

МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО АСУ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ ЗВ'ЯЗКУ ТА ЇЇ ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ

Д.Б. Жуйков, к.т.н. А.В. Кошель, к.т.н. К.К. Кулагін
(подав д.т.н., проф. Ю.Г. Данік)

В статті представлені етапи розробки методичного забезпечення науково-технічного обґрунтування вимог до автоматизованої системи управління (АСУ) космічними апаратами (КА) зв'язку.

Постановка проблеми. Просте механічне спрощення відомої теорії обґрунтування вимог до АСУ КА при отриманні інженерних методичних розробок являється неможливим [1]. Для цього потрібне проведення додаткових досліджень і розробка комплексу прикладних методик рішення задач визначення вигляду АСУ КА [3] і вимог до створюваних супутникових систем зв'язку (ССЗ) [4] та систем передачі даних (СПД) подвійного призначення на ранніх етапах її проектування.

Основна складність, яка виникає при рішенні задачі оптимізації вимог до АСУ КА, пов'язана з відсутністю у явному вигляді залежностей функціональних ($F(X, Y)$) і вартісних ($C(X, Y)$) характеристик [8] системи. Ця проблема може бути подолана шляхом інтерполяції відповідних функцій в області визначення векторів заданих характеристик – X, Y . Але при цьому в кожному вузлі інтерполяції необхідно спочатку вирішити трудомістку задачу оптимізації структури системи, без чого неможливе обчислення значень цих функцій.

Аналіз літератури. Існуючі роботи в області аналізу, синтезу і прогнозування характеристик складних технічних і програмних комплексів [1, 7] із врахуванням особливостей їх застосування в АСУ КА [2] досить повно відображають методологію науково-технічного обґрунтування вимог до АСУ КА [3] і її окремих елементів та підсистем [4], а також шляху вирішення проблем проектування складних апаратно-програмних комплексів [5, 6], створення надійних бортових засобів автоматизації [6], оцінки надійності програм і їх тестування [7, 8]. Створення АСУ КА в цих роботах розглядається як складний багатітераційний процес взаємного узгодження характеристик всіх видів забезпечення АСУ (технічного, програмного, інформаційного і т.ін.), що вимагає рішення багато-

критеріальних задач оптимізації в умовах неповної інформації про функціонування АСУ і управляємих об'єктів. Застосування таких складних методик із загальнотеоретичних позицій найбільш повно відповідає вимогам критеріального підходу *"ефективність-вартість"*, однак на практиці для АСУ систем подвійного призначення їх використання не завжди є виправданим з точки зору трудовитрат і необхідного для цього часу. Іншими словами, практично ті ж результати для окремих типів АСУ можна отримати при деякому спрощенні відомої методології аналізу і синтезу АСУ та її підсистем.

Мета роботи. Метою даної статі є розробка методики обґрунтування вимог до АСУ КА зв'язку для формування за допомогою експертної системи декількох раціональних варіантів структури АСУ КА, які дозволяють оцінити характеристики системи і побудувати відповідні регресійні залежності [9] без застосування існуючого, досить складного, апарату синтезу структури.

Основний матеріал. Методика обґрунтування вимог до АСУ КА зв'язку призначена для рішення задачі оптимізації вимог до АСУ КА за критерієм мінімуму сумарних витрат [8]:

$$\begin{aligned} C(X, Y) &\rightarrow \min_x; \\ Y &\geq Y_{\text{тр}}; \\ F_j(X, Y) &\geq \overline{F_j}_{\text{тр}}, \quad j = \overline{1, m}, \end{aligned}$$

де X – вектор тих характеристик АСУ КА, що оптимізуються і вимоги до яких мають бути визначені; Y – вектор характеристик, вимоги до яких (вектор $Y_{\text{тр}}$) тим або іншим чином вже визначені; $F_j(X, Y)$ – деяка функція характеристик системи, на яку накладені додаткові обмеження (це можуть бути, наприклад, окремі складові витрат, вимоги по числу елементів того або іншого типу, обмеження по завантаженню елементів, по сумарних втратах в цільовому використанні КА, пов'язані з виконанням типових операцій управління і т.ін.); m – число додаткових обмежень.

У класичній термінології критеріального підходу *"ефективність/вартість"* постановка задачі відноситься до найбільш поширеного типу *"мінімум вартості при обмеженнях на ефективність"*. Її характерною особливістю є скалярна цільова функція. На практиці, якщо задані жорсткі обмеження на сумарні витрати, можлива і зворотна постановка задачі (*"максимум ефективності при обмеженнях на вартість"*) [10].

Розробка методики обґрунтування вимог до АСУ КА. Під час розробки методики обґрунтування вимог до АСУ КА зв'язку необхідно

було сформувати за допомогою експертної системи кілька варіантів структури АСУ КА для оцінки характеристики системи і побудови відповідних регресійних залежностей.

При цьому використання принципів побудови гібридних експертних систем, що об'єднують переваги класичних математичних моделей і нових інформаційних технологій, дозволило вирішити поставлену задачу на новому, більш якісному рівні.

Методика обґрунтування вимог до АСУ КА включає наступні етапи:

1. Формування за допомогою відповідної експертної системи базової множини S_B достатньої кількості представницьких варіантів структури АСУ КА і технології управління КА.

2. Оцінка технічних і вартісних характеристик кожного варіанта з використанням методів аналітико-імітаційного моделювання.

3. Побудова апроксимуючих залежностей, які зв'язують значення функцій $C(X, Y)$, $F_j(X, Y)$ ($j = \overline{1, m}$) з відповідними характеристиками.

4. Рішення оптимізаційної задачі обґрунтування вимог до АСУ КА з використанням апроксимуючих залежностей.

5. Економічний аналіз методом порівняння результатів рішення оптимізаційної задачі. Якщо рішення знайдене, то вважаємо вимоги сформульованими. У іншому випадку базова множина варіантів S_B розширяється, і методика повторюється знову, починаючи з етапу 2.

Для оцінки характеристик ефективності, оперативності і надійності функціонування АСУ, які використовуються в розглянутій вище методиці, розроблена імітаційна модель функціонування АСУ КА. Блок-схема моделі наведена на рис. 1.

У розробленій моделі, в порівнянні з відомими, додатково задіяні блоки моделювання бортового спецкомплексу (БСК), що забезпечує імітацію процесу обслуговування заявок на надання ресурсів зв'язку, моделювання споживачів ССЗ і СПД, в якому здійснене формування потоку заявок на проведення сеансів зв'язку з використанням БСК того або іншого КА, а також пов'язаних з цільовим застосуванням заявок на управління КА. Крім того, при імітації функціонування НКУ в моделі була врахована технологія балістико-навігаційного забезпечення управління КА на геостационарній орбіті (ГСО) в точці стояння з граничною погіршеністю $0,1^\circ$.

При розробці моделі використовувався принцип особливих станів складних технічних систем (СТС), при якому стан процесу, що моделюється, аналізується лише в моменти його зміни, тобто в моменти настання таких подій, як відмови (відновлення) елемента системи, початок (закін-

чення) обслуговування заявки елементом системи, і т.п. Результати моделювання представляються у вигляді таблиць, що містять значення характеристик, які оцінюються, а також у вигляді стрічкових діаграм і графіків.

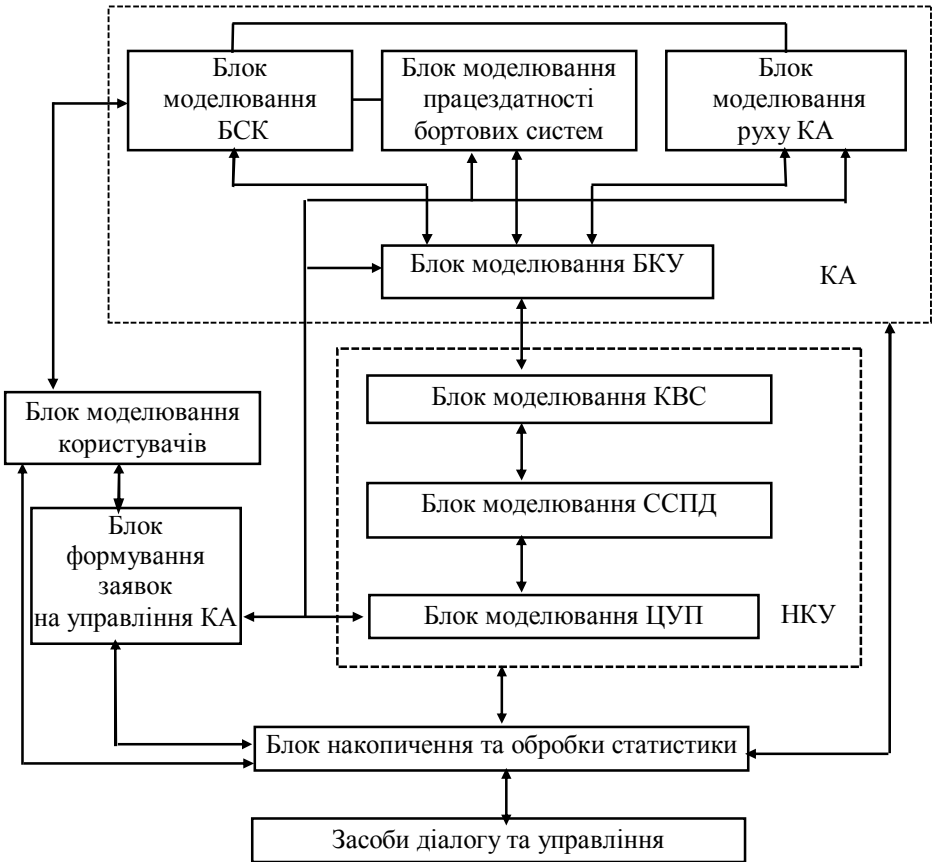


Рис. 1. Блок-схема імітаційної моделі функціонування АСУ КА

Висновки. Основними результатами рішення задачі є системоутворюючі імовірнісно-часові характеристики АСУ, що визначають ефективність управління КА: імовірності і час виконання окремих операцій; імовірності і час рішення окремих узагальнених задач: командно-програмного забезпечення, телеметричного забезпечення, балістико-навігаційного забезпечення; імовірності виконання технологічних циклів управління КА, їх сегментів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воробьев С.Н., Егоров Е.С., Плотников Ю.И. Теоретические основы обоснования военно-технических решений. – М.: РВСН, 1994. – 573 с.
2. Василенко М.И. Использование локально-сплайновых моделей при прогнозировании полей характеристик бортовых систем ЛА. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2001. – 290 с.
3. Сухорученков Б.И. Математическое моделирование изменений технического состояния систем ЛА. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2002. – 386 с.
4. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь. Пер. с англ. – М.: Связь, 1979. – 591 с.
5. Говоров Л.В., Шакин В.А.Ю. Баллистическое обеспечение систем спутниковой связи. – М.: Воениздат, 1984. – 128 с.
6. Малеева О.В. Диагностическое обеспечение надежности СТС // Надежность и контроль качества. – 1997. – № 10. – С. 14 – 23.
7. Системні моделі комплексного аналізу СТС. Навчальний посібник / За ред. О.Є. Федоровича. – Х.: ДАКУ „ХАІ”, 1998. – 65 с.
8. Дмитриев А.К., Кравченко И.Д. и др. Методы и алгоритмы синтеза оптимальной системы диагностирования сложных технических объектов по критерию минимума затрат // Надежность и контроль качества. – 1996. – № 7. – С. 43 – 50.
9. Ілюшко В.М., Малеева О.В., Губка С.О., Дружинін Є.А. Методи експертизи та контролю при проектуванні складних технічних систем. Навчальний посібник. – Х.: ДАКУ „ХАІ”, 1998. – 52 с.
10. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб.: Наука и техника, 2003. – 643 с.

Надійшла 10.11.2003

ЖУЙКОВ Дмитро Борисович, старший помічник начальника навчального відділу Харківського військового університету. У 2003 р. закінчив ХВУ. Області наукових інтересів – програмно-цільове планування розвитку ВВТ; математичне моделювання; теорія оцінювання та вибору рішень; технічний стан складних технічних систем.

КОШЕЛЬ Анатолій Васильович, канд. техн. наук, старший викладач кафедри ХВУ. У 1979 р. закінчив ХІРЕ, в 1990 р. закінчив ВА РВСН ім. Ф.Е. Дзержинського. Області наукових інтересів – структурний синтез територіально розподілених систем; математичне моделювання; теорія оцінювання та вибору рішень; технічний стан складних технічних систем.

КУЛАГІН Костянтин Костянтинович, канд. техн. наук, заступник начальника кафедри ХВУ. В 1993 р. закінчив ХВУ. Області наукових інтересів – математичне моделювання; автоматизація управління діяльністю підприємства.
