

УДК 621.391

О.М. Барсуков<sup>1</sup>, О.А. Лозовий<sup>1</sup>, О.В. Никифоров<sup>1</sup>, А.І. Ніколайчук<sup>2</sup><sup>1</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків<sup>2</sup> Військова частина А1349, Івано-Франківськ

## ВИКОРИСТАННЯ СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕСОРА ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИЛАДУ КОНТРОЛЮ ЛІТАКОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Пропонується використання сучасного цифрового сигнального процесора для модернізації приладу контролю літакового обладнання з перевірки бортової радіотехнічної системи ближньої навігації. Розглядається модель схеми та її характеристики.

**Ключові слова:** сигнальний процесор, радіотехнічна система ближньої навігації (РСБН), контрольно-вимірювальна апаратура, радіосигнал.

### Вступ

За останній період дослідників притягнули до уваги задачі, які пов'язані з технічною експлуатацією та обслуговуванням бортового радіонавігаційного обладнання [1–3], особливо, під час проведення бойових дій. Відомо, що для перевірки технічного стану бортового радіонавігаційного обладнання використовуються контрольно-перевірочна або контрольно-вимірювальна апаратура [1] (ІРК-3, ПКСО-69 та ПСО-40).

Прилад контролю літакового обладнання ПКСО-69 [1] призначений для передпольотної перевірки і регламентних робіт, а також настройки і контролю основних параметрів бортового обладнання радіонавігаційних систем ближньої навігації (РСБН) (азимута, нахильної дальності, прийом і декодування сигналів запиту, індикації номера частотного каналу) і його модифікацій в умовах польового аеродрому, лабораторій та ремонтних майстернях.

Аналіз характеристик параметрів ПКСО-69 встановив суттєві недоліки які обґрунтовані методичними помилками і застарілою елементною базою, крім цього, деякі електронні елементи не виробляються підприємствами.

Отже, швидкий розвиток виробництва сучасних нанотехнологій спонукав застосувати цифрові сигнальні процесори при модернізації КПА.

У сучасному світі цифрові сигнальні процесори DSP (Digital Signal Processor) [4], здобули велику популярність в світі і навіть були визнані окремою галузю науки та техніки.

Свою назву сигнальні процесори отримали в зв'язку з вбудованою в них можливістю обробки звукових, відео та радіосигналів. Це реалізовано завдяки високій швидкості роботи цих процесорів і закладеної в них спеціальної системи команд підтримуючої функції цифрової фільтрації і швидкого перетворення Фур'є. Нижче перераховані основні переваги сигнальних процесорів:

- наявність апаратного помножувача;

- наявність спеціальних блоків обробки даних;
- спеціальна система команд для цифрової обробки сигналів;
- висока швидкодія;
- внутрішній помножувач тактової частоти;
- RISC архітектура;
- можливість одночасного виконання кількох команд;
- гарвардська архітектура побудови процесора;
- наявність конвеєризації команд і даних;
- наявність циклічних буферів;
- розвинена система зовнішніх інтерфейсів.

Деякі типи даного сімейства процесорів [4] мають також вбудовані аналого-цифровий перетворювач (АЦП) і цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), що дозволяє подавати на процесор безпосередньо аналогові сигнали, які після оцифровки обробляються в цифровому вигляді цим же процесором. Під обробкою розуміється, як правило, спектральний аналіз сигналу, тобто визначення наявності в цьому сигналі певної частоти заданої амплітуди, фільтрація сигналу від непотрібних частот, порівняння сигналу з еталонним сигналом-шаблоном, синтез і генерація мови, стиснення і декомпресія сигналів тощо.

Сигнальні процесори сімейства Blackfin [5–6] компанії Analog devices, кожне покоління яких відрізняється більш високою швидкодією, меншою споживчою потужністю і меншою собівартістю. Сьогодні в сімейство Blackfin входять сигнальні процесори, покриваючі діапазон тактових частот від 200МГц (ADSP-BF535) [5] до 756МГц (двох ядерні процесори ADSP-BF561) та призначені для різноманітної битової, контрольно-вимірювальної апаратури, автомобільних, промислових систем та систем зв'язку. Мінімальна споживча потужність DSP становить 0,23 мВт/МГц.

Тактико-технічні характеристики цифрових сигнальних процесорів сімейства Blackfin наведені у табл. 1.

Таблиця 1

## Характеристики цифрових сигнальних процесорів

Параметри	Назва процесора		
	ADSP-BF 535 РКВ-350	ADSP-BF 561	ADSP 2163
Напруга електроживлення	5 В	5 В	5 В
Робоча частота	1 ГГц	1,2 ГГц	0,025 ГГц
Зовнішня робоча частота	350 МГц	750 МГц	25 МГц
Діапазон робочих температур	Від -65 до 150	Від -40 до 85	Від -40 до 85

Саме тому, з урахуванням вищесказаного, у статті пропонується використання сигнальних процесорів у блоку імітації радіосигналів для перевірки технічного стану РСБН в умовах польового аеродрому.

**Метою роботи** є аналіз характеристик запропонованої моделі модернізованого приладу контролю літакового обладнання, з використанням цифрового сигнального процесора ADSP-BF 561.

### Виклад основного матеріалу

Цифровий сигнальний процесор [4] являє собою спеціалізований процесор з RISC-архітектурою, призначений для вирішення задач цифрової обробки сигналів (ЦОС). Цифрова обробка сигналів охоплює найширший спектр практичних застосувань. До них

відносяться цифрова фільтрація, кодування і декодування інформації, розпізнавання звуку і мови, обробка зображень, спектральний аналіз, цифрова звуко-техніка, медицина, вимірвальна техніка, управляючі системи. Важко знайти область техніки, де б не могли успішно застосовуватися сигнальні процесори. Відмінною особливістю ЦОС [4] є дуже великий обсяг обчислень, здійснюваний в реальному або близькому до реального часу.

Структурна схема цифрового сигнального процесора [4] приведена на рис. 1. До схеми належать такі підсистеми: вводу та виводу інформації (кодек, порти), зберігання (внутрішня пам'ять зі змогою підключення флеш накопичувача), а також процесор ADSP (блоки управління, виконання команд та налаштування і контролю).

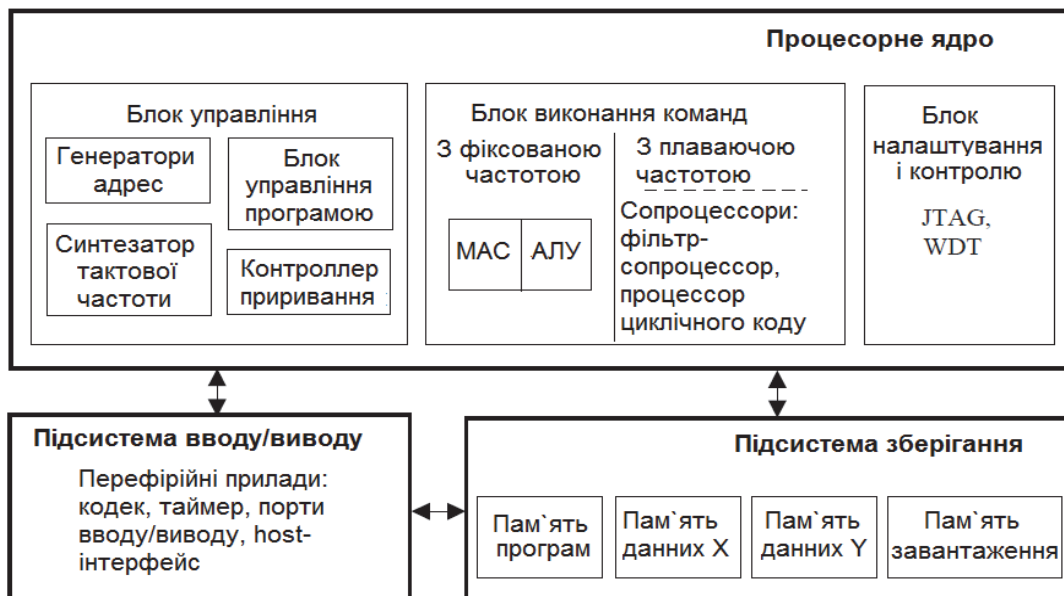


Рис. 1. Структурна схема сигнального процесора

За допомогою ядра процесора виконується обробка інформації і програми, яка запрограмована в пам'яті цифрового сигнального процесора. Вони передають на АЦП, або приймають з ЦАП дані яка за допомогою радіосигналу передається, або приймається радіотрактом прямого перетворення. Бага-

тосмуговий синтезатор призначений для створення несучої частоти.

Нижче по тексту розглядається структура приладу контролю літакового обладнання ПКСО-69 [1]. До даного приладу належать: блок напівпровідникових приладів (БНП), передавач МН, Д і А, гетеро-

дин, підсилювач проміжної частоти, блок антен, змішувач, високочастотний фільтр і роз'єми високо-

частотного з'єднання. Структурні схеми наведені на рис. 2, а–б.

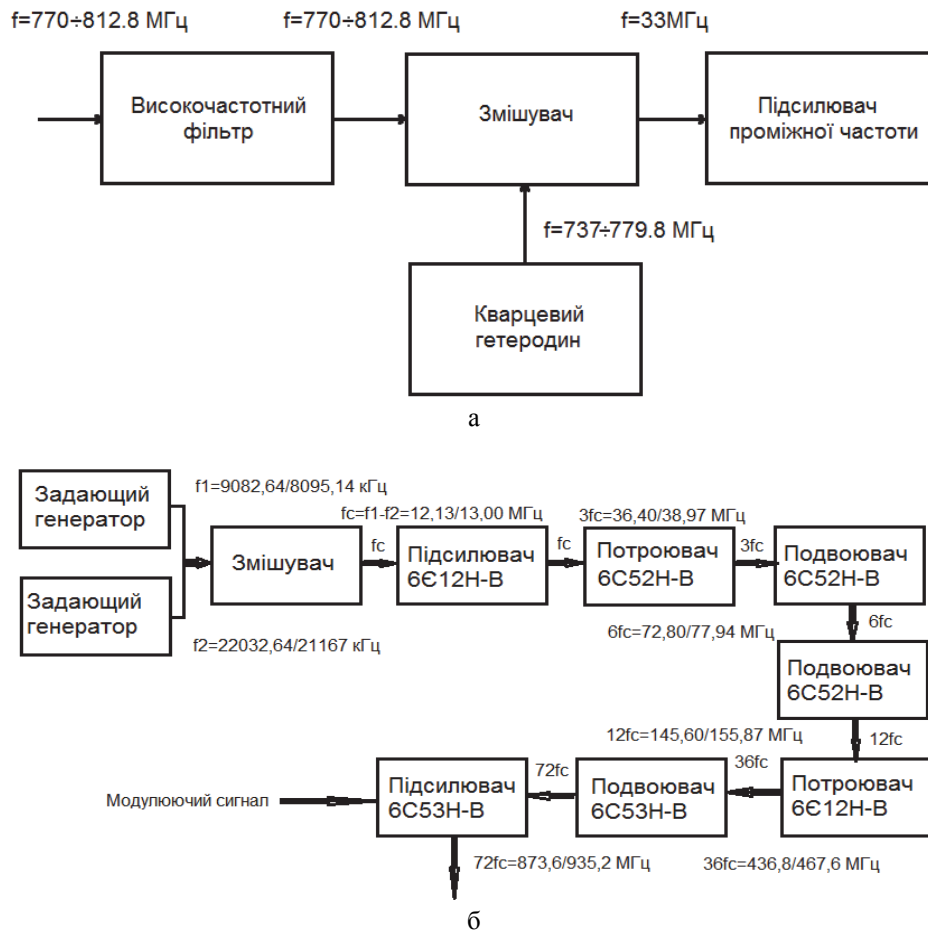


Рис. 2. Структурні схеми:  
а – структура приймача; б – структура передавача

У режиму «Навігація» [1] прилад виконує приймання запитальних кодів за дальністю, їх декодування і видає відповідальні коди за дальністю. За азимутальному каналу прилад постійно видає азимутальний сигнал і коди опорних імпульсів «35» і «36». Прийняті антеною сигнали надходять до високочастотного фільтру, з нього до балансного змішувача на другий вхід якого надходить надвисокочастотний сигнал з гетеродину. За допомогою гетеродину виконується вибір частотного каналу, на якому здійснюється зв'язок з бортовим передавачем.

У блоку напівпровідникових приладів [1] виконується часове порівняння вхідного коду з внутрішнім кодом. Вибір необхідного коду виконується перемикачем РЕЖИМ В4А і КОДЫ В1А, які за допомогою напруги керують кодовою матрицею лічильника шифратор-дешифратор та вибором необхідної шини цієї матриці. Вибір необхідного стробу дальності виконується перемикачем АЗИМУТ-ДАЛЬНОСТЬ В2А, який за допомогою напруги здійснює вибір необхідної дальності на матриці дальності.

У режиму «Індикація» БНП [1] запит виконується приладом ПКСО-69, а відповідь здійснюється бортовим обладнанням при співпаданні імпульсів запиту із азимутальним сигналом. Азимутальний канал приладу ПКСО-69 в цьому режимі такий самий як у режиму «Навігація».

Отже з урахування вищесказаного в статті пропонується використання цифрового сигнального процесора ADSP-BF 561 в схемі контрольно-перевірочної апаратури для перевірки бортової РСБН. На рисунку 3 пропонується структурна схема моделі блоку імітації радіосигналів.

Структурна схема складається з двох основних блоків приймача і передавача. Задаючий генератор приймача побудований на сигнальному процесорі ADSP-BF 561, за допомогою якого виконується вибір частотного каналу, на якому здійснюється зв'язок з бортовим передавачем. В приймачі проводиться порівняння прийнятої частоти з еталонною яка створюється задаючим генератором.

Крім цього, ADSP-BF 561 виконує функцію модулятора в передавальному тракті.

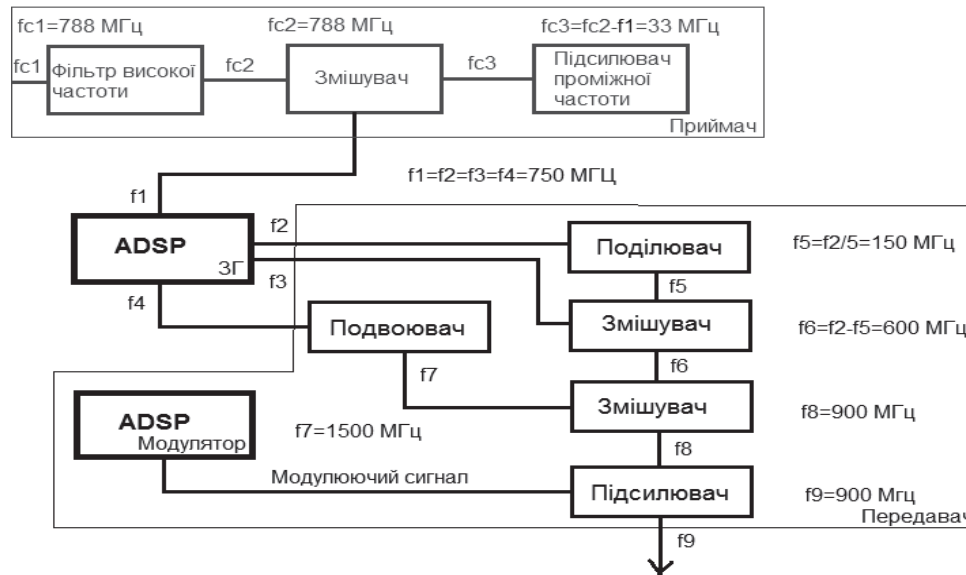


Рис. 3. Структурна схема моделі блоку імітації радіосигналів

## Висновки

Таким чином, результати дослідження характеристик запропонованої моделі для модернізації приладу контролю літакового обладнання свідчить адекватність її використання для перевірки параметрів бортового обладнання та подальшого удосконалення блоку імітації радіосигналів із застосуванням сигнального процесора. Основним достоїнством модернізації є підвищення надійності, швидкість вимірювання, точності вимірювання параметрів, необмежену перспективу збільшення додаткових можливостей функцій КПА.

Одним з подальших розробок залишилися питання пов'язані з узгодженням автономного електроживлення у польових умовах від акумуляторів.

## Список літератури

1. Прилад контролю літакового обладнання ПКСО-69. Технічний опис. ТЖ1.400.022.ТО. – 1977. – 136 с.

2. *Авиационное радиоэлектронное оборудование самолетов и его эксплуатация* / В.В. Мишухин, Е.А. Абрашин, В.В. Кулагин и др. – М.: Воен. изд., 1990. – 406 с.

3. *Автоматичний радіокомпас АРК-15М. Технічне описання и інструкція по експлуатації. Ч. 1 (Іздание второе)*. – 2007. – 127 с.

4. *Аксенов В.П. Сигнальные процессоры: учеб. пособие* / В.П. Аксенов. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ. – 2006. – 135 с.

5. *Rev. A. One Technology Way / A. Rev. // Norwood MA 02062-9106 U.S.A. Analog Devices, Inc.* – 2010. – P. 44.

6. *Майская В.С. Сигнальные процессоры успех в бытовой аппаратуре* / В.С. Майская // *Електроніка: Наука, Технологія, бізнес.* – 2010. – С. 2-8.

Надійшла до редколегії 9.01.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. П.Ю. Костенко, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИБОРА КОНТРОЛЯ САМОЛЕТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.Н. Барсуков, О.А. Лозовой, А.В. Никифоров, А.И. Николайчук

*Предлагается использование современного цифрового сигнального процессора для модернизации прибора контроля самолетного оборудования для проверки бортовой радиотехнической системы ближней навигации. Рассматривается модель схемы и ее характеристики.*

**Ключевые слова:** *сигнальный процессор, радиотехническая система ближней навигации (РСБН), контрольно-проверочная аппаратура, радиосигнал.*

## THE USE OF A SIGNAL PROCESSOR FOR THE MODERNIZATION OF THE AIRCRAFT EQUIPMENT CONTROL DEVICE

A. Barsukov, O. Lozovyi, O. Nykyforov, A. Nikolaychuk

*It is proposed to use a modern digital signal processor to modernize the aircraft equipment control device to test the on-board radio engineering system of near navigation. The model of the circuit and its characteristics are considered.*

**Keywords:** *signal processor, radio system of short-range navigation, test equipment, radio signal.*