

**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-2»

обов'язкових компонент освітньо-професійної програми
першого бакалаврського рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт
(Аеронавігація)

За темою № 6. Системи керування вертольотом

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 про керування вертольотом.
2. Призначення та конструкція автомату перекосу.
3. Призначення, ланцюги та конструкція ручного управління вертольотом.
4. Призначення, конструкція та експлуатація завантажувального механізму разом з електромагнітним гальмом.
5. Призначення, ланцюг та конструкція ножного керування.
6. Об'єднане керування загальним кроком несучого гвинта та двигунами.
7. Керування зупиненням двигунів, гальмом НГ.
8. Експлуатаційні обмеження у системах керування.

Рекомендована література:

Основна література:

1. Дерев'янка І. Г. «Конструкція і експлуатація вертолета Мі-2» Навчальний посібник. Кременчук: КЛК НАУ, 2019, -91с.
(<https://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>)
2. Керівництво з льотної експлуатації вертольоту Мі-2, Київ, 1996р.

Допоміжна література:

3. Дерев'янка І. Г. «Вертолiт Мі-2. Блок 1. Вертолiт та його системи.(категорiя В1.3). Конспект лекцiй», Кременчук: КЛК НАУ, 2015.
4. Романчук В. Н. , Красильников В.В. "Вертолiт Мі-2", Київ, 1997 - 238 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

5. <http://www.twirpx.com/files/transport/aircrafting/construction/helicopters/>

Текст лекції

1. Загальні відомості про керування вертольотом

Керування вертольотом у просторі здійснюється зміною величини й напрямку аеродинамічної сили несучого гвинта, а також зміною величини сили тяги кермового гвинта.

Зміна величини аеродинамічної сили НГ забезпечує вертикальне керування й здійснюється за допомогою важеля " крок-газ". Зміна напрямку аеродинамічної сили несучого гвинта забезпечує поздовжнє й поперечне керування й здійснюється за допомогою ручки циклічного кроку.

Зміна величини сили тяги кермового гвинта забезпечує шляхове керування й здійснюється за допомогою педалей.

Керування вертольотом здійснюється за допомогою наступних систем:

- системи об'єднаного керування загальним кроком несучого гвинта і двигунами;
- системи повздошно-поперечного керування;
- системи шляхового керування.

Крім цього для керування агрегатами вертольота використовуються наступні системи:

- система керування зупинкою двигунів;
- система керування гальмом несучого гвинта;
- система керування пожежними кранами.

Для зменшення навантаження на командні важелях у системах поздовжнього й поперечного керування, а також у системі керуванні загальним кроком несучого гвинта установлені гідропідсилювачі РП-35, які працюють за необоротною схемою. Навантаження на ручці циклічного кроку створюються штучно за допомогою пружинних механізмів завантаження.

На сталих режимах польоту ці зусилля знімаються електромеханізмами МП-100М.

Важіль " крок-газ" не має завантажувального механізму, замість нього застосовується фіксація важеля в будь-якому заданому положенні за допомогою зубчастого сектора.

Система шляхового керування виконана без гідропідсилювача.

2. Призначення та конструкція автомата перекоосу

Автомат перекоосу це механізм керування, що призначений для зміни величини й напрямку аеродинамічної сили несучого гвинта. Величина аеродинамічної сили несучого гвинта змінюється за рахунок зміни загального кроку лопат несучого гвинта. Напрямок аеродинамічної сили несучого гвинта змінюється за рахунок циклічної зміни кутів установки лопат несучого гвинта.

Автомат перекоосу включає наступні основні елементи:

- напрямна повзуна;
- повзун;
- кронштейн повзуна;
- кардан;
- тарілка автомата перекоосу;
- повідець;
- качалка поздовжнього керування;
- качалка поперечного керування.

Напрямна повзуна являє собою сталевий циліндр із фланцем для кріплення до корпусу головного редуктора. На зовнішній поверхні напрямної є шліци, які втримують повзун від провертання.

Повзун виконаний у вигляді циліндра. Усередині циліндра закріплені дві бронзові втулки і є шліци. Зовні повзун має фланець для кріплення кронштейна.

Кронштейн повзуна має дві осі, на яких монтується качалка поздовжнього керування й качалка поперечного керування. Крім цього в кронштейні повзуна закріплені три вушкових болти. До одного болта кріпитися важіль загального кроку несучого гвинта. І до двох болтів приєднуються тяги компенсаційної системи, що зменшує вплив зміни загального кроку на нахил тарілки автомата перекоосу.

Кардан являє собою два сталевих кільця, шарнірно з'єднаних між собою й з повзуном. Зовнішнє кільце кардана має два пальці, які з'єднуються з тягами поздовжнього й поперечного керування. Ці пальці зміщені щодо поздовжньої й поперечної осей вертольота на 25° проти обертання несучого гвинта, для того, щоб нахил конуса обертання лопат несучого гвинта збігся з відхиленням ручки керування.

Тарілка встановлена на зовнішнім кільці кардана на радіально-упорних шарикопідшипниках. Регульованими вертикальними тягами тарілка з'єднується з важелями повороту лопат.

Повідець передає обертання від корпусу втулки до тарілки.

ОСНОВНІ ДАНІ АВТОМАТА ПЕРЕКОСУ:

Хід повзуна $32+1$ мм.

Нахил тарілки автомата перекосу при нейтральному положенні ручки керування:

- уперед $0^\circ 40' + 6'$;

Максимальний нахил тарілки автомата перекосу:

- уперед $7^\circ + 12'$;

- назад $6^\circ + 12'$;

- уліво $5^\circ + 12'$;

- вправо $5^\circ + 12'$;

Кут випередження керування 25°

3. Призначення, ланцюги та конструкція ручного управління вертольотом

Керування загальним кроком несучого гвинта, потужністю двигунів і кутом установки стабілізатора здійснюється важелем " крок-газ", що за допомогою проводок керування з'єднується з повзуном автомата перекосу, з важелями подачі палива насосів-регуляторів двигунів і з важелем на лонжероні стабілізатора.

Для зміни частоти обертання несучого гвинта при заданому значенні загального кроку на важелі « крок-газ» є поворотна рукоятка корекції, що зв'язана тільки з важелями подачі палива насосів-регуляторів.

Для окремого випробування кожного двигуна без зміни загального кроку несучого гвинта на вертольоті є два важелі роздільного керування двигунами, які також з'єднуються тільки з важелями подачі палива насосів-регуляторів.

Агрегати системи об'єднаного керування

Система об'єднаного керування складається з:

- важеля " крок-газ";
- двох важелів роздільного керування двигунами;
- проводки керування загальним кроком Н.Г.;
- гідропідсилювача РП-35;
- двох проводок керування двигунами;
- проводки керування стабілізатором.

Важіль " крок-газ" установлений на двох кронштейнах з магнієвого сплаву. На лівому кронштейні закріплений зубчастий сектор, що дозволяє

фіксувати важіль " крок-газ" через кожні 24[/] значення загального кроку несучого гвинта. На важелі " крок-газ" установлені: поворотна рукоятка корекції, регульований фрикціон рукоятки корекції, гашетка керування фіксатором важеля " крок-газ", кнопка керування фарою й кнопка тактичного скидання вантажу із зовнішньої підвіски.

Важелі роздільного керування двигунами встановлені на загальному кронштейні з важелем " крок-газ". Кожний важіль у нейтральному положенні фіксується заскочкою, а в проміжних положеннях фіксується дисковим фрикціоном, що при переміщенні важеля створює зусилля 3-4 кгс.

Проводка керування загальним кроком несучого гвинта жорстка, складається з тяг і качалок. За шпангоутом №6 центральної частини фюзеляжу проводка виведена в редукторний відсік і з'єднана із золотником гідропідсилювача, шток якого пов'язаний з важелем загального кроку автомата перекоосу.

Гідропідсилювач РП-35 установлений на кронштейні позаду головного редуктора. Призначений для зменшення навантаження на важелі " крок-газ". Дві проводки керування двигунами жорсткі складаються з тяг і качалок. У шпангоута №3 носові частини фюзеляжу проводки через блок валів виведені у відсіки двигунів, де з'єднуються з важелями подачі палива насосів-регуляторів двигунів.

Проводка керування стабілізатором - змішаної конструкції, складається з тяги, сектора й тросів.

Вона з'єднує важіль загального кроку автомата перекоосу з важелем на лонжероні стабілізатора.

Експлуатація системи об'єднаного керування

Перед запуском двигунів перевірити роботу системи переміщаючи важіль " крок-газ" на повний діапазон ходу.

Після перевірки важіль " крок-газ" установити вниз на упор, рукоятку корекції повернути повністю вліво, важелі роздільного керування двигунами встановити в нейтральному положенні на засувки.

Під час прогріву двигунів перевірити роботу системи при включеній гідросистемі для цього злегка підняти й опустити 2-3- рази важіль " крок-газ". Рухи повинні бути плавними без заїдань. Перед рулюванням або зльотом рукоятку корекції необхідно встановити в крайнє праве положення.

При зльоті та в польоті важіль " крок-газ" необхідно переміщати плавно (зі швидкістю не більше 1° у секунду по УШВ-1).

При зльоті, посадці й висінні важіль " крок-газ" не фіксувати.

4. Призначення, конструкція та експлуатація завантажувального механізму разом з електромагнітним гальмом

Поздовжнє й поперечне керування вертольотом здійснюється за допомогою відхилення тарілки автомата перекоосу й відповідної зміни напрямку аеродинамічної сили несучого гвинта.

Система повздошно-поперечного керування складається з наступних елементів:

- лівої й правої колонок керування;
- проводки поздовжнього керування;
- проводки поперечного керування
- двох гідропідсилювачів РП-35;
- двох пружинних завантажувальних механізмів;
- двох електромеханізмів МП-100М.

Ліва й права колонки керування з'єднані між собою синхронізуючими тягами. Кожна колонка складається із кронштейна, траверси й ручки керування. До траверси приєднується проводка поперечного керування, а до ручки керування - проводка поздовжнього керування. У верхній частині ручки встановлюються: гашетка керування гальмами коліс із фіксатором стояночного гальмування й рукоятка із кнопками ("СПУ", "Радіо", "Аварійне скидання вантажу", "Перемикач тримерів").

Права ручка керування має шарнір з фіксатором для складання її в неробоче положення.

Проводка поздовжнього керування - жорстка, з'єднує ручку керування з качалкою поздовжнього управління автомата перекосу.

Проводка поперечного керування - жорстка, з'єднує ручку керування з качалкою поперечного управління автомата перекосу.

Герметичне введення обох проводок керування з вантажної кабіни у відсік головного редуктора здійснюється за допомогою агрегату поздовжнього, поперечного керування й керування загальним кроком, що встановлений у редукторному відсіку.

Гідропідсилювачі РП-35 установлені на спеціальному кронштейні позад головного редуктора. Працюють гідропідсилювачі за необоротною схемою, тобто сприймають все навантаження від несучого гвинта і на ручки керування нічого не передають. Силкові штоки гідропідсилювачів з'єднуються з автоматом перекосу через систему тяг і качалок, що усувають взаємозв'язок керування загальним кроком з повздошно-поперечним керуванням.

Пружинні завантажувальні механізми створюють позитивний градієнт зусиль на ручці керування й забезпечують почуття керування. Установлено завантажувальні механізми під підлогою між шпангоутами №1Ф и 2Ф. Кожний механізм складається із циліндра, двох штоків і двох пружин.

Електромеханізми МП-100М (тримери) призначені для зняття навантажень із ручки керування. Установлені під підлогою між шпангоутами №2Ф и 3Ф. Кожний електромеханізм складається з реверсивного електродвигуна, планетарного редуктора, роликової гвинтової пари, муфти гальмування й вузла кінцевих вимикачів. Керування електромеханізмами здійснюється за допомогою восьмипозиційного перемикача, установленного на ручці керування. Положення штоків електромеханізмів контролюється показниками УПЭС-21.

Експлуатація системи повздожньо-поперечного керування

Перед запуском двигунів необхідно:

1. Перевірити роботу системи переміщаючи ручку циклічного кроку на повний діапазон її ходу (тому що гідросистема не працює, то в системах керування будуть люфти на величину ходу золотника в гідропідсилювачі РП-35).

2. Перевірити керування трімерами, для чого:

- включити АЗС "Керування, поздовжнє, поперечне";

- перемикачем на ручці циклічного кроку перевірити роботу тримерів.

Правильність роботи керування трімерами перевіряти за показниками покажчика УПЭС-21 на приладовій дошці. Після перевірки трімер поздовжнього керування встановити на 0,5-1 ділення назад, а трімер поперечного керування на 0,5-1 ділення вправо.

3. Перевірити фіксацію правої ручки циклічного кроку.

Під час прогріву двигунів перевірити роботу системи при включеній гідросистемі, для чого плавно відхилити 2-3 рази ручку циклічного кроку вперед-назад і вправо - вліво на 1/3 ходи від нейтрального положення. Рухи повинні бути плавними без заїдань. У процесі рулювання для зупинки вертольота ручку циклічного кроку дозволяється відхиляти "на себе" на величину не більше 1/3-1/2 половини ходу від нейтрального положення.

Під час польоту забороняється виконувати віражі й розвороти із креном більше:

- 30° - на швидкостях польоту по приладу 60-180 км/годину.

- 20° - на швидкостях польоту по приладу 180-210 км/годину.

- 10° - на швидкостях польоту по приладу менш 60 км/годину.

Якщо в польоті при натисканні кнопки "ТРИММЕР" зусилля з ручки циклічного кроку не знімаються, то необхідно:

- виключити АЗС трімерів.

- при незначних зусиллях на ручці циклічного кроку продовжити політ.

- при значних зусиллях від механізмів завантаження зробити посадку на підібрану площадку.

5. Призначення, ланцюг та конструкція ножного керування

Шляхове керування здійснюється за допомогою зміни загального кроку кермового гвинта й відповідно величини сили тяги кермового гвинта.

Система шляхового керування складається з наступних елементів:

- педалей;

- проводки керування

- пружинного розвантажувального механізму

- гвинтового механізму.

Педалі паралелограмного типу можуть регулюватися по росту пілота в межах 106 мм перестановкою фіксатора в одне із трьох положень. Хід педалей ± 87 мм обмежується упорними гвинтами.

Проводка керування - змішаної конструкції. Від педалей до сектора - жорстка, а далі застосовані троси. Перехід від жорсткої проводки до тросового здійснюється за допомогою сектора, що встановлений на двох шарикопідшипниках на консольній осі. Консольна вісь закріплена в

кронштейні, що встановлений на шпангоуті №7Ф. Для регулювання натягу троси мають тандери, які встановлені під кожухом над хвостовою балкою. При відрегульованому керуванні натяг тросів повинне бути 40 ± 5 кгс (при температурі повітря $+15^{\circ}\text{C}$). Кінці тросів сталевим болтом з'єднуються із втулочно-роликівим ланцюгом, що перекинута через зірочку гвинтового механізму.

Пружинний розвантажувальний механізм призначений для зменшення зусиль на педалях. Установлений під підлогою кабіни пілота.

Гвинтовий механізм установлений на хвостовому редукторі й перетворює обертання зірочки в поступальний рух штока. Оскільки шток через підшипник пов'язаний з повзуном втулки кермового гвинта, то при обертанні зірочки будуть одночасно переміщатися шток і повзун з повідцем, змінюючи кути установки лопат кермового гвинта. При переміщенні лівої педалі вперед шток іде на випуск, крок лопат і відповідно тяга кермового гвинта зменшуються. При переміщенні правої педалі вперед шток іде на прибирання, крок лопат і тяга кермового гвинта збільшуються.

Експлуатація системи шляхового керування

Перед запуском двигунів перевірити роботу системи переміщення педалі на повний діапазон їхнього ходу. Після перевірки встановити педалі нейтрально.

Розвороти на висінні робити з кутовою швидкістю не більше 20° у секунду. Обертання при розвороті припиняти не менш чим за 3 сек.

Якщо вертоліт не реагує на відхилення педалей, значить ушкоджене шляхове керування. Необхідно продовжувати політ до найближчої площадки, придатної для безпечної посадки, збалансувавши вертоліт ковзанням. Посадку виконувати із пробігом.

Якщо вертоліт різко розвертається вліво й крениться вправо, значить, зруйнований привід кермового гвинта. Необхідно скинути загальний крок і перейти на режим самообертання несучого гвинта. Збалансувати вертоліт ковзанням і виконати посадку на обрану площадку. При відмові шляхового керування на режимі висіння біля землі негайно скинути крок і зробити посадку.

6. Об'єднане керування загальним кроком несучого гвинта та двигунами

Керування гальмом несучого гвинта здійснюється ручкою, що встановлена в кронштейні на підлозі кабіни пілота. Ручка тросовою проводкою з'єднується з важелем гальма несучого гвинта, що встановлений на головному редукторі.

Керування гальмом несучого гвинта заблоковано із системою запуску двигунів, що виключає запуск двигунів при загальмованій трансмісії. Блокування здійснюється кінцевим вимикачем, установленим на кронштейні

ручки. На кронштейні також закріплений зубчастий сектор, що забезпечує фіксацію ручки в будь-якому положенні.

Експлуатація системи керування гальмом несучого гвинта

Під час стоянки вертольота несучий гвинт повинен бути загальмований, тобто ручка керування гальмом повинна бути піднята повністю нагору.

Під час перевірки систем керування перед запуском двигунів гальмо НГ повинно бути розгальмований, тобто ручка керування гальмом НГ встановлена в нижнє положення.

Після вимикання двигунів не слід гальмувати НГ, якщо в цьому немає необхідності до повної його зупинки. Якщо ж після вимикання двигунів НГ довго не зупиняється, то зупинити його треба плавно, періодично, на короткий час, включаючи гальмо.

7. Керування зупиненням двигунів, гальмом НГ

Керування останом двигунів здійснюється двома ручками, які змонтовані на стельовій панелі. Ручки за допомогою жорсткої проводки керування з'єднуються з важелями останова на насосах-регуляторах двигунів.

Експлуатація системи керування останом двигунів

Під час перевірки систем керування перед запуском двигунів ручки керування останом двигунів повинні бути в нижньому положенні.

Під час запуску двигуна, через 2-3 секунди після натискання кнопки "ЗАПУСК", перевести ручку останова у верхнє положення. Останов двигуна провадиться переключенням ручки керування в нижнє положення. Нормальний останов двигуна провадиться з режиму малого газу. Перед останом двигуна необхідно остудити, працюючи на малому газі 1-2 хв. У зимових умовах час охолодження повинне скласти 2-3 хв. При остані переконавшись, що немає сторонніх шумів. При необхідності замірити час вибігу ротора турбокомпресора, що повинне бути не менш 25 сек.

В аварійних випадках двигун може бути зупинений ручкою останова з будь-якого режиму, без плавного зменшення режиму й охолодження його на малому газі.

8. Експлуатаційні обмеження у системах керування

Керування пожежними кранами паливної системи здійснюється двома ручками, які встановлені на підлозі кабіни пілотів. Ручки тросовою проводкою з'єднуються з пожежними кранами, які встановлені в одному корпусі із блоком фільтрів.

Експлуатація системи керування пожежними кранами

Під час перевірки систем керування перед запуском двигунів, після включення паливних насосів, відкрити пожежні крани, для цього ручки повинні бути встановлені в нижнє положення. Закривати пожежні крани необхідно тільки після повного остану двигуна при працюючому паливному насосі ЭЦН-75.

Зупинити двигун, закриваючи пожежний кран можна тільки у випадку відмови стоп-крана. У цьому випадку питання про подальшу експлуатацію

двигуна повинен бути погоджений із представником заводу-виготовлювача двигунів.

Під час стоянки вертольота пожежні крани повинні бути закриті, тобто ручки повинні бути встановлені у верхнє положення.