

## МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ УМОВ ВИДИМОСТІ ЗАДАНИХ РАЙОНІВ ЗЕМЛІ В ЗАДАЧАХ ПЛАНУВАННЯ КОСМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

У статті пропонується математичний апарат для моделювання умов видимості заданих районів земної поверхні космічними апаратами (КА) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) як передумови раціонального планування космічних спостережень при вирішенні оперативних завдань.

**Постановка проблеми.** У задачах ДЗЗ часто виникають потреби в оперативному отриманні цільової інформації (ЦІ) від діючих як вітчизняних, так і доступних зарубіжних КА [1–2]. При цьому одним із критеріїв вибору придатних для певних цільових задач (релевантних) КА є їх просторово-часове положення відносно заданих районів Землі.

Зокрема, у задачах ДЗЗ з використанням космічних систем (КС) оптико-електронного спостереження (ОЕСп) однією із умов успішного виконання цільового завдання є наявність геометричної видимості між КА і заданими районами Землі. У такому разі зазначені райони повністю або частково потраплятимуть у деякий момент часу в зону огляду бортової цільової апаратури (БЦА), тобто “накриватимуться” смугою огляду чи смугою захвату КА на заданому інтервалі спостережень [3].

Особливістю космічних спостережень є об'єктивно існуючі *інтервали чекання* зазначених моментів часу, обумовлені специфікою орбітального руху КА ДЗЗ відносно обертової Землі, коли смуга огляду БЦА некеровано послідовно переміщається на земній поверхні, досягаючи вибірково тих або інших районів. Оскільки величина і часове положення зазначених інтервалів чекання залежать від багатьох факторів космічного польоту і через це є важкопередбачуваними, то в задачах планування оперативних космічних спостережень доцільно застосовувати попереднє *моделювання* подібних ситуацій. Це має визначальне значення для планування *детальних* спостережень.

Створювані моделі повинні забезпечувати розрахунки параметрів землеогляду з прийнятною точністю, що є основою для планування раціональних маршрутів “обслуговування” заданих районів та оцінювання ефективності процесу спостережень з урахуванням необхідності одержувати максимальні об'єми корисної ЦІ заданої якості в потрібний час при обмеженому бортовому ресурсі КА. А це потребує відповідного систематизованого науково-методичного апарату.

Якщо такий апарат для моделювання смуг огляду в *лінійних параметрах* більш-менш відомий і це забезпечує прийнятну точність при оглядових спостереженнях, то для *детальних* спостережень він *потребує вдосконалення та подальшого розвитку*. Тому виникає необхідність перейти від лінійних до *кутових* параметрів смуги огляду, які визначають географічну ширину смуги огляду та її географічне положення відносно заданого географічними координатами району Землі.

**Огляд останніх досліджень і публікацій.** Питанням моделювання процесів при космічних спостереженнях присвячено ряд наукових праць [4–7]. Монографії [4, 5] охоплюють загальні питання моделювання КС вивчення природних ресурсів Землі, у роботах [6, 7] здебільшого висвітлюються питання оцінювання ефективності застосування КС. Однак зазначені праці не містять конкретного математичного апарату, який би забезпечував моделювання умов видимості заданих районів.

Найбільш наближеними до цієї проблеми є авторські статті [8, 9], однак, у даних публікаціях розглянуті лише окремі питання землегляду із космосу, зокрема, запропоновано математичний апарат для оцінювання спостережуваності заданих районів Землі та методику розрахунків ширини і географічного положення смуги огляду в завданнях детальних космічних спостережень у надир.

Оскільки викладене у зазначених та інших статтях автора може стати основою для моделювання, але носить вибірковий характер, то виникла необхідність систематизувати отриманий у них математичний апарат і адаптувати його для моделювання умов видимості заданих районів Землі.

Виходячи з цього, **метою статті є систематизація** розробленого автором математичного апарату і його *адаптація* для моделювання умов видимості заданих районів Землі як передумови раціонального планування космічних спостережень релевантними КА при вирішенні оперативних завдань.

**Виклад основного матеріалу.** У загальному випадку наявність видимості будь-якого району Землі із космосу можна оцінювати через факт перетину цього району смугою огляду КА (рис. 1).

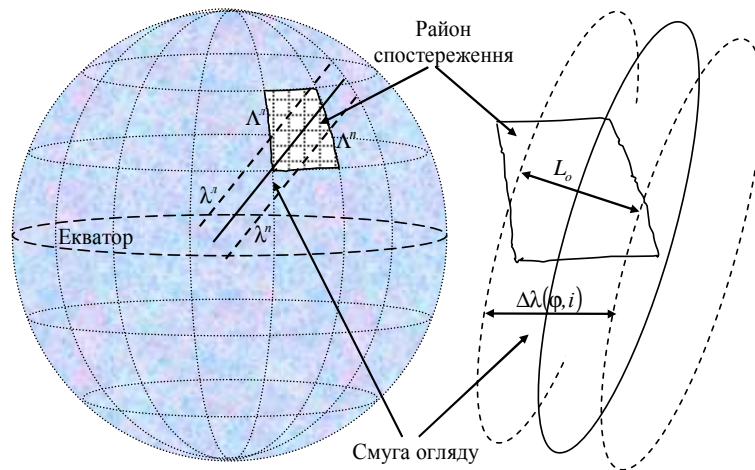


Рис. 1. Умови видимості заданого району Землі з КА

Умови його видимості можна описати логічною *функцією видимості* [7]:

$$\Phi_p(k) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } (\lambda^n(k) \leq \Lambda^n) \wedge (\lambda^n(k) \geq \Lambda^1) = 1; \\ 0, & \text{якщо } (\lambda^n(k) \leq \Lambda^n) \wedge (\lambda^n(k) \geq \Lambda^1) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де  $\lambda^n(k) = \lambda_j^n(k)$  і  $\lambda^1(k) = \lambda_j^1(k)$  – географічна довгота лівої і правої відносно траси візирної осі (ТВО) БЦА меж смуги огляду (рис. 2) на  $k$ -му витку орбіти як функцій польотного часу КА у дискретній формі  $t_j$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots$ ;

$\Lambda^l$  і  $\Lambda^n$  – географічна довгота лівої та правої відносно ТВО меж заданого району.

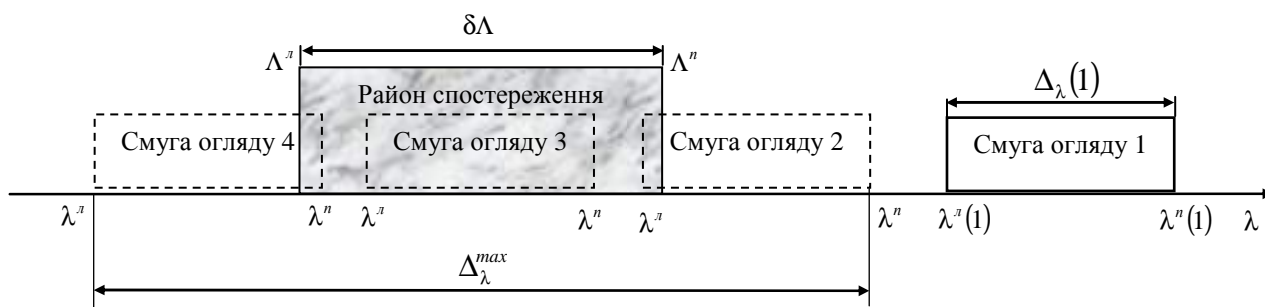


Рис. 2. До питання накриття району смугою огляду КА

При цьому вважатимемо, що район контролюється, якщо  $\Phi_p(k) = 1$ , та не контролюється, якщо  $\Phi_p(k) = 0$ . Як видно із рис. 2, максимальний діапазон довгот, у межах якого виконується умова  $\Phi_p(k) = 1$ , має розмір

$$\Delta\lambda^{max} = \lambda^n(2) - \lambda^l(4) = 2\Delta\lambda + \delta\lambda, \quad (2)$$

де  $\lambda^n(2)$  і  $\lambda^l(4)$  – географічна довгота правої межі смуги огляду у положенні 2 і лівої межі у положенні 4;

$\Delta\lambda = \Delta\lambda_j(k)$  – поточна географічна ширина смуги огляду;

$\delta\lambda = \Lambda^n - \Lambda^l$  – географічна ширина контрольованого району.

Термін “географічна ширина” на відміну від лінійної  $L_{огл}$  або геоцентричної  $\Psi_{огл}$  ширини (рис. 3) означає, що розмір смуги огляду (району) обчислюється в кутовій мірі через географічні довготи їх лівої  $\lambda^l$  і правої  $\lambda^n$  меж відносно траси КА або ТВО.

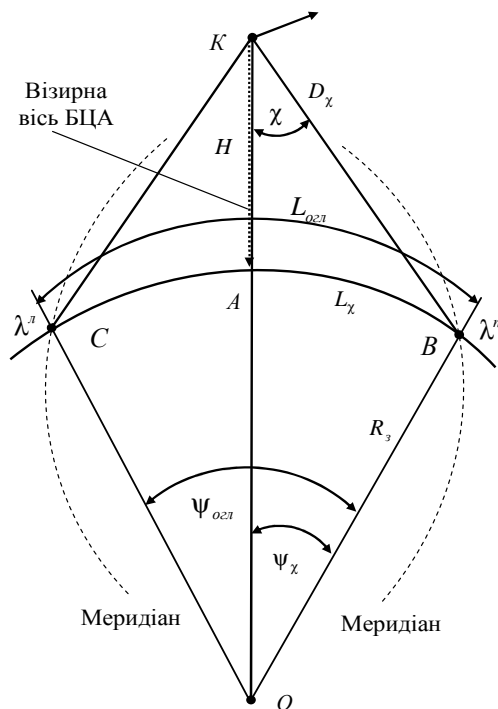


Рис. 3. До пояснення терміна “ширина смуги огляду”

Запропонований термін зручний для задач космічних спостережень, оскільки положення контрольованих районів Землі та їх розміри зазвичай задаються в географічних координатах.

Якщо необхідно визначити не тільки факт, але й ступінь контрольованості заданого району, то можна скористатись *коефіцієнтом довготного накриття* цього району смугою огляду КА  $K_\lambda = K_\lambda(\Lambda^*, \lambda_j^*)$ , де індексом \* позначені ліва і права межі району та смуги огляду, а індекс  $\lambda$  відображає факт тільки довготного накриття району.

Наприклад, для ситуації, зображеній на рис. 2, цей коефіцієнт можна знайти як відношення географічної ширини контрольованої частини району до його повної географічної ширини:

$$K_\lambda = \begin{cases} (\Lambda^n - \lambda^l) / \delta\Lambda, & \text{якщо } [(\lambda^l \leq \Lambda^n) \wedge (\lambda^n \geq \Lambda^l)] = 1; \\ \Delta\lambda / \delta\Lambda, & \text{якщо } [(\lambda^l \geq \Lambda^n) \wedge (\lambda^n \leq \Lambda^l)] = 1; \\ (\lambda^l - \Lambda^n) / \delta\Lambda, & \text{якщо } [(\lambda^l \leq \Lambda^n) \wedge (\lambda^n \geq \Lambda^l)] = 1; \\ 0, & \text{якщо } [(\lambda^l > \Lambda^n) \vee (\lambda^n < \Lambda^l)] = 1. \end{cases} \quad (3)$$

Геометрична інтерпретація коефіцієнта (3) для різних розмірів контрольованих районів і смуг огляду БЦА та їх взаємного розташування наведена на рис. 3.

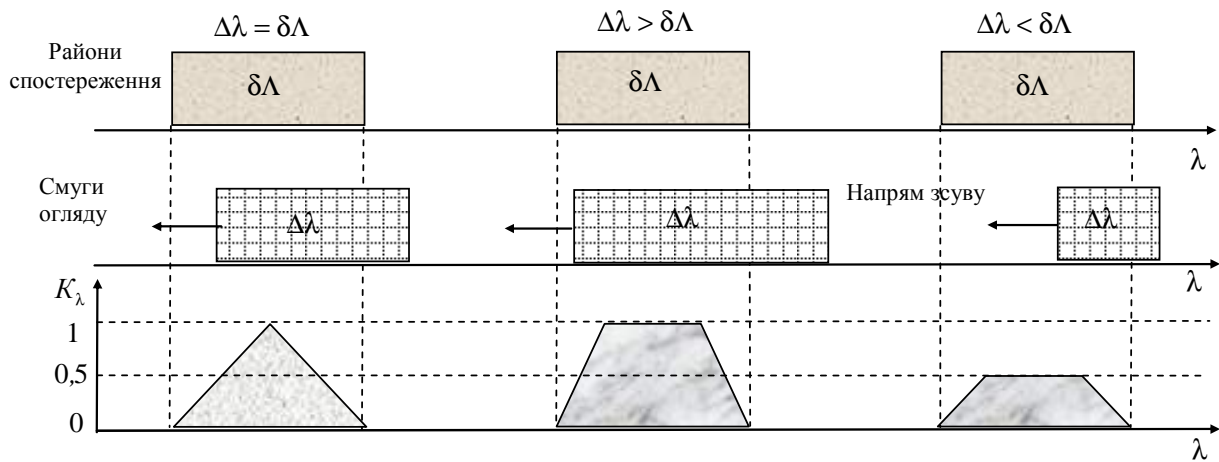


Рис. 3. До поняття довготного коефіцієнта накриття

Запропонований коефіцієнт (3) має одномірний (на відміну від двомірного або площинного) характер. Він може стати зручним при вирішенні завдань вибору релевантних КА за критерієм максимального накриття заданого району за довготою при плануванні оперативного застосування таких КА.

Враховуючи зазначене, необхідно розрахувати географічну ширину смуги огляду  $\Delta\lambda = \Delta\lambda_j$  (ширину вздовж паралелі з географічною широтою  $\varphi = \varphi_j$ ) і географічну довготу лівої  $\lambda^l = \lambda_j^l$  та правої  $\lambda^n = \lambda_j^n$  меж смуги огляду (див. рис. 3) при фіксованих полі зору БЦА  $\chi$ , висоті  $H$  та нахиленні  $i$  орбіти КА.

Зауважимо, що в цій задачі необхідно обчислювати довготу і широту для одних і тих же моментів польотного часу  $j$ . А це фактично означає, що необхідно знаходити довготу як функцію широти, тобто

$$\Delta\lambda_j(\varphi_j) = \Delta\lambda(\varphi), \lambda_j^n(\varphi_j) = \lambda^n(\varphi), \lambda_j^n(\varphi_j) = \lambda^n(\varphi).$$

Однак надалі для спрощення виразів приймемо, що

$$\Delta\lambda(\varphi) = \Delta\lambda, \lambda^n(\varphi) = \lambda^n, \lambda^n(\varphi) = \lambda^n.$$

Для досягнення поставленої мети розіб'ємо завдання на дві частини. Спочатку дослідимо задачу спостереження за заданими районами на *необертовій сферичній* Землі, а далі врахуємо особливості, обумовлені реальними умовами.

Поняття “необертowa Земля” означає, що її кутова швидкість обертання навколо власної осі  $\omega_z \approx 0$ , а “сферична”, – що Земля має форму сфери з радіусом  $R_z = 6371$  км.

Такі припущення прийнятні в ряді практичних задач на невеликих інтервалах часу, а також як методичний прийом при наукових дослідженнях, коли вирішуються складні завдання, що потребують послідовного аналізу з подальшим ускладненням.

Для розрахунків *географічної ширини* смуги огляду скористаємось очевидною залежністю (див. рис. 2):

$$\Delta\lambda_* = \lambda^n - \lambda^n, \tag{4}$$

де індексом \* позначені різні ситуації, які розглянуті далі.

Алгоритм розрахунків значень *географічної ширини* смуги огляду залежно від співвідношень між значеннями географічної широти підсупутникової точки (ПТ)  $\varphi = \varphi_j = \varphi(t_j)$ , нахилення орбіти  $i$  та центрального кута  $\psi_\chi$  (див. рис. 3) з використанням математичного апарату із [9] можна компактно подати як

$$\Delta\lambda_* = \begin{cases} \Delta\lambda_1, \text{ якщо } [0 \leq \varphi \leq (i - \psi_\chi)] \wedge (\sin \varphi > \operatorname{tgi} \sin \psi_\chi) = 1; \\ \Delta\lambda_2, \text{ якщо } [0 \leq \varphi \leq (i - \psi_\chi)] \wedge (\sin \varphi < \operatorname{tgi} \sin \psi_\chi) = 1; \\ \Delta\lambda_3, \text{ якщо } [(i - \psi_\chi) \leq \varphi \leq (i + \psi_\chi)] \wedge (\sin \varphi > \operatorname{tgi} \sin \psi_\chi) = 1; \\ \Delta\lambda_4, \text{ якщо } [0 \leq \varphi \leq (i - \psi_\chi)] \wedge (\sin \varphi < \operatorname{tgi} \sin \psi_\chi) = 1. \end{cases} \tag{5}$$

Зокрема,

$$\Delta\lambda_1 = \Delta\lambda_1(\varphi) = \arccos\left(\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tgi}} - \frac{\sin\psi_\chi}{\cos\varphi}\right) - \arccos\left(\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tgi}} + \frac{\sin\psi_\chi}{\sin i \cos\varphi}\right), \tag{6}$$

де  $\varphi = \varphi_j = \varphi(t_j)$  – поточна географічна широта ПТ, яку можна розраховувати за формулою [10]:

$$\varphi_j = \varphi(t_j) = \arcsin \left[ \sin u(t_j) \cdot \sin i \right],$$

де  $u(t_j)$  – поточне значення аргументу широти КА.

Для решти ситуацій ширину смуги огляду можна обчислити за формулами:

$$\Delta\lambda_2 = \Delta\lambda_2(\varphi) = \pi - \left[ \arccos \left( \frac{\sin \psi_\chi}{\sin i \cos \varphi} - \frac{\text{tg} \varphi}{\text{tgi}} \right) + \arccos \left( \frac{\text{tg} \varphi}{\text{tgi}} + \frac{\sin \psi_\chi}{\sin i \cos \varphi} \right) \right]. \quad (7)$$

$$\Delta\lambda_3 = \Delta\lambda_3(\varphi) = \arccos \left( \frac{\text{tg} \varphi}{\text{tgi}} - \frac{\sin \psi_\chi}{\sin i \cos \varphi} \right). \quad (8)$$

$$\Delta\lambda_4 = \Delta\lambda_4(\varphi) = \pi - \arccos \left( \frac{\sin \psi_\chi}{\sin i \cos \varphi} - \frac{\text{tg} \varphi}{\text{tgi}} \right). \quad (9)$$

Оскільки розглядається ситуація з необертовою Землею, то при цьому траса КА являтиме собою замкнуту лінію (велике коло на поверхні сферичної Землі або геодезичну лінію – у разі несферичної моделі Землі), а смуга огляду на наступних витках орбіти накладатиметься на попередні смуги.

**Географічне положення** смуги огляду на *необертовій* Землі при спостереженнях у *надир* за умови, що смуга огляду розташована симетрично відносно траси КА, можна визначити як географічну довготу її лівої та правої меж (рис. 5а), тобто

$$\lambda_n^l = \lambda_n - 0,5\Delta\lambda_*; \quad \lambda_n^n = \lambda_n + 0,5\Delta\lambda_*, \quad (10)$$

де нижні індекси  $n$  – “необертова” (Земля), а верхні  $l$  – ліва,  $n$  – права межі;

$\lambda_n = \lambda_{nj} = \lambda_n(t_j)$  – географічна довгота ПТ, розрахована в геоцентричній сферичній системі координат для моментів часу  $t_j$  ;

$\Delta\lambda_*$  – географічна ширина смуги огляду, знайдена із виразів (5) для моментів часу  $t_j$  .

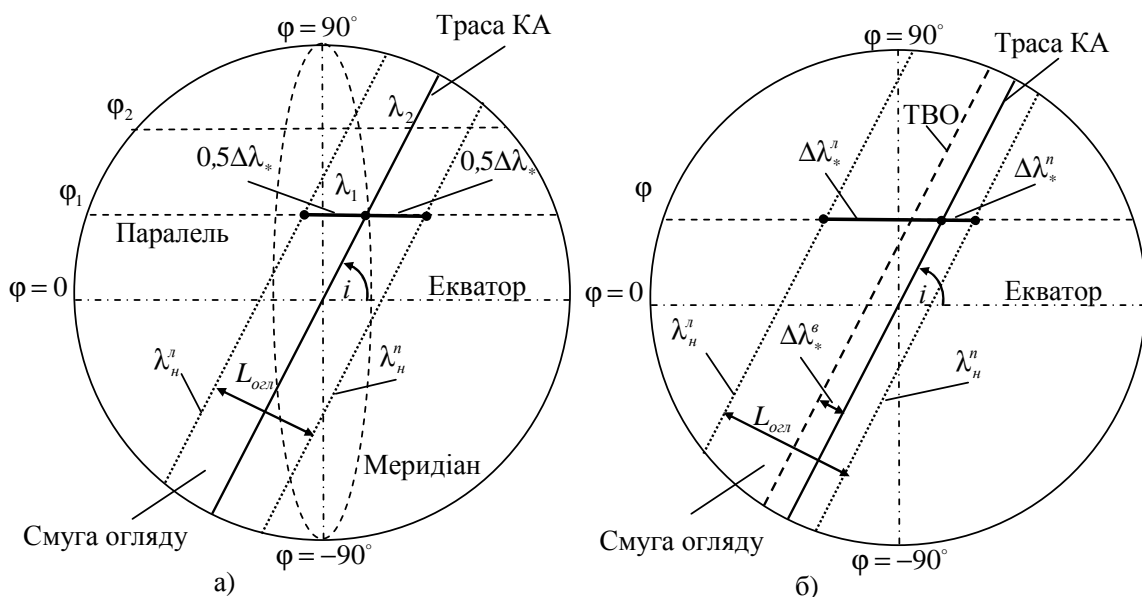


Рис. 5. До визначення географічного положення смуги огляду

У загальному ж випадку, коли спостереження ведуться поза надиром або коли смуга огляду розташована асиметрично відносно траси КА (рис. 4б) її **географічне положення** можна визначити як

$$\lambda_H^l = \lambda_H - \Delta\lambda_*^l; \lambda_H^n = \lambda_H + \Delta\lambda_*^n, \quad (11)$$

де  $\Delta\lambda_*^l = \Delta\lambda_*^l(\varphi)$  і  $\Delta\lambda_*^n = \Delta\lambda_*^n(\varphi)$  – географічна ширина лівої та правої частин смуги огляду.

Географічний зсув ТВО відносно траси КА (див. рис. 5б) можна оцінювати через параметр  $\Delta\lambda_*^g = \Delta\lambda_*^g(\varphi)$ .

Для розрахунків географічної довготи ПТ можна скористатись математичним апаратом, наведеним в [10], пристосувавши його для необертової Землі у вигляді

$$\lambda_j = \lambda(t_j) = \Omega + \delta\lambda_j, \quad \delta\lambda_j = \arctg(tg u_j \cos i), \quad (12)$$

де  $\Omega$  – інерціальна довгота висхідного вузла (ВВ) орбіти;

$t_j$  – поточний час польоту КА, відлічуваний від моменту знаходження КА у ВВ  $t_\Omega$ ;

$\delta\lambda_j = \delta\lambda(t_j)$  – поточні зміни географічної довготи ПТ.

Через **обертання** Землі траса КА становитиме собою незамкнуту лінію, а смуга огляду на наступних витках орбіти зміщуватиметься відносно попередніх смуг.

Можна показати [9], що за рахунок **обертання** Землі **географічна ширина** смуги огляду, розрахована за формулами (6)...(9), залежно від нахилення орбіти  $i$  та сидеричного періоду обертання КА  $T$ , змінюватиметься на величину

$$\delta\lambda_o = \frac{T}{T_{30}} \left[ \arcsin \left( \frac{\sin \varphi}{\sin i \cos \psi_\chi} + \frac{tg \psi_\chi}{tgi} \right) - \arcsin \left( \frac{\sin \varphi}{\sin i \cos \psi_\chi} - \frac{tg \psi_\chi}{tgi} \right) \right], \quad (13)$$

де  $T_{30} = 86164^s$  – тривалість зоряної доби в середньосонячних секундах [10].

Тоді з урахуванням виразу (13) **географічна ширина** смуги огляду на обертовій Землі

$$\Delta\lambda_{*o} = \Delta\lambda_* \pm \delta\lambda_o, \quad (14)$$

де знак “+” береться для випадку зворотних орбіт ( $i > 0,5\pi$ ), а “-” – для випадку прямих орбіт ( $i < 0,5\pi$ ).

У такому разі **географічне положення** смуги огляду на **обертовій** Землі за аналогією із виразом (10) можна визначати з урахуванням формули (14) як

$$\lambda_{*o}^l = \lambda_H - 0,5\Delta\lambda_{*o} = \lambda_H - 0,5[\Delta\lambda_* - \delta\lambda_o]; \quad (15)$$

$$\lambda_{*o}^n = \lambda_H + 0,5\Delta\lambda_{*o} = \lambda_H + 0,5[\Delta\lambda_* - \delta\lambda_o]. \quad (16)$$

За рахунок **несферичності** Землі виникає прецесія лінії вузлів за виток [10]:

$$\Delta\Omega_{\varepsilon} = 2\pi\varepsilon \frac{R_3^2}{p^2} \cos i,$$

де  $p$  – фокальний параметр орбіти;

$\varepsilon = \varepsilon_3 / \mu_0 R_3^2 \approx 0,00164$ ;  $\varepsilon_3 = 2,634 \cdot 10^{10} \text{ км}^5 / \text{с}^2$  – константа для еліпсоїда Землі.

Внаслідок цього для *колової* орбіти з висотою  $H_o$  зміни географічної ширини смуги огляду на несферичній Землі становитимуть [9]

$$\delta\lambda_{\varepsilon} = \varepsilon \left( \frac{R}{R+H_o} \right)^2 \cos i \left[ \arcsin \left( \frac{\sin \varphi}{\sin i \cos \psi_{\chi}} + \frac{\text{tg} \psi_{\chi}}{\text{tgi}} \right) - \arcsin \left( \frac{\sin \varphi}{\sin i \cos \psi_{\chi}} - \frac{\text{tg} \psi_{\chi}}{\text{tgi}} \right) \right]. \quad (17)$$

Тоді з урахуванням виразу (17) **географічна ширин**а смуги огляду БЦА внаслідок прецесії лінії вузлів становитиме

$$\Delta\lambda_{*\varepsilon} = \Delta\lambda_* - \delta\lambda_{\varepsilon}. \quad (18)$$

Через це **географічне положення** смуги огляду на несферичній Землі за аналогією із формулами (14) і (15) необхідно визначати з урахуванням (8) як

$$\lambda_{*\varepsilon}^n = \lambda_H - 0,5\Delta\lambda_{*\varepsilon} = \lambda_H - 0,5[\Delta\lambda_* - \delta\lambda_{\varepsilon}]; \quad (19)$$

$$\lambda_{*\varepsilon}^n = \lambda_H + 0,5\Delta\lambda_{*\varepsilon} = \lambda_H + 0,5[\Delta\lambda_* - \delta\lambda_{\varepsilon}]. \quad (20)$$

З урахуванням виразів (14) і (18) отримаємо **географічну ширину** смуги огляду:

$$\Delta\lambda_{*\Sigma} = \Delta\lambda_* \pm \delta\lambda_o - \delta\lambda_{\varepsilon}. \quad (21)$$

На підставі викладеного **географічне положення** смуги огляду на *обертівій несферичній* Землі за аналогією із формулами (19) і (20) необхідно визначати як

$$\lambda_{*\Sigma}^n = \lambda_H - 0,5\Delta\lambda_{*\Sigma} = \lambda_H - 0,5[\Delta\lambda_* - \delta\lambda_o - \delta\lambda_{\varepsilon}]; \quad (22)$$

$$\lambda_{*\Sigma}^n = \lambda_H + 0,5\Delta\lambda_{*\Sigma} = \lambda_H + 0,5[\Delta\lambda_* - \delta\lambda_o - \delta\lambda_{\varepsilon}]. \quad (23)$$

### **Висновки:**

1. У статті систематизовано розроблений раніше автором математичний апарат і проведено його адаптацію для моделювання умов видимості заданих районів Землі як передумови раціонального планування космічних спостережень релевантними КА при вирішенні оперативних завдань.

2. У процесі моделювання слід враховувати особливості орбітального руху КА, поля зору БЦА та обертального руху земної поверхні, які для спрощення записів у тексті опущені.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма України на 2013–2017 роки, затверджена Законом України від 5 вересня 2013 року № 439-VII [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua>.



2. Концепція реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 березня 2011 р. № 238-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua>.
3. Фриз П. В. Алгоритм автоматизованого вибору релевантних космічних апаратів для оптико-електронного спостереження заданих районів Землі / П. В. Фриз, О. М. Кондратов // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2012. – Вип. № 2 (61). – С. 138–146.
4. Ханцеверов Ф. Р. Моделирование космических систем изучения природных ресурсов Земли / Ф. Р. Ханцеверов, В. В. Остроухов. – М. : Машиностроение, 1989. – 264 с.
5. Лебедев А. А. Космические системы наблюдения. Синтез и моделирование / А. А. Лебедев, О. П. Нестеренко. – М. : Машиностроение, 1991. – 224 с.
6. Моделирование и оценка эффективности применения космических систем / под общей ред. Н. С. Пастушенко, В. П. Деденка. – Х. – 1997. – 278 с.
7. Куренков В. И. Основы устройства и моделирования целевого функционирования космических аппаратов наблюдения : учебное пособие / В. И. Куренков, В. В. Салмин, Б. А. Абрамов. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 296 с. : ил.
8. Фриз П. В. Математичний апарат для оцінювання спостережуваності заданих районів Землі в задачах дистанційного зондування із космосу / П. В. Фриз // Озброєння та військова техніка : науково-техн. журн. – К. : ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2015. – Вип. 1. – С. 64–70.
9. Фриз П. В. Методика розрахунків ширини та географічного положення смуги огляду в завданнях детальних космічних спостережень у надир / П. В. Фриз // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2014. – Вип. 3 (70). – С. 82–88.
10. Фриз П. В. Основи орбітального руху космічних апаратів : підручник / П. В. Фриз. – Житомир : ЖВІ НАУ, 2012. – 348 с. : іл.

Подано 12.10.2015

**П. В. Фриз**

**МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ВИДИМОСТИ ЗАДАНЫХ РАЙОНОВ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

*В статье предлагается математический аппарат для моделирования условий видимости заданных районов земной поверхности космическими аппаратами дистанционного зондирования Земли как предпосылки рационального планирования космических наблюдений при решении оперативных задач.*

**P. V. Frees**

**MATHEMATICAL APPARATUS FOR SIMULATION OF CONDITIONS OF VISIBILITY IS SPECIFIED AREA OF LAND PLANNING PROBLEMS OF SPACE OBSERVATION**

*The paper proposes a mathematical tool for modeling the visibility of the earth's surface target areas spacecraft remote sensing as a prerequisite for the rational planning space-based observations in solving operational problems.*