МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Експлуатація повітряних суден: Конструкція і експлуатація вертольоту Мі-8МТВ-1»
обов'язкових компонент освітньо-професійної програми першого бакалаврського рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт
Аеронавігація

За темою № 5. Несучий гвинт

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО
Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО
Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО
Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

Розробник:
Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач, Гвоздік С.Д.

Рецензенти:
1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.
2. Викладач циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.

План лекції:

1. Загальні відомості
2. Основні дані несучого гвинта
3. Втулка несучого гвинта
4. Лопаті гвинта
5. Перевірка соконусності лопатей гвинта
7. Змащення шарнірів втулки несучого гвинта
6. Експлуатація несучого гвинта

Рекомендована література:

Основна література:

1. Дерев'янко І. Г. «Конструкція і експлуатація вертольота Мі-8МТВ-1» Навчальний посібник. Кременчук: КЛК НАУ, 2019,-92с.
2. (https://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka)
3. Керівництво з льотної експлуатації вертольоту Мі-8МТВ-1, Київ,1994р.

Допоміжна література:

4. Данилов В. А. Вертоліт Мі-8МТВ. – Київ, 1995. – 295 с.
5. Дерев'янко І. Г. «Вертоліт Мі-8МТВ. Блок 1. Вертоліт та його системи. (категорія В1.3). Конспект лекцій», Кременчук: КЛК НАУ, 2015.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

6. http://www.twirpx.com/files/transport/aircrafting/construction/helicopters/

Текст лекції

Загальні відомості

Несучий гвинт призначений:
- для створення підйомної сили;
- для створення пропульсивної сили;
- для забезпечення поздовжнього й поперечного керування вертольотом.

Несучий гвинт складається із втулки й п'яти лопатей, які кріпляться до втулки за допомогою горизонтального, вертикального й осьового шарнірів.

Горизонтальний шарнір дозволяє лопаті робити махові рухи у вертикальній площині під дією змінних по азимуту аеродинамічних сил. У результаті розвантажується від дії знакозмінного згинального моменту комлева частина лопаті, усувається момент, що кренить, виникаючий при косому обдуванню несучого гвинта. Для зменшення махових рухів лопаті використовується компенсатор змаху, під дією якого при змаху лопаті нагору кут установки лопаті зменшується, а при русі вниз - збільшується.

З метою запобігання удару лопаті об хвостову балку на втулці НГ установлені відцентрові обмежувачі звису лопаті, які при частоті обертання НГ менше 50% обмежує звис лопаті кутом в $1°40'$.

Вертикальний шарнір дозволяє лопаті робити коливання в площині обертання під дією змінних інерційних і аеродинамічних сил. У результаті цього комлева частина лопаті розвантажується від дії знакозмінного згинального моменту. Для гасіння коливань лопат у площині обертання й запобігання коливань вертольота типу "земний резонанс" застосовуються гідравлічні демпфери.

Осьовий шарнір дозволяє лопаті обертатися щодо своєї поздовжньої осі для зміни кута установки.

Для демпфірування коливань несучого гвинта в площині обертання, з метою зниження рівня вібрацій у кабіні екіпажа, на втулці несучого гвинта встановлений маятниковий гаситель вібрацій.

Лопаті несучого гвинта мають пневматичну систему сигналізації пошкодження лонжерона й електротеплову протиобмерзну систему.

Основні дані несучого гвинта

Діаметр гвинта	21,294 м
Частота обертання	192 об/хв. (95,3%)
Маса втулки	610 кг
Маса лопати	135 кг
Хорда лопати	520 мм

Максимальний кут змаху лопати нагору..... 25°
Кут звису лопаті:
- при упорі на проміжну скобу .....4°
- при упорі на собачку відцентрового обмежувача ....1°40´
Кут коливання лопаті відносно ВШ:
- уперед.....13°
- назад 11
Кут установки лопаті відносно ОШ:
- мінімальний..... 1°
- максимальний.....14°45´
Коефіцієнт компенсатора змаху 0,5

Втулка несучого гвинта

Втулка несучого гвинта призначена для кріплення лопатей, для передачі крутний моменту від вала головного редуктора на лопаті, а також для сприйняття й передачі на фюзеляж сил, що виникають на лопатях.

Основними елементами втулки є: корпус втулки, горизонтальні шарніри проміжні скоби, вертикальні шарніри, осьові шарніри, важелі повороту лопатей, гідравлічні демпфери, відцентрові обмежувачі звису лопатей, маятниковий гаситель вібрації.

Корпус втулки на шліцах установлюється на вал головного редуктора центрується на валу нижніми й верхнім конусними кільцями й фіксується гайкою. Зверху на корпусі втулки кріпляться компенсаційний бачок гідро демпферів, струмознімач НГ і маятниковий гаситель вібрації.

Кожний горизонтальний шарнір утворять вушко корпуса втулки, два вушка проміжної скоби й палець, що установлений на двох голчастих підшипниках. Зусилля, що діють уздовж осі пальця сприймають два бронзових кільця. Від осьового переміщення палець фіксується гайкою, а від провертання щодо скоби - шпонкою. Палець із однієї сторони має два вушка для кріплення штока гідро демпфера, а з іншої сторони вушко для кріплення штормової струбцини.

Проміжна скоба являє собою деталь коробчастого перетину із двома парами вушок на кінцях. Усередині кожної скоби змонтований механізм відцентрового обмежувача звису лопати.

Вертикальний шарнір утворять два вушка проміжної скоби, вушко цапфи осьового шарніра й палець, що установлений на двох голчастих підшипниках і двох бронзових кільцях.

Осьовий шарнір утворений з'єднанням цапфи й корпуса осьового шарніра. На хвостовику цапфи встановлені підшипники осьового шарніра:

два кулькових радіальних підшипники, які сприймають навантаження від згинального моменту, і один роликовий упорний підшипник, що сприймає навантаження від відцентрової сили. Корпус осьового шарніра виконаний у вигляді стакана, на днищі якого із зовнішньої сторони розташована гребінка з вушками для кріплення лопаті.

Важіль повороту лопаті одним кінцем жорстко кріпиться до корпусу осьового шарніра, а іншим шарнірно з'єднується з вертикальною тягою автомата перекосу.

Гідравлічний демпфер складається із циліндра, штока з поршнем і кришки. Циліндр демпфера шарнірно встановлений на кронштейнах цапфи осьового шарніра. Поршень має вісім пропускних клапанів, які відкриваються при досягненні перепаду тиску між порожнинами циліндра 20 кгс/см². Клапани встановлені так, що чотири перепускають рідина в одному напрямку, а чотири - у зворотному. У кришці гідро демпфера встановлений кульковий компенсаційний клапан, через який порожнини циліндра з'єднуються з компенсаційним бачком для відводу пухирців повітря й компенсації температурних змін обсягу рідини.

Механізм відцентрового обмежувача звису лопатей установлений на проміжній скобі й складається із противаги, пружини, тяги й собачки. Коли несучий гвинт не обертається, пружина втримує механізм у такому положенні, що упор собачки обмежує звис лопаті до 1°40′. При розкручуванні несучого гвинта під дією відцентрових сил противага відводить собачку й кут максимально можливого звису лопаті збільшується до 4°. При зменшенні частоти обертання несучого гвинта до 108 об/хв. (54,5%) внаслідок зменшення відцентрових сил противага починає зворотний рух і при частоті обертання несучого гвинта 95 об/хв. (50%) і менше пружина встановить противагу й собачку у вихідне положення.

Маятниковий гаситель вібрації встановлений на корпусі втулки й складається із кронштейна, маточини з п'ятьма рукавами й п'яти маятників, які з'єднані з рукавами маточини біфілярними підвісками. Кожна біфілярна підвіска являє собою два роликові сполучення вільно посаджені в отвори втулок маятників і маточини. Кронштейн кріпиться до втулки несучого гвинта п'ятьма порожніми болтами, через порожнини яких заливається масло в горизонтальні шарніри. Маточина кріпиться на кронштейні шпильками.

При відсутності вібрації маятники під дією відцентрової сили встановлюються в крайні положення. З виникненням вібрації маятники починають розгойдуватися й переміщатися поступально в протифазі з вібраціями втулки.

Маятниковий віброгасник забезпечує зниження амплітуди вібрації втри рази при масі віброгасника 90 кг (0,8% від нормальної злітної маси).

Лопать несучого гвинта

Лопать несучого гвинта суцільнометалевої конструкції має прямокутну форму в плані й складається з наступних елементів:
- лонжерона;
- візуального сигналізатора пошкодження лонжерона;
- нагрівальних елементів протиобмерзної системи;
- 21 відсіків;
- кінцевого обтічника;
- наконечника лопаті.

Лонжерон - основний силовий елемент лопаті, виготовлений з алюмінієвого сплаву АВ-Т1. Являє собою пустотілу балку із внутрішнім контуром постійного перетину, а зовні оброблену відповідно до заданого профілю. Усередині лонжерона, у його носовій частині, установлена противага, що складається з восьми сталевих брусків довжиною по 400 мм і масою по 1 кг кожного. Бруски покриті гумою, що забезпечує їхню щільну установку. Противага забезпечує необхідне поперечне центрування лопаті, що збільшує критичну швидкість виникнення флатера лопаті.

Внутрішня порожнина лонжерона герметично закрита кінцевою й комлевою заглушками. У кореневу заглушку закручений зарядний вентиль, через який лонжерон заповнюється стисненим повітрям до надлишкового тиску 0,25 - 0,8 кгс/см². Цей тиск необхідний для роботи візуального сигналізатора пошкодження лонжерона.

Візуальний сигналізатор пошкодження лонжерона встановлений в окоренковій частині лонжерона й складається із червоного циліндра з'єднаного із сильфонним чутливим елементом і дюралюмінієвим стаканом із прозорим ковпаком. Сильфон наповнений гелієм під абсолютним тиском 1,1 кгс/ см² і герметично запаяний.

У випадку появи в лонжероні тріщини або порушенні герметичності лонжерона, тиск у порожнині лонжерона вирівнюється з атмосферним. Силами пружності й внутрішнього тиску сильфон розтискається й виштовхує червоний циліндр у порожнину прозорого ковпака.

Нагрівальні елементи ПОС розташовані по всій довжині лопати й на 12% хорди. Вони являють собою тонкі стрічки з нержавіючої сталі, прокладені між шарами склотканини й приклеєні до них. Всі нагрівальні елементи розділені на чотири секції. При включеної ПОС кожна секція перебуває під струмом протягом 38,5 с., а в знеструмленому стані 115,5 с. Для захисту від абразивного зносу пакет з нагрівальними елементами покритий листовою гумою й, на ділянці від восьмого до двадцять першого відсіку, обкуттям з нержавіючої сталі.

Відсіки утворять хвостову частину лопати. Кожний відсік склеєний з обшивки, стільникового заповнювача, двох нервюр і хвостового стрингера. Відсіки приклеєні до полиць і задньої стінки лонжерона. Для запобігання

перетікання повітря, між відсіками встановлюються гумові вкладиші. На відсіках №16 і 17 установлені триммерні пластини, які використовуються при регулюванні соконусності лопатей несучого гвинта.

Кінцевий обтічник лопаті складається із двох частин. Передня частина кріпиться гвинтами й може зніматися для доступу до лампи контурного вогню й до пластин статичного балансування лопат.

Наконечник лопаті виготовляється зі сталі й кріпиться до окоренкової частини лонжерона болтами. Він призначений для кріплення лопаті до корпуса осьового шарніра.

Перевірка соконусності лопатей несучого гвинта

Перевірка й регулювання соконусності лопатей несучого гвинта провадиться в наступних випадках:
- після заміни лопатей НГ;
- після заміни втулки НГ;
- після заміни автомата перекосу;
- після заміни головного редуктора ВР-14;
- якщо є зауваження екіпажа на неякісний конус НГ.

Перевірка соконусності провадиться при швидкості вітру не більше 5 м/с. Вертоліт необхідно пришвартувати або завантажити до нормальної взльотної маси.

Кінці лопатей необхідно офарбувати різними фарбами, а на установці для перевірки соконусності закріпити аркуш білого щільного паперу, згорнутий у рулон (рулон повинен виступати над палицею не менш чим на 500 мм).

Замірити на всіх лопатях кути установки триммерних пластин і, якщо необхідно відігнути їх на кут 2° нагору від нижньої поверхні лопаті. Зробити попередню установку корпусів осьових шарнірів (довжина кожної вертикальної тяги автомата перекосу повинна бути дорівнює 380 мм).

Перевірка соконусності провадиться на трьох режимах.

Після прогріву двигунів на малому газі встановити перший режим: частота обертання НГ 45-70%, крок НГ 1°.

Після того, як кінці лопатей торкнуться паперу, зупинити двигуни й замірити розкид відбитків кінців лопатей. Припустимий розкид не повинен перевищувати 20 мм. При розкиді більше 20 мм необхідно зробити регулювання зміною довжини вертикальних тяг. Один оберт тяги змінює кут установки лопаті в середньому на 26 хвилин, що приводить до зміни положення кінця лопаті приблизно на 60-65 мм. Довжину вертикальних тяг автомата перекосу дозволяється змінювати в межах 380±5мм.

Після усунення не соконусності на першому режимі встановити другий режим: частота обертання НГ 95±2%, крок НГ 1 градус.

Заміряний розкид відбитків кінців лопатей не повинен перевищувати 20 мм. Регулювання соконусності провадиться відгином триммерних пластин. Відгин пластини на 1 градус змінює положення кінця лопаті на 20-25 мм. Кут відгину окремих пластин допускається змінювати в межах від 1 градуса вниз до 5 градусів нагору від нижньої поверхні лопаті. Замір величини кута відгину провадиться кутоміром по трьох перетинах триммерної пластини.

Після досягнення соконусності на другому режимі необхідно перевірити соконусность на третьому режимі. Для цього встановити частоту обертання НГ 95±2%, крок НГ 1 градус і виключити основну й дублюючу гідросистеми.

При виключеній гідросистемі жорсткість систем керування зменшується й при наявності неврівноважених сил на автоматі перекосу відбудеться зміна соконусності. Заміряний розкид відбитків кінців лопатей не повинен перевищувати 20 мм. Регулювання соконусності на третьому режимі провадяться також відгином триммерних пластин. Відгин пластини на 1 градус змінює положення кінця лопаті на 40-50 мм.

Після досягнення соконусності на третьому режимі необхідно повторити перевірку соконусності на першому й другому режимах.

Змащення шарнірів втулок несучого і рульового гвинтів

Відповідно до регламенту технічного обслуговування вертольота для змащення шарнірів несучих і кермового гвинтів застосовуються наступні сорти масла:

Вузол	Температура зовнішнього повітря	Сорт масла	Примітка
Горизонтальні й вертикальні шарніри НГ	від +50ºС до -15 ºС	масло для гіпоїдних передач	
	від +5 ºС до -50 ºС короткочасно (до 10 діб) до +10 ºС	СМ-9	наробіток на СМ-9 не більше 50% за ресурс
Осьові шарніри НГ і КГ	від +50 ºС до -50 ºС	В-12	
Гідро демпфери		АМГ-10	
Інші вузли		ЦИАТИМ-201	

Примітки:

1. При температурі зовнішнього повітря мінус 10ºС и нижче видалити змащення ЦИАТИМ-201 з осі собачки відцентрового обмежувача звису лопаті за допомогою рідини АМГ-10.
2. Суміш масел СМ-9 складається з 2/3 масла для гіпоїдних передач і 1/3 АМГ-10.

Експлуатація несучого гвинта

Під час огляду несучого гвинта необхідно перевірити:

1. Швартовку лопатей.
2. Герметичність шарнірів і гідро демпферів.
3. Рівень масла в компенсаційному бачку гідро демпферів.

Рівень АМГ-10 повинен бути меду міткою на плексигласовому ковпаку й корпусом бачка.

4. Стан елементів втулки. Корозія, деформація й тріщини не допускаються.
5. Стан контровки на болтових з'єднаннях елементів втулки.
6. Відсутність зрізу шпонок пальців горизонтальних і вертикальних шарнірів. Визначається по здвигу червоних міток на проміжній скобі й пальцях шарнірів.
7. Відповідність сорту масла в шарнірах температурі зовнішнього повітря. По запису в бортжурналі.
8. Відсутність льоду й снігу на лопатях.
9. Стан обшивки, триммерних пластин, нагрівальних елементів ПОС і кінцевих обтічників лопат.
10. Герметичність лонжеронів лопат. При виході червоного циліндра сигналізатора пошкодження лонжерона виконання польоту забороняється.

У польоті й на землі необхідно контролювати частоту обертання несучого гвинта.

Робоча частота обертання несучого гвинта складає:

- на режимі малого газу 45-70%
- на I крейсерському режимі (Nтк=97,5%)..... 95±2%
- на II крейсерському режимі (Nтк=95,5%) .....95±2%
- на номінальному режимі (Nтк=99%) .....95±2%
- на злітному режимі (Nтк=101%) .....93±1%
- на надзвичайному режимі (Nтк=101%) .....93±1%

Максимально припустима частота обертання несучого гвинта допускається не більше 20 з:

- 101% - на режимах роботи двигунів вище II-го крейсерського;
- 103% - на режимах роботи двигунів нижче II-го крейсерського;
- 108% - 2 рази за ресурс.

У польоті допускається короткочасне зменшення частоти обертання несучого гвинта:

- на перехідних режимах (не більше 30 с) до 88%;
- при відмові одного двигуна 4 рази за ресурс (не більше 10 сек щораз) до 80%;
- при посадці з "підривом" несучого гвинта з одним працюючим двигуном (не більше 5 с), 4 рази за ресурс двигуна до 75%.