УДК 629.783:629.785

*Володимир Іванович Богом'я*

# МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ АДАПТИВНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

## Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомо, що забезпечення розвитку сучасних космічних технологій в Україні є важливим чинником, що визначає стратегічне місце держави у світі. Нажаль, сьогодні існує значна диспропорція між рівнем космічного потенціалу та його впливом на вирішення актуальних загальнодержавних і суспільних завдань, у тому числі при функціонуванні процесів навігації і управління рухом у космічному просторі, засобів їх навігаційного обслуговування [1-3].

Однією із основних причин виникнення вищенаведеної диспропорції є низка ефективність функціонування системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів та пов'язана із нею необхідність реформування підходів до побудови системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів.

Слід відмітити, що постійний розвиток космічних технологій приводить до значного збільшення кількості та складності цільових завдань космічних апаратів. Так, за період із 1958 по 2011 роки було запущено 202 космічних апарату далекого космосу для досліджень планет, комет, астероїдів. У період 2010-2011 роки на навколоземну орбіту запущено біля 502 космічних апаратів.

Аналіз заходів Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013-2017 роки показує, що існуючий погляд вітчизняної науки щодо створення (модернізації) відповідних систем спостереження та розпізнавання конкретних типів космічних апаратів не враховує сучасні тенденції розвитку перспективних систем спостереження та розпізнавання та не відповідає вимогам міжнародної космічної ініціативи EXPLORATION щодо освоєння далекого космосу та рекомендаціям CCSDS (Міжнародного консультативного комітету з космічних систем передавання даних) щодо спостереження космічних апаратів [4-6].

На цей час, Україна є власником одного космічного апарату «Січ-2» та має однопунктну технологію спостереження космічними апаратами, яка має значні недоліки: низький рівень ефективності функціонування, який заключає в собі підвищення кількості наземних станцій спостереження при низькою їх завантаженості у відповідності із запуском нового космічного апарату; велика кількість обслуговуючого персоналу; неспроможність станції спостереження реагувати на зміни режимів із космічними апаратами). Заходами Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013-2017 роки передбачається запуск нових космічних апаратів при створенні відповідних нових систем спостереження та розпізнавання, що є застарілим підходом.

Також, Україна є членом багатьох міжнародних проектів («Радіоастрон», «Либідь», «Циклон-4», «Іоносат» та ін.) та багатьох міжнародних космічних організацій (COPUOS – комітету ООН з дослідження і використання космічного простору; CEOS – комітету зі супутникового нагляду Землі; «Интерспутник» – міжнародної організації космічного зв'язку та ін.), тому має розвивати свою національну систему спостереження та розпізнавання космічних апаратів з урахуванням міжнародних вимог та рекомендацій (у тому числі CCSDS – Консультаційного комітету із систем передавання космічних даних в доповнення до рекомендацій ISO – Міжнародної організації із стандартизації, ITU – Міжнародного союзу електрозв'язку. Це зумовлює необхідність проведення відповідних досліджень з метою забезпечення адаптації до ускладнення цільових завдань і обмеженнями ресурсів на спостереження та розпізнавання космічних апаратів та внесення свого вкладу у розвиток єдиної адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів [1,6].

## Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Таким чином, з метою підвищення ефективності процесів навігації і управління рухом у космічному просторі, засобів їх навігаційного обслуговування є актуальним вирішення науково-прикладної проблеми необхідності створення адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів в умовах постійного зростання складності цільових завдань та обмеження ресурсів на спостереження та розпізнавання.

До нещодавнього часу вважалося класичним прийомом використовувати в дослідженнях єдність

предмету та теоретичної концепції (одна модель, один критерій, один метод). Це так званий «редукційний» підхід, заснований на тим, що цілості властивості об'єкта (у даному випадку адаптивні оптимальні системи управління) досліджуються окремо. Це те, що може запропонувати сучасна наука.

В той же час особливістю сучасної науки є системні дослідження комплексних проблем. Будь-який об'єкт розглядається не ізольовано, а в багаточисельних і суперечливих (нелінійних) взаємозв'язках. Ознакою розвиненої теорії стає її багатомодельність та взаємопов'язана з нею багато критеріальність. Багатомодельна теорія явища повинна охоплювати і те, що спостерігається, і те, що не спостерігалося.

Таким чином, цілісність, багатогранність, складність наземного автоматизованого комплексу повинна бути досліджена в різноманітті моделей, критеріїв та різноманітних методів.

Водночас, існує потреба в безперервному самокорректуванні нелінійної схеми в залежності від зміни режиму функціонування, у можливості збереження якісного функціонування динамічної системи як при значних порушеннях обмежень, так і економічність функціонування у спокійних режимах.

Таким чином, виникає протиріччя в теорії щодо неможливості існуючих наукових методів створення комплексних систем спостереження та розпізнавання космічних апаратів забезпечити потрібний рівень якості управління космічними апаратами.

В той же час, спостерігається протиріччя на практиці, яке характеризується необхідністю оперативного спостереження КА різного цільового призначення з одного боку та неможливістю спостереження без створення нової комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів з другого боку.

Причиною вищенаведених протиріч є відсутність методології створення КССР, здатної забезпечити необхідний рівень якості спостереження КА. Під методологією розуміється замкнута сукупність принципів, підходів, теоретичних методів, а також методичних, програмних та алгоритмічних прийомів інтенсифікації дослідницького процесу, реалізованих у вигляді апробованої послідовності дій або операцій (способів та методик), які забезпечують виконання завдання створення адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів.

Методологія визначає характеристику компонентів наукового дослідження: об'єкту, предмету аналізу, наукової проблеми, сукупності необхідних для вирішення наукової проблеми дослідницьких інструментів, а також формує загальний вигляд послідовності дій дослідника у процесі вирішення проблеми [1].

Постановка проблеми створення та підвищення ефективності адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів. Формалізуємо завдання щодо необхідності створення адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів в умовах постійного зростання складності цільових завдань та обмеження ресурсів на спостереження (сукупність космічних засобів).

Математична постановка проблеми полягає у наступному.

Маємо значення часу технологічного циклу спостереження $T_{тцс}$ та величини, яки характеризують процес спостереження: $ЦЗ = \{a_i \mid i = \overline{1, I}\}$ – множина цільових завдань; $З = \{e_\varepsilon \mid \varepsilon = \overline{1, E}\}$ – множина засобів адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів; $КА = \{b_j \mid j = \overline{1, J}\}$ – множина космічних апаратів єдиного цільового призначення; $P = \{g_\lambda \mid \lambda = \overline{1, \Lambda}\}$ – множина режимів роботи засобів адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів; $ТОС = \{l_\phi \mid \phi = \overline{1, \Phi}\}$ – множина службових типових операцій спостереження; $ЗРВ_{ij\phi} = \{s_{ij\varepsilon\lambda\phi\nu} \mid \nu = \overline{1, N}\}$ – множина зон радіозв'язку для виконання типової операції спостереження; де $j$ – порядковий номер космічного апарату єдиного цільового призначення; $\lambda$ – порядковий номер режиму роботи засобів адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів; $\varepsilon$ – порядковий номер засобу адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів; $\phi$ порядковий номер типової операції спостереження;

Необхідно визначити таке скоординоване спостереження космічних апаратів, яке буде адаптоване до обстановки, що складається на момент прийняття рішення на спостереження при скороченому складі засобів комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів.

Математична модель задачі виглядає наступним чином

$$\max_{J_{КССР}} \min_{З} J_{КССР} = f[ЦЗ, З, КА, З, P, ТОС, ЗРВ],$$

$$a_i \geq a_{i_{зад}}; \quad (1)$$

$$e_\varepsilon \geq e_{\varepsilon_{зад}}; \quad (2)$$

$$b_{j_{зад}} \geq b_j \geq b_{j_{min}}; \quad (3)$$

$$g_\lambda \leq g_{\lambda_{зад}}; \quad (4)$$

$$l_\phi \leq l_{\phi_{зад}}, \quad (5)$$

де $J_{КССР}$ – функціонал якості функціонування комплексних систем спостереження та розпізнавання космічних апаратів;

$a_i; a_{i_{зад}}$ – відповідно кількість цільових завдань, задана величина кількості цільових завдань;

$e_\varepsilon; e_{\varepsilon_{зад}}$ – відповідно кількість засобів

комплексних систем спостереження та розпізнавання космічних апаратів та задана величина кількості;

$b_j, b_{j_{зад}}, b_{j_{min}}$ – відповідно кількість КА єдиного цільового призначення, задана величина кількості КА єдиного цільового призначення та мінімальна допустима величина кількості КА;

$g_\lambda; g_{\lambda_{зад}}$ – відповідно кількість режимів роботи засобів комплексних систем спостереження та розпізнавання космічних апаратів та її задана величина;

$l_\phi; l_{\phi_{зад}}$ – відповідно кількість службових типових операцій спостереження та її задана величина.

Таким чином, після вирішення задачі оптимізації буде знайдене рішення щодо адаптивного спостереження космічних апаратів, що буде задовольняти критерію оптимізації (1.1) та обмеженням (1.1÷1.5).

## Висновки

1. Аналіз заходів Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013-2017 роки показує, що існуючий погляд вітчизняної науки щодо створення (модернізації) відповідних наземних спеціалізованих комплексів для спостереження конкретних типів космічних апаратів не враховує сучасні тенденції розвитку перспективних комплексних систем спостереження та розпізнавання космічних апаратів та не відповідає вимогам міжнародної космічної ініціативи EXPLORATION та рекомендаціям CCSDS (Міжнародного консультативного комітету з космічних систем передавання даних).

2. Спостерігається виникнення *протиріччя на практиці* щодо необхідності оперативного спостереження космічними апаратами різного цільового призначення з одного боку та неможливість спостереження без створення нової комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів з другого боку, а також виникнення *протиріччя в теорії* щодо неможливості існуючих наукових методів створення комплексних систем спостереження та розпізнавання космічних апаратів забезпечити потрібний рівень якості спостереження космічних апаратів.

3. Причиною виникнення вищенаведених протиріч є відсутність методології створення адаптивної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів, здатної забезпечити необхідний рівень якості спостереження космічних апаратів ближнього та далекого космосу.

4. Тому з метою підвищення ефективності спостереження космічних апаратів ближнього та далекого космосу в умовах постійного зростання складності цільових завдань та обмеження ресурсів на спостереження, пропонується провести дослідження щодо створення методологічних основ створення перспективної комплексної системи спостереження та розпізнавання космічних апаратів із властивостю адаптації.

5. Адаптивна комплексна система спостереження та розпізнавання космічних апаратів, яка створюється дозволить одночасне спостереження космічних апаратів ближнього та далекого космосу на основі існуючого комплексу управління та його незначної модернізації. При цьому доцільне використання існуючих технологій управління за допомогою супутників-ретрансляторів та морських пунктів управління (якщо широта місцеположення космічного апарату складає більше 80° пів.ш .).

6. Адаптивна комплексна система спостереження та розпізнавання космічних апаратів, яка створюється дозволить одночасне спостереження космічних апаратів ближнього та далекого космосу з різних пунктів спостереження, окремо різної національної належності за допомогою властивості уніфікації.

## *Література*

**1. Управление** космическими полетами: учеб. пособие в 2 ч./ В.А. Соловьев, Л.Н. Лысенко, В.Е. Любинский; под общ. ред. Л.Н. Лысенко.–М.: Изд–во МГТУ им. Н.Э. Баумана., 2009. Ч.2. 426 с. **2. Соловьев В.А.** Планирование космических полетов. М.: Изд– во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998.– 134 с. **3. Плотников В.Н.** Принятие решений в системах управления: II ч./ В.Н. Плотников, В.Ю. Зверев – М.: МГТУ, 1993. – Ч. 1. –172 с.; – Ч 2. – 144с. **4.Подиновский В.В.**, Ногин В.Д. Парето–оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. 256 с. **5. Загальнодержавна** цільова науково–технічна космічна програма на 2013–2017 роки. – К.:ДКАУ, 2012. **6. Богом'я В.І.** Організація системи управління космічними засобами в умовах однопунктної технології /Богом'я В.І., Черепков С.Т., Загорулько О.М., Ставицький С.Д.– К.: НАОУ, 2005. – 57 с.

В данной статье приведена математическая постановка проблемы создания методологических основ создания перспективной комплексной системы слежения и распознавания космических аппаратов со свойством адаптации.

*Ключевые слова:* методологические основы, адаптивность, система слежения и распознавания, космический аппарат.

This article is a mathematical formulation of the problem of creating a methodological perspective the basics of creating an integrated system of tracking and recognition of the spacecraft with the property adaptation.

*Key words:* methodological foundations, adaptability, tracking and recognition system, the spacecraft.