

УДК 528.8.04.

О.В. Яковенко,

кандидат технічних наук

А.О. Красноруцький,

кандидат технічних наук, с.н.с.

Д.В. Ісаєв

ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ДОВЕДЕННЯ ТА ЗАХИСТУ ВІДЕОДАНИХ СИСТЕМИ АУДІО-, ВІДЕОРЕЄСТРАЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Здійснено аналіз радіотехнічної системи аудіо-, відеореєстрації літального апарата, обсягів відеоінформації, що формуються на борту літального апарата, обґрунтовано напрямлення підвищення оперативності доведення відеоданих наявними каналами передачі інформації, шляхом застосування методів стискування зображень з можливістю їх відновлення із заданою втратою якості.

Ключові слова: система аудіо-, відеореєстрації, компресія даних, зображення, обсяг відеоінформації.

Произведен анализ радиотехнической системы аудио-, видеорегистрации летательного аппарата, объемов видеoinформации, которые формируются на борту летательного аппарата, обосновано направление повышения оперативности доведения видеоданных при существующих каналах передачи информации, путем применения методов сжатия изображений с возможностью их восстановления с заданной потерей качества.

Ключевые слова: система аудио-, видеорегистрации, компрессия данных, изображение, объем видеoinформации.

Given analysis of the radio engineering system of audio-video of registration in aircraft, volumes video information's which are formed aboard an aircraft, and direction of increase the operation ability of leading to of video information is grounded at the existent ducting's of information transfer, by application of methods of compression of images with possibility of their renewal with the set loss quality.

Key words: audio, video recording, image, volume of video information.

Приведення бойових можливостей існуючих літальних апаратів до сучасних вимог, надання апаратам властивостей багатофункціональних літаків неможливо здійснити без їх модернізації та удосконалення основних характеристик. Світовий досвід розвитку космічної розвідки та розвідки з використанням пілотованої та безпілотної авіації свідчить про те, що однією з найважливіших систем є система передачі інформації з борту апарата на наземний пункт. Оперативність та

своєчасність передачі інформації, у т.ч. і відеоданих, забезпечують ефективне виконання поставлених завдань. Це неможливо виконати без впровадження сучасних інформаційних технологій. Тому метою статті є обґрунтування перспективного напрямку своєчасної доставки відеоінформації з борту літальних апаратів на наземний пункт управління при збереженні інформативності.

Одним із шляхів модернізації сучасних літальних апаратів є встановлення системи аудіо-, відеореєстрації САВР-29. Система забезпечує реєстрацію відеоінформації про навколишню обстановку і запис переговорів.

Основна частина інформації, яка поступає з системи аудіо-, відеореєстрації, є зображенням місцевості з великою кількістю дрібних деталей.

САВР-29 має в своєму складі кольорову камеру ВК. Технічні характеристики ВК наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики відеокамери ВК системи САВР-29

Найменування параметру	Значення
Чутливість, лк	0,1
Роздільна здатність, ТВЛ	560
Фокусна відстань, мм	12,0
Кількість ефективних пікселів	752(Н) x 582 (V)
Відношення сигнал/шум вихідного відеосигналу при освітленості 50 лк, дБ	не менше 48
Вигримка діафрагми, с	1/50 – 1/100000
Відеовихід (75 Ом, композитний) рівнем, В	1,0

Однією з важливих технічних характеристик, що впливають на ефективність використання цифрових оптичних систем і пристроїв є їх розпізнавальна здатність. Під розпізнавальною здатністю цифрової оптичної системи слід розуміти здатність оптичної системи формувати на пристрої виведення (екран і т.п.) зображення предметів, що знаходяться на заданому віддаленні від об'єктива оптичної системи із заданим рівнем деталізації [1, 2, 4, 5]. Основним фактором, що визначає дозвіл оптико-електронної системи, є ПЗС-матриця, на яку після об'єктива проектується одержуване зображення. Розмірність ПЗС-матриці значно впливає на роздільну здатність оптичного пристрою, оскільки розмірність ПЗС-матриці визначає рівень дискретизації зображення, що надходить з об'єктива. Чим вища розмірність матриці, тим вище рівень дискретизації і тим вище виходить деталізація зображення на екрані системи [3, 6]. Отже, щоб одержати дозвіл цифрової оптичної системи, близький до оптичного дозволу об'єктива, треба або мати ПЗС – матрицю дуже великої розмірності або зменшувати кути поля зору. Оптичні системи, що мають ПЗС – матриці малої розмірності, мало придатні для вирішення завдань якісного формування зображення земної поверхні з деталізацією дрібних об'єктів, оскільки формують ефект “замкової щілини”.

Характеристики обсягів відеоінформації, що формуються цифровою камерою ВК на літальному апараті наведені у таблиці 2.

Характеристики обсягів відеоінформації, що формуються цифровими камерами на літальному апараті

Кількість елементів	Розрядність елементів, Біт	Цифровий обсяг одного кадру, Мбіт	Цифровий обсяг відео зображення за 1 с, Мбіт
752x582	8	3,2	76,8
752x582	24	9,6	230,4
752x582	32	12,8	307,2

На основі аналізу табл. 1–2 можна оцінити обсяги відеоінформації, що формується системою САВР-29 на борту літального апарата і час їх передачі каналами зв'язку, за умови не відомого протоколу. Час передачі одного кадру зображення з борту літального апарата існуючими каналами зв'язку наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Час передачі одного кадру зображення з борту літального апарата по каналу зв'язку

Швидкість передачі по каналу зв'язку	Обсяг відеоданих, Мбіт					
	одного кадру			відеозображення		
	3,2	9,6	12,8	76,8	230,4	307,2
256 Кбит/с	12,5 с	37,5 с	50 с	300 с	900 с	1200 с
16 Мбит/с	0,2 с	0,6 с	0,8 с	4,8 с	14,4 с	19,2 с

Аналіз даних у табл. 2–3 показує, що час передачі одного кадру зображення системи САВР-29 з борту літального апарата залежно від розрядності елементів ПЗС-матриці і швидкості передачі даних по каналу зв'язку лежить в межах від 0,2 с до 50 с. У режимі передачі зображень з частотою 24 кадри в секунду, час передачі відеоданих буде знаходитися в межах від декількох секунд до декількох десятків хвилин. Збільшення розмірності ПЗС-матриці, а також розрядності елементів веде до збільшення часу передачі даних.

Звідси витікає, що існує протиріччя між необхідними обсягами інформаційних потоків, які потрібно передавати з найменшою похибкою і обмеженими технічними можливостями існуючих радіотехнічних систем літального апарату.

Один з основних напрямів рішення даного протиріччя полягає в зменшенні обсягів даних, що передаються. Це можна здійснити шляхом:

1) скорочення кількості елементів для представлення зображень у цифровому виді;

2) зменшення надмірності цифрових зображень.

Перший напрям досягається в результаті зменшення розмірності ПЗС-матриці в системі оптико-електронного знімання інформації. Проте це веде до збільшення часу сприйняття інформації оператором. Такі оптичні системи малоприменні для спостереження за земною поверхнею і в подальшому для

детальної розвідки. Отже, перший напрям зменшення обсягів передачі відеоданих є неефективним.

Навпаки, другий напрям скорочення обсягів відеоданих, що передаються, за рахунок їх компактного представлення внаслідок скорочення надмірності зображень є найбільш ефективним.

Серед різних методів компресії даних, необхідно вибрати найбільш ефективний, що з однієї сторони забезпечує високий ступінь стиску, а з іншої – збереження вірогідності декомпресійного зображення.

При проведенні досліджень САВР-29 виникла низка певних проблем. Суттєвим є те, що існуючий метод компресії даних не забезпечує такого ступеня скорочення об'єму інформації, який необхідний для оперативного доведення відеоінформації (передачу її в реальному масштабі часу). Це пов'язано з тим, що відтворення інформації в міжнародному файловому форматі AVI з використання стандартних кодеків не дає необхідного скорочення об'єму і поліпшення чіткості зображення. Пояснюється це тим, що технологія стиску відео, яка заснована на використанні комбінації дискретного-косинусного перетворення і компенсації руху, не притаманна для конкретного типу зображень, а саме для зображення місцевості з великою кількістю дрібних деталей тощо.

Маючи такі недоліки, як поява блокових артефактів при високому ступені декомпресії, випадкове розмиття і злам гострих граней, великі вимоги до обчислювальних потужностей роблять цю технологію стиску відео недоцільною для використання в САВР-29.

Пояснюється це тим, що основна частина відеоінформації являє собою зображення з міжелементною залежністю, функція кореляції якої близька до дельта-функції, а коефіцієнт кореляції між елементами зображення – менш 0,7. Тобто це зображення з безліччю ділянок, у яких кореляція між сусідніми елементами невелика, а похідна на цих ділянках витримує розрив, таким чином відбувається стрибок в енергетичному спектрі такого зображення.

При побудові критерію ефективності підсистеми обробки і передачі даних з урахуванням їх стиску необхідно враховувати час стиску $\dot{O}_{\text{ст}}$, час відновлення $T_{\text{в}}$ зображень і час передачі $T_{\text{п}}$ стиснених зображень каналами зв'язку, а також середньоквадратичний показник похибки δ виконання алгоритму стиску/відновлення зображення. Звідси вираз для критерію ефективності буде мати такий вигляд:

$$\dot{O}_{\text{с}} = \dot{O}_{\text{нв}} + \dot{O}_{\text{т}} + \dot{O}_{\text{д}} \quad (1).$$

Найбільш ефективним буде той метод стиску, для якого, з однієї сторони виконується рівність: $\delta_{\text{разр}} \sim \delta_{\text{суш}}$, а з іншої – виконується одна з систем нерівностей:

$$K_{\text{нв}}^{\delta\alpha\zeta\delta} \geq K_{\text{нв}}^{\text{нов}}; (\dot{O}_{\text{нв}} + \dot{O}_{\text{д}})^{\delta\alpha\zeta\delta} < (\dot{O}_{\text{нв}} + \dot{O}_{\text{д}})^{\text{нов}} \quad (2);$$

$$K_{\text{нв}}^{\delta\alpha\zeta\delta} \leq K_{\text{нв}}^{\text{нов}}; (\dot{O}_{\text{нв}} + \dot{O}_{\text{д}})^{\delta\alpha\zeta\delta} < (\dot{O}_{\text{нв}} + \dot{O}_{\text{д}})^{\text{нов}}, \text{ а}$$

$$T_{\text{и}}^{\text{разр}} < T_{\text{и}}^{\text{суш}} \quad (3).$$

Найбільший ступінь стиску даних зображення досягається на основі методів, враховуючих психовізуальну надмірність і двовимірні кореляційні залежності в блоках, що обробляються [7]. Тому удосконалення методів стиску пропонується будувати з використанням ортогональних перетворень, які дозволяють знизити ступінь кореляційних зв'язків, підвищити ступінь нерівномірності розподілення і розподілити похибку перетворення по усьому фрагменту, що обробляється.

Для зображень з низьким коефіцієнтом кореляції між елементами зображення, застосування базису кусочно-постійних функцій більш ефективно в порівнянні з базисом тригонометричних функцій, якщо як критерій використовувати складність машинної реалізації. Складність практичної реалізації оцінюється часовою складністю апроксимації послідовності елементів зображень.

Тому пропонується розробити метод стиску зображень, заснований на удосконалюванні методів, що базуються на двовимірних ортогональних перетвореннях і ентропійному кодуванні.

Побудова процесу стиску зображень базується на дискретному ортогональному перетворенні Уолша з попередньою розбивкою вихідного зображення на блоки розмірністю $n \times n$ пікселів:

$$Y(n, n) = \frac{1}{n^2} F_y(n) X(n, n) F_y(n) \quad (4)$$

Застосування нових радіотехнічних систем відеореєстрації, що створені з використанням сучасних технологій і володіють високим рівнем автоматизації, забезпечить вже найближчими роками якісно новий рівень рішення задач покращення можливості та якості експлуатаційного контролю бортових систем і оцінки дій екіпажу літака. Водночас одного з основних завдань, що вимагають свого вирішення для підвищення ефективності управління, є підвищення оперативності доведення відеоданих.

Підвищення оперативності доведення відеоданих при існуючих каналах передачі інформації може бути досягнуте застосуванням методів стиску зображень з можливістю їх відновлення із заданою втратою якості.

Пропонується розробити метод стиску відеозображень, заснований на удосконалюванні методів, що базуються на дискретному ортогональному перетворенні Уолша.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Асташкин А.А. Космические системы, аппараты и приборы для решения задач природопользования и экологического контроля / А.А. Асташкин. – М. : ВИНТИ, 1991. – 142 с.
2. Виноградов Б.А. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.А. Виноградов. – М. : Наука, 1984. – 319 с.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. Кутовий О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів / О.П. Кутовий // Наука і оборона. – 2000. – № 4. – С. 39–47.

5. *Матвеев С.И.* Высокоточные системы РВиА: перспективы и основные направления работ по созданию разведывательно-ударных и разведывательно-огневых комплексов / С.И. Матвеев. – М. : Военная мысль.– 2005. – № 2. – С. 22–27.

6. *Птачек М.* Цифровое телевидение. Теория и техника / М. Птачек; пер. с чешского под ред. Л.С. Виленчика. – М. : радио и связь, 1990. – 528 с.

7. *Красноруцкий А.А., Яценко С.Я.* Метод кодирования трансформант Уолпа в системах мониторинга Земли / А.А. Красноруцкий, С.Я. Яценко // Системи обробки інформації (Харківський університет Повітряних Сил). – 2007. – № 8 (66). – С. 7–10.

Отримано 19.04.2011