УДК 629.7.03:629.7.018

С. В. Кальмуцький, Р. В. Василенко

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПАЛИВОМІРНОЇ СИСТЕМИ ЛІТАКА ВИНИЩУВАЧА МиГ-29

Анотація. *У роботі розглянуто актуальність підвищення точності вимірювання рівня та залишку пального на борту винищувача МиГ-29 в умовах повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України. Проведено аналіз конструкції та функціонування паливомірно-витратомірної системи СТР6-5, встановленої на літаку МиГ-29, виявлено її основні недоліки: великі масо-габаритні показники, вичерпаний ресурс, застаріла елементна база, недостатня багатозадачність та неможливість програмування обчислювальних елементів. Встановлено, що найбільш впливовим фактором на точність вимірювань є похибка датчиків паливоміра ДТ-36А, пов'язана зі зміною сорту пального, яка може досягати 20% відхилень від нормальних значень, а також фізичний знос та недосконаліть блоку БПВ 1-5. Запропоновано шляхи модернізації системи СТР6-5 шляхом інтегрування трипозиційних датчиків, інваріантних до зміни сорту пального, та заміни блоку БПВ 1-5 на блок контролю об'єму пального (fuel quantity control unit), які встановлені на літаках F-16. Показано, що запропонована модернізація дозволить зменшити методичну похибку вимірювання до 1,5%, інструментальну – до 0,5%, підвищити точність індикації та перекачування палива при центруванні в польоті, зменшити масо-габаритні характеристики системи, забезпечити можливість програмування СТР6-5 та скоротити час на підготовку повітряного судна до польотів, що є важливим фактором у бойових умовах.*

Ключові слова: *винищувач МиГ-29, паливомірно-витратомірна система СТР6-5, датчик ДТ-36А, блок БПВ 1-5, блок контролю об'єму пального (fuel quantity control unit), точність вимірювання пального, інваріантний датчик, центрування літака, модернізація авіоніки, бойові умови.*

Abstract. *This paper examines the importance of improving the accuracy of fuel level and remaining fuel measurements on board the MiG-29 fighter jet in the context of a full-scale armed aggression by the Russian Federation against Ukraine. An analysis of the design and operation of the STR6-5 fuel level and flow measurement system installed on the MiG-29 aircraft was conducted, revealing its main shortcomings: large mass and dimensions, exhausted service life, outdated component base, insufficient multitasking capability, and the inability to program the computing elements. It was established that the most significant factor affecting measurement accuracy is the error of the DT-36A fuel gauge sensors, associated with changes in fuel grade, which can reach deviations of up to 20% from normal values, as well as physical wear and the imperfections of the BPV 1-5 unit. Ways to modernize the STR6-5 system are proposed by integrating three-position sensors, which are invariant to changes in fuel grade, and replacing the BPV 1-5 unit with a fuel quantity control unit, as installed on F-16 aircraft. It is shown that the proposed modernization will reduce the systematic measurement error to 1,5% and the instrumental error to 0.5%, improve the accuracy of fuel indication and transfer during in-flight leveling, reduce the system's mass and dimensions, enable programming of the STR6-5, and shorten the time required to prepare the aircraft for flight – which is a critical factor in combat conditions.*

Keywords: *MiG-29 fighter jet, STR6-5 fuel level and flow measurement system, DT-36A sensor, BPV 1-5 unit, fuel quantity control unit, fuel measurement accuracy, invariant sensor, aircraft alignment, avionics modernization, combat conditions.*

У мовах повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України та систематичних атак на цивільну й критичну інфраструктуру, критично зростає потреба у забезпеченні Повітряних Сил сучасними авіаційними комплексами для захисту суверенітету та територіальної цілісності держави.

Практичний досвід реальних бойових дій підтверджує, що винищувальна авіація є одним із найефективніших засобів ураження сил противника та вирішення широкого спектра

оперативних завдань. При цьому запорукою успішного виконання місії є безперервний та точний моніторинг пілотом технічного стану й параметрів функціонування всієї бортової авіоніки.

Однією з найважливіших систем винищувача МиГ-29 є система вимірювання витрати і залишку пального, основною метою якої є забезпечення безперебійної подачі палива в двигуни літака і точне вимірювання запасу і витрати палива. Інформація про запас і витрату палива має першорядне значення для льотчика. Це дозволяє точно розрахувати дальність і тривалість польоту, а програмне забезпечення для прогнозування витрат палива дозволяє забезпечити необхідне центрування літака.

Актуальним постає питання, щодо підвищення точності виміру рівня палива на борту та його центрування паливомірно-витратомірною системою літака-винищувача МиГ-29, тому був проведений аналіз технологій обслуговування системи паливомірно-витратомірної СТР6-5, яка встановлена на літаку МиГ-29 та шляхи відновлення системи з урахування досвіду виконання бойового завдання [1].

Провівши аналіз конструкції системи СТР6-5 функціонування засобів вимірювання запасу палива на борту бойового літака з урахуванням досвіду ведення бойових дій та внаслідок опису роботи головних елементів, було виявлено наступні недоліки даної системи [2]:

– великі масо-габаритні показники;
– система вичерпала ресурс визначений виробником;
– використання застарілих електронних компонентів;
– недостатня багатозадачність;
– неможливість програмування обчислювальних елементів.

Якщо рівень палива змінюється після тривалого використання паливоміра або накопичується осад, можуть виникнути помилки, а точність вимірювання може бути знижена до 20%, що може призвести до катастрофічних наслідків. Тому такі системи мають досить високий рівень методичних (від 4 до 6%) та інструментальних похибок (до 20%), що в значній мірі заважають отриманню достовірних результатів вимірювання та індикації запасу палива на борту ПС для льотчика [3].

Найбільш впливовим фактором на точність вимірювань рівню та залишку пального є похибка датчиків паливоміра ДТ-36А, що пов’язана зі зміною сорту пального і вона може досягати 20% відхилень від нормальних значень, а також фізичний знос та недосконаліть блоку БПВ 1-5. Враховуючи це, для підвищення точності вимірювань рівня палива пропонується зменшення похибки шляхом інтегрування трипозиційних датчиків інваріантних до зміни сорту пального, а також блоку контролю об’єму пального (fuel quantity control unit), які встановлені на літаках F-16.

Для підвищення точності виміру рівня палива на борту літака МиГ-29 пропонується інтегрування в системи СТР6-5 трипозиційного інваріантного датчика, що не залежить від сорту пального. Це суттєво зменшить методичну похибку вимірювання і зменшить значення похибки до 1,5%, а значення інструментальної похибки складатиме 0,5%. В свою чергу заміна блоку БПВ 1-5 на fuel quantity control unit допоможе підвищити точність індикації та точність перекачування палива при його центруванні в польоті [4].

В свою чергу загальна похибка датчика ДТ-36А більша за похибку трипозиційного інваріантного датчика на 18,5%.

Враховуючі застарілу елементну базу СТР6-5, та те що літаки даного типу планується і надалі експлуатувати, є необхідним інтеграція сучасних бортових цифрових електронно-обчислювальних пристроїв для покращення надійності системи, а саме датчики типу ДТ-36А паливомірної частини СТР6-5 замінити на датчик інваріантного до зміни сорту пального, що зменшить похибку вимірювання до 0,5%.

Запропонована модернізація СТР6-5 методом заміни деяких елементів, що в свою чергу буде сприяти зменшенню масо-габаритних характеристик системи. Це надасть можливість програмувати СТР6-5, що позитивно вплине на боєздатність, адже значно скоротить час на підготовку повітряного судна до польотів, що в бойових умовах є дуже важливим фактором.

Список використаних джерел:

1. Прилади та системи контролю силових установок: навч. посіб. / А.М. Зарубін, М.М. Петренко. – Х. : ХУПС, 2015. – 136 с.

2. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник / В.М. Ванько, Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, Ю.В. Яцук; за ред. проф. Є.С. Поліщука та проф.. В.М. Ванька. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 584 с.

3. Керівництво по технічній експлуатації системи СТР 6-5.

4. Номера (Part Numbers)та характеристики блоків (Technical Orders) [Електронний ресурс] – https://cdn.falcon-bms.com/docs/4.37/TO%201F-16CMAM-1%20BMS.pdf.

Кальмуцький Сергій Валерійович – *Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, слухач 262 навчальної групи, Харків, Україна; email: sergey02042004@gmail.com.*

Василенко Роман Вікторович – *Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, старший викладач кафедри № 203, Харків, Україна; email: spike75.rv@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7683-7526.*

Kalmutsky Sergey Valeriyovich *– Kharkiv National University of Military Forces. I. Kozheduba, student of the 262nd primary group, Kharkiv, Ukraine; email: sergey02042004@gmail.com.*

Vasilenko Roman Viktorovich *– Kharkiv National University of Military Forces. I. Kozheduba, senior clerk of department No. 203, Kharkiv, Ukraine; email: spike75.rv@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7683-7526.*