

Георгієв Ю. В., Сікорський А. В., Купрієнко Т. М.

УДОСКОНАЛЕННЯ БЛОКУ КОМАНДНИХ СИГНАЛІВ ПАЛИВОМІРНО-ВИТРАТОМІРНОЇ СИСТЕМИ СТР-7-2 ЛІТАКА Су-27 ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ КОНТРОЛЮ ПАЛИВНИХ ЗАПАСІВ

Анотація. Паливомірно-витратомірна система (ПВС) СТР-7-2, встановлена на винищувачі Су-27, забезпечує вимірювання рівня та витрати пального, визначення загального запасу палива та формування інформації для відображення на бортових індикаторах. В умовах сучасної інтенсивної експлуатації авіаційної техніки та бойових дій зростають вимоги до точності та надійності ПВС, оскільки будь-яка похибка може призвести до небезпечних ситуацій під час виконання польотів. Мета роботи — розробити пропозиції щодо модернізації блоку командних сигналів системи СТР-7-2 з акцентом на підвищенні точності вимірювання, зменшенні похибки під час маневрів та покращенні діагностики стану системи.

Запропоновані заходи включають впровадження цифрової фільтрації, резервування каналів обробки сигналів, удосконалення алгоритмів самодіагностики та оптимізацію роботи сенсорної частини. Передбачається, що це дозволить суттєво зменшити інтегральну похибку, стабілізувати роботу системи під впливом динамічних навантажень та вібрацій, а також поліпшити безпеку польотів.

Ключові слова: Су-27, СТР-7-2, паливомірна система, командні сигнали, точність вимірювання, цифрова фільтрація, самодіагностика, модернізація.

Abstract: The STR-7-2 Fuel Measurement and Flow System installed on the Su-27 fighter aircraft provides fuel level measurement, consumption calculation, and data transmission to onboard display units. Increasing combat activity and dynamic flight conditions demand enhanced accuracy and reliability of fuel indication systems. Any measurement deviation may lead to critical flight risks. The goal of this study is to develop proposals for improving the command signal processing unit of the STR-7-2 through digital filtering, signal redundancy, and built-in diagnostic functionality.

Proposed solutions include modernizing sensor signal processing, introducing adaptive filtering algorithms, multi-channel verification, and enhancing self-diagnostics. These upgrades are expected to reduce cumulative measurement errors, increase system resilience under g-loads and vibration, and enhance operational safety.

Keywords: Su-27, STR-7-2, fuel measurement, command signals, reliability, digital filtering, modernization.

Система контролю пального є критично важливою складовою будь-якого бойового літака. Для винищувача Су-27 точність визначення запасу пального має особливе значення, оскільки літак виконує маневри з великими перевантаженнями, різкими кутовими швидкостями та змінними режимами роботи двигунів. У таких умовах традиційні аналогові схеми обробки сигналів ПВС можуть давати значні похибки, що призводить до спотворення даних про фактичний залишок пального на борту.

СТР-7-2 виконує вимірювання рівня пального у баках, контроль витрати та формування командних сигналів для індикації в кабіні пілота. Однак система була розроблена з урахуванням технологічного рівня 1980-х років, тому потребує вдосконалення для відповідності сучасним вимогам до точності та надійності.

1. Аналіз умов експлуатації та вихіде.

Функціонування паливомірно-витратомірної системи СТР-7-2 на літаку Су-27 нерозривно пов'язане з умовами виконання польотів, які характеризуються високими перевантаженнями, різкими змінами просторового положення літака та значним впливом вібраційних навантажень. За таких обставин аналогові тракти обробки сигналів, закладені в конструкцію системи ще на етапі її розробки у 1980-х роках, демонструють обмежену стійкість до перешкод і зовнішніх факторів. Це проявляється у коливаннях індикації рівня пального, що в окремих випадках може призводити до неправильної оцінки запасу пального екіпажем та формування ризикових рішень у критичних фазах польоту.

2. Перехід до цифрової архітектури та адаптивна фільтрація сигналів

Зважаючи на ці виклики, запропоновано модернізацію системи шляхом переходу до

цифрової архітектури обробки командних сигналів. Її фундаментальним елементом є впровадження адаптивних фільтраційних алгоритмів, зокрема фільтра Калмана, що забезпечує динамічне пригнічення шумів і розділення корисного сигналу навіть у складних аеродинамічних режимах. Додатково, інтеграція даних з інерціальної навігаційної системи дозволить враховувати прискорення та положення літака в просторі, забезпечуючи більш точну та стабільну індикацію кількості залишкового пального.

3. Резервування каналів даних та підвищення відмовостійкості

Окрему увагу приділено підвищенню відмовостійкості системи за рахунок впровадження механізмів структурного резервування та логічного голосування каналів. Це означає, що показання між різними сенсорами і каналами обробки будуть взаємно перевірятися, а сумнівні або нестабільні значення автоматично блокуватимуться. Такий підхід дозволяє виключити помилкове формування командних сигналів, підвищуючи достовірність інформації, яка надходить до кабіни пілота, особливо в режимах високої тактичної насиченості.

4. Самодіагностика та прогнозування технічного стану системи

Не менш важливим етапом модернізації є впровадження розширеної системи самодіагностики та прогнозування технічного стану обладнання. Передбачається, що система зможе у режимі реального часу аналізувати працездатність сенсорів, обчислювальних модулів та ліній передачі сигналів, заздалегідь визначаючи ознаки потенційного відхилення від нормативного режиму. Такий підхід відповідає сучасним вимогам авіаційної галузі, де пріоритетом є не лише оперативна безвідмовність, а й прогнозованість стану систем.

5. Очікувані результати модернізації та вплив на ефективність застосування

Загалом, очікується, що реалізація запропонованих рішень забезпечить суттєве зниження інтегральної похибки визначення запасу пального до рівня 1–1,5%, підвищить стабільність роботи системи в умовах активного маневрування та бойового навантаження, а також сприятиме формуванню більш точних і своєчасних рішень екіпажем у ході виконання польотних завдань. Це, у свою чергу, позитивно вплине на загальну ефективність застосування літальних апаратів винищувальної авіації та рівень безпеки польотів у сучасних умовах.

Список використаних джерел:

1. ICAO Doc 10088. Manual on Civil Aviation Fuel Monitoring, International Civil Aviation Organization, 2022. Available at: <https://www.icao.int> (date of access: 05.11.2025).
2. Merhav S. Aerospace Sensor Systems and Applications, Springer, 2016. Available at: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4612-3996-3> (date of access: 05.11.2025).
3. RTCA DO-160G. Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, RTCA, 2014. Available at: <https://www.rtca.org> (date of access: 05.11.2025).
4. AVT-306-19. Sensing for Aerospace Fuel Systems and Combustor Health, NATO Science & Technology Organization, 2023. Available at: <https://publications.sto.nato.int> (date of access: 05.11.2025).
5. Смець О.М., Лисенко В.П. Методи підвищення точності контролю витрати палива в авіаційних системах. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, 2021. Available at: <https://www.hups.mil.gov.ua> (date of access: 05.11.2025).
6. Проблеми координації військово-технічної та оборонно-промислової політики України. Матеріали XX науково-практичної конференції. — ХНУПС ім. І. Кожедуба, Харків, 2023 — 312 с. Available at: <https://hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/conference/20/xx-conf-hnups.pdf> (date of access: 05.11.2025).

Георгієв Юрій Вікторович – старший викладач кафедри № 203, Харків, Україна; кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023 email: yura.georgiev.74@ukr.net ORCID:<https://orcid.org/0009-0004-7189-3966>

Сікорський Антон Вікторович – здобувач освітнього рівня магістр 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: sikorskyi007@gmail.com

Купрієнко Тарас Михайлович – здобувач освітнього рівня магістр 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: taraskuprienko@icloud.com

Heorhiyev Yurii – Senior Lecturer of the Department of Aircraft and Helicopter Avionics, Aviation Engineering Faculty, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., building 77/79, ind. 61023, e-mail: yura.georgiev.74@ukr.net
ORCID:<https://orcid.org/0009-0004-7189-3966>

Sikorskyi Anton – Master's Degree Candidate 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: sikorskyi007@gmail.com

Kupriienko Taras – Master's Degree Candidate 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: taraskuprienko@icloud.com.