

УДК 681.7

О.М. Кондратов

Військова частина А1906, Київ

ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ВИДОВОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Визначаються основні критерії оцінки космічних систем забезпечення бойових дій. Для прикладу розглянуто критерії оцінки для космічної системи, що складається з низькоорбітальних космічних апаратів.

Ключові слова: орбітальна побудова, космічні системи, космічний апарат.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

В умовах зменшення ймовірності розв'язання широкомасштабної війни та збільшення ризиків виникнення локальних воєн і збройних конфліктів більшість країн зосереджують свої зусилля в напрямі створення нової моделі збройних сил XXI сторіччя – менших за чисельністю, але ефективніших, здатних адекватно реагувати на широкий спектр завдань, які постають у новому вимірі міжнародної безпеки.

Тенденції сучасної збройної боротьби такі [1, 2]:

- збільшення періоду підготовки до війни і зменшення активної фази воєнних дій;
- ущільнення часу проведення активної фази збройної боротьби – управління зброєю здійснюється в реальному масштабі часу, тобто час від виявлення об'єкта до прийняття рішення щодо його вогневого ураження має тенденцію до зменшення завдяки оперативній обробці розвідувальної інформації, видачі цілевказівок і застосуванню засобів ураження в реальному масштабі часу;
- закономірний подальший розвиток космічної зброї та способів її застосування зумовлює поступовий перехід від повітряних до повітряно-космічних операцій, що значно розширює просторові можливості сучасної зброї, уможливорює перехід до її вибіркового, «точкового» застосування по об'єктах і військах як на всій території противника, так і в його повітряному просторі.

Сучасні війни є війнами високих технологій [1 – 5]. Характерна риса війн високих технологій полягає в проведенні наступальної повітряної операції із застосуванням космічних забезпечуючих систем [6 – 9], у якості яких використовуються військові космічні системи стратегічної розвідки, супутники стратегічного і тактичного зв'язку і управління, метеорологічні супутники, навігаційні космічні системи, а також комерційні супутники дистанційного зондування землі, супутники комерційного зв'язку і таке інше. Так, під час останніх збройних конфліктів використовувалися [6 – 9]:

- у Іраку в 1991 році – 35 супутників військового призначення, 26 комерційних супутників;
- у Югославії в 1999 році – 38 супутників військового призначення, 27 комерційних супутників;
- у Іраку в 2003 році – 59 супутників військового призначення, 68 комерційних супутників.

Успішність вирішення завдань забезпечення бойових дій залежить від орбітальної побудови космічної системи (КС).

Мета статті – проаналізувати основні критерії оцінки КС спостереження для вирішення задачі забезпечення бойових дій.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Відомо [4 – 18], що при визначенні принципів побудови космічних систем доцільно виконати їх оцінку по просторових і часових критеріях. Така оцінка дозволить виявити [11, 12, 17 – 19]:

- інформативність системи;

- глобальність її дії;
 - необхідну кількість космічних апаратів (КА) у системі;
 - частоту і тривалість одержання інформації.
- Основними критеріями оцінки КС є [19]:
- зона огляду;
 - смуги огляду;
 - область застосування;
 - тривалість одержання інформації;
 - періодичність одержання інформації.
- У статті розглянемо деякі варіанти побудов КС для виконання тих чи інших завдань.

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Розглянемо основні критерії оцінки КС. Зона огляду характеризується ділянкою місцевості на земній поверхні, що спостерігається з КА у визначений момент часу [19]. Стосовно до розвідувальних КА зона огляду називається зоною розвідки, а стосовно до об'єкта розвідки – зоною можливої розвідки, у межах якої може вестися його спостереження з КА. Розглянемо рис. 1, на якому зображена зона огляду земної поверхні. Основними параметрами зони огляду є:

- r_3 – сферичний радіус зони огляду;
- β° – кут зони огляду, який визначається кутом зору ψ апаратури, встановленої на КА, або кутом спостереження ϵ , що для радіотехнічного пункту прийому, встановленого в точці A_1 , називається кутом узвишся антени;
- $R=6371$ км – радіус Землі;
- значення кута $\epsilon = \alpha = 7-10^\circ$.

У кутовому вимірі r_3 визначається як $r_3 = \beta^\circ / 2$.

У лінійному вимірі $r_3 = R \beta^\circ / (2 \cdot 57,3)$. З урахуванням радіуса Землі $r_3 = 55,6 \cdot \beta^\circ$, км, а

$$\beta^\circ = 2 \left[\arcsin \left(\frac{R+H}{R} \sin \frac{\psi}{2} \right) - \frac{\psi}{2} \right]$$

або

$$\beta^\circ = 2 \left[\arccos \left(\frac{R+H}{R} \cos \epsilon \right) - \epsilon \right].$$

Максимальні значення:

$$r_{\max} = 55,6 \beta_{\max}^\circ, \quad \beta_{\max}^\circ = 2 \arccos \frac{R}{R+H},$$

при цьому для β_{\max}° : $\psi_{\max} = 2 \arcsin \frac{R}{R+H}$.

Розрахунки, проведені в [19] показують, що зони огляду охоплюють значні площі земної поверхні і становлять 42% для КА, які знаходяться на геостационарній орбіті. Це важливий чинник, що визначає можливість створення глобальних систем при невеликій кількості КА у космічній системі.

Смуга огляду – смуга земної поверхні уздовж траси польоту, у межах якої можливе спостереження наземних об'єктів (рис. 2).

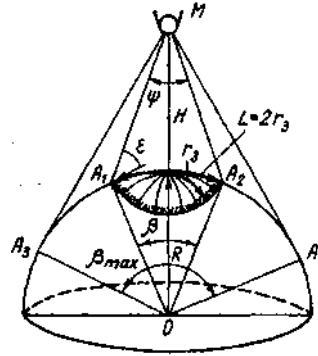


Рис. 1. Зона огляду земної поверхні

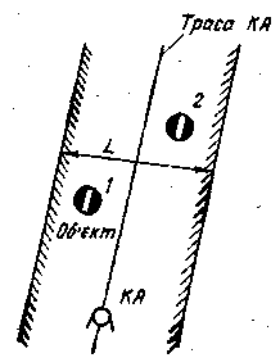


Рис. 2. Смуга огляду КА

Ширина симетричної смуги огляду щодо осі зору апаратури КА визначається співвідношенням

$$L = 2 r_3 = 111,2 \beta.$$

Максимальне значення смуги огляду дорівнює

$$L_{\max} = 111,2 \beta_{\max}.$$

Розрахунки показують [19], що КА мають великі можливості щодо перегляду земної поверхні. Це розкриває їх велику інформативність. Зі збільшенням висоти польоту КА смуга огляду збільшується. Смуга огляду буде визначатися кутом зору $\psi_{\text{АП}}$ апаратури, тобто $\psi_{\text{АП}} < \psi_{\max}$, відповідно $L < L_{\max}$.

Область застосування – це область на Земній поверхні, у межах якої КС може використовуватися споживачами [19]. Вона обмежується діапазоном широт і довгот. Для КС, траси яких мають вигляд сферичної синусоїди, діапазон широт області застосування $\Delta\varphi_{03}$.

$$\Delta\varphi_{03} = \pm(i - \beta/2) \text{ для } i < 90^\circ;$$

$$\Delta\varphi_{03} = \pm(180^\circ - i + \beta/2) \text{ для } i > 90^\circ. \quad (1)$$

Наприклад, у КС входять КА з $i = 82,5^\circ$ (нахил орбіти) при $\beta = 4^\circ$ (геоцентричний кут огляду). Тоді

$$\Delta\varphi_{03} = \pm(i - \beta/2) = \pm(82,5 - 4/2) = \pm 80,5^\circ,$$

отже, дана система буде мати область застосування в діапазоні $80,5^\circ$ пн. ш. – $80,5^\circ$ пд. ш.

Діапазон довгот області застосування при n витках польоту буде дорівнювати 360° .

Для одержання області застосування, що охоплює всю земну поверхню ($\Delta\varphi_{03} = \pm 90^\circ$), нахил орбіт з урахуванням співвідношень (1) мають задовольняти умови:

$$i \geq 90^\circ - \beta/2, \text{ при } i < 90^\circ; \quad i \leq 90^\circ - \beta/2, \text{ при } i > 90^\circ. \quad (2)$$

Області застосування КС, у яких нахил орбіт КА не задовольняє умові (2), буде мати вигляд кульового поясу, обмеженого широтами $\pm \Delta\varphi_{03}$, отриманими зі співвідношень (1).

Для КС із КА, виведеними на геостационарну орбіту або ж півдодові кругові і високоеліптичні

орбіти, області застосування будуть будуватися по інших законах.

Тривалість спостереження – проміжок часу, упродовж якого можливе спостереження об'єкта з КА або КА з наземного пункту [19].

Для висот приземного космосу максимальна тривалість спостереження t_{max} перебуває в межах 4 – 6 хвилин, а для ближнього космосу: 6 – 18 хвилин.

На тривалість спостереження впливає обертання Землі і прецесія площини орбіти, що у межах приземного космосу змінюють час t на 10 – 15 с, а в межах ближнього космосу і до висот ≈ 1500 км до 40-60 с. Тому урахування цих поправок проводиться при виконанні точних розрахунків і при польотах КА на великих висотах, де вони можуть досягати 5-10 хвилин і більше. При роботі на картах час спостереження може визначатися графоаналітичним способом. У цьому випадку

$$t_c = S_c / W,$$

де S_c – довжина ділянки траси, на якій спостерігається об'єкт; W – колійна швидкість, яка виходить з рівності $W = 475 - 0,11 H$ (H – висота польоту КА).

Наприклад, для $H = 650$ км, $S_c = 200$ км. Тоді $t_c = \frac{S_c}{W} = \frac{200}{475 - 0,11 \cdot 650} \approx 30''$.

Періодичність спостереження – це інтервал часу між послідовними спостереженнями об'єкта з КА [19]. Періодичність спостереження $\Delta t_{п}$ залежить від географічного розташування об'єкта (пункту) спостереження, нахилу орбіти і ширини смуги огляду. Якщо в систему входять декілька КА, то розмір $\Delta t_{п}$ буде також визначатися кількістю КА й орбіт, на які вони виведені.

Для прикладу розглянемо основні характеристики КС, що складаються низько висотних КА. На такі орбіти виводяться КА метеорологічних, пошуково-рятувальних, навігаційних, топогеодезичних і розвідувальних КС. КА в даних системах функціонують в основному на орбітах висотою від 150 до 2000 км і нахилом у межах 80–100°.

Для метеорологічних і розвідувальних КА смуга огляду земної поверхні визначається кутом зору ϕ встановленої на них оптико-електронної апаратури, а для КА навігаційних, пошуково-рятувальних, топогеодезичних систем і систем радіотехнічної розвідки – кутом спостереження (узвишся антени) ϵ . Розміри кутів ϕ і ϵ залежать від призначення КА і вимог до розвідувальної інформації. КА радіотехнічної розвідки, навігаційних, пошуково-рятувальних систем забезпечують вирішення своїх задач при кутах спостереження більш 5–10°. Можливості по огляду земної поверхні аналізованих систем оцінюються смугою огляду L , розміри якої залежно від кутів ϕ і ϵ для деяких висот польоту показані на рис. 3, 4.

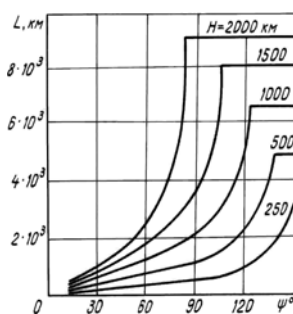


Рис. 3. Залежність смуги огляду від куту зору бортової апаратури

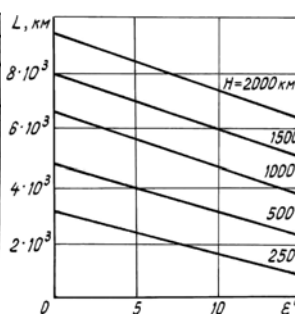


Рис. 4. Залежність смуги огляду від куту спостереження (узвишся антени)

З рис. 3, 4 видно, що можливості КА цих систем по огляду земної поверхні змінюються в широкій межі. Максимальна тривалість спостереження t_{cmax} наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Максимальна тривалість спостереження t_{cmax}

H, км	150	250	500	1000	1500	2000
t_{cmax} , хв	5,8	7,9	11,6	17,6	23,0	28,5

Аналізуючи дані табл. 1, можна зробити висновок, що максимальна тривалість спостереження з КА на низьковисотних орбітах становить 6 – 29 хвилин, при відхиленні об'єкта від траси ця тривалість зменшується і при $\mu = \beta/2$ дорівнює нулю.

Періодичність спостереження в загальному випадку носить циклічний характер. Вона залежить від широти розташування об'єкта, ширини смуги огляду, висоти польоту і кількості КА у системі.

Наземні об'єкти залежно від ширини смуги огляду можуть спостерігатися з періодичністю, рівною періоду обертання на декількох послідовних витках. Визначимо кількість послідовних витків, на яких можливе спостереження об'єктів із періодичністю, рівною періоду обертання.

Для визначення кількості послідовних витків виходу КА на об'єкт розглянемо рис. 5, де показано положення висхідної гілки траси на деякому витку N_1 , на який об'єкт уперше потрапив у смугу огляду.

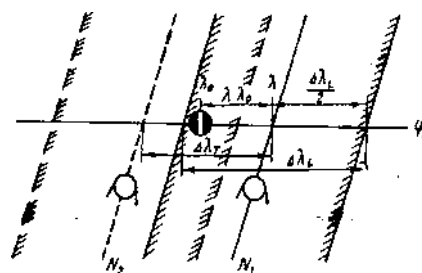


Рис. 5. Положення висхідної гілки траси КА

З рис. 5 очевидно, що відстань по широті від об'єкта до правого краю смуги огляду буде рівною

$$\Delta \lambda = \Delta \lambda_L / 2 + (\lambda - \lambda_0), \tag{3}$$

де λ – довгота траси в точці перетину із широтою φ_0 ; λ_0 – довгота розташування об'єкта; $\Delta\lambda_L$ – діапазон довгот, що перекриваються смугою.

Для полярних і навколополярних орбіт діапазон довгот, що перекриваються смугою огляду, визначається по наближеному співвідношенню

$$\Delta\lambda_L \approx 2 \arctg \operatorname{tg}(\beta/2) / \cos \varphi_0, \quad (4)$$

де φ_0 – широта розташування об'єкта.

При $\Delta\lambda \geq \Delta\lambda_T$ кількість проходів, на яких об'єкт буде спостерігатися КА, визначається зі співвідношення

$$N_{\Pi} = \frac{\Delta\lambda_L / 2 + (\lambda - \lambda_0)}{\Delta\lambda_T}$$

з округленням N_{Π} до цілого числа у більшу сторону.

У табл. 2 показано максимально можливу кількість послідовних проходів КА при спостереженні об'єкта ($\varepsilon = 0^\circ$).

Таблиця 2

Максимально можливу кількість послідовних проходів КА при спостереженні об'єкта ($\varepsilon = 0^\circ$)

H, км	φ , град				
	0	40	50	60	70
250	2	2	3	3	5
500	2	3	3	4	На кожному оберті
1000	3	4	4	На кожному оберті	
1500	3	4	5	На кожному оберті	
2000	3	4	На кожному оберті		

У загальному випадку другий цикл спостереження об'єкта почнеться на спадній гілці траси через проміжок часу, який приблизно можна визначити зі співвідношення

$$\Delta t = 12 - \Delta\lambda_L / \omega_3. \quad (5)$$

У табл. 3 показаний мінімальний можливий час між моментом спостереження об'єкта КА на висхідній і спадній гілках траси КА, що функціонує на орбіті висотою 1000 км і нахилом 83° ($\varepsilon = 5^\circ$).

Таблиця 3

Мінімальний можливий час між моментом спостереження на висхідній і спадній гілках траси КА

φ , град	0	30	40	50	60
Δt , год	8,7	8,0	7,3	6,7	2,1

З табл. 3 видно, що періодичність спостереження об'єкта КА, залежно від широти його розташування, змінюється в широких межах. З метою підвищення періодичності спостереження об'єктів космічні системи включають до свого складу декілька КА, виведених кожний на свою орбіту.

Висновки та напрямки подальших досліджень

Таким чином, в роботі визначені основні критерії оцінки КС забезпечення бойових дій. Для прикладу розглянуто критерії оцінки для КС, що складається з низькоорбітальних КА. У подальших до-

слідженнях необхідно провести оцінку можливостей ведення спостереження та способів виконання завдань за призначенням КС забезпечення бойових дій. При цьому необхідно врахувати досягнення, що отримані в роботах [20 – 23].

Список літератури

1. Кириченко С.О. Тенденції розвитку збройної боротьби та форм і способів застосування угруповань військ / С.О. Кириченко // Наука і оборона. – 2006. – № 4. – С. 3-6.
2. Галака О.І. Основні тенденції розвитку та ймовірні форми воєн і збройних конфліктів майбутнього / О.І. Галака, О.А. Льяшов, Ю.М. Павлюк // Наука і оборона. – 2007. – № 4. – С. 10-15.
3. Орехов О.В. Характерные особенности вооружённой борьбы в войнах и конфликтах последнего десятилетия / О.В. Орехов, С.Г. Чекинов // Воен. мысль. – 2004. – № 10. – С. 13-18.
4. Воробьёв И.Н. Прогноз характера и содержания операций (боевых действий) в войнах будущего / И.Н. Воробьёв // Воен. мысль. – 2005. – № 3. – С. 2-12.
5. Козлов Н. Вооружённая борьба – смена приоритетов / Н. Козлов, К. Щипачёв // Воздушно-косм. оборона. – 2005. – № 1. – С. 26-31.
6. Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності: досвід, проблемні питання і тенденції / Л.М. Артюшин, С.П. Мосов, Д.В. П'ясковський, В.Б. Толубко: моногр. – К.: НАОУ, 2002. – 202 с.
7. Застосування космічних систем для забезпечення дій збройних сил: навч. пос. / М.С. Пастушенко, В.І. Присяжний та ін.: за ред. В.І. Ткаченка. – Х.: ХВУ, 2003. – 192 с.
8. Зарубіжні системи дистанційного зондування Землі з космосу подвійного призначення. Історія створення, принципи дії, застосування і перспективи розвитку / О.О. Негода, В.Б. Толубко, С.П. Мосов. – К.: НАОУ, 2005. – 246 с.
9. Попов М.О. Шляхи отримання космічної інформації в інтересах національної безпеки та оборони / М.О. Попов // Наука і оборона. – 2003. – №2. – С. 38-50.
10. Слипченко В.І. Войни шестого покоління / В.І. Слипченко. – М.: Вече, 2002. – 565 с.
11. Слипченко В.І. Уроки і висновки з війни в Іраке // Военная мысль. – 2003. – № 7. – С. 58-78.
12. Слипченко В.І. Уроки і висновки з війни в Іраке // Военная мысль. – 2003. – № 8. – С. 68-80.
13. Иванов В. Суперсиловые амбиции Рамсфельда / В. Иванов // Независимое военное обозрение. – 2004. – № 49. – С. 2.
14. Буднянский А. Господство в воздухе и блицкриг в Ираке / А. Буднянский // Независимое военное обозрение. – 2004. – № 2. – С. 4.
15. Горшков А. Высокоточное оружие в операции «Свобода Ираку» / А. Горшков // Независимое военное обозрение. – 2004. – № 18. – С. 6.
16. Шутенко М. В войнах шестого поколения приоритет будет отдан воздушно-космическим силам, а не танкам / М. Шутенко // Независимое военное обозрение. – 2004. – № 8. – С. 2-3.
17. Чуларис В. Применение космической группировки США в ходе операции в Афганистане / В. Чуларис // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 8. – С. 30-31.
18. Чуларис А. Использование США космической группировки в войне против Ирака / А. Чуларис // Зарубежное военное обозрение. – 2003. – № 11. – С. 41-42.
19. Організація балістико-навігаційного забезпечення управління космічними апаратами: підручн. / О.Б. Захаров, В.О. Гуменюк, Р.М. Залужний та ін.; під заг. ред. М.С. Сівова. – К.: НАОУ, 2007. – 512 с.

20. Худов Г.В. Аналіз використання космічних систем у російсько-грузинському конфлікті 2008 року / Г.В. Худов // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – Вип. 4(16). – С. 71-79.

21. Попов М.О. Можливості й перспективи космічних систем видової розвідки та спостереження в контексті національних інтересів / М.О. Попов, Є.І. Махонін, В.І. Присяжний // Наука і оборона. – 2008. – № 2. – С. 41-52.

22. Даник Ю.Г. Концептуальні напрями створення системи космічного забезпечення Збройних Сил України / Ю.Г. Даник, С.О. Тищук // Наука і оборона. – 2008. – № 2. – С. 53-57.

23. Проблеми використання супутникових даних дистанційного зондування Землі для рішення задач Повітряних Сил Збройних Сил України / Д.А. Гриб, Д.В. Голкин, Д.В. Карлов, Г.В. Худов // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – Вип. 2(14). – С. 76-79.

Надійшла до редколегії 15.04.2010

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВИДОВОГО НАБЛЮДЕНИЯ

А.М. Кондратов

Определяются основные критерии оценки космических систем обеспечения боевых действий. Для примера рассмотрены критерии оценки для космической системы, которая состоит из низкоорбитальных космических аппаратов.

Ключевые слова: орбитальное построение, космические системы, космический аппарат.

BASIC CRITERIA OF ESTIMATION OF THE SPACE SYSTEMS OF SPECIFIC SUPERVISION

A.M. Kondratov

The basic criteria of estimation of the space systems of providing of battle actions are determined. For an example the criteria of estimation are considered for the space system which consists of низкоорбитальных space vehicles.

Keywords: orbital construction, space systems, space vehicle.