

В. П. Андрєєв, О. А. Круць

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТРАНСМІСІЮ БОЙОВОГО ВЕРТОЛЬОТА

Анотація: у статті досліджено вплив експлуатаційних факторів на роботу трансмісії бойового вертольота Мі-24. Проаналізовано динамічні характеристики основних компонентів трансмісії, таких як вал вільної турбіни, під впливом вібрацій, теплових та крутильних навантажень. Визначено основні проблеми, що виникають під час експлуатації вертольота в бойових умовах, та окреслено можливі шляхи покращення надійності трансмісії.

Ключові слова: трансмісія, вал вільної турбіни, вібрації, теплові навантаження, експлуатація.

Annotation: The article examines the impact of operational factors on the transmission system of the Mi-24 combat helicopter. The dynamic characteristics of the key transmission components, such as the free turbine shaft, are analyzed under the influence of vibrations, thermal, and torsional loads. The main issues encountered during the helicopter's operation in combat conditions are identified, and potential ways to improve the reliability of the transmission are outlined.

Keywords: transmission, free turbine shaft, vibrations, thermal loads, operation.

Трансмісія бойового вертольота Мі-24 є надзвичайно важливою системою, що забезпечує передачу потужності від двигуна до роторів, а отже, і працездатність всієї машини. Ця система виконує ключову роль у підтримці стабільної роботи вертольота під час виконання бойових завдань, що висуває високі вимоги до її надійності та витривалості. У сучасних бойових умовах, де інтенсивність експлуатації вертольота значно зростає, трансмісія піддається впливу численних негативних факторів, таких як вібраційні, крутильні, теплові та механічні навантаження, які викликають зношування її компонентів і призводять до погіршення характеристик. Крім цього, специфічні умови бойового застосування з підвищеними навантаженнями і частими різкими маневрами спричиняють додатковий тиск на трансмісію, вимагаючи від неї максимальної стійкості. В ході нашого дослідження було визначено, що саме ці фактори впливають на роботу трансмісії, скорочують її ресурс та можуть стати причиною раптових поломок, які в бойових умовах можуть призвести до небезпечних ситуацій. Головною метою цього дослідження було виявлення основних проблем, які виникають під час експлуатації трансмісії, та розробка рекомендацій для підвищення її надійності та стійкості в умовах інтенсивного використання.

Одним із ключових факторів, що суттєво впливає на роботу трансмісії, є вібраційне навантаження. Вібрації, що виникають у роботі вала вільної турбіни та інших компонентів трансмісії, обумовлені періодичними зусиллями, які передаються від двигуна та ротора. Ці вібрації є результатом роботи двигуна і можуть посилюватися через специфіку конструкції та аеродинамічні ефекти. У випадку виникнення резонансних явищ, коли частота зовнішніх збурень збігається з власною частотою коливань вала, можливе значне підвищення амплітуди коливань. Така ситуація призводить до швидкого зношування компонентів, що послаблює надійність системи в цілому. Дослідження показало, що частота власних коливань вала вільної турбіни становить близько 75 Гц, що є критичним показником у разі збігу з робочими режимами. Особливо це актуально під час виконання бойових завдань, коли вертоліт працює на високих потужностях і навантаженнях. За таких умов, при виникненні резонансу, підвищується ризик виникнення аварійної ситуації, що створює небезпеку для екіпажу та знижує боєздатність машини.

Температурні навантаження також є суттєвим аспектом, що значно впливає на працездатність трансмісії вертольота Мі-24. Під час інтенсивної експлуатації, особливо в умовах високих зовнішніх температур або тривалого використання на підвищених потужностях, трансмісія може перегріватися, що негативно позначається на стабільності та зносостійкості компонентів. Висока температура сприяє руйнуванню мастильного шару між елементами трансмісії, що підвищує коефіцієнт тертя і сприяє механічному зношуванню підшипників, шліцевих з'єднань і муфт. Підвищення температури на кілька градусів навіть за

короткий проміжок часу може значно скоротити ресурс цих компонентів, що вимагає оперативного технічного обслуговування. Результати дослідження свідчать про необхідність застосування матеріалів з високою теплопровідністю для запобігання перегріву, а також додаткового охолодження компонентів трансмісії. Це дозволить знизити температурні піки, що виникають під час активної експлуатації, забезпечити стабільну роботу підшипників і шліцевих з'єднань та зберегти тривалу надійність системи в цілому.

Динамічні крутильні навантаження також відіграють значну роль у довговічності та надійності трансмісії. Під час змінних навантажень, особливо характерних для бойових дій, вал вільної турбіни піддається значним крутильним деформаціям, що може призводити до виникнення мікротріщин. Ці тріщини з часом збільшуються, перетворюючись на значні дефекти, що підвищує ризик раптової відмови системи.

Одним із основних рішень, запропонованих для підвищення надійності трансмісії бойового вертольота Мі-24, є використання новітніх матеріалів із підвищеними механічними і термічними характеристиками, зокрема композитних і спеціальних металевих сплавів. Впровадження композитних матеріалів дозволить знизити вагу компонентів, що полегшить загальну масу системи і зменшить навантаження на окремі елементи трансмісії, такі як підшипники та муфти. Крім цього, композити володіють високою стійкістю до вібраційних навантажень, що дозволяє зменшити рівень амплітуди коливань та знижує ризик резонансних явищ у робочих режимах вертольота. Такі покращення матеріальної бази сприятимуть збільшенню довговічності системи, що особливо важливо під час виконання тривалих бойових операцій.

Іншим важливим аспектом вдосконалення трансмісії є модернізація системи охолодження. У сучасних бойових умовах високі температури можуть значно скоротити ресурс трансмісії, оскільки перегрів під час інтенсивної експлуатації призводить до зносу компонентів. Встановлення додаткових охолоджувальних пристроїв, таких як ефективні радіатори та термоконтролюючі системи, допоможе знизити температуру у критичних точках трансмісії, забезпечуючи збереження мастильних властивостей і зменшуючи тертя між елементами. Запропонована оптимізація охолодження дозволяє не тільки зберегти стабільність роботи трансмісії, але й забезпечити більш плавний розподіл тепла в робочих режимах, зокрема при високих обертах та навантаженнях. Підвищення ефективності охолодження дозволяє підтримувати робочу температуру в безпечних межах, що сприяє продовженню строку служби компонентів і підвищенню надійності трансмісії.

Важливим елементом удосконалення є впровадження систем автоматизованого моніторингу стану трансмісії, які дозволяють в режимі реального часу відстежувати робочі параметри та виявляти ознаки потенційних проблем ще на ранніх етапах. Система моніторингу включає датчики температури, вібрацій, крутильних навантажень та інших критичних показників, що можуть свідчити про знос або перегрів окремих компонентів. Такі системи значно полегшують роботу екіпажу та технічного персоналу, надаючи актуальну інформацію про стан трансмісії та дозволяючи здійснювати оперативне обслуговування. Крім того, автоматичний запис даних із сенсорів дозволяє проаналізувати динаміку змін і спрогнозувати можливі відмови, що є важливим фактором підвищення надійності вертольота під час виконання бойових завдань. Системи автоматизованої діагностики стають важливим інструментом для підтримання надійності авіаційної техніки, оскільки вони зменшують ризик відмов і дозволяють більш точно планувати графіки технічного обслуговування.

Регулярне технічне обслуговування трансмісії є критично важливим для підтримки її надійності в умовах бойових дій. Своєчасна заміна мастильних матеріалів, контроль зносу підшипників і муфт дозволяють зберегти стабільність роботи системи і зменшити ризик відмови. Зокрема, регулярна перевірка шліцевих з'єднань та підшипників допомагає вчасно виявляти мікропошкодження і проводити їхню заміну до виникнення серйозних дефектів. Дослідження показують, що проведення діагностичних процедур з використанням сучасного обладнання значно підвищує надійність вертольота, дозволяючи виявити приховані дефекти і зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій під час польоту. Застосування сучасного діагностичного обладнання, яке дозволяє детально досліджувати стан компонентів трансмісії, є важливим кроком у підтриманні працездатності вертольота Мі-24.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що підвищення надійності трансмісії бойового вертольота Мі-24 можливе завдяки впровадженню удосконалень у конструкцію, матеріали та системи обслуговування. Запропоновані заходи забезпечать надійність та стабільність трансмісії в умовах високих навантажень, а також зменшать ризик аварійних ситуацій, що є критично важливим для бойового застосування техніки.

Список використаних джерел:

1. Авраменко А. М. Теорія та методи дослідження авіаційних конструкцій. – Київ: Наукова думка, 2018. – 320 с.
2. Белов С. В., Котляров М. А. Динаміка вертольотів. – Харків: ХАІ, 2019. – 280 с.
3. Гринько О. П. Надійність авіаційних систем: монографія. – Львів: ЛАУ, 2021. – 340 с.
4. Карпенко О. М. Еластомерні матеріали в авіаційних конструкціях. – Київ: Наукова думка, 2016. – 220 с.
5. Кравчук А. П. Авіаційні двигуни: конструювання та експлуатація. – Дніпро: ДНУ, 2019. – 300 с.

Андрєєв Вячеслав Павлович – бакалавр з авіаційного транспорту, студент магістратури, Харківський Національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків. e-mail: slavik19gouster98@gmail.com

Круць Олександр Анатолійович – доцент кафедри інженерно-авіаційного забезпечення, Харківський Національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків e-mail: oleksandr.kruts@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0453-3635.

Andreev Vyacheslav Pavlovich – Bachelor of Aviation Transport, Master's student, Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub, Kharkiv e-mail: slavik19gouster98@gmail.com

Oleksandr Anatoliyovych Kruts – associate professor of the Department of Engineering and Aviation Support. Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub, Kharkiv e-mail: oleksandr.kruts@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0453-3635.