

Панкул О. М., Кравченко І. В., Алтухов М. В.

## РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ РОБОТИ ГОЛОВНОГО РЕДУКТОРА ВЕРТОЛЬОТА МІ-8МСБ

**Анотація.** У роботі досліджено основні відмови головного редуктора ВР-17МС вертольота Мі-8МСБ, а метою є розробка комплексу заходів для підвищення його безвідмовності та ресурсу. Запропоновано три ключові напрямки модернізації. Також наголошено на застосуванні самофлюсуючих гранульованих порошків для зміцнення та відновлення зубчастих коліс. Впровадження цих розробок прогнозовано забезпечить суттєве зниження ризику критичних відмов.

**Ключові слова:** головний редуктор (ВР-17МС), безвідмовність, система змащення, модернізація редуктора, триботехніка, товщина мастильного шару, еластогідродинамічне змащення, відмови зубчастих передач, самофлюсуючі порошки.

**Abstract.** The paper investigates the main failures of the main gearbox VR-17MS of the Mi-8MSB helicopter, and the goal is to develop a set of measures to increase its reliability and resource. Three key areas of modernization are proposed. It also emphasizes the use of self-fluxing granular powders for strengthening and restoring gears. The implementation of these developments is predicted to significantly reduce the risk of critical failures.

**Keywords:** main gearbox (VR-17MS), reliability, lubrication system, gearbox modernization, tribology, lubricating film thickness, elastohydrodynamic lubrication, gear failures, self-fluxing powders.

Ефективна експлуатація вертольотів типу Мі-8МСБ, що виконують завдання різної складності, критично залежить від безвідмовності головного редуктора ВР-17МС. Цей головний редуктор досить добре себе зарекомендувала в різних умовах експлуатації, але на сьогоднішній день є перелік недоліків які зменшують його надійність тим паче в умовах бойових дій. Наприклад як:

- механічні пошкодження зубчастих передач (знос, викришування, заїдання)
- руйнування підшипників
- протікання масла
- руйнування шліцьових з'єднань
- вібраційні перевантаження

Виходячи з цього переліку можна привести ряд розробок по покращенню безвідмовності.

### Конструктивний напрямок :

1-оптимізація геометрії зубів тобто модифікація профілю яка полягає в зниженні контактних напружень

2-застосування покриттів на основі нітриду титану або іонного азотування задля підвищення зносостійкості

3-використання покращених підшипників із підвищеним класом точності

### Технологічний напрям :

1-поліпшення чистоти масляних каналів тобто контроль фільтрації масла 10-25 мікрометрів, також сюди можна віднести використання мастил типу MIL-L-23699 чи MIL-L-7808 стабільних до 180 градусів

2-підвищення точності центрування при складанні редуктора

3-балансування валів і ротора редуктора після кожного ремонту

### Експлуатаційно-технічний :

1-Впровадження системи моніторингу стану масла FerroScan або Spectroil- це контроль за наявністю частинок металу також сюди можна та потрібно віднести використання аналізу відпрацьованого масла для раннього виявлення дефектів

2-внесення змін до карти технічного обслуговування таких як ТО-100 та ТО-200 для додаткової перевірки температурного режиму головного редуктора

3-регулярна віброконтрольна діагностика, наприклад через кожні 50 годин нальоту.

Так як сумарний відсоток по відмовам припадає на систему змащення. Ця система є досить головна для головного редуктора, бо виконує роль змащення всіх підшипників та інших деталей. Тому можна запропонувати програмно-апаратний комплекс для оцінки триботехнічних характеристик в лінійному контакті, який в реальному часі фіксує вихідні сигнали, обробляє їх (програмне забезпечення ProfiLab), аналізує та представляє їх в графічному і табличному зображенні - кінетику зміни товщини мастильного шару, моменту тертя, температури мастильного матеріалу, частоту обертання дослідних зразків.

Також можна застосувати покриття самофлюсуючого гранульованого порошку ПГ–АН9 та порошкового дроту ПП–Нп–30ХГСА для оптимізації технологічних процесів нанесення покриттів при виготовленні та зміцненні, ремонті та відновленні зубчастих коліс та шестерень.

Список використаних джерел:

1. Мотор Січ. Офіційний сайт підприємства. Послуги з ремонту та модернізації вертольотів Мі-8 / Мі-17. URL: <https://www.motorsich.com> (<https://www.motorsich.com/>).
2. Главный редуктор ВР-14: эксплуатационная документация. – Київ: Мотор Січ, 2019. – 48 с.
3. Техническое обслуживание трансмиссии вертолета Ми-8: регламент и инструкции. – Харків: ДНДІА, 2020. – 72 с.
4. Руководство по эксплуатации вертолета Ми-8 / Ми-8МСБ. – Харків: Мотор Січ, 2018. – 256 с.
5. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації (ДНДІА). – Харків, 2017–2021. – Випуски 1–5. – С. 34–78.
6. Форум авіаmechanіків та технічні обговорення Мі-8МСБ. – Практичні рекомендації щодо ТО та діагностики редуктора. URL: <https://forum.aircraft-tech.com> (<https://forum.aircraft-tech.com/>)
7. Главный редуктор ВР-14: эксплуатационная документация. – Київ: Мотор Січ, 2019. – 48 с.

**Панкул Олександр Миколайович** – старший викладач кафедри інженерно-авіаційного забезпечення, e-mail: [o.m.pankul@gmail.com](mailto:o.m.pankul@gmail.com), Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3005-0730> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

**Кравченко Ігор Валерійович** – здобувач вищої освіти ступеня бакалавр кафедри інженерно-авіаційного забезпечення, e-mail: [igorka20098@gmail.com](mailto:igorka20098@gmail.com), Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

**Алтухов Максим Вікторович** – здобувач вищої освіти ступеня бакалавр кафедри інженерно-авіаційного забезпечення, e-mail: [maxsim0909@gmail.com](mailto:maxsim0909@gmail.com), Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Сумська 77/79, 61023.

**Oleksandr Pankul** – Senior Lecturer, Department of Aviation Engineering, e-mail: [o.m.pankul@gmail.com](mailto:o.m.pankul@gmail.com), Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3005-0730> Kharkiv National University of Air Forces named after Ivan Kozhedub, Sumka 77/79, 61023.

**Igor Kravchenko** – higher education bachelor's degree student, Department of Engineering and Aviation Support, e-mail: [igorka20098@gmail.com](mailto:igorka20098@gmail.com), Kharkiv National University of Air Forces named after Ivan Kozhedub, Kharkiv Kharkiv National University of Air Forces named after Ivan Kozhedub, Sumka 77/79, 61023.

**Maksym Altukhov** – higher education bachelor's degree student, Department of Engineering and Aviation Support, e-mail: [maxsim0909@gmail.com](mailto:maxsim0909@gmail.com), Kharkiv National University of Air Forces named after Ivan Kozhedub, Kharkiv Kharkiv National University of Air Forces named after Ivan Kozhedub, Sumka 77/79, 61023.