УДК 629.7:004.7:621.396.946

А. В. Аліференко

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІСЛЯПОЛЬОТНОГО АНАЛІЗУ ПОЛЬОТНИХ ДАНИХ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ЛІТАКА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НИЗЬКООРБІТАЛЬНОГО СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Анотація. *У роботі досліджено принципи побудови автоматизованої системи передавання та післяпольотного аналізу польотних даних багатоцільового літака із застосуванням низькоорбітального супутникового зв'язку. Запропоновано структуру, що передбачає отримання визначеного набору параметрів від бортового обладнання, їх локальне буферне накопичення, передавання через LEO-супутниковий сегмент до наземного сервера та подальшу автоматизовану обробку у вебзастосунку. Для оцінювання ефективності визначено показники затримки, швидкості, цілісності, повноти та надійності передавання.*

Ключові слова: *польотні дані, післяпольотний аналіз, LEO, супутниковий зв'язок, буферизація.*

Annotation. *The paper investigates the principles of building an automated system for transmission and post-flight analysis of flight data of a multirole aircraft using low Earth orbit satellite communications. A structure is proposed that includes acquisition of selected parameters from onboard equipment, local buffering, transmission through a LEO satellite segment to a ground server, and subsequent automated processing in a web application. Transmission delay, data rate, integrity, completeness, and reliability are proposed as the main performance indicators.*

Keywords: *flight data, post-flight analysis, LEO, satellite communications, buffering.*

Сучасні бортові системи формують значний обсяг параметричної інформації, що може використовуватися для оцінювання технічного стану повітряного судна та аналізу перебігу польоту. Традиційний підхід передбачає отримання повного запису після завершення польоту та його подальше перенесення до наземного комплексу. Це створює часовий проміжок між формуванням інформації та початком її аналізу. Одним із перспективних напрямів скорочення цього проміжку є використання низькоорбітальних супутникових систем зв'язку як додаткового каналу доставки визначеного набору польотних даних [1].

Запропонований принцип побудови системи передбачає послідовне виконання таких функцій: отримання параметрів від бортового обладнання, попередню підготовку інформації, локальне накопичення, формування інформаційних пакетів, передавання через бортовий супутниковий термінал до LEO-сегмента та подальше надходження через наземну інфраструктуру до сервера [2]. На сервері виконується контроль цілісності, часова синхронізація, збереження та підготовка даних для відображення й аналізу у вебзастосунку.

Важливою особливістю запропонованої архітектури є незалежність штатної реєстрації польотної інформації від супутникового каналу. У разі тимчасової недоступності зв'язку сформовані пакети повинні зберігатися у локальному бортовому буфері. Після відновлення з'єднання передавання продовжується автоматично. Такий підхід дозволяє поєднати оперативність супутникової доставки з надійністю локального накопичення та зменшити ризик втрати фрагментів інформації[1].

LEO-системи становлять інтерес для авіаційних застосувань завдяки широкому покриттю та можливості передавання телеметричної інформації з меншою затримкою порівняно з високоорбітальними супутниковими системами. Існуючі авіаційні рішення на базі мережі Iridium підтверджують практичну можливість використання LEO-зв'язку для обміну даними та моніторингу повітряних суден. Водночас конкретний тип бортового термінала має визначатися з урахуванням пропускної здатності, масогабаритних характеристик, енергоспоживання та вимог до авіаційного обладнання.[1,2]

При проведенні дослідження доцільно застосувати методи системного аналізу, порівняння, математичного та імітаційного моделювання. Для формування структури автоматизованої системи використовуються методи аналізу та синтезу інформаційних систем. Процес передавання через LEO-канал пропонується досліджувати при різній інтенсивності формування даних, пропускній здатності каналу, величині затримки та тривалості тимчасових переривань зв'язку.

Ефективність функціонування запропонованої системи доцільно оцінювати за п’ятьма основними показниками. Затримка характеризує час від формування інформаційного пакета на борту до його надходження на наземний сервер. Швидкість визначає обсяг даних, що передаються та обробляються за одиницю часу. Цілісність характеризує відповідність прийнятої інформації сформованій на борту [2]. Повнота визначає частку успішно доставлених даних відносно загального обсягу сформованої інформації. Надійність характеризує здатність системи відновлювати передавання після тимчасового переривання каналу.

Для дослідження механізму буферизації доцільно моделювати короткочасні розриви супутникового каналу та визначати максимальний обсяг накопиченої інформації, час її подальшого передавання і наявність пропущених фрагментів [2]. Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування необхідного обсягу бортового буфера та мінімально допустимої пропускної здатності каналу.

Наземний вебзастосунок пропонується використовувати як інструмент автоматизованого післяпольотного аналізу. Після отримання інформації система може формувати часові ряди параметрів, будувати графіки, визначати основні етапи польоту та виділяти випадки виходу контрольованих параметрів за встановлені межі. Накопичення інформації за серією польотів у перспективі дозволить проводити порівняльний аналіз та виявляти тенденції зміни параметрів.

Елемент наукової новизни запропонованого підходу полягає у дослідженні інтеграції LEO-супутникового каналу з автоматизованою системою післяпольотного аналізу та застосуванні локальної буферизації з автоматичним відновленням передавання. На відміну від підходу, за якого запис надходить до наземного комплексу тільки після посадки, запропонована структура створює передумови для попереднього накопичення визначеної частини інформації на сервері ще до завершення польоту [1].

Практична реалізація запропонованої концепції на реальному повітряному судні потребує окремого вирішення питань електромагнітної сумісності, кіберзахисту, сертифікації та розподілу інформаційних потоків. Відмова каналу передавання не повинна впливати на штатні бортові системи та процес реєстрації польотних параметрів.

Таким чином, запропонована структура дозволяє поєднати LEO-супутниковий канал, локальне буферне накопичення, наземний сервер та вебзастосунок у єдину систему автоматизованого аналізу польотних даних. Подальше дослідження доцільно спрямувати на створення імітаційної моделі каналу та програмного прототипу вебзастосунку з використанням модельних наборів польотних даних.

Список використаних джерел:

1. Кривонос В. М., Білий В. В., Хахалкіна О. А., Хахалкіна В. А. Удосконалення сучасних бортових засобів об’єктивного контролю повітряних суден. Системи озброєння і військова техніка. 2021. № 3(67).

2. 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. 1(3).

Аліференко Андрій Вікторович *– здобувач освітнього рівня бакалавр кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: firecir@gmail.com.*

Aliferenko Andrii Viktorovych *– Bachelor’s Degree Holder of the Department of Aircraft and Helicopter Avionics, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., building 77/79, ind. 61023, e-mail: firecir@gmail.com.*