

УДК 621.396

Д.А. Блоха<sup>1</sup>, В.И. Богомья<sup>2</sup><sup>1</sup>Компанія "SK TRANSUG", Київ<sup>2</sup>Київська державна академія водного транспорту, Київ

## АНАЛІЗ ВИМОГ ДО НАЗЕМНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ УПРАВЛІННЯ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ

*В статті проаналізовані вимоги до наземного автоматизованого комплексу управління космічними апаратами, запропонована розрахункова модель тропосферної ділянки радіолінії, визначена необхідність розробки універсального комплексу ідентифікації, вільного від недоліків відомих комплексів.*

**Ключові слова:** наземний автоматизований комплекс, управління космічними апаратами, вимоги.

### Введение

Традиційно завдання, що покладаються на космічні системи (КС), не вдається виконати за допомогою радіотехнічних комплексів (РТК), розташованих в одному пункті земної поверхні. Причина цього криється перш за все в тому, що для управління космічним апаратом (КА) використовуються в основному ультракороткохвильові радіохвилі (УКХ) [1]. Для хвиль цього діапазону земна атмосфера відрізняється найбільшою прозорістю. Проте УКХ розповсюджуються в зоні прямої видимості. Тому зв'язок з КА і спостереження за ними можливі тільки при їх русі в межах видний частини небозводу. Розміри зони видимості КА залежать від висоти польоту КА. Можна показати, що із-за сферичності Землі відстань прямої видимості між супутниками, що звертаються по еліптичній або круговій орбіті, і деякою крапкою на поверхні, визначає діаметр зон видимості КА, який для висот орбіт 200...1000 км складає 3000...7000 км [1, 2]. Тривалість польоту таких супутників в межах зон видимості в якнайкращому випадку досягає 5 хв. Звичайно ж проекція траси КА не проходить через точку розміщення РТК, а прокреслює в зоні видимості хорду, довжина якої менше за її діаметр.

Таким чином, тривалість польоту в зоні видимості, а значить і тривалість сеансу управління КА в більшості випадків менше 7-15 хвилин.

Виходячи з вищевикладеного, при створенні традиційно використовуваних наземних автоматизованих комплексів управління КА застосовується багатопунктний підхід. Проте для КС спостереження через певні умови такий підхід не завжди застосовний. Таким чином, для створення національних космічних систем спостереження, в наземному контурі управління можливе застосування тільки однопунктної технології управління КА. Ця обставина, а також обмежений часовий інтервал знаходження КА в зоні видимості РТК, підвищують функціональну цінність кожного з перерахованих режимів КА. При цьому, для вирішення завдання за-

безпечення надійної роботи космічної системи балістико-навігаційне забезпечення (БНЗ) управління КА стає актуальним [1 – 4].

Друга особливість РТК НКУ обумовлена великою швидкістю руху КА. При прийомі радіосигналів, що випромінюються з борту супутника, або при прийомі радіосигналів наземними РТК виявляється доплерівський зсув частоти, значення якого може досягати сотень мегагерц. Ця особливість радіосигналів спричиняє необхідність розширення смуг пропускання і, зокрема, динамічного діапазону РТК і викликає труднощі у виділенні сигналів на тлі перешкод.

Подолання подібного роду утруднень можливо завдяки обліку специфічної властивості траєкторії КА, а саме їх жорсткої детермінованості. Як відомо, траєкторії літальних апаратів аеродинамічного типу відрізняються вельми слабкою детермінованістю. Причина цього полягає в тому, що їх рух обумовлений в основному силою тяги і опором атмосфери, які можуть змінюватися за величиною і напрямом в досить широких межах, що породжує велику різноманітність можливих траєкторій.

Наступна група особливостей РТК КС пов'язана з енергетичними, ваговими і габаритними обмеженнями, що пред'являються до бортової апаратури КА. Ці обмеження вимушують використовувати на борту передавачі мінімально допустимої потужності випромінювання, по можливості простіші і малогабаритні приймачі і антенні системи (АС) і вживати спеціальних заходів для підвищення рівня сигналів і придушення перешкод.

При конструюванні РТК КС вживаються всілякі заходи по зниженню рівня перешкод в радіоканалах [57].

Особливо це актуально для НВЧ і НДВЧ каналів, що характеризуються частотно-селективними завмираннями в середовищі розповсюдження радіохвиль. Перешкодостійкість працюючих в цих діапазонах РТК за рахунок нелінійних інерційних процесів знижується.

**Метою статті** є враховуючи відомі відмінності по висоті тропосферного шару в екваторіальній і приполюсних областях [6,7], побудова розрахункової моделі тропосферної ділянки радіолінії.

**Основна частина**

Можна показати, що шукана довжина  $\alpha$  в діапазоні величин кута місця  $\beta$  визначається з наступної формули

$$d = |x - x_1| \sqrt{1 + K_1^2} \tag{1}$$

де  $K_1$  - коефіцієнт еліптичності, причому

$$K_1 \cong \frac{\sin \alpha + K \cos \alpha}{\cos \alpha - K \sin \alpha}, \tag{2}$$

$$K \cong \operatorname{tg} \alpha.$$

де  $a, b$  – відповідно велика і мала піввісь Земного геоїда ( $y$  км);

$(a + \alpha), (b + \beta)$  – відповідно апогей і перигей атмосферного еліпсоїда ( $y$  км), описуваного рівнянням вигляду

$$\frac{x^2}{(a - \alpha)^2} + \frac{y^2}{(b + \beta)^2} = 1; \tag{3}$$

$\{x_1; y_1\}$  – географічні координати наземного РТК, причому

$$x_1 = \frac{ab}{\sqrt{b^2 + K^2 a^2}}, \tag{4}$$

$$y_1 = \frac{Kab}{\sqrt{b^2 + K^2 a^2}}. \tag{5}$$

Вважаючи, що наземний термінал радіолінії розташований на географічній широті  $45^\circ$ , і використовуючи формули (1) – (5), знаходимо кількісну залежність  $d$  від значення  $\beta$ . Результати розрахунків графічно наведені на рис. 1 (суцільна лінія), приведені також відповідні залежності для вертикальної (штрихпунктирна лінія) і горизонтальної (штрихова лінія) складових загальної довжини  $d$  тропосферної ділянки супутникової радіолінії.

Аналіз кривих показує, що збільшення діапазону робочих кутів місця пов'язане із зростанням протяжності тропосферної ділянки використовуваних радіоліній, особливо при кутах місця порядку  $10^\circ \div 20^\circ$ , і, отже, з відповідним посиленням впливу радіофізичних ефектів. При цьому зменшення робочої довжини лінії зв'язку робить значний вплив на перешкодостійкість РТК. Тому при створенні НВЧ і КВЧ РТК виникає вельми актуальне завдання підвищення їх ефективності.

Особливості географічного положення і територіальні обмеження визначили необхідність вико-

ристання в національних НАКУ однопунктної технології управління КА, при якій важливим стає завдання ідентифікації космічних об'єктів, що знаходяться в зоні видимості РТК. Враховуючи, що створення окремої системи для вирішення цього завдання є дуже дорогим заходом, представляється доцільним створення комплексу ідентифікації КА у складі тих, що привертаються для завдання забезпечення управління РТК.

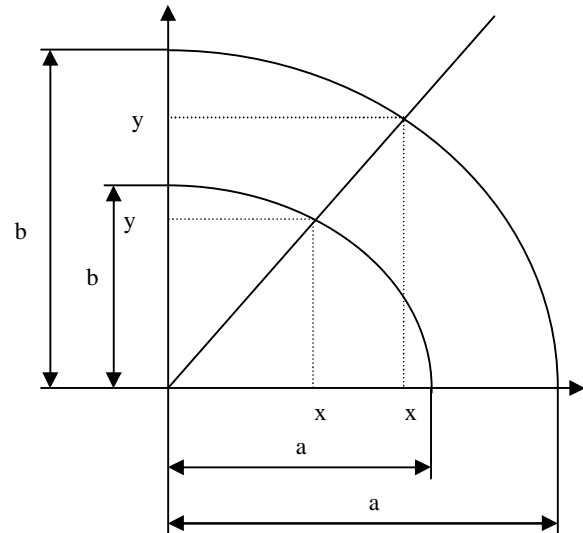


Рис. 1. До розрахунку тропосферної ділянки

Для створення бортових комплексів ідентифікації, як відомо, потрібні порівняно великі техніко-економічні витрати, обумовлені перш за все необхідністю виведення декількох десятків КА різної орбітальної побудови. Тому дані комплекси можуть притягуватися тільки для вирішення вкрай обмеженого об'єму завдань.

Гідністю лазерних і оптичних комплексів є забезпечення великої дальності дії, високої вирішуючої здатності і точності вимірювання координат з скритністю в роботі і практичною несхильністю до різного виду організованих перешкод. У той же час залежність від метеоумов роботи і часу доби не дозволяє забезпечувати постійний контроль космічного простору і ідентифікувати КА.

Активні і пасивні комплекси радіолокації обмежено застосовні до завдань ідентифікації КА. При цьому ці комплекси можуть бути застосовані тільки для виявлення так званих активних космічних об'єктів.

На основі проведеного вище аналізу представляється доцільним розробити універсальний комплекс ідентифікації, вільний від недоліків відомих комплексів. Базою такого комплексу може служити наземний радіотехнічний комплекс з повноповоротними антенними пристроями. Даний підхід дозволить створити порівняно з відомими комплексами більш економічний комплекс, що забезпечує всепогодну фіксацію КА зі всіх напрямів польоту.

При цьому як параметри ідентифікації доцільно вибрати прийом і обробку сигналів паразитного випромінювання постійно функціонуючих блоків бортової апаратури (БА).

Для цього необхідно оцінити можливість прийому даних сигналів. З рівняння радіолокації відомо, що

$$P_c = \frac{P_n G_n}{4\pi H^2} A = \frac{Q_n A}{4\pi H^2}, \quad (6)$$

де  $P_c$  – потужність радіосигналу, що приймається, Вт;

$A$  – ефективна площа антени наземної системи;

$P_n$  – потужність випромінюваного радіосигналу, Вт;

$G_n$  – коефіцієнт посилення бортової апаратури;

$H$  – висота орбіти КА, км;

$Q_n = P_n \cdot G_n$  – коефіцієнт космічного апарату.

Основне угруповання КА розміщене на висотах від 200 до 40000 км. При цьому значення потужності паразитного випромінювання БА складає величину близько 1,210 – 5 Вт, а коефіцієнт посилення бортової антени 1000.

Враховуючи вищевикладене, з виразу (6) отримаємо значення висоти орбіти КА, що ідентифікується для наземних комплексів з різною ефективною площею антенних пристроїв.

### Висновки

Враховуючи ту обставину, що для КС спостереження в основному використовуються однопунктні технології, найбільш раціональним є залучення до забезпечення управління одного РТК у складі наземного контуру.

Ця обставина обумовлює необхідність дослідження методів підвищення якості функціонування наземного автоматизованого комплексу управління космічними апаратами спостереження.

Використовуючи вищевикладені результати досліджень, доцільно відзначити, що при створенні однопунктного наземного автоматизованого комплексу управління космічними апаратами особливу важливість мають оцінка завадостійкості радіотехнічного комплексу, а також якість балістико-навігаційного забезпечення управління космічними апаратами.

### Список літератури

1. Явтушенко А.М. Сучасні космічні системи оптичної зйомки Землі / А.М. Явтушенко, С.В. Козелков, В.І. Богомья, С.Д. Ставицький: Навч. посіб. – К.: НАОУ, 2004. – 80 с.

2. Ханцеверов Ф.Р. Моделирование космических систем изучения природных ресурсов Земли. / Ф.Р. Ханцеверов, В.В. Остроухов. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.

3. Егоров Е.И. Использование радио-частотного спектра и радиопомехи. / Е.И. Егоров, Н.И. Калашиников, А.С. Михайлов – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.

4. Дитц Р.Х. Система связи и слежения космической станции / Р.Х. Дитц // ТИИЭР. – 1987. – Т.75. №3. – С. 118 – 132.

5. Жалило А.А. Навигация космических аппаратов по сигналам космических навигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR. / А.А. Жалило, П.А. Кот, И.Н. Минервин и др. // Космична наука і технологія. – 1995. – №1. – С.69 – 74.

6. Воронов А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. – М.: Наука, 1979. – 336 с.

7. Жданов А.И. Идентификация по методу наименьших квадратов управлений авторегрессии при аддитивных ошибках измерений. / А.И. Жданов, С.А. Кацюба // Автоматика и телемеханика. – 1982. – №2. – С.29 – 38.

8. Радиолокация Земли из космоса/под редакц. Л.М. Митника и С.В. Суворова.– Л.: Гидрометеиздат, 1990.– 340 с.

Надійшла до редколегії 24.01.2012

Рецензент: д-р техн. наук проф. С.В. Козелков, ДП «Центральний НДІ навігації і управління», Київ.

### АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К НАЗЕМНОМУ АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ КОМПЛЕКСУ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Д.А. Блоха, В.И. Богомья

В статье проанализированы требования к наземному автоматизированному комплексу управления космическими аппаратами, предложена расчетная модель тропосферного участка радиолинии, определена необходимость разработки универсального комплекса идентификации, свободного от недостатков известных комплексов.

Ключевые слова: наземный автоматизированный комплекс, управление космическими аппаратами, требования.

### ANALYSIS OF REQUIREMENTS TO THE GROUND AUTOMATED COMPLEX SPACECRAFT CONTROL

D.A. Blocha, V.I. Bogomia

In the article analyzed the requirements of the ground automated complex spacecraft control, the calculation model is suggested tropospheric links, site determined the need to develop a universal set of identification, free from the shortcomings of the famous complexes

Keywords: ground automated complex, management of space vehicles, requirements.