где N – число УВЭ в модели; \mathbf{J} – тензор инерции; m – масса КА; $\boldsymbol{\omega}$ – мгновенная угловая скорость КА; u – линейная скорость КА; M_{Σ}, F_{Σ} – суммарные сила и момент, действующие на КА; ϕ_i – вектор углов разворота УВЭ; A_i, B_i, C_i, D_i – матрицы, учитывающие связь между жесткостью УВЭ и реакциями в местах их закрепления; q_i – вектор обобщенных координат колебаний УВЭ. Два основных динамических уравнения (1) дополняются уравнениями колебательного движения (2), позволяющими определить вектор q для каждого упругого элемента:

$$\left(\ddot{q}_i + \omega_i \cdot v_i \cdot \dot{q}_i / \pi + \omega_i^2 \cdot q_i \right) + A_i^* \cdot \dot{\boldsymbol{\omega}} + B_i^* \cdot \dot{u} + G_i \cdot \ddot{\phi}_i = 0 \quad (2)$$

где ω_i – диагональная матрица собственных частот колебаний; v_i – диагональная матрица логарифмических декрементов затухания для каждой из частот колебаний.

Матрицы A и B в уравнениях (1), (2) получаются преобразованием матриц динамических связей в систему координат корпуса КА:

$$B = H^T \cdot b, \quad A = H^T \cdot a + \mathbf{r}_i \times B, \quad (3)$$

где H – матрица перехода от системы координат корпуса КА в систему координат УВЭ; \mathbf{r}_i – радиус-вектор точки закрепления УВЭ в системе координат корпуса КА. Векторное произведение вектора на матрицу понимается как та же операция над каждым столбцом матрицы как над вектором.

Полученные дифференциальные уравнения движения (1) решаются методом Рунге-Кутты 4-ого порядка, а уравнения колебательного движения (2) – явным интегрированием на каждом шаге. Возможность решения уравнений (2) явным методом даёт дополнительный выигрыш производительности программного комплекса. Для полного использования ресурсов современных многоядерных процессоров решение уравнений (2) для каждого УВЭ выполняется в отдельном процессе, что позволяет загрузить все ядра на 100 % (в отличие от частичной загрузки, характерной для однопоточных приложений).

В программе предусмотрена возможность визуализации колебаний отдельных УВЭ или получения

графиков смещения для конкретных узлов. Обобщенные координаты колебаний каждого элемента конструкции могут быть переведены в перемещения его узлов U_i с помощью матриц XI_i $[6 \times n]$, строки которых соответствуют перемещениям узла под действием единичной силы (элементы матрицы X), а столбцы – модам колебаний

$$U_i = XI_i \cdot q \quad (4)$$

Пример визуализации деформаций (смещения узлов сетчатого рефлектора) приведен на рисунке.

Протяженные элементы конструкции зачастую имеют большую площадь поверхности, обуславливающую действие аэродинамических моментов и моментов светового давления. Для КА, управляемых высокоточными гиродинамическими системами, величина этих моментов (а точнее, их интеграл во времени – приращение кинетического момента) может быть существенной. При переориентации УВЭ (например, солнечных батарей) аэродинамические коэффициенты КА изменяются, таким образом учет воздействия атмосферы и светового потока от Солнца с помощью обобщенных аэродинамических коэффициентов затруднен. В математической модели движения используется модель диффузного отражения частиц атмосферы и фотонов, учитывающая свойства поверхностей КА. Каждая поверхность задается набором треугольников (для аппроксимации окружностей применяется 32-угольник). Каждая элементарная треугольная площадка имеет свои коэффициенты поглощения и отражения. Число площадок в модели не очень велико, порядка нескольких сотен для КА с большим числом поверхностей вращения, и нескольких десятков для КА с элементами в форме многогранников (одна грань куба представляется двумя площадками). Учет затенения площадок производится по следующему алгоритму.

Весь набор элементарных площадок (меш) проецируется в картинную плоскость XU , при этом ось Z направлена вдоль вектора давления потока. Далее меш разбивается на подплощадки равной величины (воксели), проекция которых на картинную плоскость представляет собой квадрат. Каждый воксель харак-

теризуется своими дискретными координатами на картинной плоскости и глубиной центра – Z . Кроме того, он получает свойства поверхности и нормали той элементарной площадки, к которой принадлежал его центр до разбиения. Условие при котором воксель участвует в расчете силы и момента:

$$\left(\vec{N}_{i+1} \cdot \vec{V} < -\cos \frac{\pi}{32} \right) \wedge [Z_{i+1}(X, Y) < Z_i(X, Y)]. \quad (5)$$

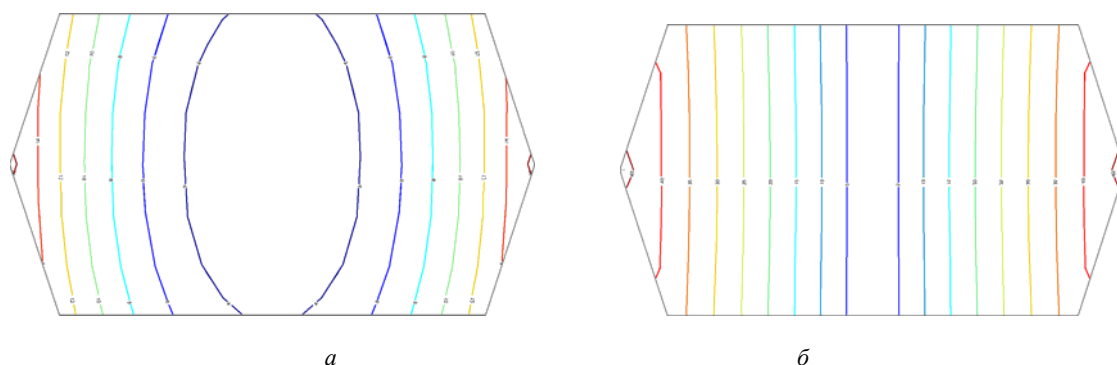
Первое из условий гарантирует учет только тех вокселей, которые обращены к потоку лицевой стороной, и одновременно исключает из расчета воксели, обращенные к потоку «почти ребром» – при дискретной схеме деления меша площадь таких поверхностей будет стремиться к бесконечности, что приведет к существенным ошибкам в расчете. Второе условие означает выборку вокселей с минимально Z -координатой. После суммирования сил и моментов, приложенных к каждому вокселю, получим силу и момент, действующие на весь КА.

Таким образом, программный комплекс позволяет моделировать работу СУД и движение КА различной конструкции без выполнения дополнительных аэродинамических расчетов и расчетов упругих колебаний. Загрузка исходных данных организована таким образом, что позволяет проводить расчеты пользователям различной квалификации.

Структура программного комплекса «ММДКА-Лиана» представляет собой набор модулей, содержащих описание математических моделей КА, внешних воздействий, СУД и режимов функционирования КА. Модульный принцип построения программного комплекса позволяет легко модифицировать состав бортовой аппаратуры, конструкции КА, а также состав бортовых программ.

Результаты моделирования отображаются в трех формах:

- трехмерное визуальное отображение движения КА;
- графическое отображение выбранных переменных, описывающих движение КА или работу бортовых систем;
- текстовые файлы с фиксацией основных событий или выбранных переменных.



Линии равных деформаций поверхности рефлектора

a – смещения вдоль поверхности рефлектора; b – смещения вдоль оси рефлектора

Использование современного языка программирования (C++) и оптимальных алгоритмов расчета позволяет достичь существенного ускорения при расчете динамики орбитального КА с учетом возможных колебаний выносных элементов. Так, при обсчете 58 мод колебаний при средней точности с помощью процессора с тактовой частотой 3.33 GHz (четыре ядра), время расчета опережает реальное в 60 раз. При наибольшей точности время расчета опережает реальное в 12 раз. Планируется дальнейшее повышение производительности программного комплекса, что может быть достигнуто с помощью использования технологии NVidia CUDA параллельных вычислений на графических картах.

Библиографические ссылки

1. Белецкий В. В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. М. : Наука 1965. 416 с.
2. Обморшев А. Н. Введение в теорию колебаний. М. : Наука 1965. 278 с.
3. Руководство пользователя COSMOS/M для UNIX, Windows NT и Windows 95. Версия 1.75, 1996. 448 с.

4. Раушенбах Б. В., Токарь Е. Н. Управление ориентацией космических аппаратов. М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1974. 600 с.

References

1. Beletskiy V. V *Dvizheniye iskusstvennogo sputnika otноситel'no tsentra mass* (Motion of an artificial satellite with respect to the center of mass). Moscow : Nauka, 1965, 416 p.
2. Obmorshev A. N. *Vvedeniye v teoriyu kolebaniy* (Introduction to the theory of vibrations). Moscow : Nauka, 1965, 278 p.
3. *Rukovodstvo pol'zovatelya COSMOS/M dlya UNIX, Windows NT i Windows 95*. (User's Guide COSMOS / M for UNIX, Windows NT and Windows 95). Version 1.75, 1996, 448 p.
4. Raushenbakh B. V., Tokar' Ye. N. *Upravleniye oriyentatsiyey kosmicheskikh apparatov»* (Attitude control of spacecraft). Moscow, Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1974, 600 p.

© Игнатьев М. Г., Копылов В. М., Кулаков А. Ю., Сотников М. В., 2013

УДК 621.396

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ*

И. Н. Карцан, К. Г. Охоткин, Р. В. Карцан, Д. Н. Пахоруков

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Россия, Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31
E-mail: kartsan@sibsau.ru

Стремительно развивающиеся радионавигационные системы (РНС), как в России, так и за рубежом, становятся неотъемлемой частью в жизнедеятельности, как государства в целом, так и любой структурной единицы в нем. В результате чего у потребителей РНС возрастает потребность в качестве обслуживания связью, безопасности, функциональности, в экономии ее приобретения и использования. Поэтому целью данной работы является исследование, и качественный анализ эффективности применения радионавигационных систем.

В работе изложены основные задачи развивающейся радионавигационной системы, а также возможные пути их решения. Представлена обобщенная блок-схема основной связи показателей РНС (экономических, технико-эксплуатационных, функциональных). По результатам данной работы предложен способ исследования и оценка эффективности применения радионавигационных систем при их комплексировании с иными навигационными средствами

Ключевые слова: радионавигационная система, комплексирование, эффективность, точность определения координат.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт № 14.514.11.4092 от 21 июня 2013 г.