

О.М. Загорулько, к.т.н.**В.В. Ожінський, здобувач***Національний центр управління та випробувань космічних засобів***Ю.І. Міхєєв, ад'юнкт****В.П. Фриз, к.т.н.***Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова НАУ*

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

У статті проведено порівняльний аналіз методичних підходів до побудови математичних моделей автоматизованих систем управління космічними апаратами. Запропоновано варіанти побудови багатомодельного комплексу космічних систем дистанційного зондування Землі для умов однопунктної технології управління.

Вступ. Розглядаючи космічні системи (КС) спостереження Землі як великі технічні системи, яким властиві такі ознаки, як складність і багатофункціональність підсистем, багаторівневе розташування в просторі, наявність різноманітних типів зв'язків, цілеспрямованість функціонування, значущість інформаційної складової, їх розробку слід проводити з урахуванням специфіки системи, сучасного стану технічних можливостей бортових сенсорних пристроїв і радіоліній передачі даних, а також вимог споживачів інформації до технічних характеристик системи.

Сучасний етап розвитку космічних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) характеризується зростанням масштабу та складності завдань, які покладаються на бортове обладнання космічного апарата (КА) [1]. У цих умовах подальше підвищення ефективності застосування КС ДЗЗ вже неможливе без здійснення комплексної автоматизації всіх процесів управління, удосконалення та розвитку автоматизованих систем управління (АСУ) КА.

На практиці повне та всебічне дослідження АСУ КА неможливе без широкого застосування різноманітних методів моделювання, конкретний вибір яких прямо залежить від послідовності етапів робіт з розробки, випробувань та експлуатації КС [2–3].

Аналіз основних досліджень та публікацій. У роботах вітчизняних та зарубіжних вчених досить детально висвітлені загальні питання автоматизації складних технічних систем, методи та вимоги до їх математичних моделей [1–7]. Складність практичної реалізації відомої методології автоматизації та моделювання процесів управління КА ДЗЗ у вітчизняній практиці зумовлена обмеженнями та протиріччями однопунктної системи управління, що визначає необхідність пошуку нових ідей та підходів у розвитку форм і методів функціонування космічних систем [6].

Метою статті є аналіз різноманітних підходів до розробки математичних моделей АСУ КА та вибір такої моделі, яка найбільш повно відображає всі аспекти функціонування системи управління з урахуванням зв'язків між ними.

Викладення основного матеріалу. Залежно від типу та призначення КС ставляться суттєво різні вимоги до обсягу та якості операцій на різних етапах її життєвого циклу, та як наслідок – до характеристик систем управління. На етапі орбітального польоту КА система управління забезпечує вирішення таких задач, що відповідають основним підсистемам КА (рис. 1) [1, 6]:

- управління взаємодією;
- управління бортовою апаратурою КА;
- управління рухом КА;
- управління ресурсами;
- оцінювання результатів та прийняття рішень.

Кожна із задач, у свою чергу, забезпечується відповідними видами функціонування (процесами) самого об'єкта управління:

- управління взаємодією включає взаємодію (інформаційну, енергетичну) з навколишнім середовищем та органом управління;
- управління бортовою апаратурою КА має такі функції: вмикання, вимикання, налагодження, встановлення;
- управління рухом передбачає управління рухом центра мас та рухом КА навколо центра мас;
- управління ресурсами включає процес витрачання (поповнення) ресурсу;

– оцінювання результатів та прийняття рішень складається зі збору та отримання інформації (вихідного ефекту), визначення його якісних характеристик, порівняння із заданим рівнем та прийняття рішень з управління.

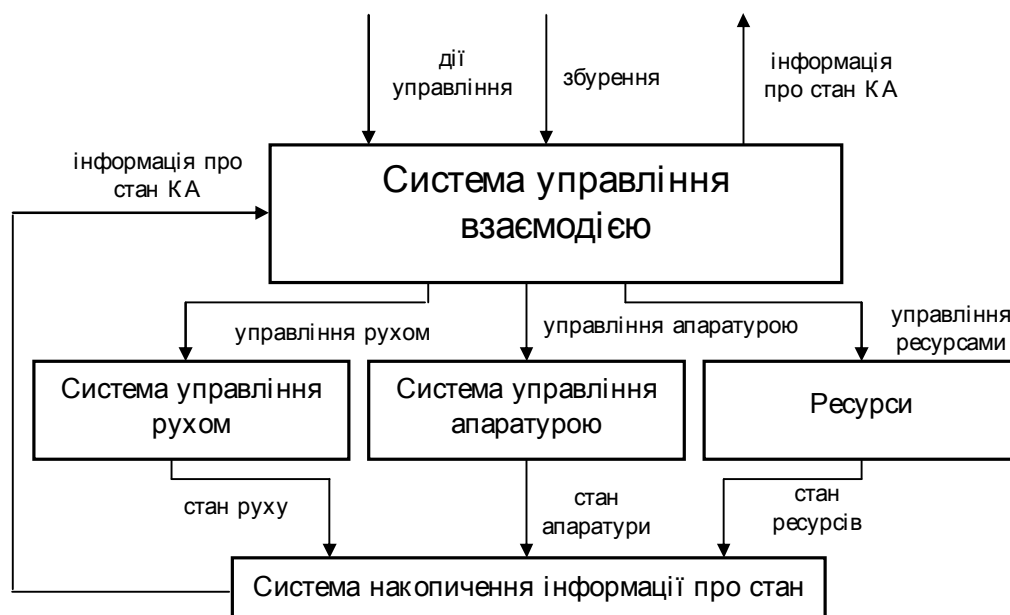


Рис. 1. Узагальнена структура космічного апарата

У той же час процес управління КА при однопунктній технології управління має дві яскраво виражені складові:

- управління КА в реальному масштабі часу в ході проведення сеансу інформаційного обміну (у зоні видимості наземних засобів). При цьому основний метод – інформативний (зі зворотнім зв'язком);
- керування КА поза зонами радіовидимості засобів управління без зворотного зв'язку (неінформативний метод).

З викладеного вище випливає, що побудова моделі процесу управління КА в межах одного класу моделей (аналітичних чи імітаційних, детермінованих чи стохастичних) призводить до недостовірних, а в деяких випадках і помилкових результатів [3, 4].

Одним із можливих шляхів вирішення даної проблеми може бути побудова багатомодельного комплексу, за допомогою якого відображаються всі аспекти функціонування АСУ, що відповідають різним за призначенням підсистемам КА та зв'язкам між ними.

На рис. 2 наведено узагальнену структурно-функціональну схему АСУ КА, орієнтовану на вирішення задач аналізу та синтезу технології управління КА.

Під технологією управління тут розуміється така організація виконання взаємопов'язаних та розподілених у часі операцій управління, розподілу функцій і ресурсів, при якій забезпечується виконання цільових задач, що вирішуються АСУ.

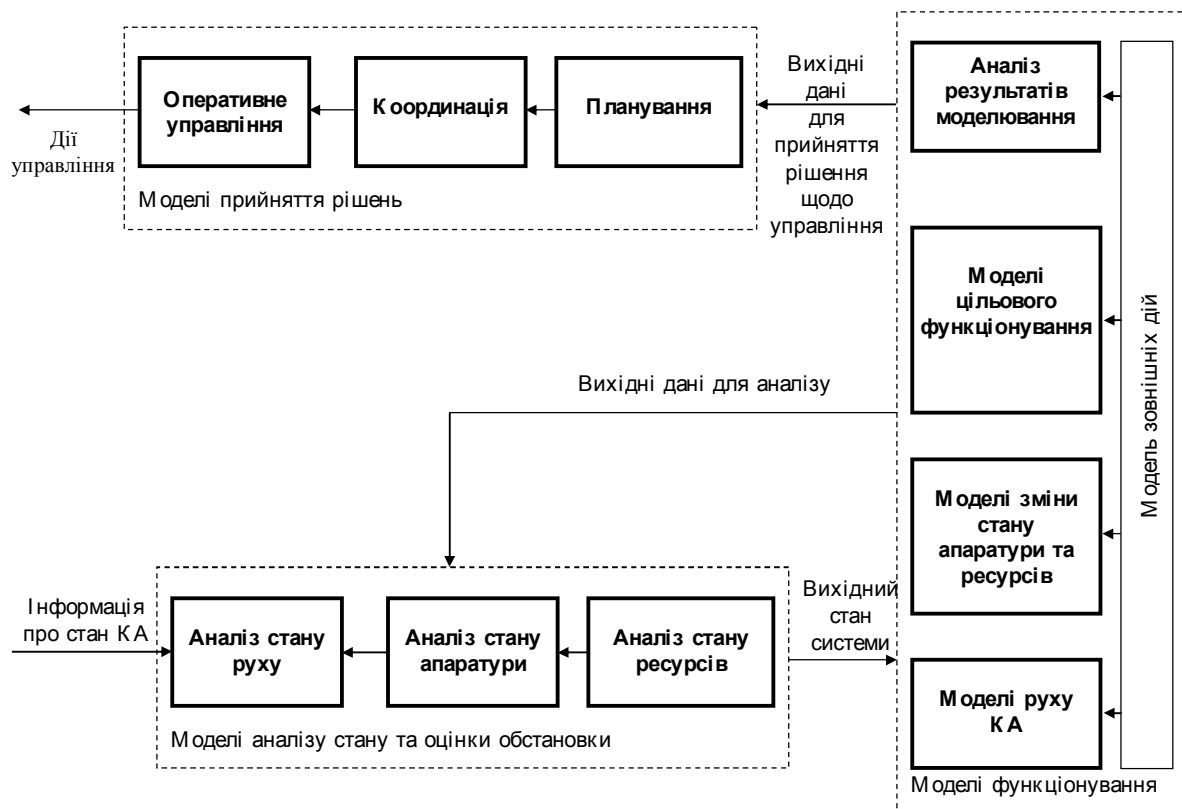


Рис. 2. Узагальнена структурно-функціональна схема імітаційної системи АСУ КА

Вивчення технології управління КА, на відміну від традиційної математичної теорії управління, пов'язане з розглядом багаторівневих, з великою кількістю етапів, процесів, які мають багатофункціональний характер. Серед них у першу чергу обирають функції визначення цілей та курсу дій, планування, оперативного управління, контролю, аналізу, координації. Це вплинуло на вибір моделей системи, що розглядається. Серед основних моделей можна виділити такі:

- моделі прийняття рішень;
- моделі функціонування КА;
- моделі руху КА;
- моделі аналізу стану та оцінки обстановки.

Ефективність функціонування технічних систем (ТС), до яких належить КА, залежить від групи факторів, які безпосередньо формують результат операції [3, 7]:

- якості (властивості) ТС;
- умов функціонування ТС;
- способів використання ТС, які, у свою чергу, визначаються такими факторами:
- розподіл завдань і ресурсів між елементами ТС;
- просторово-часова послідовність виконання дій;
- способи управління та планування;
- способи зв'язку та взаємодії між елементами ТС і т. ін.

У загальному випадку операція є обміном, в результаті якого S – система за корисний чи цільовий (ефект) q розраховується деякою кількістю ресурсу C і витраченим часом T [1, 7].

Тоді результат операції Y залежить від основних результуючих факторів – корисного ефекту q , витрачених ресурсів C та часу T . А результуючі фактори – від обраної стратегії. Тобто результат операції також буде залежати від стратегії [7]:

$$Y(u) = Y(q(u), C(u), T(u)). \tag{1}$$

Функція $Y(u)$ може бути вектором, елементи якого характеризують результати часткових цілей, або її можна записати у вигляді ступеня функції від результуючих факторів:

$$Y = a_0 q^{a_1} C^{a_2} T^{a_3}, \tag{2}$$

де a_0, a_1, a_3 – параметри функції результату.

Даний вираз може бути використаний при оцінюванні ефективності функціонування окремих операцій управління, враховуючи часткові випадки наведеної функції шляхом опису результату операції лише результируючим фактором, накладаючи обмеження у вигляді нерівностей на окремі результируючі фактори.

Висновки. Запропонований методологічний підхід до вибору комплексу моделей для опису та дослідження АСУ КА може бути ефективно використаний для розробки моделей систем АСУ КА у вітчизняних системах управління КА ДЗЗ і як наслідок – для підвищення ефективності функціонування космічних систем в цілому.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Стогов Г.В.* Космические радиотехнические комплексы. – М.: МО СССР, 1986. – 626 с.
2. *Глазов Б.И.* Автоматизация управления средствами и частями полигонных и космических комплексов. – М.: МО СССР, 1988. – 326 с.
3. *Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Рюмишин Н.А.* Интегрированные АСУ в промышленности. – К.: НПК «Киевский институт автоматики», 1995. – 316 с.
4. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования: Монография / А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко, В.В. Осташевский. – Харьков: Факт, 1997. – 240 с.
5. *Сеидов Т.М., Румянцев А.Н.* Автоматизированные системы управления войсками и связью. – М.: МО СССР, 1983. – 52 с.
6. Організація системи управління космічними засобами в умовах однопунктної технології: Навч. посібник / С.Т. Черепков, В.І. Богомья, О.М. Загорулько, С.Д. Ставицький. – К.: НАОУ, 2005. – 57 с.
7. *Пастушенко Н.С., Деденок В.П.* Моделирование и оценка эффективности применения космических систем: Учеб. пособие. – Х.: ХВУ, 1997. – 278 с.

ЗАГОРУЛЬКО Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, заступник начальника Центру управління польотами космічних апаратів Національного центру управління та випробувань космічних засобів, м. Євпаторія.

Наукові інтереси:

- аналіз та синтез космічних систем спостереження Землі;
- моделювання космічних систем.

ОЖІНСЬКИЙ Віктор Васильович – інженер лабораторії планування Центру управління польотами космічних апаратів Національного центру управління та випробувань космічних засобів, м. Євпаторія.

Наукові інтереси:

- моделювання космічних систем.

МІХЄЄВ Юрій Іванович – ад'юнкт Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- балістико-навігаційне забезпечення управління космічними апаратами.

E-mail: yuramiheev@ukr.net

Тел. (моб.): 8-067-2846479.

ФРИЗ Володимир Петрович – кандидат технічних наук, викладач Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання в інформаційно-вимірjувальних системах.

Подано 12.05.2008

Загорулько А.Н., Ожинский В.В., Михеев Ю.И., Фриз В.П. Математическое моделирование в системе управления космическими аппаратами дистанционного зондирования Земли

Загорулько О.М., Ожінський В.В., Міхєєв Ю.І., Фриз В.П. Математическое моделирование в системе управления космическими аппаратами дистанционного зондирования Земли

Zagorulko A.N., Ojinsky V.V., Mikheev Y.I., Friz V.P. Mathematical model in the control system of Earth observing system satellites

УДК 629.78

Математическое моделирование в системе управления космическими аппаратами дистанционного зондирования Земли / А.Н. Загорулько, В.В. Ожинский, Ю.И. Михеев, В.П. Фриз

В статье проводится сравнительный анализ методических подходов к построению математических моделей автоматизированных систем управления космическими аппаратами. Предложены варианты построения многомодельного комплекса космических систем дистанционного зондирования Земли для условий однопунктной технологии управления.

УДК 629.78

Mathematical model in the control system of Earth observing system satellites / A.N. Zagorulko, V.V. Ojinsky, Y.I Mikheev, V.P. Friz

In the article the comparative analysis of methodical approaches is conducted to the construction of mathematical models of the automated control systems satellites. The variants of construction of multimodel complex of the Earth observing system satellites are offered for the terms of one point technology of control.