

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КА НА ГЕОСТАЦІОНАРНІЙ ОРБІТІ

Богомья В.І. кандидат технічних наук,
Загорулько А.Н.
Уварова Т.В.
Кучерук С.М., кандидат технічних наук

Вступ. Система управління космічними апаратами (КА), що знаходяться на геостационарній орбіті (ГСО), має ряд відмінностей від систем управління апаратами на низьких навколосеземних орбітах.

Основними з них є [11, 12]:

відсутність перерв у сеансах зв'язку із-за взаємного переміщення КА і наземної станції управління;

можливість застосування стеженого методу управління в реальному масштабі часу з використанням, в основному, команд негайного виконання.

При цьому система управління КА на ГСО працює в умовах [1, 11, 12]:

великої протяжності радіолінії, що призводить до затримок (до 250-600 мс) і послаблення (до 200 dB) сигналів;

територіальних обмежень (зона видимості супутника з наземної станції управління обмежена 76,5 град. північної і південної широти при куті підвищення 5 град.);

підвищених вимог за точністю утримання на орбіті для спільного розміщення в одній точці стояння декількох КА (на геостационарній орбіті визначено на сьогодні близько 425 точок стояння супутників. Кутів відстані між цими точками різні і розташовуються у досить широкому інтервалі 0,1...7 град. У кожній точці може знаходитись декілька супутників навіть більше 10);

високих вимог до системи орієнтації КА для формування вузьких променів діаграми спрямованості бортових антен;

необхідності контролю рівнів випромінювання стволів транспондерів на великих територіях;

обробки великих обсягів інформації (вимірювальної, телеметричної) в реальному масштабі часу для прийняття рішень;

тривалих термінів експлуатації як наземного, так і космічного сегментів (до 10-15 років).

Звідси випливає, що без автоматизації усіх ланок системи управління, в першу чергу системи контролю функціонування бортових систем КА, досягти необхідних показників оперативності, надійності та достовірності управління КА не є можливим.

Аналіз основних досліджень і публікацій. У роботах вітчизняних і зарубіжних учених [1-7] досить детально висвітлені загальні питання автоматизації процесу управління складними технічними системами, методологія і вимоги до систем контролю. Стрімкий розвиток засобів обчислювальної техніки, інформаційних технологій, з одного боку, і тенденції ускладнення космічного сегмента з іншого, диктують необхідність пошуку нових ідей і підходів у розвитку форм і методів оцінки технічного стану та результатів роботи бортових систем.

Мета роботи. Виходячи з вищевикладеного, метою роботи є аналіз тенденцій розвитку методології контролю і діагностики стану бортових систем КА і розробка шляхів удосконалення багаторівневого розподіленого оцінювання стану бортових систем КА в реальному масштабі часу для умов геостационарної орбіти.

Виклад основного матеріалу. До завдань контролю і діагностики стану бортових систем КА можна віднести [2, 4-6]:

визначення параметрів руху центру мас КА і параметрів руху КА навколо центру мас;

аналіз функціонування бортових систем КА при виконанні ними цільових функцій;

діагностика стану бортових систем КА, виявлення аномальних і граничних ситуацій.

У загальному випадку, система контролю сукупність технічних пристроїв, що здійснюють вимір параметрів і контроль стану та поведінки об'єкта за заданим алгоритмом відповідно до програми управління U [1]. Структура автоматизованої системи контролю приведена на рис. 1.

Формувач перетворює простір технічних станів КА S^T у простір вихідних сигналів Y :

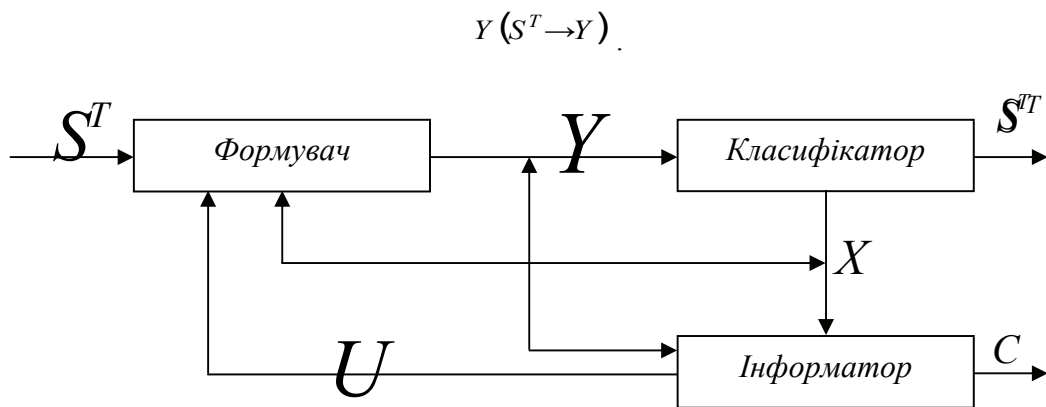


Рис. 1. Структура автоматизованої системи контролю

Класифікатор на основі вихідних сигналів Y , що поступили з формувача простору, вказує на приналежність технічного стану КА відповідному класу станів ($Y \rightarrow S^T$).

Інформатор на основі сигналів Y , що поступають з формувача, і сигналів X , що поступають з класифікатора, видає інформацію про технічний стан КА, перетворюючи простори вихідних сигналів Y і X у простір сполучень C :

$$C(Y, X \rightarrow C)$$

Для систем контролю загальними є процеси формування інформації про контрольовані об'єкти, класифікація їх технічних станів, видача інформації про технічний стан об'єкта та його управління [1-6].

Оцінка якісних і кількісних характеристик поточних значень показників працездатності і якості виконання функцій службової та спеціальної апаратури КА робиться шляхом відповідної обробки і аналізу телеметричної інформації (ТМІ).

Обробка ТМІ пов'язана з вибором і розкомутацією параметрів із загального вхідного потоку, визначенням їх числових (фізичних) значень з прив'язкою до шкали часу, виділенням з усіх вимірів, що поступили, лише істотних і достовірних відліків параметрів (усунення синтаксичної надмірності).

Підвищення достовірності телеметричних даних робиться шляхом n -кратного підтвердження вимірів [2, 3].

Вимір x_i вважається достовірним у циклі перевірки, якщо для всіх n -вимірів виконується умова:

$$\left| \frac{x_i - x_{i-1}}{\Delta t} \right| \leq \Delta d, \quad i = 1 \dots n,$$

де Δt ~ період опитування параметра;

Δd ~ ценз достовірності.

Скорочення надмірності телеметричних даних (виділення істотних вимірів) робиться шляхом інтерполяції даних поліномом нульового порядку (порівняння попереднього виміру з подальшим) за алгоритмом:

$$x_{i+1} = x_i \quad \text{при} \quad |x_{i+1} - x_i| \leq \Delta c,$$

$$x_{i+1} = x_{i+1} \quad \text{при} \quad |x_{i+1} - x_i| > \Delta c,$$

де Δc ~ ценз істотності.

Після відповідної обробки телеметричні параметри являють собою обмежені за часом дискретні реалізації процесу функціонування бортових систем КА і повинні включати трійку < найменування параметра; час; фізичне значення >.

Аналізом ТМІ називається процес інтелектуального аналізу ТМІ (Data Mining), пов'язаний з формуванням даних, необхідних операторові або системі для прийняття рішень щодо стану бортових систем КА і управління в польоті [7-10].

Основними підзавданнями аналізу ТМІ є наступне [5, 8-10]:

- визначення часів початку і закінчення технічних станів бортових систем (БС);
- розпізнавання та ідентифікація технічних станів БС;
- підрахунок числа станів певного типу на контрольованому інтервалі часу;
- визначення порядку проходження технічних станів по осі станів або часу і його відповідності заданій програмі функціонування БС;
- обчислення узагальнених параметрів для станів і визначення їх відповідності необхідним значенням;
- виділення підмножин незапланованих (аномальних) технічних станів;
- ідентифікація аномальних станів;
- виявлення елементів БС, що є причиною виникнення аномальних станів;
- прогноз технічних станів БС;
- виділення інтервалів часу, на яких не можна оцінювати технічний стан БС;
- архівация технічних станів БС;
- візуалізація і документування результатів обробки та ін.

Для вирішення завдань автоматизації аналізу ТМІ, широке застосування знаходять наступні алгоритми [2]:

- алгоритми, ґрунтовані на методі допускового контролю;
- алгоритми, ґрунтовані на матрицях станів;
- алгоритми, ґрунтовані на "деревах" пошуку станів;
- алгоритми, ґрунтовані на використанні математичної моделі КА.

На сьогодні використовують як поняття контролю параметра, так і поняття контролю підсистеми. Але якщо процес контролю параметра (групи параметрів) досить добре теоретично досліджений і практично автоматизований, то процес контролю підсистем, у силу безлічі параметрів, що характеризують їх поведінку і стан, і взаємозв'язків між ними, представляє складне завдання.

До завдань контролю параметра слід віднести допусковий контроль, тобто контроль відповідності параметра області допустимих значень (ОДЗ). Часто на практиці використовується метод дворівневого допускового контролю [2-4, 10], що передбачає завдання по кожному з параметрів двох діапазонів допуску: гранично допустимого і середньостатистичного для очікуваних значень параметра (або робочого діапазону).

Інші алгоритми швидше можна віднести до алгоритмів контролю підсистем.

Алгоритм, ґрунтований на матрицях станів, використовує той факт, що технічний стан системи на будь-який момент часу можна визначити сукупністю значень $|x_i|$ і $|A_i|$ телеметричних параметрів і проміжних обчислень [2]:

$$y_i(t) = F(x_1 \dots x_n, A_1 \dots A_n) .$$

В основі матриці станів полягає прогноз стану $\tilde{\sim}$ логічні співвідношення між планованими правлячими діями (командами і програмами управління, алгоритмами роботи підсистем, зовнішніми врахованими діями) і ТМ-параметрами, що характеризують стан бортових систем космічних апаратів і розраховані на дискретні моменти часу. Він є кусково-постійною функцією на контрольованому відрізьку часу (поточні образи стану) [9, 10].

При цьому виходимо з того, що реакція КА на правлячу дію представляє унікальний набір телеметричних параметрів, що однозначно характеризують (описують) зміну структурних, функціональних і просторових станів КА.

Алгоритм, ґрунтований на "деревах" пошуку станів найбільш близький до логіки неавтоматизованого аналізу. У його основі полягає послідовний аналіз окремих ТМ-параметрів, що характеризують конкретну підсистему КА. Пошук стану розгалужується залежно від отриманих результатів і завершується ідентифікацією стану і формуванням інтегральної оцінки ТС КА.

Алгоритм, ґрунтований на використанні математичної моделі КА, дозволяє в реальному масштабі часу, паралельно з реальними процесами в бортових системах КА, генерувати потік телеметричної інформації відповідно до видаванихправлячих дій.

Схема процесу багаторівневого аналізу стану КА, що реалізовує вищевикладені алгоритми, приведена на рис. 2.

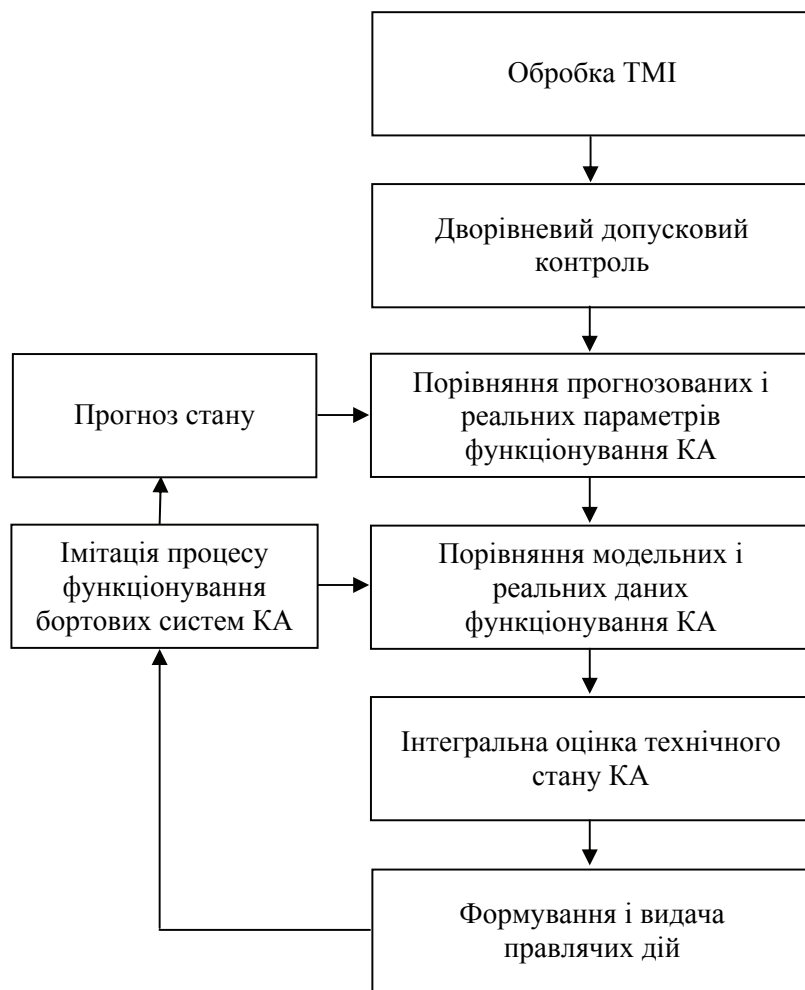


Рис. 2. Схема процесу багаторівневого аналізу стану КА

У штатному режимі оцінка функціонування КА проводиться на відповідність реальній ТМІ детермінованої моделі КА (прогнозу станів), що представляє послідовність еталонних значень ТМІ залежно відправлячих дій.

Метод імітаційного моделювання з формуванням прогнозу стану [1, 9, 10], прийнятий як основний, його суть полягає в тому, що завчасно, із заданим кроком за часом моделюються орбітальний політ КА, функціонування цільової апаратури і бортових забезпечуючих систем з урахуванням умов застосування. При цьому в кожен момент часу відстежується стан бортової системи КА, що нас цікавить.

Виникнення нештатних ситуацій (НС) припускає оперативне коригування первинного плану і видачуправлячих дій, метою яких є мінімізація втрат і скорочення термінів дії НС.

У цьому випадку прогноз стану втрачає свою актуальність, і автоматизований аналіз здійснюється шляхом тактового порівняння реакцій моделі і підсистем КА направлячі дії, які видаються паралельно на борт й імітатор у реальному (квазіреальному, з урахуванням затримки на перевірку) масштабі часу.

Формування прогнозу стану і темпова імітація процесу функціонування бортових систем КА здійснюється за допомогою імітатора космічного апарата (Dynamic Satellite Simulator – DSS) – комп'ютерної математичної моделі космічного апарата, що функціонує як у реальному, так і в масштабованому часі. Імітатор генерує потік телеметричної інформації відповідно доправлячих дій

(команд управління) згідно з логікою роботи реального космічного апарата як завчасно (прогноз стану), так і в реальному масштабі часу.

Висновки. Як впливає з проведеного аналізу, основні тенденції розвитку систем контролю технічного стану КА спрямовані на підвищення рівня автоматизації обробки й аналізу ТМІ. Запропоновані методологічні підходи доцільно використовувати при розробці перспективних угруповань вітчизняних зв'язкових КА на ГСО, працюючих за тяжких умов реального часу при однопунктній технології управління.

Література

1. Космические радиотехнические комплексы / Под общ. редакцией Г.В. Стогова – М.: МО СССР, 1986 – 626 с.
2. Кравец В.Г., Любинский В.Е. Основы управления космическими полетами . – М.: Машиностроение, 1983 – 224 с.
3. Агаджанов П.А., Горшков Б.М., Смирнов Г.Д. Основы радиотелеметрии . – М.: Воениздат, 1971 – 248 с.
4. Степкин В.С., Шмыголь С.С. Автоматизированная обработка и анализ телеметрической информации. – М.: МО СССР, 1980 – 516 с.
5. Программно-математическое обеспечение автоматизированной системы управления космическими аппаратами / Под общ. редакцией Д.А. Ловцова – М.: ВА им. Ф.Э. Дзержинского, 1995 – 456 с.
6. Рось А.А. Логическое программирование и его применение для моделирования поведения сложных систем. // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. Сборник научных трудов. Х.: Вища школа. 1987. – С13-21.
7. Eom S.B. Decision support systems research: reference disciplines and a cumulative tradition // The International Journal of Management Science. 1995. № 5. P. 511-523.
8. Горский П. Уточнение понятия «система поддержки принятия решений». – Интернет ресурс <http://gorskiy.ru>.
9. Загорулько А.Н. Системы поддержки принятия решений при управлении космическими аппаратами. // Системи управління, навігації та зв'язку. Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління. К.: – 2009. - №3(11). – С.28-31.
10. Загорулько А.Н. Методы и модели контроля и диагностики бортовых систем космического аппарата. // Збірник наукових. праць Харківського університету Повітряних сил. – Х.: ХУПС. – 2009.– Вип. 3(21). – С.80-85.
11. Калашников Н.И. Системы связи через ИСЗ – М.: Связь, 1969 – 384 с.
12. Кантор Л.Я., Тимофеев В.В. Спутниковая связь и проблема геостационарной орбиты – М.: Радио и связь, 1988 – 250 с.

РЕФЕРАТ

Богомья В.І., Загорулько А.Н., Уварова Т.В., Кучерук С.М. Автоматизовані системи контролю КА на геостационарній орбіті // Вісник НТУ. – К.: НТУ – 2012. – Вип. 26.

У статті проаналізовано тенденції розвитку методології контролю та діагностики стану бортових систем КА і запропоновано методологічні підходи, які доцільно використовувати при розробці шляхів удосконалення багаторівневого розподіленого оцінювання стану бортових систем КА в реальному масштабі часу для умов геостационарної орбіти.

Ключові слова: автоматизована система контролю, космічний апарат, геостационарна орбіта, телеметрична інформація, бортові системи.

ABSTRACT

Bohomya VI Zagorulko AN Uvarov TV, Kucheruk SM Automated control system of spacecraft in geostationary orbit // Visnyk NTU. – K.: NTU - 2012. - Vol. 26.

In the article analysed progress of methodology of control and diagnostics of the state of the side systems KA trends and methodological approaches that it is expedient to use for development of ways of improvement of the multilevel up-diffused evaluation of the state of the side systems KA real-time for the terms of geostationary orbit are offered.

Keywords: CAS of control, space vehicle, geostationary orbit, telemetric information, side systems.

РЕФЕРАТ

Богомья В.И., Загорулько А.Н., Уварова Т.В., Кучерук С.М. Автоматизированные системы контроля КА на геостационарной орбите // Вестник НТУ. - К.: НТУ - 2012. - Вып. 26.

В статье проанализированы тенденции развития методологии контроля и диагностики состояния бортовых систем КА и предложены методологические подходы, которые целесообразно использовать при разработке путей усовершенствования многоуровневого распределенного оценивания состояния бортовых систем КА в реальном масштабе времени для условий геостационарной орбиты.

Ключевые слова: автоматизированная система контроля, космический аппарат, геостационарная орбита, телеметрическая информация, бортовые системы.

УДК 908.036

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ ДЕРЖАВНО-ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ТУРИСТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Бондаренко В.А.

У статі досліджено стан та можливості реалізації проєктів в рамках державно-приватного партнерства в туристичній галузі. Розглянуті фактори впливу на реалізацію проєктів державно-приватного партнерства, виявлені ризики, що виникають під час впровадження таких проєктів та розглянуті питання розподілу ризиків.

Постановка проблеми. Сьогодні, в багатьох провідних економіках світу галузь туризму займає ключові, бюджетоутворюючі позиції. Світовий досвід показує, що найбільш ефективною і швидкою формою розвитку туризму є Державно-приватне партнерство. Саме таким є шлях всіх країн, які зараз знаходяться на передньому краї світового туризму. В умовах сьогодення інтерес до теми державно-приватного партнерства у сфері туризму пов'язано насамперед з наслідками глобальної фінансової та економічної кризи і скороченням основних показників розвитку туризму в 2008-2009, про що свідчать звіти Міжнародної туристичної організації. Тому одним з ефективних засобів залучення інвестицій в туризм слід розглядати можливість застосування державно-приватного партнерства. Вивчення питань, пов'язаних з особливостями реформування та розвитку туристичного сектора на основі відносин державно-приватного партнерства набуло широкого висвітлення в науковій літературі зарубіжних та вітчизняних вчених, зокрема: В. Варнавського, М. Вебера, К. Антонюка, А. Гаврилюка, В. Головинця, Л. Гонтаржевської, О. Кальченка, В. Карпа, Д. Норда, А. Чухно та інших. Але проблемам використання механізму державно-приватного партнерства в секторі туристичних послуг та питанням розподілу ризиків в даних проєктах не приділяється достатньої уваги.

Одне з перших досліджень, що присвячене ролі Державно-приватного партнерства (ДПП) в туризмі, було проведено Міжнародною туристичною організацією у 2000 році і 98% від громадських та приватних установ з 90 країн світу відзначили роль ДПП як "дуже важливу" або "важливу" в посиленні конкуренції [1].

Зокрема, Міжнародна туристична організація розглядає ДПП як захід ефективної боротьби з кризою в туризмі, у вводить до списку пріоритетних напрямів Комітету з сталого розвитку туризму [2].

Причини створення державно-приватного партнерства в сфері туризму різноманітні, в якості провідних - фахівців та експерти відзначають такі:

- необхідність у розробці нової продукції/послуг;
- мобілізації ресурсів;
- розподіл ризиків між партнерами (не тільки фінансових але і у царині прийняття рішень);
- скорочення строків впровадження нових розробок;
- обмін досвідом та кращими наробками і ноу-хау (або "трансфер технологій");
- залучення фінансових ресурсів, що викликано браком коштів учасників;
- підвищення привабливості туристичних напрямків.

Провідними тенденціями створення державно-приватних партнерств в сфері туризму, визначено наступні [2]:

- фінансова підтримка авіакомпаній, для збільшення їх навантаження;
- організація спільних програм по просуванню туристичних маршрутів;
- формування програми знижок на різні види туристичних послуг;
- скорочення зборів учасників міжнародних туристичних виставок;