

УДК 621.396

В.В. Сидоров

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ОБ'ЄКТИВНОГО КОНТРОЛЮ  
РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ФЛЕШ НАКОПИЧУВАЧІВ.  
ЧАСТИНА 1. ВИБІР МЕТОДІВ ТА ФОРМАТУ ЦИФРОВОГО ЗАПИСУ  
ТА ВІДТВОРЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ РЛС РТВ ПОВІТРЯНИХ СИЛ**

*Проводиться аналіз існуючих методів об'єктивного контролю первинної радіолокаційної інформації, їх можливостей та недоліків. Розглянуто питання обрання сучасного методу об'єктивного контролю для РЛС з аналоговим виходом з урахуванням новітніх цифрових технологій.*

**Ключові слова:** радіолокаційна інформація, повітряна обстановка, накопичувач інформації.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Об'єктами об'єктивного контролю у радіотехнічних військах Повітряних Сил (ПС) є: планшети повітряної обстановки; табло дій військ (сил) на командних пунктах (КП); екрани індикаторів кругового огляду (ІКО). Реєстрації підлягає:

а – на РЛС:

1) первинна радіолокаційна інформація, а також радіолокаційна інформація, що відображається на індикаторах автоматизованих робочих місць (АРМ) комплексів засобів автоматизації (КЗА);

2) інформація про повітряну обстановку, що передана на КП або пункт наведення (ПН);

б – на автоматизованому командному пункті:

1) первинна радіолокаційна інформація РЛС і радіолокаційних висотомірів, а також радіолокаційна інформація, що відображається на індикаторах АРМ КЗА;

2) інформація про повітряну обстановку, що передана на вищестоящі й забезпечувані КП, ПН;

3) команди й доповіді, які були прийняті (передані) по каналах зв'язку.

В радіотехнічних військах (РТВ) основним способом об'єктивного контролю (ОК) радіолокаційних даних та дій обслуг є фотоконтроль та запис мовної інформації. Об'єктами об'єктивного контролю первинної радіолокаційної інформації РЛС старого парку (з так званним аналоговим виходом) є екрани ІКО [1]. На цей час технічні можливості щодо організації фотоконтролю й відповідні засоби обробки матеріалів є практично відсутніми. Тому необхідно шукати нові сучасні методи реєстрації інформації, які б дозволяли реалізувати сучасні вимоги до об'єктивного контролю.

**Аналіз літератури.** Фотографування екранів ІКО радіолокаційних станцій виявлення і наведення з метою фіксування повітряної обстановки здійснюється безперервно шляхом чергування знімків з довготривалою експозицією (4 – 5 хвилин для РЛС сантиметрового діапазону, 2 – 3 хвилини для РЛС метрового та дециметрового діапазонів) та з короткою

експозицією (час двох обертів розгортки екрана ІКО). Знімки з короткою експозицією виконуються під час натиснутої кнопки "Запит" апаратури системи державного розпізнавання.

Під час роботи РЛС в умовах радіозавад середньої і сильної інтенсивності, а також під час радіолокаційного проведення повітряних цілей на висотах менших 500 м фотографування ІКО здійснюється через кожні дві хвилини з експозицією не менш як 30 секунд [2]. Темп фотографування екранів РЛС виявлення та наведення повинен збільшуватися у разі різкого маневрування повітряної цілі.

Для прив'язки фотознімків за часом та місцем у кадрі повинні знаходитися годинник і табличка (для цифрових фотокамер – дата та час фотографування виставляється на передньому плані фотознімку), у якій вказуються дата та об'єкт фотографування, а також дійсне найменування об'єднання, з'єднання, військової частини (підрозділу). Аналіз можливостей використання для фотоконтролю цифрових фотокамер (ЦФК) показав, що на відміну від плівкових камер мають формат кадру з відношенням сторін, яке становить 3 : 4. Тому потрібний розмір матриці в мегапікселях розраховується як  $N_M = 4 / 3 \cdot N_{\Phi}^2 / 10^6$ .

Таким чином, для використання цифрових фотокамер як засобів об'єктивного контролю на РЛС вони повинні задовольняти наступним вимогам:

- мати необхідну роздільну здатність;
- мати можливість ручного встановлення режимів роботи (витримки, діафрагми, ручного наведення різкості зображення) з відключенням автоматичної установки експозиції й наведення різкості;
- режим примусового відключення фотоспалаху;
- можливість установки додаткової пам'яті (флеш-карти) для збільшення часу спостереження більш 30 хв;
- можливість живлення від зовнішнього джерела;
- наявність режиму тривалої експозиції (30 с);
- режим програмної зйомки із заданою витримкою й діафрагмою;

– можливість ведення автоматичної покадрової зйомки без участі оператора.

Суттєвим недоліком фотографічного документування за допомогою цифрової техніки є можливість модифікування (підробки) зображення за допомогою графічних редакторів.

Для забезпечення неможливості модифікації (внесення змін) зареєстрованої інформації необхідно виконати стандартні процедури, передбачені при ідентифікації електронного підпису, тобто поточно-го перетворення елементів запису методом гаммування [3], або створення імітовставки [4], і алгоритму зворотного перетворення для формування звітних документів. Для цього необхідно розробити спеціальний пристрій документування радіолокаційної інформації.

Система об'єктивного контролю забезпечує реєстрацію радіолокаційної інформації, яка надходить від РЛС старого парку типів П-18, П-19, П-37, 5Н84А та рухомих радіовисотомітрів (РРВ), обладнаних радіолокаційними екстракторами А-1000М, А-1000Н. Інформація реєструється у формалізованому вигляді у форматі подання даних ASTERIX у виді координатних відміток. Відмітки формуються після автоматичного виявлення повітряного об'єкту (ПО). Реєстрація первинної радіолокаційної інформації не здійснюється. З радіолокаційних екстракторів можуть передаватися дані у вигляді пачок бінарних сигналів у межах ширини діаграми направленості антени РЛС у категорії 255 ASTERIX до формування координатних відміток.

Таким чином, система об'єктивного контролю автоматизованої системи збору та обробки інформації (АС ЗОІ) забезпечує весь комплекс завдань об'єктивного контролю, який є необхідним на рівні КП від нижчої до вищої ланки управління системи протиповітряної оборони (ППО). Вона є складною сучасною системою, у якій реалізовані передові технології реєстрації інформації.

Однак суттєвим недоліком цієї системи є неможливість реєстрації первинної інформації від РЛС. Зберігаються тільки дані про місцезнаходження повітряного об'єкта, польотна інформація, інформація впізнавання у вигляді характеристик (формулярів ПО). Дані про заводську обстановку, амплітуду відбитого сигналу від цілей не зберігаються. При цьому реєстрація здійснюється після автоматичного виявлення ПО, слабкі та одиничні сигнали від цілей можуть бути пропущені [5].

Система об'єктивного контролю цифрової РЛС 79К6 для документування результатів бойового чергування передбачає спеціальні апаратні засоби, використовують відповідне програмне забезпечення для запису інформації. Запис інформації, яка реєструється, здійснюється на електронний флеш-диск-накопичувач типу FFD-25-IDEP-4096-X-A. Ємність накопичувача становить 4 Гб. Об'єм пам'яті накопичувача дозволяє реєструвати інформацію при максимальній завантаженості виробу по продуктивності на протязі не менш 7 діб.

В модернізованій РЛС 35Д6М реєструється така сама інформація, як і у 79К6, однак без результатів діагностики і технічного стану виробу.

В обох РЛС усі відмітки реєструються у вигляді стандартизованих синтетичних знаків, у тому числі від незкомпенсованих завад, які пройшли первинну обробку, що дозволяє оцінити адекватність вибору режимів роботи поточної обстановці.

Оскільки обидві РЛС не мають аналогового первинного луна-сигналу, то усі відмітки є синтезованими після виявлювача.

Таким чином:

а) в розглянутих РЛС і у АС ЗОІ реєструється не уся радіолокаційна інформація, яка здобувається РЛС, а тільки відмітки, які перевищують поріг виявлення;

б) системи реєстрації не мають програмного або іншого захисту інформації від модифікації, здійснюється тільки захист від несанкціонованого доступу.

**Тому метою статті** є розробка пристрою об'єктивного контролю у вигляді апаратно-програмного комплексу для запису та відтворення радіолокаційної інформації від радіолокаційних станцій типу П-37, 5Н84А, П-18.

## Основна частина

В РЛС старого парку з так званним аналоговим виходом виявлення сигналів від цілей здійснює оператор шляхом візуального аналізу первинної радіолокаційної обстановки, яка відображається на ІКО на фоні масштабних відміток. Люмінофор екрана має властивість післясвічення. Тому яркісні точки (засвіти екрану), які формуються в процесі розгортки проміню на екрані електронно-променевої трубки, зливаються в дужку (для РЛС метрового діапазону хвиль), або в пляму з підвищеною яркістю (для РЛС сантиметрового й дециметрового діапазонів хвиль).

Оператор має можливість регулювати яркість свічення екрану ІКО, яркість масштабних відміток (або вимикати їх). Таким чином він створює собі оптимальні умови для виявлення відміток від цілей на фоні поточної сигнально-заводової обстановки.

Контроль роботи оператора здійснювався шляхом періодичного фотографування екрану з експонуванням на протязі декількох обертів антени. Як зазначалося вище, такий контроль має низку суттєвих недоліків навіть при застосуванні цифрових фотоапаратів. Тривале експонування призводить до розмитості зображення внаслідок дрижання об'єктиву з-за роботи агрегатів РЛС. Крім того, фото кадр досить легко може бути відредагований з виключенням певних ділянок зображення або введенням сторонніх елементів. При аналізі статичних фотознімків сприйняття реальної динаміки змін сигнально-заводової обстановки є ускладненим. Використання плівкових фотоапаратів пов'язане з закупівлею й обробкою фотоплівки і реактивів, що створює значні незручності [5].

Сучасні технології й елементна база дозволяють шляхом відповідних перетворень здійснювати запис, зберігання й відтворення в реальному часі електрич-

них процесів, в тому числі тих, що надходять на ІКО з виходу відеопідсилувача для відтворення на екрані. Для кожного типу РЛС і типу місцевості (позиції), на якій вона розгорнута, параметри візуалізованих електричних процесів (параметри сигналів, завад, службових відміток) можуть істотно різнитися. Програмно-апаратний комплекс реєстрації сигналів РЛС старого парку повинен задовольняти наступним вимогам:

– здійснювати запис сигналів, які надходять на ІКО, від РЛС П-18, П-37, 5Н84А;

– забезпечувати характеристики (роздільну здатність, кількість елементів розрізнення, динамічний діапазон, час реєстрації, наявність додаткових елементів ідентифікації інформації) не гірше існуючої системи об'єктивного фото-контролю;

– забезпечувати захист інформації від модифікації та несанкціонованого доступу;

– забезпечувати виключення переключування інформації при записі, збереженні та переносі;

– забезпечувати контроль цілісності та можливого втручання на етапі збереження і переносу інформації;

– забезпечувати можливість відображення результатів запису та отримання паперових копій на стандартних елементах офісної техніки;

– мати невисоку вартість носія інформації;

– мінімальність додаткового обладнання;

– автономність використання.

Оцінимо потрібну розрядність подання даних та обсяг пам'яті для запису повітряної обстановки для РЛС заданих типів: 5Н84А, П-18, П-37. Радіолокаційні станції П-37 та 5Н84А мають режими запуску "РЕДКИЙ" та "ЧАСТЫЙ". Перший режим запуску в РЛС 5Н84А використовується в основному для виявлення космічних об'єктів, тому для потреб РТВ розглядати його не будемо. Для РЛС П-37 будемо розглядати обидва режими роботи, відповідно "П-37Р" та "П-37Ч".

Розрахуємо кількість елементів розділення за один оберт антени:

$$N = k_p \cdot T_{\text{огл}} \cdot F_{\text{п}},$$

де  $k_p = M / \tau_d$  – кількість елементів розділення по дальності;  $F_{\text{п}}$  – частота повторення;  $T_{\text{огл}}$  – період огляду по азимуту;  $\tau_d$  – тривалість дискретності по дальності, км;  $M$  – масштаб дальності, км.

Для повного відтворення аналогових сигналів з цифрової форми, згідно з теоремою Котельникова, необхідно, щоб тривалість інтервалу дискретування  $\tau_d$  була не більше половини тривалості імпульсу зондування  $\tau_z$ , для розрахунків приймаємо  $\tau_d = \tau_z / 2$ .

Таким чином, якщо накопичувач інформації має об'єм 2 Гб, що відповідає інформаційній ємності найбільш поширених сучасних флеш-накопичувачів, то безперервний час запису інформації про повітряну обстановку буде складати приблизно: для РЛС 5Н84А – 3 год. 45 хв., для РЛС П-18 – 2 години, для РЛС П-37 в режимах "РЕДКИЙ" та "ЧАСТЫЙ" – 1 годину.

Таблиця 1

Дані та результати розрахунку інтервалу дискретування

№	Параметр	Тип РЛС			
		5Н84А	П-18	П-37Р	П-37Ч
1.	$\tau_d$ , мкс	5	3	1,35	0,85
2.	Масштаб індикатора	600	365	350	170
3.	Частота повторення, Гц	185	330	333	666
4.	Період огляду по азимуту, с	10	10	10	10
5.	Кількість елементів розділення за оберт антени, млн.	1,48	2,92	5,75	5,46

## Висновки

У разі запису інформації в режимі об'єднання, тобто накопичення інформації за кілька обертів, час безперервного запису інформації зростає у відповідне число разів.

Наприклад, при запису інформації з накопиченням на інтервалі 1 хвилина час безперервного запису інформації збільшується у 6 разів.

Кількість розрядів квантування луна-сигналів необхідно обирати, виходячи з динамічного діапазону сигналів на вході пристрою запису. Для реєстрації сигналів з динамічним діапазоном 30 дБ достатньо лише 5 розрядів квантування. Але з урахуванням можливості накопичення сигналів на інтервалі часу до 5 хвилин потрібний динамічний діапазон пристрою зростає ще на 18 дБ. Таким чином, потрібна розрядність пристрою квантування складає 8 біт або один байт.

Для кожного типу РЛС, відповідно до табл. 1, параметри сигналів різні, тому для забезпечення сумісності масивів даних сигналів, що записані на різних типах РЛС, доцільно обирати різну дискретність представлення даних.

У наступній статті серії будуть розглянуті характеристики основних елементів пристрою об'єктивного контролю радіолокаційної інформації: флеш накопичувач - SD-карта, мікро-контролер - ATmeg 128, перетворювач - UART-USB.

## Список літератури

1. ГОСТ 25657. Индикаторы кругового обзора для наземных радиолокационных станций. Типы, основные параметры, технические требования и методы испытаний.
2. Журба Ю.И. Краткий справочник по фотографическим процессам и материалам / Ю.И. Журба. – М.: Искусство, 1990.
3. ГОСТ 34.310-95. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи на базе асимметричного цифрового алгоритма. Веден в действие в качестве государственного стандарта Украины приказом Госстандарта Украины от 21.10.97 г. № 640. – К.: Изд-во стандартов, 1998. – 15 с.
4. ГОСТ 28147-89. Системы обработки информации. Алгоритм криптографического преобразования. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 25 с.

5. Свистунов Д.Ю. Способи цифрового запису та відтворення радіолокаційних сигналів оглядових радіолокаторів старого парку / Д.Ю. Свистунов // Система обробки інформації: Збірник наукових праць. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вип. 2(76). – С. 100-104.

Надійшла до редколегії 25.11.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛЭШ НАКОПИТЕЛЕЙ.  
ЧАСТЬ 1. ВЫБОР МЕТОДОВ И ФОРМАТА ЦИФРОВОЙ ЗАПИСИ  
И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ РЛС РТВ ВОЗДУШНЫХ СИЛ**

В.В. Сидоров

*Проводится анализ существующих методов объективного контроля первичной радиолокационной информации и её возможности и недостатки. Рассмотрены вопросы выбора современного метода объективного контроля для РЛС с аналоговым выходом с учетом новых цифровых технологий.*

**Ключевые слова:** радиолокационная информация, воздушная обстановка, накопитель информации.

**DEVELOPMENT OF THE OBJECTIVE CONTROL DEVICE OF THE RADAR INFORMATION WITH USE FLASH STORES.  
PART 1. A CHOICE OF METHODS AND A FORMAT OF DIGITAL RECORD AND RECOVERY  
OF RADAR SIGNALS OF RADARS RTT AIR FORCES**

V.V. Sidorov

*Conducted analysis of existent methods of objective control of primary radar information and its possibility and limitation. The questions of choice of objective control modern method are considered for radar with an analogue output taking into account new digital technologies.*

**Keywords:** radar information, air situation, the information store.