

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ОЦІНОК ПАРАМЕТРІВ РУХУ НА ОЦІНКИ ПРОГНОЗУ ВЕКТОРУ СТАНУ КОСМІЧНОГО АПАРАТУ**

О.В. Дремлюга<sup>1</sup>, І.Г. Лисаченко<sup>1</sup>, О.М. Роянов<sup>1</sup>, Б.О. Чумак<sup>1</sup>, В.М. Попов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Об'єднаний науково-дослідний інститут ЗС України, Харків,

<sup>2</sup>Національний автомобільно-дорожній університет, Харків)

*Проведений аналіз якості функціонування наземної суміщеної радіотехнічної системи (СРТС) з точки зору забезпечення заданої точності виміральної інформації. Запропонована модель обробки цієї інформації в реальному масштабі часу для одержання прогнозованих оцінок вектору стану космічного апарату (КА). Виявлений вплив точності оцінок параметрів руху КА на якість поточного прогнозу.*

### **аналіз якості функціонування наземної суміщеної радіотехнічної систем**

**Вступ і аналіз літератури.** При забезпеченні контролю і управління рухом космічних апаратів на коротких мірних інтервалах та при обмеженій кількості мірних витків одним з найголовніших залишається завдання одержання швидкого результату. Тобто іншими словами орбіта КА повинна найкращим чином відповідати меті польоту, а її реалізація має досягатися при мінімальних умовних витратах [1]. Високоточне та оперативне визначення вектора стану КА пов'язано з необхідністю:

- точного визначення коректуючої управляючої дії, при якій визначений функціонал ефективності виконання КА задач функціонування приймав мінімальне значення [2];
- визначення маневрових та динамічних властивостей КА [3];
- вискоефективного контролю процесу виводу КА або групи КА однією ракетою-носієм на задану (задані) орбіту;
- оперативного визначення величини небезпечних зближень КА при сучасній заселеності навколоземного простору;
- своєчасного контролю процесу сходу з орбіти КА, як планового так і нештатного, в реальному часі;
- визначення часу зустрічі КА і сеансів обміну інформацією між ними при проведенні інспекції одного КА іншим.

Вирішення зазначених задач з високою якістю можливе тільки тоді, коли реальна траєкторія руху космічного апарату з досить високою точністю співпадає з розрахунковою [1 – 8]. У цьому ракурсі досить актуальною є **задача** визначення істинних орбіт та прогнозу польоту КА за

результатами вимірювальної інформації в реальному масштабі часу. Виходячи з фізичної суті зазначеної проблеми вирішимо дану задачу при обмеженні розглядання руху КА в картинній площині, що не впливає на суттєвість рішення.

**Виклад основного матеріалу.** З вимірювального пункту, розташованого на поверхні Землі, в деякі моменти часу  $k$  проводяться одночасно вимірювання і незалежних навігаційних функцій руху КА  $R_i (i = 1, \dots, 4)$ .

Погрішності вимірювань некорельовані, з нульовим математичним сподіванням і мають середньоквадратичні відхилення  $\sigma_{ik}$  [4]. Слід знайти відхилення вектору прогнозованих параметрів  $\Delta \bar{\lambda}_{пр}$  від необхідного та точність одержаного рішення.

Нехай радіотехнічна система вимірює, як і більшість систем, що застосовуються в наземному автоматизованому комплексі управління (НАКУ) КА України для зазначеної мети наступні навігаційні параметри руху:

- різницю далькостей між антеною об'єкту (О) і фазовими центрами антен приймальних пунктів ПП1 та ПП2;
- різницю відповідних радіальних швидкостей;
- суму далькостей між фазовим центром антени передавача (ПРД), антени об'єкту і антени центрального приймального пункту (ПП1);
- суму відповідних радіальних швидкостей (рис. 1).

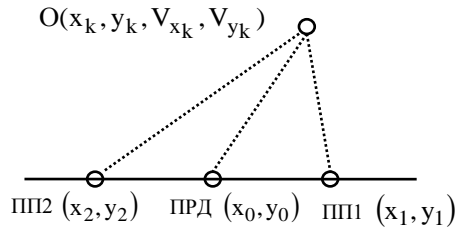


Рис. 1. Схема взаємодії наземної і бортової апаратури

Вимірювані навігаційні параметри руху будуть визначатися виразами:

$$R_{1k} = \left\{ (x_k - x_0)^2 + (y_k - y_0)^2 \right\}^{1/2} + \left\{ (x_k - x_1)^2 + (y_k - y_1)^2 \right\}^{1/2} - \left\{ (x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 \right\}^{1/2}; \quad (1)$$

$$R_{2k} = \frac{(x_k - x_0)V_{xk} + (y_k - y_0)V_{yk}}{\left\{ (x_k - x_0)^2 + (y_k - y_0)^2 \right\}^{1/2}} + \frac{(x_k - x_1)V_{xk} + (y_k - y_1)V_{yk}}{\left\{ (x_k - x_1)^2 + (y_k - y_1)^2 \right\}^{1/2}}; \quad (2)$$

$$R_{3k} = \left\{ (x_k - x_1)^2 + (y_k - y_1)^2 \right\}^{1/2} - \left\{ (x_k - x_2)^2 + (y_k - y_2)^2 \right\}^{1/2} - \left\{ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \right\}^{1/2}; \quad (3)$$

$$R_{4k} = \frac{(x_k - x_1)V_{xk} + (y_k - y_1)V_{yk}}{\left\{ (x_k - x_1)^2 + (y_k - y_1)^2 \right\}^{1/2}} - \frac{(x_k - x_2)V_{xk} + (y_k - y_2)V_{yk}}{\left\{ (x_k - x_2)^2 + (y_k - y_2)^2 \right\}^{1/2}}. \quad (4)$$

Оцінці підлягають прямокутові координати  $(x_k, y_k)$  і відповідні компоненти вектору швидкості  $(V_{xk}, V_{yk})$  в системі координат, в якій задані координати фазових центрів антен СРТС.

Зауважимо, що СРТС використовують один сигнал як для передавання семантичної інформації, так і для здійснення траєкторних вимірів. При суміщенні дисперсія сумарної похибки виміру далькості буде визначатися виразом [5]:

$$\sigma_{\Delta\Sigma}^2(t) = \frac{c^2 \tau_0^2 N_0 \Delta f_{\text{шД}}}{P_c(t)} \left( 1 + \frac{\pi^2 N_0 R_{\text{інф}}}{16 P_c(t)} \right) + \left( \frac{\ddot{D}(t)}{4 \Delta f_{\text{шД}}^2} \right)^2, \quad (5)$$

де  $\ddot{D}(t)$  – функція змінювання радіального прискорення;  $\Delta f_{\text{шД}}$  – ефективна шумова смуга замкненого контуру слідкування за параметром сигналу;  $c$  – швидкість розповсюдження електромагнітних коливань;  $P_c(t)$  – потужність сигналу, що приймається;  $R_{\text{інф}}$  – швидкість передавання інформації;  $\tau_0$  – тривалість імпульсу;  $N_0$  – спектральна густина потужності шумів.

Мінімальне значення дисперсії сумарної похибки вимірів відповідає оптимальному значенню ефективної шумової смуги  $\Delta f_{\text{шД опт}}$ :

$$\Delta f_{\text{шД опт}}(t) = \left[ \frac{\ddot{D}^2(t) P_c(t)}{c^2 \tau_0^2 8 N_0 \left( 1 + \frac{\pi^2 N_0 R_{\text{інф}}}{16 P_c(t)} \right)} \right]^{1/5} \quad (6)$$

і визначається з виразу:

$$\sigma_{\Delta\Sigma \text{ min}}^2(t) \cong 0.99 \frac{\ddot{D}^{2/5}(t) \cdot c^{8/5} \cdot \tau_0^{8/5} \cdot N_0^{4/5} \left( 1 + \frac{\pi^2 N_0 R_{\text{інф}}}{16 P_c(t)} \right)^{4/5}}{P_c^{4/5}(t)}. \quad (7)$$

Сумарна дисперсія швидкісного каналу буде дорівнювати:

$$\sigma_{\Delta\Sigma}^2(t) = \frac{\lambda_0^2 \cdot N_0 \cdot \Delta f_{\text{шД}}}{P_c(t) \cdot \pi^2 \cdot T_{\text{пД}}^2} \left( 1 + \frac{R_{\text{інф}} \cdot N_0}{2 \cdot P_c(t)} \right) + \left( \frac{0.43 \cdot \overset{\dots}{\ddot{D}}(t)}{\Delta f_{\text{шД}}^3} \right)^2, \quad (8)$$

де  $\overset{\dots}{\ddot{D}}(t)$  – похідна четвертого ступеню від функції далькості;  $\lambda_0$  – довжина хвилі несучого коливання.

У цьому випадку:

$$\Delta f_{ш \dot{D}_{\text{отг}}} (t) = \left[ \frac{2 \cdot (0,43 \cdot \overset{\dots}{D}(t))^2 \cdot \pi^2 \cdot P_c(t) \cdot K_c^2}{\lambda_0 \cdot N_0 \cdot \left(1 + \frac{N_0 R_{\text{инф}}}{2 P_c(t)}\right)} \right]^{1/9}; \quad (9)$$

$$\sigma_{\dot{D}_{\Sigma \text{min}}}^2 (t) \cong 1,04 \frac{\overset{\dots}{D}(t) \cdot \lambda_0^{4/3} \cdot N_0^{2/3} \left(1 + \frac{R_{\text{инф}} \cdot N_0}{2 \cdot P_c(t)}\right)^{2/3}}{\pi^{4/3} \cdot P_c^{2/3}(t) \cdot K_c^{4/3}}. \quad (10)$$

Відхилення вектору прогнозованих параметрів  $\Delta \bar{\lambda}_{\text{пр}}$  від необхідно-го будемо знаходити при умовах, що практично завжди відповідають реальним, в яких вирішується дана задача:

– збурення, які відчувають КА на етапі пасивного польоту досить малі, і ними можна знехтувати;

– величина промаху цілком залежить тільки від значень параметрів руху в граничній (початковій) точці (рис. 2).

Отже, нехай похила далекість до КА як функція часу описується рівнянням [6]

$$D(t) = \sqrt{H^2 + \frac{\mu_3(t-t_0)^2}{R_3 + H}}. \quad (11)$$

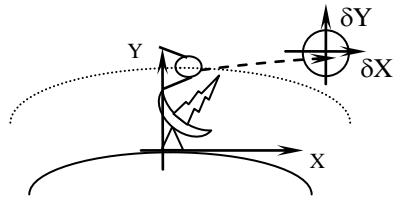


Рис. 2. Відхилення руху КА

При цьому радіальна швидкість описується виразом:

$$\dot{D}(t) = \frac{\mu_3(t-t_0)}{(R_3 + H)D(t)}. \quad (12)$$

Як доведено в [6], при визначенні різниці далекостей та радіальних швидкостей ці функції замість просторових можна замінити часовими, а саме:  $\Delta D(t) \cong D(t + \Delta t) - D(t)$  і  $\Delta \dot{D}(t) \cong \dot{D}(t + \Delta t) - \dot{D}(t)$ .

Для визначення параметрів промаху  $\Delta \bar{\lambda}^T = \left| \delta X, \delta Y, \delta V_x, \delta V_y \right|$  проведемо розкладання цих функцій в ряд Тейлора за початковими відхиленнями вимірюваних функцій в оточенні розрахункової точки і об'єднаємо лінійними складовими. При цьому одержимо:

$$\begin{cases} \delta X(t) = \frac{\partial x}{\partial D} \delta D(t) + \frac{\partial x}{\partial \dot{D}} \delta \dot{D}(t) + \frac{\partial x}{\partial \Delta D} \delta \Delta D(t) + \frac{\partial x}{\partial \Delta \dot{D}} \delta \Delta \dot{D}(t); \\ \delta Y(t) = \frac{\partial y}{\partial D} \delta D(t) + \frac{\partial y}{\partial \dot{D}} \delta \dot{D}(t) + \frac{\partial y}{\partial \Delta D} \delta \Delta D(t) + \frac{\partial y}{\partial \Delta \dot{D}} \delta \Delta \dot{D}(t); \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} \delta V_x(t) = \frac{\partial V_x}{\partial D} \delta D(t) + \frac{\partial V_x}{\partial \dot{D}} \delta \dot{D}(t) + \frac{\partial V_x}{\partial \Delta D} \delta \Delta D(t) + \frac{\partial V_x}{\partial \Delta \dot{D}} \delta \Delta \dot{D}(t); \\ \delta V_y(t) = \frac{\partial V_y}{\partial D} \delta D(t) + \frac{\partial V_y}{\partial \dot{D}} \delta \dot{D}(t) + \frac{\partial V_y}{\partial \Delta D} \delta \Delta D(t) + \frac{\partial V_y}{\partial \Delta \dot{D}} \delta \Delta \dot{D}(t). \end{cases} \quad (14)$$

Виходячи з наведеної моделі руху, знаходимо:

$$\begin{cases} y(t) = \frac{(R_3 + H)^2 - R_3^2 - D^2(t)}{2R_3}; \\ x(t) = \sqrt{D^2(t) - y^2(t)}. \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} V_x(t) = \frac{D(t)\dot{D}(t)}{\sqrt{D^2(t) - y^2(t)}} + \frac{D(t)\dot{D}(t)y(t)}{R_3\sqrt{D^2(t) - y^2(t)}}; \\ V_y(t) = -\frac{D(t)\dot{D}(t)}{R_3}. \end{cases} \quad (16)$$

Переходячи від диференціалів при граничних умовах до відповідних похибок, і враховуючи (13 – 16), одержимо

$$\begin{aligned} \sigma_x = & -\frac{D(t)}{\sqrt{D^2(t) - y^2(t)}} \sigma_D + \frac{[\mu_3(t-t_0)]^2}{(R_3 + H)^2 \dot{D}^3(t) \sqrt{\left[\frac{\mu_3(t-t_0)}{(R_3 + H)\dot{D}(t)}\right]^2 - y^2}} \sigma_{\dot{D}} - \\ & - \frac{D(t+\Delta t) - D(t)}{\sqrt{[D(t+\Delta t) - D(t)]^2 - [y(t+\Delta t) - y(t)]^2}} \sigma_{\Delta D} + \\ & + \frac{[\mu_3 \Delta t]^2}{(R_3 + H)^2 [\dot{D}(t+\Delta t) - \dot{D}(t)]^3 \sqrt{\left[\frac{\mu_3 \Delta t}{(R_3 + H)[\dot{D}(t+\Delta t) - \dot{D}(t)]}\right]^2 - [y(t+\Delta t) - y(t)]^2}} \sigma_{\Delta \dot{D}}; \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \sigma_y = & -\frac{D(t)}{R_3} \sigma_D + \frac{[\mu_3(t-t_0)]^2}{R_3(R_3 + H)^2 \dot{D}^3(t)} \sigma_{\dot{D}} - \\ & - \frac{D(t+\Delta t) - D(t)}{R_3} \sigma_{\Delta D} + \frac{[\mu_3 \Delta t]^2}{R_3(R_3 + H)^2 [\dot{D}(t+\Delta t) - \dot{D}(t)]^3} \sigma_{\Delta \dot{D}}; \end{aligned} \quad (18)$$

$$\sigma_{V_x}(t) = \frac{\partial V_x}{\partial D} \sigma_D + \frac{\partial V_x}{\partial \dot{D}} \sigma_{\dot{D}} + \frac{\partial V_x}{\partial \Delta D} \sigma_{\Delta D} + \frac{\partial V_x}{\partial \Delta \dot{D}} \sigma_{\Delta \dot{D}}; \quad (19)$$

$$\sigma_{V_y}(t) = \frac{\partial V_y}{\partial D} \sigma_D + \frac{\partial V_y}{\partial \dot{D}} \sigma_{\dot{D}} + \frac{\partial V_y}{\partial \Delta D} \sigma_{\Delta D} + \frac{\partial V_y}{\partial \Delta \dot{D}} \sigma_{\Delta \dot{D}}; \quad (20)$$

де часткові похідні виразів (19), (20) дорівнюють:

$$\frac{\partial V_x}{\partial \dot{D}} = \frac{D(t)}{\sqrt{D^2(t) - y^2(t)}} + \frac{D(t)y(t)}{R_3 \sqrt{D^2(t) - y^2(t)}};$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial D} = \frac{\dot{D}(t)}{\sqrt{D^2(t) - y^2(t)}} + \frac{\dot{D}(t)y(t)}{R_3 \sqrt{D^2(t) - y^2(t)}};$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial \Delta \dot{D}} = \frac{\dot{D}(t)}{\sqrt{[D(t+\Delta t) - D(t)]^2 - y^2(t)}} - \dot{D}(t) \left[ \{D(t+\Delta t) - D(t)\}^2 - y^2(t+\Delta t) \right]^{-\frac{3}{2}} \times \{D(t+\Delta t) - D(t)\}^2; \quad (21)$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial \Delta \dot{D}} = \frac{\dot{D}(t)}{\sqrt{D^2(t) - y^2(t)}} + \frac{\dot{D}(t)y(t)}{R_3 \sqrt{D^2(t) - y^2(t)}};$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial \dot{D}} = \frac{D(t)}{\sqrt{D^2(t) - x^2(t)}} + \frac{D(t)x(t)}{R_3 \sqrt{D^2(t) - x^2(t)}};$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial D} = \frac{\dot{D}(t)}{\sqrt{D^2(t) - x^2(t)}} + \frac{\dot{D}(t)x(t)}{R_3 \sqrt{D^2(t) - x^2(t)}}; \quad (22)$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial \Delta \dot{D}} = \frac{\dot{D}(t)}{R_3};$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial \Delta \dot{D}} = \frac{D(t)}{R_3}.$$

Зауважимо, що часткові похідні виразів (13, 14) і (17, 18) мають назву коефіцієнтів похибок. Розрахунки щодо визначення величин за виразами (17) – (20) наведені на графіках рис. 3.

Як виходить з наведених графіків, найбільші похибки промаху мають місце за рахунок невірних вимірювань далькості і радіальної швидкості об'єкта. Отже, забезпечення заданої точності далекомірно-швидкісних вимірювань є вкрай актуальною науково-технічною задачею.

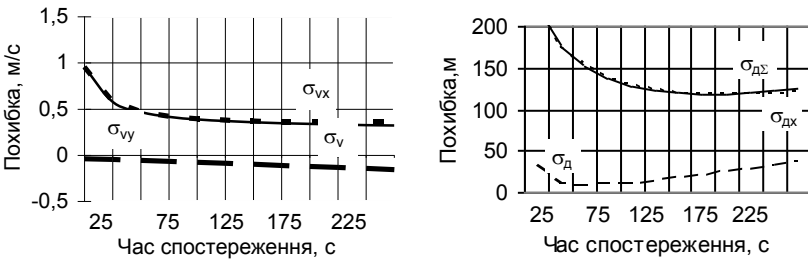


Рис. 3. Похибки прогнозу в далекомірно-швидкісних каналах

Для визначення поправок до початкових умов руху скористаємося співвідношенням [7, 8]

$$\Delta \bar{\lambda}_k = \left( \underline{C}_k^T \underline{\Sigma}_{\lambda k} \underline{C}_k \right)^{-1} \underline{C}_k^T \underline{\Sigma}_{\lambda k} \Delta \bar{R}_k, \quad (23)$$

де  $\Delta \bar{R}_k = \bar{R}_{k_p} - \hat{R}_k$  – різниця між вектором розрахункових та вимірних значень навігаційних параметрів руху;

$\underline{\Sigma}_{\lambda k}$  – матриця дисперсій та коваріацій похибок визначення компонентів вектору стану.

Компоненти матриці  $\underline{C}$  – це часткові похідні  $\frac{\partial R_{ik}}{\partial \lambda_{ik}}$ .

Далі знайдемо похибки прогнозу параметрів руху, що визначаються за формулою:

$$\Delta \bar{\lambda}_{\text{пр}k} = \underline{B} \left[ \Delta \bar{R}_k, \underline{\Sigma}_{\lambda k} \right] \cdot \Delta \bar{\lambda}_k, \quad (24)$$

де  $\underline{B}$  – оператор прогнозу вектору стану.

Оцінка точності отриманого результату, тобто якість прогнозу визначається матрицею:

$$\underline{\Sigma}_{\Delta \lambda \text{пр}k} = \underline{B}_k \underline{N}_k \underline{B}_k^T, \quad (25)$$

де  $\underline{N}_k$  – діагональна матриця дисперсій похибок вимірювань навігаційних функцій. При цьому дану матрицю можна визначити із співвідношення [5,7]

$$\underline{N}_k = \underline{C}_k \underline{\Sigma}_{\lambda k \text{доп}} \underline{C}_k^T. \quad (26)$$

Тут  $\underline{\Sigma}_{\lambda k \text{доп}}$  – діагональна матриця допустимих дисперсій випадкових похибок оцінок вектору стану.

За допомогою одержаних формул було проведено моделювання процесу супроводу КА типу „Січ-1М” з використанням реальних початкових умов. Визначений взаємозв’язок між похибками вимірювальних каналів СРТС та якістю прогнозу компонентів вектору стану КА. Так при похибках вимірювання навігаційних функцій руху КА  $\sigma_{d1} = 3$  м;  $\sigma_{\dot{d}1} = 0,3$  м/с;  $\sigma_{\Delta d1} = 0,3$  м;  $\sigma_{\dot{\Delta}d1} = 0,05$  м/с, похибки прогнозу на короткий часовий інтервал (до десяти хвилин) будуть дорівнювати  $\sigma_{x \text{пр}1} \cong \sigma_{y \text{пр}1} \cong \sigma_{z \text{пр}1} \cong 45,6$  м.

Якість прогнозу визначається наступними величинами:  $\sigma_{\sigma_{x \text{пр}1}} \cong \sigma_{\sigma_{y \text{пр}1}} \cong \sigma_{\sigma_{z \text{пр}1}} \cong 1,19$  м.

А при похибках  $\sigma_{d2} = 2\sigma_{d1}$ ;  $\sigma_{\dot{d}2} = 2\sigma_{\dot{d}1}$ ;  $\sigma_{\Delta d2} = 2\sigma_{\Delta d1}$ ;  $\sigma_{\dot{\Delta}d2} = \sigma_{\dot{\Delta}d1}$

похибки прогнозу будуть дорівнювати  $\sigma_{x_{\text{пр1}}} \cong \sigma_{y_{\text{пр1}}} \cong \sigma_{z_{\text{пр1}}} \cong 92,37$  м, а якість прогнозу буде визначатися наступними величинами:  $\sigma_{\sigma_{x_{\text{пр1}}}} \cong \sigma_{\sigma_{y_{\text{пр1}}}} \cong \sigma_{\sigma_{z_{\text{пр1}}}} \cong 2,28$  м.

Таким чином, як і слід було очікувати, якість балістичного забезпечення польоту КА, тобто похибки прогнозу вектору стану, пов'язані і в суттєвому ступеню визначаються похибками первинних траєкторних вимірів.

**Висновок.** Запропонований підхід до оцінки якості прогнозу дозволить в процесі сеансу зв'язку з КА прийняти рішення на проведення корекції параметрів його орбіти з метою забезпечення виконання їм задач за призначенням з необхідними показниками якості. Як показують розрахунки, точність прогнозу на короткий часовий інтервал змінюється пропорційно похибкам вимірювань поточних параметрів руху. У той час, як точність прогнозу на великий термін часу (порядку доби) залежить не тільки від точності вимірів, але й від закону змінювання оператора прогнозу вектору стану. Результати розрахунків свідчать про можливість забезпечення показників якості на потрібному рівні. При цьому зниження похибок первинних вимірів дозволить підвищити якість прогнозу у 1,9 рази.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Полет космических аппаратов: примеры и задачи / Ю.Ф. Авдеев, А.И. Беляков, А.В. Брыков и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 272 с.*
2. *Лисаченко І.Г., Роянов О.М., Чумак Б.О. Математична модель оптимальної обробки вимірювальної інформації при управлінні космічними апаратами по програмній траєкторії // Зб. наук. пр. – К.: НАНУ, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – 2005. – Вип. 32. – С. – 131-136.*
3. *Роянов О.М. Метод оцінки динамічної похибки вимірювань параметрів руху космічного апарату з визначенням її достовірності // Зб. наук. пр. – Х.: ОНДІ ЗС. – 2005. – Вип. 2. – С. 86-91.*
4. *Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 608 с.*
5. *Хомяков Э.Н. Измерительно-информационные радиосистемы. – Х.: ХВВКИУ РВ, 1985. – 220 с.*
6. *Лисаченко І.Г., Чумак Б.О., Дремлюга О.В. Обґрунтування вимог до точності визначення параметрів руху літаючих об'єктів управління // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАИМ, ХВУ. – 2001. – Вип. 2 (12). – С. 86-90.*
7. *Хомяков Э.Н. Статистическая аттестация измерительных комплексов. – Х.: ХВВКИУ РВ, 1987. – 70 с.*
8. *Эльясберг П.Е. Определение движения по результатам измерений. – М.: Наука, 1974. – 246 с.*

Надійшла 20.03.2006

**Рецензент:** доктор технічних наук, старший науковий співробітник В.І. Антюфєєв, Об'єднаний науково-дослідний інститут ЗС України, Харків.