

В. І. Лавренко, Д. А. Талда

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЕПІЛАМУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОПЕРЕННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКІВ НА МІЦНІСТЬ ПІДШИПНИКІВ

**Анотація:** Літаки типу Су-27, завдяки високій маневреності, працюють під значними навантаженнями, що впливає на довговічність їхніх вузлів і агрегатів. Одним із методів підвищення довговічності цих компонентів є епіламування – процес нанесення на поверхню спеціального покриття на основі фтору. Епіламування формує на оброблюваних поверхнях мономолекулярну плівку з низьким коефіцієнтом тертя та високою адгезією, що зменшує знос і підвищує зносостійкість деталей. Покриття стійке до високих температур та ударних навантажень, забезпечує антифрикційні й антиадгезійні властивості, знижуючи ризик сухого тертя. Позитивною стороною проведення цих конструктивних доробок є те, що вони дають змогу модернізувати існуючий парк літаків і не вимагає постановки на озброєння нової авіаційної техніки.

**Ключові слова:** Су-27, довговічність, вузли, агрегати, епіламування, мономолекулярна плівка, коефіцієнт тертя, зносостійкість, хемосорбція, антифрикційні властивості,

**Abstract:** Aircraft such as the Su-27, due to their high maneuverability, operate under significant loads, which affects the longevity of their components and assemblies. One method to increase the durability of these components is epilamization — a process of applying a special fluorine-based coating to the surface. Epilamization forms a monomolecular film on treated surfaces with a low coefficient of friction and high adhesion, which reduces wear and increases the wear resistance of parts. The coating is resistant to high temperatures and impact loads, providing antifriction and anti-adhesion properties, thereby reducing the risk of dry friction. The positive side of carrying out these structural improvements is that they make it possible to modernize the existing fleet of aircraft and do not require the deployment of new aviation equipment.

**Key words:** Su-27, durability, components, assemblies, epilamization, monomolecular film, coefficient of friction, wear resistance, chemisorption, antifriction properties

Довговічність вузлів і високонавантажених агрегатів при ремонті і технічному обслуговуванні літака-винищувача Су - 27 метод епіламування

Літаки типу Су-27 мають високі маневрені можливості завдяки значній тягоозброєності та несучим властивостям. При роботі двигунів на режимі «Повний форсаж» на зльоті ( $H=0$ ,  $V=0$ ) тягоозброєність літака дорівнює 1,08. Несучі властивості літака забезпечують на дозвукових режимах польоту отримання нормального перевантаження 9,0 та коефіцієнта піднімальної сили  $c_{ya} = 1,5$ .

Розрахункова маса літака дорівнює 23364,5 кг. При даній масі максимальне експлуатаційне перевантаження на числах  $M \leq 0,85$  дорівнює 9 (мінімальне  $-2,5$ ), а на числах  $M > 0,85$  вона дорівнює 7 (мінімальне  $-1,5$ ). Дані обмеження обумовлені міцністю конструкції. Зменшення максимального експлуатаційного перевантаження на числах  $M > 0,85$  обумовлено збільшенням витрат піднімальної сили на балансування. Крім того існують обмеження максимального експлуатаційного перевантаження в діапазоні чисел  $M = 0,85 \dots 1,2$  по ефективності стабілізатора.

Розширити діапазон експлуатаційних перевантажень можливо за рахунок використання технологія епіламування.

Епіламування - це процес нанесення поверхнево-активної речовини з вмістом фтору (ФТОРПАР) - епілама - на поверхню твердого тіла, в результаті чого на обробленій поверхні утворюється спеціальне захисне покриття у вигляді мономолекулярної плівки. На оброблюваній поверхні при епіламуванні формується шар орієнтованих молекул, які перешкоджають розтіканню мастила із зони тертя. Плівка має надзвичайно низьку поверхневу енергію, що призводить до істотного зниження коефіцієнта тертя і, як наслідок, до підвищення

зносостійкості пар тертя деталей машин і обладнання. Молекули епілама закріплюються на поверхні твердого тіла за рахунок сил хемосорбції. Завдяки тому, що зв'язок епілама з поверхнею хімічна, а не фізична, адгезія захисної мономолекулярної плівки дуже висока. Одна з важливих переваг епіламування полягає в тому, що воно не змінює структуру оброблюваної поверхні, а лише модифікує її, надаючи поверхні антифрикційні, антиадгезійні, гідрофобні, захисні та інші корисні властивості. Практично незмінними залишаються і геометричні розміри оброблених деталей, оскільки товщина захисного покриття ~4...8 мкм. При проведенні епіламування молекули епіламуючого складу при контакті з твердим тілом (металом, гумою і т.п.) проникають в його прикордонний шар і утворюють на поверхні мономолекулярну плівку, яка дозволяє знизити коефіцієнт тертя в 2..3 рази, а поверхневу енергію зменшити в ~1000 разів. Це забезпечує поверхні тертя наявність антифрикційних і антиадгезійних властивостей. Сформована бар'єрна плівка витримує температуру до 400 °С, не руйнується при ударних навантаженнях до 300 кг/мм<sup>2</sup>.

Молекули епілама заповнюють мікронерівності і мікротріщини, знижуючи поверхневу крихкість. Найбільш активно вони взаємодіють з молекулярною структурою основи саме в місцях порушення кристалічної ґратки, створюючи свого роду латки і зміцнюючі взаємодіючі поверхні. Таким чином, сама плівка запобігає зносу поверхонь, що взаємодіють, а її структура у вигляді ворсу утримує мастильні матеріали в зоні контакту, чим запобігає сухому тертю.

#### Список використаних джерел:

1. Володько А.М. Конструкція вертольотів / А.М. Володько, А. Л. Литвинов. – Х., 1984.
2. Іванов А.І. Методичні вказівки до дипломного та курсового проектування / А.І. Іванов, О.А. Корочкін, С.П. Монтвіла. – Х.: ХВВАІУ, 1990.
3. Технічний опис та керівництво по технічній експлуатації вертольоту прототипу.
4. Конструкція літальних апаратів / під ред. К.Д. Туркіна, ч. 1.2. – М: ВВІА ім. проф.Н.Е. Жуковського, 1985.
5. Тищенко М.Н. Вертольоти / М.Н. Тищенко. – М.: Машинобудування, 1982.
6. Решетов Д.Н. Деталі машин: учебн. для вузов / Д.Н. Решетов. Вид.3-є, іспр. та перераб. – М.: Машино будівництво, 1976.

**Лавренко Валерій Іванович** – старший викладач кафедри інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба; Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна; email: [lavrenko@ukr.net](mailto:lavrenko@ukr.net) ; ORCID: <https://orcid.org/0085-0004-0021-743X>.

**Талда Дмитро Анатолійович** – слухач інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних сил ім. І. Кожедуба; Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків Україна; email: [ihofiv89@gmail.com](mailto:ihofiv89@gmail.com) ; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5554-4788>.

**Lavrenko Valerii Ivanovych** –senior lecturer of the department Faculty of Aviation Engineering of Kharkiv National University of the Air Force. I. Kozhedub; Kharkiv National University of the Air Force. I. Kozheduba, Kharkiv, Ukraine; **email:** [lavrenko@ukr.net](mailto:lavrenko@ukr.net) ; **ORCID:** <https://orcid.org/0085-0004-0021-743X>.

**Talda Dmytro Anatoliyovych** – a student of the Faculty of Aviation Engineering of the Kharkiv National University of the Air Force. I. Kozhedub; Kharkiv National University of the Air Force. I. Kozheduba, Kharkiv, Ukraine; email: [ihofiv89@gmail.com](mailto:ihofiv89@gmail.com) ; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5554-4788>.