

ОРГАНІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ГЕТЕРОГЕННОГО АЕРОКОСМІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Національного авіаційного університету

Розглянуто структуру оптимального гетерогенного аерокосмічного комплексу. Розроблено п'ятнадцяти крокову ітераційну процедуру оптимального структурного синтезу гетерогенних аерокосмічних комплексів, що включає операції структурного та параметричного оптимального синтезу при дотриманні обмежень.

Вступ

Гетерогенним аерокосмічним комплексом (ГАКом) нами названий комплекс, що об'єднує неоднорідні за принципом дії бортові, наземні та супутникові навігаційні системи, що мають різні за ознаками і типами зв'язки і відношення між ними.

Проектувальні задачі гетерогенних аерокосмічних комплексів як складних об'єктів розглядаються у вигляді оптимального комплексування аерокосмічних систем за критерієм забезпечення максимальної точності та вірогідності вимірювань, що мають неоднакові погрішності. Сутність оптимального комплексування полягає в тому, що для отримання оптимальної оцінки навігаційного параметру знаходять такі оптимальні вагові коефіцієнти для результатів вимірювань різними системами цього параметру, які забезпечують мінімальне значення дисперсії погрішності, або максимальне значення вірогідності вимірювань гетерогенним комплексом у цілому.

Постановка задачі

Відомі наступні дані: математична модель результатів непрямих вимірів всіма m системами, що створюють гетерогенний аерокосмічний комплекс, істинного значення X_0 навігаційного

параметру в момент часу t вимірів, а також випадкові абсолютні погрішності усіх прямих вимірів. Необхідно розробити ітераційну процедуру оптимального структурного синтезу ГАКів.

Рішення задачі

На рис.1. представлено структурну схему оптимального ГАКу [4]. Прийняті такі позначення: X_0 – істинне значення навігаційного параметру, що вимірюється, X_{opt} – оптимальна оцінка цього параметру комплексом, що має мінімальну дисперсію погрішності $D_{min}(m_{opt})$ при оптимальній структурі комплексу з оптимальними параметрами систем. Оптимальні оцінки в онлайн-режимі через систему *ADS-B* передають користувачам бортового і наземного сегментів оптимального ГАКу.

Автоматизована радіомовна система залежного спостереження за повітряним рухом *ADS-B* [3] призначена для обміна по УКХ – радіоканалу інформацією про місцезнаходження повітряних суден (ПС) за принципом «кожний з кожним» («борт-борт», «борт-земля», «земля-борт»). Навігаційні дані системи *ADS-B* формуються по сигналам супутникових навігаційних систем ГЛОНАСС і *GPS*.

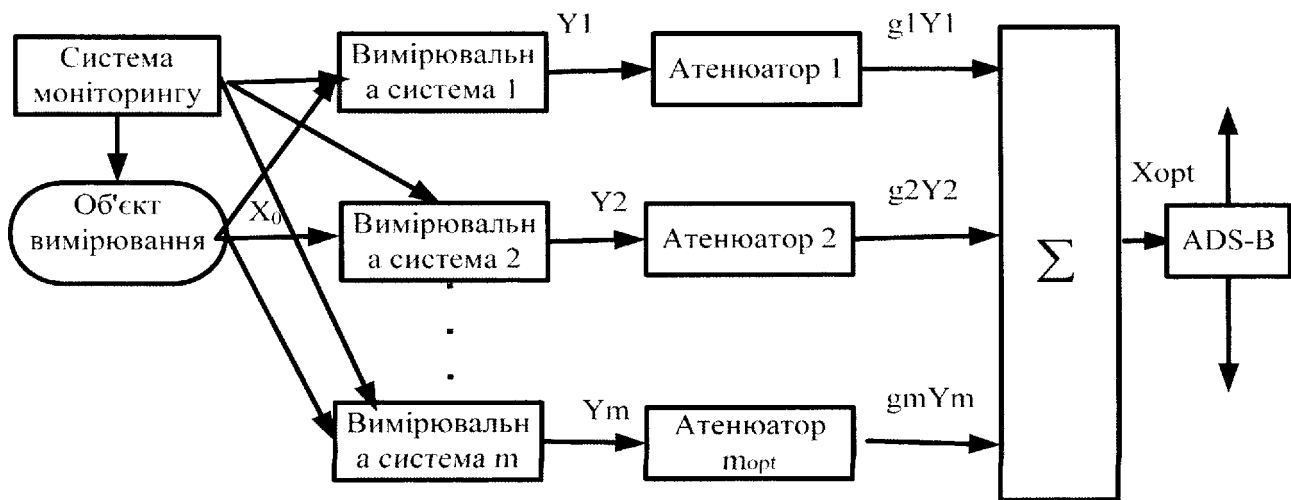


Рис. 1. Структурна схема оптимального ГАКу

Розроблена автором ітераційна процедура оптимального структурного синтезу ГАКів включає наступні операції (рис. 2):

1. На підставі Технічного завдання вибирають m систем, із яких буде створюватися проект ГАКу.

2. Визначають дисперсії погрешностей вимірювань D_k $k = 1, m$, усіх вибраних систем.

3. Визначають максимальне значення за допомогою операції $D_{max} = \max D_k$, $k = 1, m$.

4. Виконують нормування дисперсій систем відносно максимального значення дисперсії.

5. Ранжирують системи у порядку зменшення нормованих значень дисперсій погрешностей, і перевіряють виконання умови нормування $D_{(k+1)} < D_k$.

6. Отриманий ранжований ряд нормованих дисперсій систем апроксимують убутною арифметичною прогресією оптимально за методом найменших квадратів.

7. За формулою для характеристичного числа [2] розраховують m_0 для визначення максимального значення числа m .

8. Визначають оптимальні значення вагових коефіцієнтів прямих вимірювань для кожної системи за

критерієм мінімуму дисперсії погрешності ГАКу при числі систем в комплексі g_{opt} , $k = 1, m$.

9. Розраховують індексний показник $W(k)$ оптимальності структурного синтезу як відношення дисперсії m -го комплексу D_m до дисперсії D_{min} комплексу з m перших систем ранжированого ряду.

10. Визначають значення j_{opt} яке доставляє максимум W_{max} індексному показнику оптимальності структурного синтезу $j_{opt} = \operatorname{argmax} W(k)$, $k = 1, m$.

11. Визначають мінімальне значення дисперсії $D_{min}(j_{opt})$.

12. Перевіряють виконання умови $D_{min}(j_{opt}) \leq D_0$, де значення D_0 є допустиме для вимірювань згідно вимог Технічного завдання.

13. Якщо умова п.12 виконується, отримана оптимальна структура приймається як структура ГАКу, що проектується, його характеристики вносять у проект для виконання імітаційного моделювання вимірювань і визначення апостеріорних D_k^* .

14. За апостеріорними дисперсіями D_k^* уточнюють D_k^* , m , j_{opt} , $D_{min}(j_{opt})$; $W(j_{opt})$. По результатам перевіряють також вихідні дані процедури. Якщо перевірка дала позитивний результат, виконують адаптивну реконфігурацію

структури до числа систем в комплексі до j_{opt} . Отримані результати фіксують, як

результати роботи алгоритму на i -му кроці.

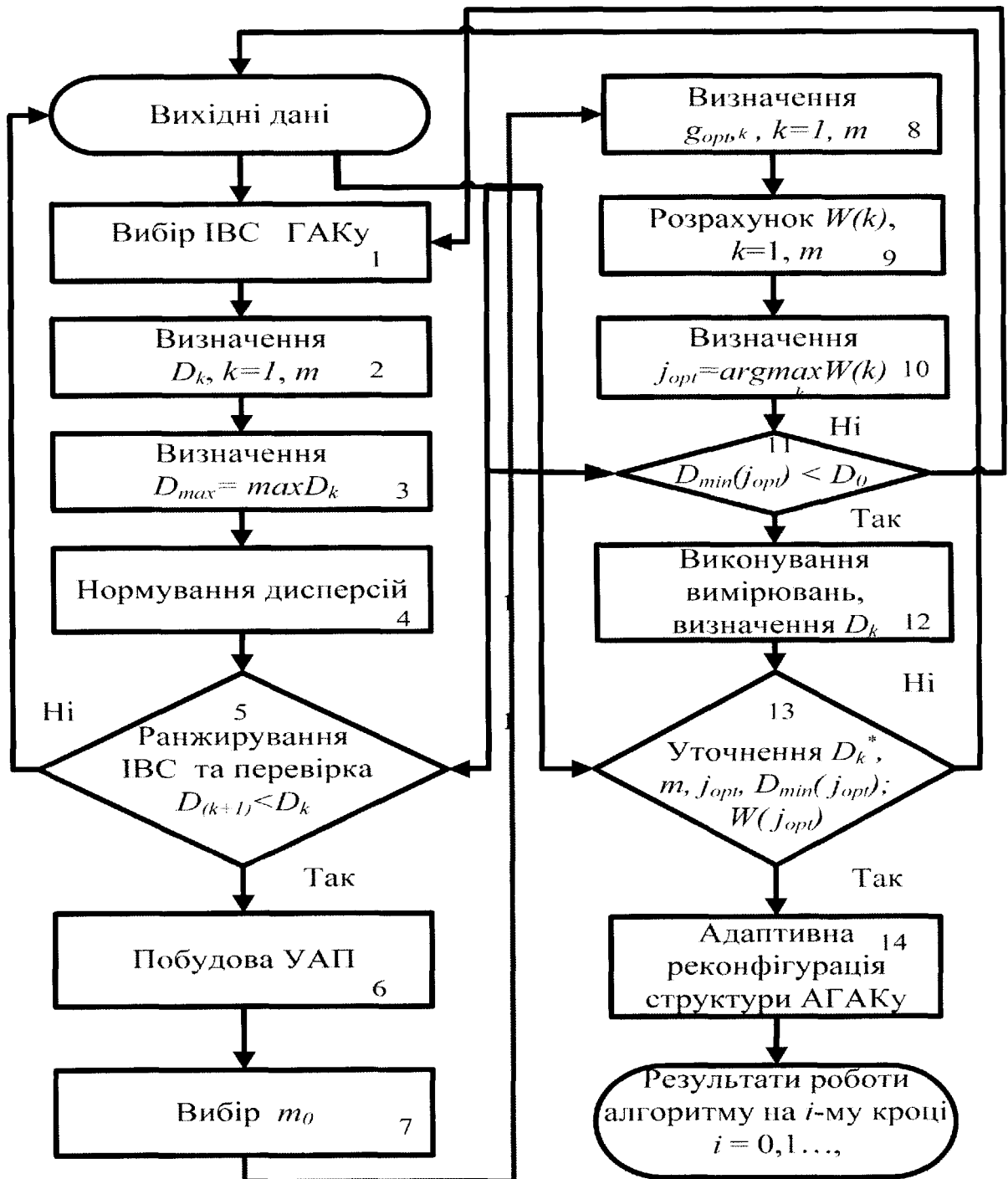


Рис.1.8. Структурна схема алгоритму структурного синтезу оптимального ГАКу

15. Якщо перевірка дала негативний результат, повертаються до першого пункту і виконують повторний вибір ІВС ГАКу.

Висновки

1. Об'єднання (інтеграція) устаткування в єдиний функціонально, структурно й конструктивно

взаємозалежний навігаційний комплекс (ГАК) дозволяє повніше використати наявну на борті ЛА надмірність інформації, завдяки чому з'являється можливість підвищення точності, завадостійкості, безперервності й надійності навігаційних визначень, розширення кола розв'язуваних завдань і поліпшення якості їхнього виконання.

2. Максимального виграшу від комплексування навігаційних вимірників можна досягти, вирішивши відповідне завдання оптимального синтезу, що дозволяє визначити єдину оптимальну структуру й оптимальні параметри систем ГАКУ.

3. Розроблено 15 крокову ітераційну процедуру (рис. 2) оптимального структурного синтезу ГАКів, що включає операції структурного та параметричного оптимального синтезу при дотриманні обмежень. Результатом розв'язання цієї проблеми є структурна схема оптимального ГАКУ, що була представлена на рис. 1.

Список літератури

1. Игнатов В.А. Теоретическое обоснование оптимального управления обработкой сигналов в интегрированных аэрокосмических навигационных комплексах. / Игнатов В.А., Кудренко С.А., Никулин В.И., Вельдяскина М.И // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: НАКУ, 2007. – № 3 (39). – С. 66-71.

2. Игнатов В.О. Необходимые условия для оптимального управления обработкой сигналов в интегрированных аэрокосмических навигационных системах. Игнатов В.О., Кудренко С.О., Никулин В.И., Нориця М.И. – Харьков, НАКУ. – Авиационно-космическая

техника и технология, 2007. №4 (40). – С. 86-91.

3. Обзор статей по GPS навигации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.computerra.ru/gps/articles_about.htm

4. Кудренко С.О. Optimal complexation aircraft automatic control systems on CNS/ATM conception / Кудренко С.О. // Интегрированные информационные технологии та системи (ІІТС-2005): матеріали науково-практичної конференції молодих учених та аспірантів. – К.: НАУ, 2005. – С. 124-125.

5. Кудренко С.О. Recurrent equations of unequal accuracy measurement results processing optimum control / Кудренко С.О., Никулин В.И. // Матеріали VII Міжнар. наук. конф. студентів та молодих учених [«Політ»]. – К.: НАУ, 2005. – С. 456.

6. Кудренко С.О., Аль Шаро Я.М. Модели и алгоритмы диагностирования и реконфигурации функционально-избыточных систем // Интегрированные интеллектуальные робото-технические комплексы (ІРТК-2009) II міжнародна конференція. – К.: НАУ, 2009. – С. 170-173.

7. Азарсков В.Н. Робастные методы оценивания, идентификации и адаптивного управления / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С., Куссуль Н.Н. – К.: НАУ, 2004. – 498 с.

8. Азарсков В.Н. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С. – К.: НАУ, 2006. – 437 с.

9. Tunik A.A. The Nonlinear State Estimation of the Aircraft Using Adaptive Extended Kalman Filter/ Tunik A.A., Lee S.J., Kim J.C. – Control, Automation & System Engineering. – 1999. V. № 2 – P. 158 - 165.