УДК 623.746.35

А. В. Назаров

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЛАНЕРА ЛІТАКА МіГ-29 З ОЦІНЮВАННЯМ ЇХНЬОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Анотація. *Розглянуто проблему підвищення надійності та ефективності відновлення силових елементів планера літака МіГ-29 в умовах тривалої експлуатації, накопичення втомних пошкоджень та впливу корозійних чинників. Запропоновано комплексний підхід до оцінювання технічного стану несучих конструкцій із застосуванням сучасних методів неруйнівного контролю та комп'ютерного моделювання напружено-деформованого стану. Обґрунтовано пропозиції щодо застосування перспективних технологій відновлення деталей (включаючи використання композитних матеріалів і високоточного зварювання) для забезпечення їхнього залишкового ресурсу та підвищення боєздатності авіаційної техніки.*

Ключові слова: *МіГ-29, планер літака, силові елементи, неруйнівний контроль, технічний стан, відновлення, напружено-деформований стан, залишковий ресурс, підсилення.*

Annotation. *The problem of increasing the reliability and efficiency of structural airframe element restoration for the MiG-29 aircraft under long-term operation, fatigue, and corrosion damage is considered. A comprehensive approach to assessing the technical condition of load-bearing structures using modern non-destructive testing methods and stress-strain state computer simulation is proposed. Proposals for applying advanced part restoration technologies (including the use of composite materials and high-precision welding) to ensure structural residual life and maintain fleet operational readiness are substantiated.*

Keywords: *MiG-29, airframe, structural elements, non-destructive testing, technical condition, restoration, stress-strain state, residual life, reinforcement.*

Вступ та актуальність теми.

Багатоцільові винищувачі МіГ-29 тривалий час становлять основу бойового потенціалу винищувальної авіації. Проте тривала експлуатація в умовах високих динамічних навантажень, частої зміни польотних режимів та впливу агресивного зовнішнього середовища призводить до природного зносу й накопичення пошкоджень у силових елементах планера. Особливо критичним є стан силових шпангоутів, лонжеронів, балок кріплення двигунів та узлів навески керованих поверхонь, які сприймають основні експлуатаційні перевантаження. Забезпечення їхньої структурної цілісності та своєчасне відновлення є ключовою передумовою продовження призначеного ресурсу та безпечної експлуатації літаків.

Аналіз проблеми та недоліків існуючих підходів.

Традиційна система технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) в основному спирається на напрацювання за нальотом годин, кількістю посадок та календарним терміном служби. Проте ці загальні показники не завжди відображають реальний накопичений ступінь пошкодження конкретного планера. Два повітряні судна з однаковим нальотом можуть мати суттєві розбіжності у технічному стані внаслідок відмінностей у режимах виконання польотних завдань, умовах базування та характерних експлуатаційних перевантаженнях. Крім того, традиційні технології відновлення силових деталей часто передбачають повну заміну елементів або застосування масивних дублюючих накладок, що супроводжується підвищеною трудомісткістю, збільшенням польотної маси літака та погіршенням вагових характеристик планера.

Удосконалення діагностики та оцінювання технічного стану.

Для переходу до оцінювання технічного стану за фактичним зносом запропоновано поєднання високоточних методів неруйнівного контролю (НК) із цифровим моделюванням напруженодеформованого стану (НДС). Застосування вихрострумового, ультразвукового та капілярного контролю дозволяє виявляти поверхневі та підповерхневі втомні тріщини на ранніх стадіях розвитку (розміром менше 1 мм). Дані про геометрію та локалізацію дефектів імпортуються до скінченноелементних моделей (наприклад, у середовищі ANSYS або Abaqus), що дає змогу з високою точністю розрахувати розподіл напружень в окремих елементах планера та спрогнозувати їхній залишковий ресурс до критичного руйнування.

Перспективні технології відновлення силових елементів.

З метою підвищення якості ремонтних робіт і зменшення масових витрат обґрунтовано впровадження новітніх технологічних методів:

1. Застосування композитних ремонтних накладок (патчів) на основі вуглепластиків та арамідних волокон, закріплених за допомогою високоміцних клейових композицій. Це дозволяє ефективно перерозподіляти напруження в зоні тріщини без збільшення маси та без необхідності свердління додаткових отворів під рифлення.
2. Впровадження лазерного та електронно-променевого зварювання для відновлення геометричних параметрів зношених або пошкоджених елементів з

мінімальною зоною термічного впливу.

3. Нанесення функціональних газотермічних і гальванічних захисних покриттів для відновлення антикорозійної стійкості та зносостійкості контактних поверхонь шпангоутів і вузлів навески.

Практичне значення та висновки.

Реалізація запропонованого комплексу діагностичних і технологічних заходів дозволить суттєво підвищити оперативність відновлення авіаційної техніки, зменшити вартість і трудомісткість ремонтних робіт, уникнути зайвого збільшення маси конструкції та обґрунтовано сприяти забезпеченню безпечної експлуатації літаків МіГ-29. Впровадження таких підходів є важливим кроком у підтримці високого рівня боєздатності парку винищувальної авіації в умовах обмежених ресурсів і підвищеної інтенсивності застосування.

Список використаних джерел:

1. Пащенко С., Шульгін А., Харченко В. Методичний підхід щодо моніторингу та прогнозування технічного стану авіаційної техніки з урахуванням експлуатаційних та бойових пошкоджень. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. 2024. № 20 (27). DOI: https://doi.org/10.54858/dndia.2024-20-32

2. Chia J. W. Y., Verhagen W. J. C., Silva J. M., Cole I. S. A review and outlook of airframe digital twins for structural prognostics and health management in the aviation industry. Journal of Manufacturing Systems. 2024. Vol. 77. P. 398–417. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.09.024.

3. Scott M. J., Verhagen W. J. C., Bieber M. T., Marzocca P. A Systematic Literature Review of Predictive Maintenance for Defence Fixed-Wing Aircraft Sustainment and Operations. Sensors. 2022. Vol. 22, No. 18. Article 7070. DOI: https://doi.org/10.3390/s22187070.

4. Kachmar R., Kryvov G., Jermolin D., Matvijenko V., Baklan V., Rudjko A. Updating of Technological Base of Repair of Components from Polymer Composite Materials of Airframe. Mechanics and Advanced Technologies. 2020. № 3(90). P. 57–63.

Назаров Андрій Владиславович *– слухач 6 навчального курсу інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, місто Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61023, e-mail: nazarovandrej526@gmail.com*

Nazarov Andrii Vladislavovych *– student of the 6th year of study, Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind. 61023, e-mail: nazarovandrej526@gmail.com.*