

УДК 004.3

DOI: 10.18372/2073-4751.79.19370

Савченко А.С., д.т.н.,
orcid.org/0000-0001-8205-8852,
e-mail: alina.savchenko@npp.nau.edu.ua,

Матросов М.В.,
e-mail: matrosovmv@gmail.com,

Кравченко М.О.,
orcid.org/0009-0000-6662-5175,
e-mail: 6261618@stud.nau.edu.ua

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗАСОБІВ ЗЧИТУВАННЯ І ОБРОБКИ ПОЛЬотної ІНФОРМАЦІЇ

Національний авіаційний університет

Вступ

В сучасних умовах постає завдання швидкого перенесення первинних даних безпосередньо з бортового реєстратора повітряного судна (ПС) на твердотільний носій інформації [1-7]. Складність полягає в тому, що експлуатантами повітряних суден застосовуються реєстратори польотної інформації різних типів, відсутній єдиний стандарт, що забезпечує їх сумісність [5, 6]. Крім того, для підвищення ефективності роботи необхідно керувати процесом копіювання інформації, однак ця функція відсутня у наявних пристроях. Використання кабельних пристроїв зчитування також ускладнює роботу авіаційного персоналу через громіздкість таких пристроїв. [5] Отже, актуальним є питання розробки уніфікованого рішення, яке дозволить передачу первинних даних з бортових реєстраторів різних типів на твердотільний носій. Таке рішення має включати як апаратну, так і програмну частину на основі сучасних інформаційних технологій [1-3, 5-6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У публікаціях [5-8] наголошують на критичній потребі модернізації та заміні застарілих комплексів засобів обробки параметричної інформації для ПС як цивільного, так і військового призначення, через низку причин:

- відсутність уніфікації виробів збору та обробки параметричної інформації;

- критична нестача спеціалізованого персоналу обслуговування транспортного парку;

- використання неновітніх чи менш ефективних технологій для обслуговування ПС;

- вагоме використання експортного обладнання та запчастин;

- вагоме споживання часового ресурсу для підготовки ПС під можливі операції;

Рекомендації усіх публікацій пов'язані з модернізацією комплексів реєстрації, обробки та зберігання польотної інформації (ПІ) ПС.

В роботі [2, 5, 7] рекомендують направити фокус на збільшення потужностей виробів для збору та обробки ПІ та використанні альтернативних каналів передачі інформації (зв'язку), особливо останні – в рекомендаціях особлива увага на використанні бездротового-супутникового зв'язку каналу *Iridium* [5, 7].

Також, в [5, 6] рекомендують додатковий варіант модернізації існуючих систем, шляхом розробки та інтегрування новітніх підсистем для виправлення, захисту, зберігання та передачі ПІ.

Постановка проблеми

Під час аналізу тактико-технічних та експлуатаційних характеристик виробів для зчитування та обробки польотної інформації з повітряних суден [1-4], було визначено цілий ряд технічних питань, що стосуються блоку інтерфейсу, який забезпечує перезапис на проміжний

твердотільний накопичувач чи безпосередньо на жорсткий диск персонального комп'ютера (ПК) інформації з бортового реєстратора польотної інформації.

На сьогодні експлуатантами ПС застосовуються вироби, що побудовані на наступних технологіях копіювання інформації:

- класична схема копіювання з накопичувача на наземне обладнання;
- класична схема копіювання за допомогою переносного магнітофону;
- проміжний варіант копіювання на ПК;
- пряме копіювання інформації за допомогою блоку інтерфейсу;
- проміжне копіювання на твердотільний блок пам'яті;
- паралельний запис зі штатного реєстратора з подальшим переносом на ПК;
- паралельний запис і копіювання без зняття блока пам'яті;
- передача інформації з борта ПС через системи мобільного або супутникового зв'язку.

Для переносу інформації з бортового накопичувача на комп'ютер, з метою подальшої обробки на наземно програмно-апаратному комплексі використовують блок інтерфейсний (БІФ). На сьогодні існує цілий ряд пристроїв цього типу, такі як:

- виріб типу «БІФ-4ТФ» («БІФ-4Т») – перезапис польотної інформації з реєстраторів типів «Тестер УЗ» різних серій;
- виріб типу «БІФ-16-1» («БІФ-16-2», «БІФ-16-3») – перезапис польотної інформації з реєстраторів типів «МСРП-12-96»;
- виріб типу «БІФ-БУР» – перезапис польотної інформації з реєстраторів типів «БУР» різних серій;
- виріб типу «БІФ-МНС» – перезапис польотної інформації з наземного магнітофону типу «МН-С»;
- виріб типу «БІФ-БВс» – перезапис польотної інформації з пристрою типу «БВс».

Всі перераховані пристрої забезпечують копіювання інформації, але всі вони або не дозволяють керувати процесом копіювання інформації або використовують кабелі, що ускладнює задачу для авіаційного персоналу, що виконують зазначені роботи.

Мета дослідження полягає в розробці компактного, надійного, швидкодіючого блоку інтерфейсу з можливістю керування процесом копіювання інформації на базі сучасних бездротових технологій для переносу інформації з бортового накопичувача на ПК з цілю подальшої обробки на наземному програмно-апаратному комплексі.

Основна частина

У більшості випадків, незалежно від технічних засобів та способів реєстрації польотної інформації, її обробка та аналіз, як правило, проводяться в декілька етапів:

- перенесення зареєстрованої у польоті ПІ у пам'ять комп'ютера (копіювання);
- перетворення інформації – приведення до формату запису, сумісного із програмним забезпеченням (ПЗ) обробки та аналізу;
- введення ідентифікаційних даних польоту (маршрут, екіпаж, ЗПС та ін.);
- обробка ПІ програмними засобами;
- експрес-аналіз ПІ (перевірка виходів за допуски, відхилення від значень і технологій, що рекомендуються, позначки спрацьовувань систем тощо);
- графічне представлення результатів обробки з нанесенням відміток у вигляді перерізів, рівнів та точок, що характеризують деякі події;
- тривимірне уявлення (за потребою), синхронізоване за часом із графічним;
- поєднання тривимірного уявлення з картами місцевості;
- синхронізація аудіоінформації (при розслідуваннях) з графічним та тривимірним уявленням.

Виконання цих етапів, у першу чергу, забезпечується наступним:

- застосування апаратних засобів для перенесення польотної інформації на жорсткий диск персонального комп'ютера;
- ПЗ приведення файлів вихідної інформації до єдиного формату, що, зрештою, дозволяє проводити аналіз за загальноприйнятими у ПЗ алгоритмами;

- розмежуванням функціонального призначення розділів інформації:

При розробці нового блоку інтерфейсу ставилась задача на базі сучасних технологій створити компактний, надійний та швидкодіючий пристрій – «БІФ-4Т». Розроблено архітектуру «БІФ-4Т», яка зображена на рис. 1.

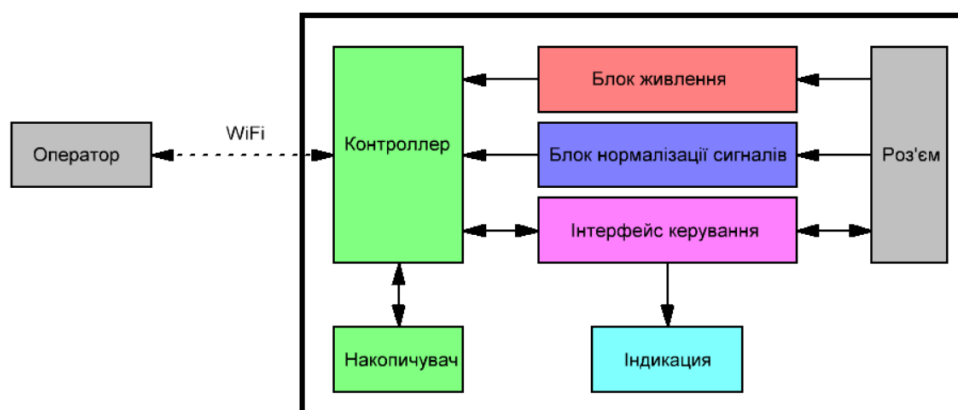


Рис. 1. Архітектура розробленого «БІФ-4Т»

Серцем «БІФ-4Т» є мікроконтролер з вбудованим *Wi-Fi* модулем, що дозволяє оператору обійтися без дротів при роботі з бортовим накопичувачем (рис. 2).

дослідного зразка плати нормалізації сигналів «БІФ-4Т», з підключеним модулем *Wi-Fi*.

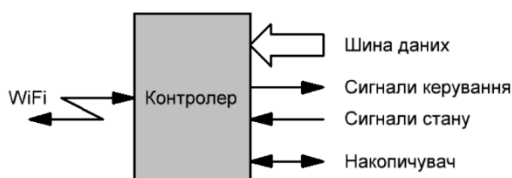


Рис. 2. Мікроконтролер з вбудованим *Wi-Fi* модулем

Мережеве з'єднання захищене паролем та використовує шифрування даних. Проте, занадто великий радіус дії створював би загрозу втручання в роботу пристрою ззовні. Тому радіус дії пристрою в середньому складає до десяти метрів, що достатньо для комфортної та безпечної роботи.

Блок нормалізації сигналів підсилює сигнали, що надходять з бортового накопичувача та формує прямокутний імпульс *TTL* рівня. Він складається з підсилювачів та тригерів Шмітта. Блок-схема для одного розряду зображена на рис. 3. На рис. 4 представлено фото розробленого

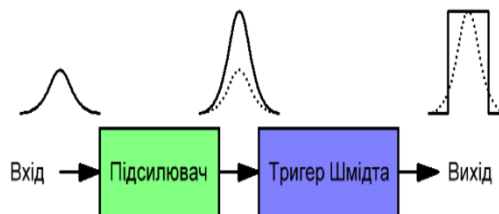


Рис. 3. Схема роботи блоку нормалізації сигналів для одного розряду



Рис. 4. Плата нормалізації сигналів «БІФ-4Т», з підключеним модулем *Wi-Fi*.

Інтерфейс керування формує необхідні сигнали для керування бортовим

накопичувачем, а також дозволяє отримати інформацію про його стан. Складається з чотирьох ключів та схем узгодження рівня сигналів (рис. 5). На рис. 6 показано фото розробленого дослідного зразка плати «БІФ-4Т» для управляючих напруг сигналів: пуск, зупинка, реверс праворуч/ліворуч, зворотне зчитування.

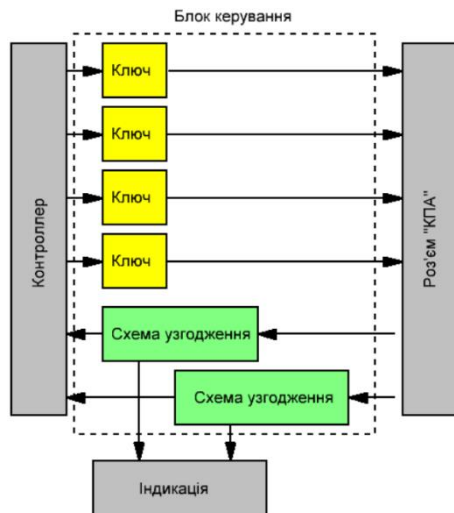


Рис. 5. Структурна схема інтерфейсу керування копіюванням інформації

Інформація про стан накопичувача відображається світлодіодним блоком індикації. Внутрішній твердий накопичувач зберігає резервну копію попередньо прочитаних даних. Блок живлення формує та стабілізує ряд напруг, необхідних для роботи інших блоків. Роз'єм слугує для з'єднання пристрою з бортовим накопичувачем.



Рис. 6. Плата «БІФ-4Т» для управляючих напруг сигналів: пуск, зупинка, реверс праворуч/ліворуч, зворотне зчитування

Корпус пристрою виконано з металу, тож корпус екранує радіосигнал (рис. 7). Для проходження радіосигналу передбачено віконце, що допомагає сформувати діаграму направленості розповсюдження радіохвиль. Цим вдається підвищити радіус дії та безпечність мережевого з'єднання.

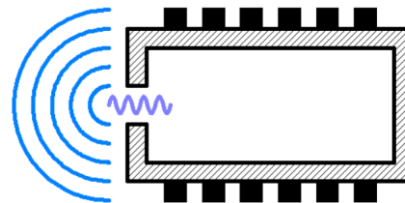


Рис. 7. Схема корпусу «БІФ-4Т»

Для керування пристроєм, оператор використовує спеціально розроблений застосунок. Застосунок створено мовою програмування C++ та за допомогою середовища розробки *Visual Studio*. Інтерфейс побудовано з використанням функцій *WinApi*, а мережеву взаємодію – *WinSock*. Архітектуру застосунку показано на рис. 8.

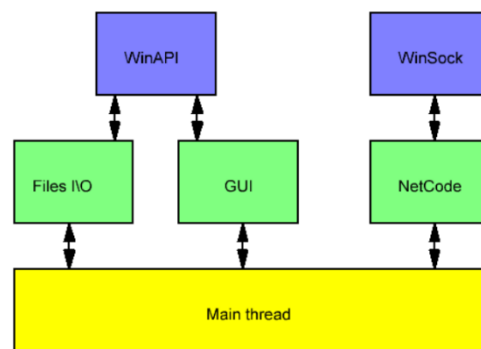


Рис. 8. Архітектура розробленого застосунку для керування процесом копіюванням первинної інформації з бортового накопичувача

Застосунок реалізує обмін інформацією з контролером через спеціальний об'єкт – сокет (рис. 9). Через нього інформація приймається та відправляється, потрапляючи в буфери прийому та відправки. Прийняті дані декодуються, та направляються у відповідний блок обробки.

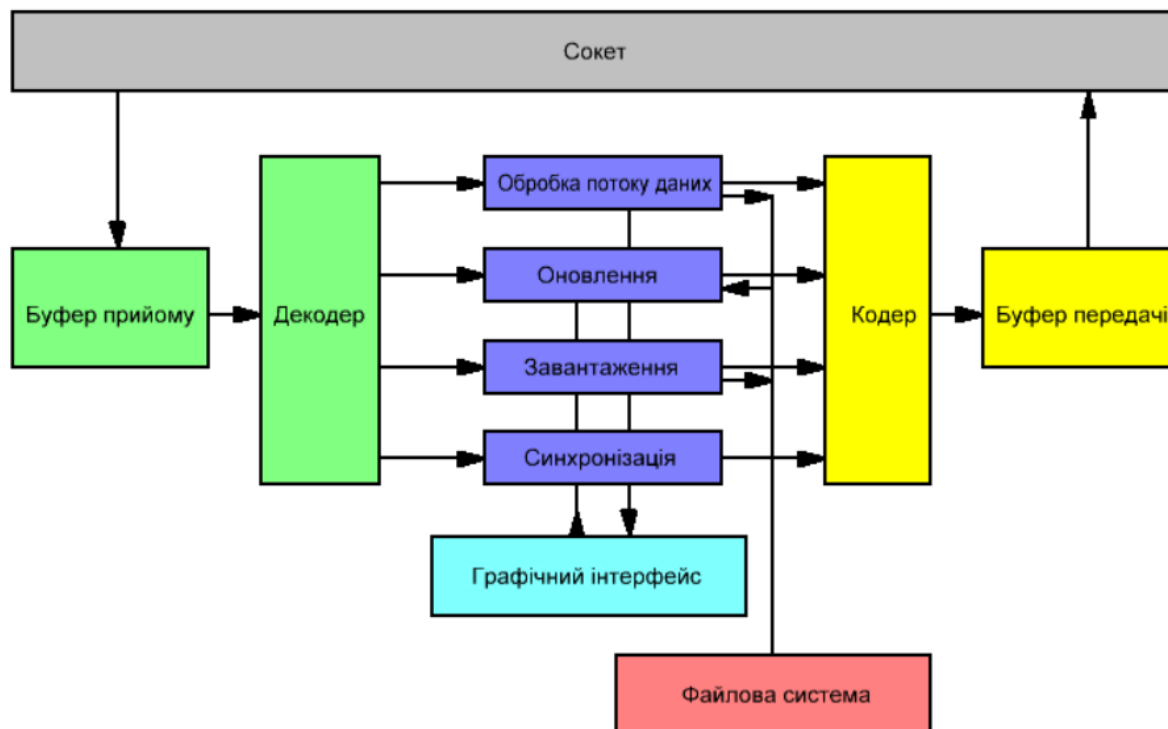


Рис. 9. Структурна схема сокета обмін інформацією з контролером

Перший блок обробки – обробка потоку даних. Його задача записувати у файл інформацію, що надходить з інтерфейсу «БІФ-4Т» без змін. Наступний етап – це перевірка цілісності кадру. Якщо кадр пошкоджено, він пропускається, а значення лічильнику пошкоджених кадрів збільшується на одиницю. Далі з кадру видобуваються дані про час створення цього кадру та службові параметри. Службовими параметрами є дата та номер рейсу. В залежності від налаштувань, службові параметри декодуються. Останнім кроком отримані параметри візуалізуються за допомогою графічного інтерфейсу.

Другий блок обробки – обробка пакетів синхронізації графічного інтерфейсу та інтерфейсу «БІФ-4Т». Їх функція полягає в тому, щоб стан графічного інтерфейсу, що спостерігає, та на який впливає оператор, відповідав реальному стану інтерфейсу «БІФ-4Т» та приладу фіксації польотної інформації. Наведемо кілька прикладів роботи застосунку:

1. Мотор приладу фіксації польотної інформації ввімкнений та стрічка добігла кінця – вмикається реверс. Після цього інтерфейс відображав би напрямок руху

стрічки неправильно. Тому контролер «БІФ-4Т», отримавши сигнал спрацювання реверсу, формує пакет синхронізації. Застосунок, що прийняв пакет, змінює відповідні елементи графічного інтерфейсу.

2. Мотор приладу фіксації польотної інформації вимкнений. Оператор натискає кнопку «пряме відтворення». Застосунок формує пакет синхронізації та відправляє інтерфейсу «БІФ-4Т», котрий після отримання пакету, виконує алгоритм керування мотором та відправляє свій пакет синхронізації у відповідь. Якщо мотор було увімкнено успішно, кнопка «пряме відтворення» буде «світитись» та анімація стрічко-протяжного механізму почне відображати відповідний напрямок руху.

Третій блок обробки – обробка пакетів, що відповідають за завантаження файлу з внутрішньої пам'яті інтерфейсу «БІФ-4Т». Перший пакет містить інформацію про розмір файлу, виходячи з якого, налаштовується індикатор прогресу завантаження. Також, в цей момент у папці *files*, що знаходиться в корені додатку, створюється локальний файл, куди зберігатиметься прийнята інформація. Далі,

приймаються пакети, що, безпосередньо, містять частини файлу з внутрішньої пам'яті «БІФ-4Т», де індикатор прогресу відображає поточний прогрес завантаження. По закінченню локальний файл закривається, індикатор прогресу повертається в початковий стан.

Четвертий блок обробки – обробка пакетів, що відповідають за оновлення ПЗ контролера інтерфейсу «БІФ-4Т». Перший пакет містить розмір файлу оновлення. Подальші пакети містять розмір блоку, що вдалося записати до ПЗП. Останній пакет містить код завершення оновлення. Інтерфейс застосунку показано на рис. 10.

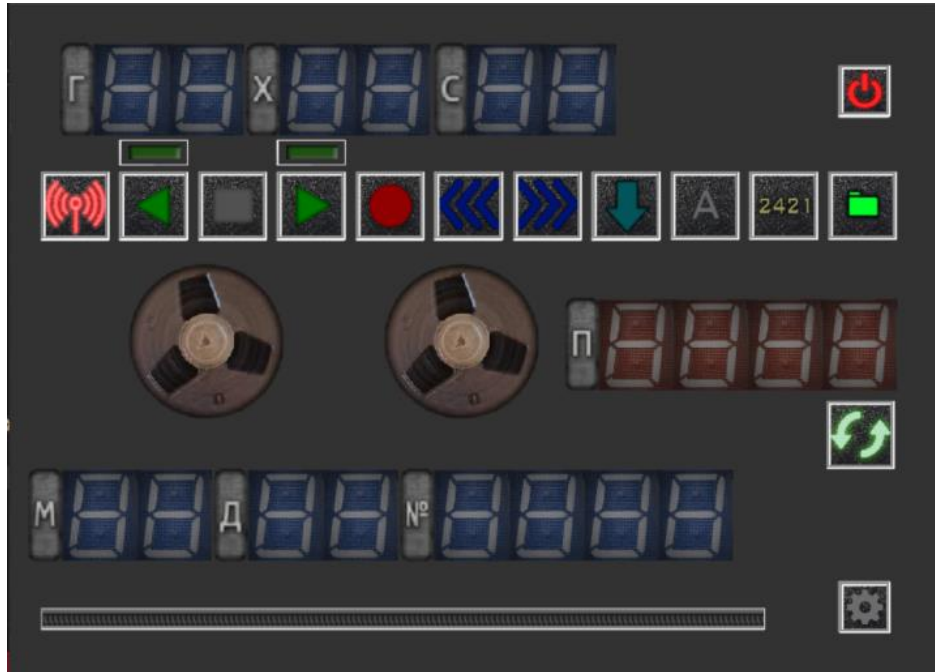


Рис. 10. Інтерфейс застосунку для керування процесом копіювання інформації

Типовими елементами індикації є дисплей часу, що відображає час поточного кадру інформації та дисплей розпізнавальних даних, що відображає дату та номер польоту поточного кадру інформації.

Типові елементи контролю складаються з кнопок керування стрічко-протяжним механізмом, а саме: «пряме відтворення»; «відтворення реверс», «стоп», «запис» та «режим зворотного читання»; «режим прямого читання».

Окрім типових елементів контролю та індикації додано спеціальні функції, а саме:

- кнопка завантаження інформації, безпосередньо, з пам'яті «БІФ-4Т»;
- кнопка автоматичного читання даних крайнього польоту спрощує роботу оператора;
- перемикач способу інтерпретації розпізнавальних даних;

- індикатор кількості пошкоджених кадрів (дозволяє оцінити стан приладу фіксації польотної інформації);

- індикатор прогресу, що відображає прогрес завантаження / обробки / оновлення;

- індикація режиму роботи у вигляді анімацій роботи стрічко-протяжного механізму, який робить сприйняття інтерфейсу більш інтуїтивним.

Оновлення програми контролера «БІФ-4Т», також, відбувається віддалено, що дозволяє швидко та зручно додавати нові функції. Одна з таких функцій – корекція помилок – знаходиться у стадії розробки. На рис. 11 та рис. 12 показано приклад зчитування польотної інформації з реєстратора 2ТЗМ за допомогою розробленого дослідного зразка «БІФ-4Т» та розробленого застосунку для керування процесом копіювання польотної інформації.



Рис. 11. Зчитування польотної інформації з реєстратора 2ТЗМ за допомогою розробленого «БІФ-4Т»

Розроблений навчальною лабораторією експлуатації автоматизованих систем контролю польотів на кафедрі комп'ютерних інформаційних технологій ФКНТ інтерфейсний блок «БІФ-4Т» має низку переваг над аналогічними приладами, а саме:

- бездротова передача даних;
- повне керування пристроєм фіксації польотної інформації;
- додаткові режими роботи (автоматичне читання крайнього польоту,

$$T_{\Sigma} = T_3 * N + T_{\Pi} * (N - 1) + T_{\text{Д}} + T_{\text{К}},$$

де T_{Σ} – час, витрачений на обслуговування N -ї кількості повітряних суден; T_3 – час зчитування ПІ з одного повітряного судна; $T_{\text{Д}}$ – час доставки носія інформації до приміщення обробки польотної інформації; $T_{\text{К}}$ – час копіювання інформації на ПЕОМ; T_{Π} – час для пересування до наступного ПС; N – кількість ПС.

При використанні розробленого прототипу «БІФ-4Т», час доставки носія інформації, копіювання інформації та зчитування ПІ буде значно нижче ($T_3, T_{\text{Д}}, T_{\text{К}} \rightarrow \min$), а отже і загальний час на обслуговування буде вагомо знижений ($T_{\Sigma} \rightarrow \min$).

На основі експериментальних випробувань було отримано графік залежності часу обслуговування ПС при використанні прототипу «БІФ-4Т» у порівнянні зі стандартним часом обслуговування (рис. 13). На графіку видно, що значно скоротився загальний час обслуговування ПС.



Рис. 12. Приклад використання розробленого «БІФ-4Т» та застосунку для керування процесом копіювання польотної інформації

відображення службових параметрів з кодуванням та без, лічильник кількості помилок);

- детальна візуалізація інформації під час роботи;
- зручний користувацький інтерфейс.

У роботі [7] для розрахунків покращення пристрою, використовується формула визначення часу на обслуговування повітряних суден:

Прототип «БІФ-4Т» не може так само нівелювати потребу у часовому ресурсі частини роботи спеціалістів за рахунок високої захищеності каналів зв'язку блоку приймача А-511-04-03 та антени АМ-002М АФС «ПІОН-НМ», проте практично знижує час обслуговування та можливий у використанні уніфіковано для ПС.

Висновки

Використання сучасних контролерів та бездротових технологій відкриває можливості при розробці швидкодіючих, надійних та зручних у використанні приладів. Отримані результати корисні не тільки у сенсі практичного застосування при роботі з приладами фіксації польотної інформації, але й в сфері освіти. Розроблений пристрій є відмінною демонстрацією принципів роботи бездротових мереж, мікроконтролерів, твердих накопичувачів, а також побудови програм як для

низькорівневої роботи з обладнанням для мікроконтролерів, так і користувацьких застосунків з графічним інтерфейсом. Може використовуватись для виконання

лабораторних робіт та навчання відповідного персоналу для аеродромів. В процесі експлуатації, виникають ідеї та побажання для розширення функціоналу «БІФ-4Т».

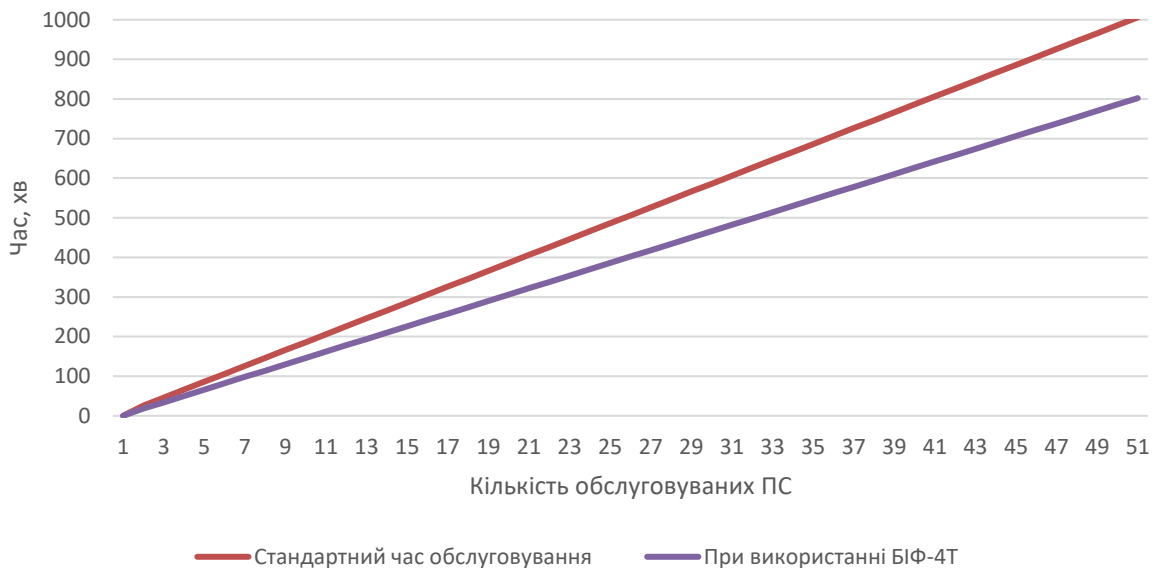


Рис. 13. Графік залежності часу обслуговування ПС

Перспективи подальших досліджень

На базі отриманих результатів метою подальших досліджень може бути розробка технології безконтактної діагностики ПЗ, модернізація та подальше дослідження розробленого прототипу, що дозволить значно пришвидшити та підвищити ефективність процесу оцінки стану ПС.

Література

1. Пилипенко О. Наземно-бортові системи випробувань та діагностики вертолїтних редукторів. *Технічні науки та технології*. 2023. № 2(32). С. 60–77. DOI: 10.25140/2411-5363-2023-2(32)-60-77.
2. Аркушенко П. Л. та ін. Аналіз можливостей та досвіду застосування систем бортових вимірювань для проведення випробувань безпілотних літальних апаратів. *Контроль космічного та повітряного простору*. 2020. № 4. С. 9–14. DOI: 10.26906/SUNZ.2020.4.009.
3. Обносів К. В., Ковбаса Д. Г. Порівняльний аналіз модернізованого літака Су-27 з аналогами НАТО. *Інженерно-авіаційне забезпечення: зб. наук. праць кафедри авіації*. 2021. № 1(8). С. II-72–II-76.

4. Свид І. В., Старокожев С. В. Розподілена обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору. *Радіотехніка*. 2023. № 1. С. 155–165. DOI: 10.30837/rt.2023.1.212.15.

5. Андрушко М. В., Шейн І. В. Обґрунтування необхідності удосконалення системи накопичення вимірювальної інформації під час випробувань. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. 2020. Вип. 3. С. 4–9. DOI: 10.37701/dndivsovt.3.2020.01.

6. Кривонос В. М. та ін. Удосконалення сучасних бортових засобів об'єктивного контролю повітряних суден. *Теоретичні основи розробки та експлуатації систем озброєння*. 2021. № 67. С. 75–80. DOI: 10.30748/soivt.2021.67.09.

7. Тертишник Є. М. та ін. Аналіз шляхів удосконалення бортових засобів реєстрації, обробки параметричної інформації для літальних апаратів Збройних Сил України. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. 2022. Вип. 3(13).

С. 121–128. DOI: 10.37701/ <https://armyinform.com.ua/2021/12/13/v-dndivsovt.13.2022.13>.
8. В Україні тривають випробування МіГ-29 глибокої модернізації. АРМІЯ INFORM. 2021. URL: <https://armyinform.com.ua/2021/12/13/v-ukrayini-tryvayut-vyprobuvannya-mig-29-glybokoyi-modernizacziyi/> (дата звернення 25.08.2024).

Савченко А.С., Матросов М.В., Кравченко М.О.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗАСОБІВ ЗЧИТУВАННЯ І ОБРОБКИ ПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

В сучасних умовах постає завдання швидкого перенесення первинних даних безпосередньо з бортового реєстратора повітряного судна на твердотільний носій інформації для подальшої її обробки. В статті запропоновано модернізацію комплексів зчитування і обробки польотної інформації з використанням розробленого прототипу програмно-апаратної частини блоку-інтерфейсу «БІФ-4Т» і власним програмним забезпеченням. Це сприятиме підвищенню ефективності та комфортності роботи спеціалістів з обслуговування повітряних суден, а також економії часового ресурсу та зниженню людського фактору.

Ключові слова: обробка польотної інформації; бортовий реєстратор; блок інтерфейсу; прототип БІФ-4Т; модернізація.

Savchenko A.S., Matrosov M.V., Kravchenko M.O.

MODERNIZATION OF FLIGHT INFORMATION READING AND PROCESSING MEANS

In modern conditions, the task of quickly transferring primary data directly from the on-board recorder of the aircraft to a solid-state information carrier for further processing arises. The article proposes the modernization of flight information reading and processing complexes using the developed prototype of the hardware and software part of the BIF-4T interface block and its own software. This will contribute to increasing the efficiency and comfort of the work of aircraft maintenance specialists, as well as saving time resources and reducing the human factor.

Keywords: flight information processing; on-board recorder; interface unit; BIF-4T prototype; modernization.