

УДК 621.326.963

Ю.В. Шабатура¹, І.В. Пулеко², В.О. Чумакевич¹

¹ *Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

² *Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова Національного авіаційного університету*

СИНТЕЗ РАДІОТЕЛЕМЕТРИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ З ЧАСОВИМ ПРЕДСТАВЛЕННЯМ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ МІНІМІЗАЦІЇ ВИТРАТ

У статті розглянуто питання розподілу похибок між складовими елементами при мінімізації витрат в задачі синтезу радіотелеметричного комплексу з часовим представленням інформації.

Ключові слова: *розподіл похибок, мінімізація витрат, бортова інформаційно-телеметрична система, радіотелеметричний комплекс з часовим представленням інформації.*

Вступ

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток космічної техніки в Україні привів до необхідності вдосконалення радіотелеметричних комплексів (РТМК) космічних апаратів (КА) [1]. Адже вже сьогодні спостерігається певне відставання в функціональних та метрологічних можливостях сучасних РТМК по відношенню до тих вимог, які висуваються до них з боку задач управління космічними апаратами. У першу чергу це стосується задач збільшення точності вимірювань, зменшення впливу завад на результати вимірювань, зменшення енергоспоживання бортової апаратури.

Одним з найбільш перспективних варіантів вдосконалення РТМК є їх розробка на нових фізичних принципах вимірювань, де серед теперішніх суттєвими перевагами відрізняється принцип вимірювань, у якому носіями вимірювальної інформації служать часові інтервали [5–9].

При синтезі телеметричних комплексів космічних апаратів з часовим представленням вимірювальної інформації, як і будь-яких інших складних технічних систем, досить гостро стоїть питання мінімізації загальних витрат. Тому тема роботи є актуальною в науковому відношенні і важливою до практики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні теоретичні аспекти розробки сучасних РТМК викладені в [2–4]. Особливості синтезу інформаційно-вимірювальних систем з часовим представленням інформації розглянуті в [5–9]. Питанням мінімізації витрат при розробці складних технічних систем присвячені роботи [10–12]. Однак у цих роботах розглядаються загальні підходи щодо зменшення витрат при розробці систем і не враховуються особливості

інформаційно-вимірювальних комплексів з часовим представленням інформації.

Мета статті. Метою даної статті є розробка загального підходу до оцінки розподілу похибок між складовими елементами в задачах синтезу РТМК з часовим представленням інформації при мінімізації витрат.

Виклад основного матеріалу

За класичною схемою технічні засоби телеметричного забезпечення управління КА можна подати у вигляді рис. 1 [2, 4]. При штатній експлуатації космічного апарата частина телеметричних засобів розміщується на його борту, а частина – на землі, зв'язок між ними здійснюється за допомогою радіоканалу. Бортові телеметричні засоби містять у собі: датчики (вимірювальні перетворювачі); бортову інформаційно-телеметричну систему (БІТС), яка виконує роль засобу узгодження датчиків з радіопередавачем телеметричного каналу зв'язку й споживачами інформації; радіопередавач каналу зв'язку.

Наземні телеметричні засоби містять: радіотелеметричну приймально-реєструючу станцію (РПРС); систему обробки (підготовки даних) та систему аналізу. Радіопередавач, лінія зв'язку й радіоприймач утворюють телеметричний канал зв'язку. БІТС, телеметричний канал зв'язку й телеметрична станція РПРС утворюють радіотелеметричну систему (РТМС), а РТМС разом з датчиками й системою обробки – радіотелеметричний комплекс (РТМК).

При синтезі РТМК з часовим представленням вимірювальної інформації загальна структура РТМК не змінюється, однак інформаційні процеси, що реалізуються в РТМК, значно відрізняються. Формально інформаційні процеси, що реалізуються

в радіотелеметричному комплексі з часовим представленням вимірювальної інформації, можна представити у вигляді послідовності функціональних перетворень, яка наведена на рис. 2. Датчики РТМС сприймають різні фізичні величини (контрольовані або вимірювані телеметричні параметри) і перетворюють їх у первинні сигнали, що являють

собою часові інтервали. Тут $\Delta t = f(\lambda_k)$ – функція перетворення значення k -ї вимірюваної фізичної величини в часовий інтервал Δt , яку виконує первинний перетворювач. Далі здійснюється операція вимірювання часового інтервалу $\Delta t = D_k(t_0)$ через відображення числа D_k відтворень зразкової одиниці часу t_0 .

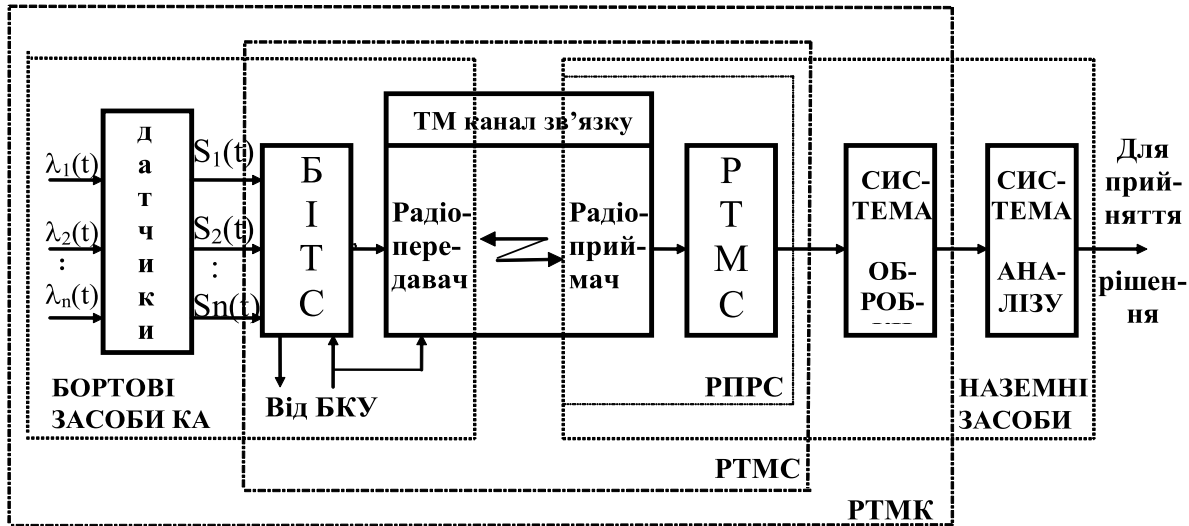


Рис. 1. Технічні засоби радіотелеметричного комплексу

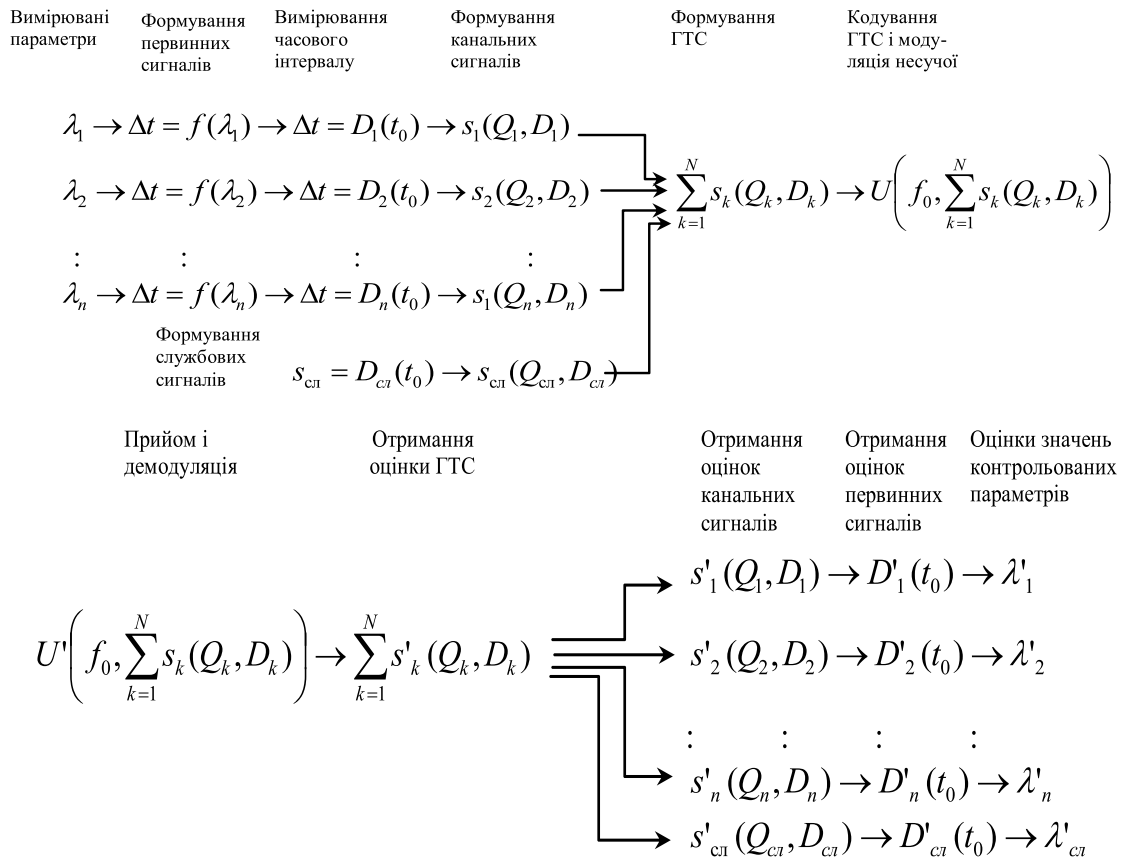


Рис. 2. Інформаційні процеси, що відбуваються в РТМС з часовим представленням вимірювальної інформації

Об'єднання вимірювальних каналів на борту КА з їх подальшим розділенням в наземних засобах, досягається шляхом ортогоналізації каналних сигналів. Ортогональні каналні сигнали $s_1(Q_1, D_1)$ об'єднуються у груповий телеметричний сигнал (ГТС), який після застосування відповідної модуляції і передачі через радіоканал у прийомній частині РТМС легко розділяється з використанням частотного, часового чи адресного способу розділення каналів.

Сукупність вимірюваних параметрів утворює вимірювальну частину РТМС. Для організації інформаційних процесів та підвищення якості телевимірювань додатково в ГТС вводяться службові сигнали $s_{сл}$.

Для передачі в пункт прийому ГТС кодується та модулюється, перетворюючись у груповий радіосигнал $U\left(f_0, \sum_{k=1}^N s_k(Q_k, D_k)\right)$.

У пункті прийому за допомогою введених службових сигналів проводяться зворотні перетворення прийнятого сигналу. Оскільки при перетвореннях виникають похибки, а у радіоканалі передачі діють завади, то прийняті повідомлення не повністю відповідають істинним значенням телеметричних параметрів (на рисунку це відображено за допомогою знака \prime).

Більш детально особливості представлення вимірювань часовими інтервалами розглянуті в [9].

Похибками, що визначають сумарну похибку РТМС з часовим представленням інформації відповідно до (рис. 1), є: середньоквадратична похибка вимірювальних перетворювачів – $\sigma_{ВП}$, похибка часово-цифрового перетворення – $\sigma_{ЦЦП}$, узагальнена похибка БІТС, що включає похибку кодування та модуляції $\sigma_{БІТС}$, середньоквадратична похибка радіоканалу $\sigma_{РК}$ та середньоквадратичні похибки, що вносяться приймальною станцією – $\sigma_{ПРС}$, системою обробки – $\sigma_{СО}$ та аналізу – $\sigma_{СА}$. Вважаючи ці похибки статистично незалежними одна від одної сумарну похибку можна представити як

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{ВП}^2 + \sigma_{ЦЦП}^2 + \sigma_{БІТС}^2 + \sigma_{РК}^2 + \sigma_{ПРС}^2 + \sigma_{СО}^2 + \sigma_{СА}^2}. \quad (1)$$

Варто зазначити, що деякі похибки в ряді випадків можуть бути функціонально зв'язаними, але при цьому залишатися статистично незалежними.

Витрати на досягнення визначеної похибки σ_{Σ} , які вносяться елементами РТМК, неоднакові для різних елементів, хоча загальна закономірність і зберігається: чим більша точність, тим більші витрати маси, енергії, коштів. Одні елементи є

більш важкими, споживають більше енергії і дорожче, ніж інші. Тому при синтезі РТМК доцільно збільшувати точність системи в першу чергу за рахунок зменшення похибок тих елементів, що потребують менших витрат на їх вдосконалення.

У загальному випадку задача оптимізації розподілу похибок між складовими елементами РТМС з урахуванням витрат сформулюємо наступним чином [10]. Досягти мінімальної сумарної похибки, за умови, що сумарні витрати Θ_{Σ} , які визначаються сумою витрат на елементи Θ_i системи і деякими додатковими витратами Θ_0

$$\Theta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Theta_i + \Theta_0, \quad (2)$$

де n – число елементів системи, будуть мінімальними.

У більшості випадків складові похибки, що задаються середньоквадратичною похибкою σ_i , внесеною i -м елементом, статистично незалежні, тому задана дисперсія результуючої похибки системи буде рівною

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2. \quad (3)$$

Апріорі для кожного i -го елемента відомі залежності витрат від внесеної цим елементом похибки $\Theta_i(\sigma_i)$. Отже, потрібно так розподілити результуючу похибку σ_{Σ} між складовими, щоб загальні витрати були мінімальними

$$\Theta_{\Sigma \min} = \left(\sum_{i=1}^n \Theta_i + \Theta_0 \right)_{\min}. \quad (4)$$

Ця задача є типовою для варіаційного обчислення і вирішується методом Лагранжа [10]. Для цього вводимо невизначений множник l , а умову (3) запишемо у вигляді

$$\sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \sigma_{\Sigma}^2 = 0. \quad (5)$$

Знайдемо мінімум функції

$$\Phi(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n) = \sum_{i=1}^n \Theta_i + \Theta_0 + l \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \sigma_{\Sigma}^2 \right). \quad (6)$$

Для цього складаємо n рівнянь виду

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_i} = 0, \quad \text{або} \quad \frac{\partial \Theta_i}{\partial \sigma_i} + 2l\sigma_i = 0. \quad (7)$$

Ці n рівнянь і умова (6) дозволяють знайти n невідомих σ_i та l і тим самим вирішити задачу

оптимального розподілу похибок в сенсі забезпечення мінімальних витрат.

Розгляд рівнянь (7) дозволяє зробити висновок про те, що на розподіл похибок впливають не загальні витрати Θ_{Σ} , а тільки та їх частина, що залежить від похибок σ_i . Тому, якщо витрати для i -го елемента складаються з двох частин – залежної від похибки $\Theta_i(\sigma_i)$ та постійної Θ_{oi} , тоді при розрахунках постійну складову витрат Θ_{oi} можна не враховувати. Це пояснюється тим, що мінімізувати можна тільки ту частину витрат, яка залежить від похибки, якщо такої залежності нема, то і мінімізація буде неможливою.

Розглянемо рішення задачі розподілу похибок на прикладі мінімізації вартості. Нехай вартість i -го елемента РТМК росте зі зменшенням похибки за законом

$$W_i = A_i + \frac{B_i}{\sigma_i^k}, \quad (8)$$

де k – деяке число; A і B – коефіцієнти вартості.

Знайдемо такий розподіл сумарної дисперсії похибки РТМК σ_{Σ}^2 між складовими, при якому сумарна вартість системи мінімальна

$$W_{\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^n W_i \right)_{\min}. \quad (9)$$

У зв'язку з тим, що частина вартості елемента A_i не залежить від похибки, тому вона виключається з розгляду й утворюється функція

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{\sigma_i^k} + l \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \sigma_{\Sigma}^2 \right). \quad (10)$$

Знайдемо часткові похідні Φ'_{σ_i} і одержимо систему n рівнянь:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_i} = -\frac{kB_i}{\sigma_i^{k+1}} + 2l\sigma_i = 0. \quad (11)$$

Зазначимо, що у формулі (10) вираз в дужках дорівнює нулю, а часткові похідні цього виразу по σ_i при варіаціях σ_i не дорівнюють нулю.

Вирішуючи кожне рівняння (11) відносно σ_i , знаходимо

$$\sigma_i^2 = \left(\frac{\kappa B_i}{2l} \right)^{\frac{2}{k+2}}. \quad (12)$$

Підставляючи σ_i^2 у вираз (3), одержуємо

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\kappa B_i}{2l} \right)^{\frac{2}{k+2}} = \frac{1}{l^{\frac{2}{k+2}}} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\kappa B_i}{2} \right)^{\frac{2}{k+2}}. \quad (13)$$

Звідси випливає, що

$$l^{\frac{2}{k+2}} = \frac{1}{\sigma_{\Sigma}^2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\kappa B_i}{2} \right)^{\frac{2}{k+2}}. \quad (14)$$

Підставляючи це значення у вираз (12), одержуємо потрібну формулу для розрахунку складових похибки

$$\sigma_i^2 = \sigma_{\Sigma}^2 \frac{B_i^{\frac{k+2}{2}}}{\sum_{i=1}^n B_i^{\frac{k+2}{2}}}. \quad (15)$$

Таким чином, дисперсія кожної складової є частиною сумарної дисперсії похибки, причому відносна величина цієї частини тим більша, чим більший коефіцієнт вартості B_i . Виходить, що елементам з більш різко вираженою залежністю вартості від похибки дозволяється мати велику похибку. Іншими словами, зменшувати похибку потрібно за рахунок тих елементів, що дозволяють досягти цього зменшення швидше.

Якщо вартість i -го елемента зворотно пропорційна середньоквадратичній похибці, тоді $\kappa=l$

$$\sigma_i^2 = \sigma_{\Sigma}^2 \frac{B_i^{2/3}}{\sum_{i=1}^n B_i^{2/3}}. \quad (16)$$

У цифрових РТМК з часовим представленням інформації зі зменшенням похибки в логарифмічній пропорції росте розрядність коду, що визначає в підсумку складність і вартість пристроїв. У цьому випадку вартість i -го елемента

$$W_i = A_i - B_i \ln \sigma_i. \quad (17)$$

Визначимо правило розподілу похибок між елементами системи.

Введемо невизначений множник l і складемо функцію

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \left(-B_i \ln \sigma_i \right) + l \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \sigma_{\Sigma}^2 \right). \quad (18)$$

Складемо систему з n рівнянь, прирівнявши нулю похідну $\frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_i}$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_i} = -\frac{B_i}{\sigma_i} + 2l\sigma_i = 0. \quad (19)$$

Звідси випливає, що

$$\sigma_i^2 = \frac{B_i}{2l}. \quad (20)$$

Використовуючи вираз (3), одержуємо

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{2l} \quad (21)$$

Далі знаходимо

$$l = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{2\sigma_{\Sigma}^2} n \quad (22)$$

Підставляючи це значення у вираз (19), одержуємо формулу для розрахунку складових похибки

$$\sigma_i^2 = \sigma_{\Sigma}^2 \frac{B_i}{\sum_{i=1}^n B_i} \quad (23)$$

Ця формула показує, що дисперсія похибки елемента складає таку частину від сумарної дисперсії, яка відзначається відносною вагою коефіцієнта B_i його вартості. Як у формулі (8), так і у формулі (17), коефіцієнт B_i при визначеному рівні похибки показує ступінь зміни вартості при зміні похибки, тобто швидкість зміни вартості при варіаціях похибки. Це пояснюється тим, що неоптимальність розподілу дисперсії похибки викликає підвищення вартості.

Оцінимо підвищення вартості для простого випадку, коли є всього дві складові, причому вони описуються наступними залежностями:

$$W_i = -B_i \ln \sigma_i^2, \quad B_1 = B, \quad B_2 = \alpha B. \quad (24)$$

Неоптимальний розподіл дисперсії похибки приводить до того, що $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \frac{\sigma_{\Sigma}^2}{2}$, а вартість

$$W_1 = -B_1(1+\alpha) \ln \frac{\sigma_{\Sigma}^2}{2}.$$

При оптимальному розподілі дисперсії похибки

$$\sigma_1^2 = \sigma_{\Sigma}^2 \frac{1}{1+\alpha}; \quad \sigma_2^2 = \sigma_{\Sigma}^2 \frac{\alpha}{1+\alpha}, \quad (25)$$

а мінімальна вартість

$$\begin{aligned} W_{\min} &= -B_1 \ln \sigma_{\Sigma}^2 \frac{1}{1+\alpha} - \alpha B_1 \ln \sigma_{\Sigma}^2 \frac{\alpha}{1+\alpha} = \\ &= -B_1 \left[(1+\alpha) \ln \frac{\sigma_{\Sigma}^2}{1+\alpha} + \alpha \ln \alpha \right]. \end{aligned} \quad (26)$$

Відносне збільшення вартості через неоптимальність розподілу похибки

$$\begin{aligned} \frac{W - W_{\min}}{W_{\min}} &= \frac{-B(1+\alpha) \ln \frac{\sigma_{\Sigma}^2}{2} + B_1 \left[(1+\alpha) \ln \frac{\sigma_{\Sigma}^2}{1+\alpha} + \alpha \ln \alpha \right]}{-B_1(1+\alpha) \ln \frac{\sigma_{\Sigma}^2}{1+\alpha} + \alpha \ln \alpha} = \\ &= \frac{(1+\alpha) \ln \frac{1+\alpha}{2} - \alpha \ln \alpha}{(1+\alpha) \ln \frac{\sigma_{\Sigma}^2}{1+\alpha} + \alpha \ln \alpha}. \end{aligned} \quad (27)$$

Неважко бачити, що при $\alpha=1$, коли вартості елементів рівні, рівномірний розподіл буде оптимальним

$$\frac{W - W_{\min}}{W_{\min}} = 0.$$

Розглянемо приклад. Нехай $\sigma_{\Sigma}^2 = 10^{-4}$. Відносне збільшення вартості для $a = 2$ буде близько нуля, для $a = 5$ – близько 3%, для $\alpha = 10$ – близько 15%. Цей приклад показує, що помітне зниження вартості за рахунок оптимального розподілу похибок може бути досягнуто тільки при значній різниці вартості елементів.

Розглянемо вплив неоптимальності розподілу похибок на зростання вартості системи, якщо $W_1 = \frac{B}{\sigma_1^2}$, $W_2 = \frac{\alpha B}{\sigma_2^2}$.

У зв'язку з тим, що при неоптимальному розподілі похибок $\sigma_2^2 = \sigma_1^2 = \frac{\sigma_{\Sigma}^2}{2}$,

$$W = \frac{2B}{\sigma_{\Sigma}^2} + \frac{2\alpha B}{\sigma_{\Sigma}^2} = \frac{2B}{\sigma_{\Sigma}^2} (1+\alpha). \quad (28)$$

При оптимальному розподілі похибок відповідно до формули (15) отримаємо

$$\begin{aligned} \sigma_1^2 &= \sigma_{\Sigma}^2 \frac{B^{1/2}}{B^{1/2} + (\alpha B)^{1/2}} = \sigma_{\Sigma}^2 \frac{1}{1+\sqrt{\alpha}}; \\ \sigma_2^2 &= \sigma_{\Sigma}^2 \frac{\sqrt{\alpha}}{1+\sqrt{\alpha}}. \end{aligned} \quad (29)$$

Вартість

$$W_{\min} = \frac{B}{\sigma_{\Sigma}^2} (1+\sqrt{\alpha})^2. \quad (30)$$

Відносна неоптимальна вартість

$$\frac{W}{W_{\min}} = \frac{2B(1+\alpha)\sigma_{\Sigma}^2}{\sigma_{\Sigma}^2 B(1+\sqrt{\alpha})^2} = \frac{2(1+\alpha)}{(1+\sqrt{\alpha})^2}. \quad (31)$$

Отже, при $\alpha=1 \rightarrow \frac{W}{W_{\min}} = 1$. Якщо $\alpha = 4$, то $\frac{W}{W_{\min}} = \frac{10}{9}$, тобто маємо збільшення вартості менше 10%. Якщо $\alpha = 10$, то $\frac{W}{W_{\min}} = \frac{22}{18,6} = 1,13$, тобто маємо збільшення вартості на 13%.

Висновки

В роботі розглянута задача синтезу радіотелеметричного комплексу з часовим представленням інформації. Запропонована методика її оптимального рішення за критерієм мінімізації загальних витрат при умові досягнення мінімального значення сумарної похибки.

Теоретично доказана можливість допущення неоптимального розподілу похибки з досягненням максимальної точності у випадку, коли залежність витрат на модернізацію елементів РТМС від внесених ними похибок точно не може бути визначеною, а додаткові витрати не враховуються.

У перспективі планується дослідити задачу синтезу РТМС при застосуванні у їх структурі інтегрованих часо-цифрових перетворювачів.

Список літератури

1. IV Національна космічна програма України на 2008-2012 роки.
2. Управління космічними апаратами: підручник МОУ / М.Ф. Пічугін, П.П. Топольницький, І.В. Пулеко та ін. – Житомир, ЖВІ НАУ, 2009. – 280 с.
3. Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс / А.В. Назаров, Г.И. Козырев, И.В. Шитов и др. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 672 с.
4. Рихальський О.Р., Пулеко І.В., Кубрак О.М. Інформаційно-радіотелеметричні системи: конспект лекцій / О.Р. Рихальський, І.В. Пулеко, О.М. Кубрак. – Житомир, ЖВІРЕ, 1999. – Ч. 1. – 376 с.

5. Шабатура Ю.В. Основи теорії і практики інтервальних вимірювань: моногр. – Вінниця: УНІВЕРСУМ. – 2003. – 167 с.

6. Шабатура Ю.В. Структурно-математичні основи синтезу інформаційно-вимірювальних систем з часовим поданням інформації / Ю.В. Шабатура // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2006. – № 66. – С. 164–173.

7. Шабатура Ю.В., Поджаренко В.О. Інформаційно-структурні принципи вдосконалення засобів вимірювальної техніки / Ю.В. Шабатура, В.О. Поджаренко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 4. – Ч. 1. (68). – С. 147–151.

8. Шабатура Ю.В. Розробка вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальних систем з часовим представленням інформації / Ю.В. Шабатура, В.М. Севастьянов, В.Ю. Маруцак // Наукові праці ДонНТУ. Вип. 148. – 2009. – С. 188–195.

9. Шабатура Ю.В. Технологія вимірювання на основі представлення значень вимірюваних величин часовими інтервалами: монографія / Ю.В. Шабатура. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 324 с.

10. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. 2 изд. перераб и доп. – Киев: Наукова думка, 1988. – 472 с.

11. Проблемы математического моделирования космических систем. Учеб. пособие / С.А. Курузов, Р.А. Марданова, Л.П. Осипков, В.Н. Старков. – Спб.: «СОЛО», 2009. – 228 с.

12. Теоретические основы системного анализа / Новосельцев В.И. [и др.]; под ред. В.И. Новосельцева. – М.: Майор, 2006. – 592 с.

СИНТЕЗ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ЧАСОВЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ ИНФОРМАЦИИ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ

Ю.В. Шабатура, Ю.В. Пулеко, В.О. Чумакевич

В статье рассматривается вопрос распределения ошибок между составляющими элементами при минимизации потерь в задаче синтеза радиотелеметрического комплекса с часовым представлением информации.

Ключевые слова: распределение ошибок, минимизация потерь, бортовая информационно-телеметрическая система, радиотелеметрический комплекс с часовым представлением информации.

SYNTHESIS OF RADIO TELEMETRY COMPLEXES OF SPACE VEHICLES WITH HOUR REPRESENTATION OF THE INFORMATION AT LOSS MINIMIZATION

Y. Shabatura, Y. Puleko, V. Chumakevych

In article the question of distribution of errors between constituent elements at loss minimization in a problem of synthesis of radio telemetry complex with an hour type of information presentation is considered.

Keywords: distribution of errors, loss minimization, onboard information-telemetry system, a radio telemetry complex with an hour type of information representation.