

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

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Пілотажно-навігаційні комплекси конкретних типів
повітряних суден»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***173 Авіоніка
(Авіоніка)***

**за темою № 7 - Основні характеристики та принцип дії курсової системи
ГМК-1А та системи автоматичного пілотування вертольоту
Мі-8МТВ**

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.23 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.23 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.23 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного
обладнання, протокол від 28.08.2023 № 1

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного
обладнання, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист
Стуцанський Ю.В.

Рецензенти:

1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії
авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.
2. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної
техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.

План лекції:

1. Загальні відомості про курсову систему ГМК-1А;
2. Елементи системи ГМК-1А;
3. Режим роботи ГМК-1А.

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті**Основна література:**

1. В.П.Харченко. Авіоніка. Навчальний посібник. К:НАУ. 2013.- 272с.
2. Авіаційні радіоелектронні системи / О.О.Чужа, О.Г. Ситник, В.М. Хімін, О.В. Кожохіна. – К.:НАУ, 2017. – 264с.
3. А.В.Скрипець.Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.:НАУ, 2003. – 396с.
4. Харченко В.П. Системи зв'язку та навігації : навч.посіб. / В.П. Харченко, Ю.М. Барабанов, М.А. Міхалочкін. – К. : НАУ, 2009. – 216 с.
5. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синеглазов, М.К. Філяшкін. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с.

Допоміжна література:

1. В.П. Бабак. Безпека авіації / В. П. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов та ін. –К. : Техніка, 2004. – 584 с.
2. Харченко В.П. Радіомаячні системи ближньої аеронавігації: навч. посіб. / В.П. Харченко, В.Г. Мелкумян, О.П. Сушич. – К.: НАУ, 2011. – 208 с.
3. Харченко В.П. Авіоніка безпілотних літальних апаратів / В.П. Харченко, В.І. Чепіженко, А.А. Тунік, С.В. Павлова]; за ред. В.П. Харченка. – К.: ТОВ «Абрис-принт», 2012.– 464с.
4. Конспекти лекцій з базової підготовки технічного персоналу згідно вимог Part-66, Part-147 (Модуль 3, 4, 5, 13, 14).

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. Системи індикації ПС. <https://studfiles.net/preview/6810198/page:28/>
2. Бортова система попередження зіткнень
http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/TM058196.htm
3. HELLI — TAWS http://www.fcs-modification.com/?go=news&n=6&new_language=0

Текст лекції

1. Загальні відомості про курсову систему ГМК-1А

Курсова система ГМК-1А призначена для визначення та вказівки магнітного або ортодромічного курсу вертольота і кутів розвороту вертольота.

При спільній роботі з радіокомпасом АРК-9 система служить для видачі магнітних (або справжніх) пеленгів і курсових кутів радіостанцій (КУР).

При роботі з автопілотом АП-34Б курсова система видає в автопілот сигнали курсу і кути відхилення вертольота від курсу.

Курсова система ГМК-1А працює з вимикачем корекції ВК-53РВ, який вимикає магнітну і горизонтальну корекцію курсової системи при розворотах вертольота.

В системі ГМК-1А не передбачена стабілізація зовнішньої рами гіроскопа і система не має електричного зв'язку з авіагоризонтом АГБ-3К. При нахилі і тангажі вертольота курс видається з карданної помилкою.

Залежно від розв'язуваних завдань і умов польоту курсова система може працювати в одному з режимів – гірополукомпаса (ГПК) або магнітної корекції (МК).

Основним режимом роботи системи є режим гірополукомпаса з періодичною корекцією його показань від магнітного коректора (корекційний механізм).

У комплект курсової системи ГМК-1А входять (рис.1):



Рисунок 1 – Комплект ГМК-1А

- пульт управління ПУ-26;
- гіроагрегат ГА-6;
- автомат узгодження АС-1;
- корекційний механізм КМ-8;
- індукційний датчик ИД-3;

- два показчика УГР-4УК.

Живлення ГМК-1А здійснюється постійним струмом напругою 27В від шини ВУ через АЗСГК-5 «ГМК-1» і змінним трифазним струмом напругою 36В частотою 400 Гц від генераторних шин 3 ~ 36 В 400 Гц через запобіжники ПМ-5.

Основні технічні дані:

1. Похибка системи в визначенні магнітного курсу $\pm 1,5^\circ$.
2. Похибка системи від відходу осі гіроскопа гіроагрегату при роботі його в режимі гірополукомпаса (ГПК) за 1 годину (в нормальних умовах) не більше $\pm 2,5^\circ$.
3. Швидкість узгодження в режимі магнітної корекції (МК):
 - нормальна швидкість 1,5 - 7 град / хв;
 - швидка швидкість не менше 6 град / с.
4. Час готовності до роботи:
 - в режимі МК не більше 3 хв;
 - в режимі ГПК не більше 5 хв.
5. Напруга живлення:
 - змінним трифазним струмом 36 В 400 Гц;
 - постійним струмом $27 \pm 2,7$ В.
6. Потужність, що споживається:
 - змінним струмом не більше 60 ВА;
 - постійним струмом не більше 25 Вт.

2. Елементи курсової системи ГМК-1А

Пульт управління ПУ-26. Пульт управління ПУ-26 слугує для:

- вибору режиму роботи – магнітної корекції МК або гірополукомпаса ГПК (на пульті режим «АК» означає астрономічна корекція та не використовується);
 - введення широтної корекції на гіроскоп від добового обертання Землі як в північній, так і в південній півкулі;
 - компенсації відходу гіроскопа в азимуті від його незбалансованості;
 - установки шкали показчика на заданий курс в режимі ГПК;
 - забезпечення великої швидкості узгодження;
 - підключення показчиків і споживачів сигналу курсу до гіроагрегату.
- Лицьова панель ПУ-26 наведена на рисунку 2.



Рисунок 2 – Лицьова панель пульта управління ПУ-26

На лицьовій панелі пульта ПУ-26 розташовані такі органи управління:

- перемикач широт СЕВ та ЮЖН (північна або південна півкуля Землі);
- світловий сигналізатор «Завал ГА» (завал гіроагрегату);
- перемикач режимів МК, ГПК, АК (режим АК може бути відсутній, та в будь-якому випадку не використовується);
- віджимний перемикач контролю 0 – КОНТРОЛЬ – 300;
- віджимний перемикач включення швидкого узгодження і завдання курсу ЗК (задатчик курсу);
- широтний потенціометр ШИРОТА. (на шкалі широтного потенціометра нанесені цифри, відповідні широт від 0 до 90°).

На лицьовій панелі пульта розташовані дві лампочки, що забезпечують підсвічування панелі червоним світлом. Пульт управління ПУ-26 встановлений в кабіні льотчиків на правій боковій панелі електропульту (рисунок 3).



Рисунок 3 – Розміщення ПУ-26 та АЗСГК-5 «ГМК-1» на Мі-8МТВ

Гіроагрегат ГА-6. Гіроагрегат ГА-6 служить для:

- усереднення і запам'ятовування курсу вертольота, що визначається індукційним датчиком (ми за допомогою ИД розвертаємо ГА);
- роботи в якості гірокомпаса;
- дистанційної видачі курсу і кутів відхилення від курсу на покажчики УГР-4УК і в автопілот АП-34Б.

Чутливим елементом приладу є курсовий гіроскоп з трьома ступенями свободи і горизонтальним розташуванням осі обертання. Гіроскоп прагне зберегти напрямок своєї осі в просторі (в азимуті) постійним. Ця властивість курсового гіроскопа покладена в основу принципу роботи гіроагрегату.

Гіроагрегат ГА-6 встановлено в кабіні льотчиків на лівій етажерці.

Зовнішній вигляд гіроагрегату ГА-6 наведений на рисунку 4.



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд ГА-6

Автомат узгодження АС-1. Автомат узгодження АС-1 призначений для:

- забезпечення режиму пуску, тобто при включенні живлення курсової системи відбувається автоматичне узгодження системи з великою швидкістю незалежно від режиму роботи (ГПК або МК) системи;
- включення і відключення швидкого узгодження при перемиканні системи з режиму ГПК в режим МК і наявності при цьому величини неузгодженості між гіроскопічним і магнітним курсів більш 2° ;
- відключення корекції по сигналу вимикача корекції ВК-53РВ;
- підсилення сигналу в системі «сельсин-датчик гіроагрегата – сельсин-приймач корекційного механізму».

Автомат узгодження АС-1 встановлений в кабіні льотчиків на лівій етажерці.

Корекційний механізм КМ-8. Корекційний механізм КМ-8 призначений для:

- зв'язку індукційного датчика ИД-3 з гіроагрегатом ГА-6;

- усунення четвертної і інструментальної похибок за допомогою лекального пристрою;
- введення магнітного відхилення;
- приведення в польоті магнітного курсу до ортодромічного.

У корекційному механізмі встановлені два сельсина: один служить для узгодження ротора цього сельсина з положенням чутливого елемента датчика ИД-3 щодо направлення горизонтальної складової магнітного поля Землі, другий - для передачі на гіроагрегат ГА-6 сигналів курсу, прийнятих з датчика ИД-3 і відкоригованих в корекційній механізмі за допомогою лекала і кремальєри.

Корекційний механізм КМ-8 розташований в кабіні льотчиків на лівій етажерці і зображений на рисунку 5.



Рисунок 5 – Лицьова панель КМ-8

Індукційний датчик ИД-3. Індукційний датчик ИД-3 служить для вимірювання напрямку горизонтальної складової магнітного поля Землі і, отже, визначення магнітного курсу вертольота, необхідного для корекції показань Гіроагрегат ГА-6 в азимут. Чутливим елементом датчика служать три феромагнітних зонда, розташованих в одній площині і складових три сторони рівностороннього трикутника. Усунення напівкруговій девіації здійснюється Девіаційна приладом, розташованим на кришці датчика. Датчик ИД-3 встановлено в хвостовій балці між шпангоутами №№ 6 і 7 на спеціальному дюралюмінієва кронштейні.

Показчик УГР-4УК. Показчик УГР-4УК (рис.6) є комбінований прилад, призначений для вказівки курсів, кутів розвороту вертольота, пеленгів і курсових кутів радіостанцій.

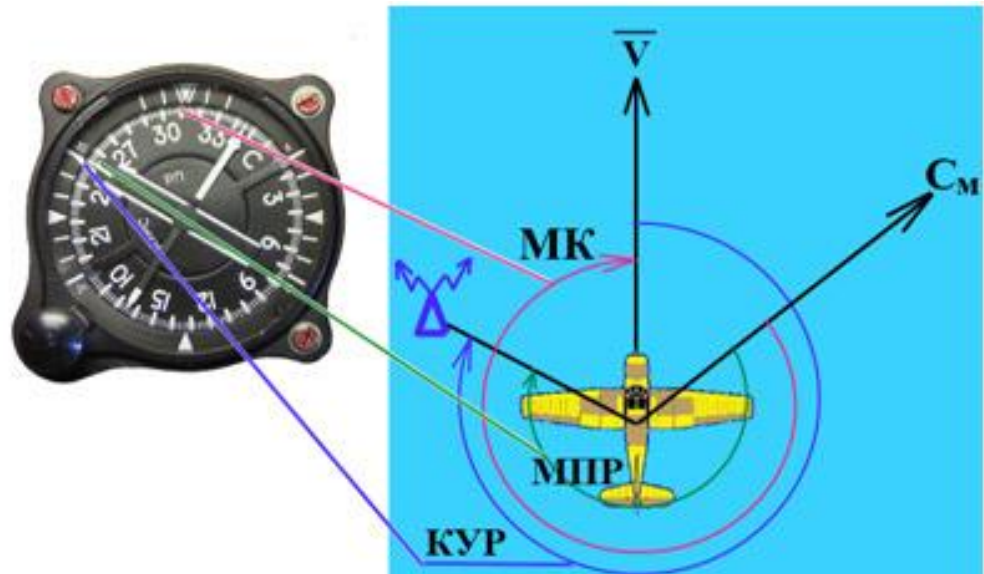


Рисунок 6 – Показчик УГР–4УК лицьова сторона приладу та схематичне позначення елементів шкал показчика

Показчик має дві шкали. За рухомий шкалою і трикутного індексу на нерухомій шкалі відлік курсу. За допомогою стрілки по рухомій шкалою відлічується пеленг радіостанції, а по нерухомій шкалі - відповідні курсові кути радіостанцій.

Показчики УГР-4УК встановлені на лівій і правій панелях приладів.

3. Режими роботи ГМК-1А

Курсова система ГМК-1А працює в одному з двох головних режимів:

- в режимі гірополукомпас (ГПК) – основному робочому режимі;
- в режимі магнітної корекції (МК) – резервному режимі.

Крім режимів ГПК і МК електрична схема курсової системи забезпечує роботу системи в допоміжних режимах:

- пуску;
- автоматичного узгодження;
- контролю;
- завдання курсу;
- аварійному.

Гірополукомпас. У режимі гірополукомпас (ГПК) основним датчиком курсу є курсової гіроскоп. Точність видачі курсу курсовим гіроскопом залежить від величини його доглядів в азимут.

Вільний гіроскоп без азимутальної корекції має «нібито відхід» через обертання Землі (при цьому в просторі гіроскоп нерухомий, а Земля обертається) і відходи, викликані наявністю моментів тертя в опорах карданного підвісу. Компенсація цих відходів здійснюється широтним компенсатором, розташованим в пульті управління ПУ-26.

У режимі ГПК сигнал курсу видається з сельсина-датчика гіроагрегату. Ротор сельсина-датчика гіроагрегату закріплений на вертикальній осі гіроскопа гіроагрегату, отже, буде прецесувати разом з нею.

Споживачам курсу буде видаватися гіроскопічний курс, скоригований широтним компенсатором.

Магнітна корекція. У режимі магнітної корекції (МК) сигнали магнітного курсу виробляються індукційним датчиком ІД-3 і надходять в корекційний механізм КМ-8. У корекційній механізмі в сигнал магнітного курсу вводяться поправки на магнітне схилення, девіацію і усуваються інструментальні похибки.

Скоригований сигнал магнітного курсу надходить в гіроагрегат ГА-6 для усереднення і «запам'ятовування».

Підсилення сигналів неузгодженості в системі сельсин-датчик гіроагрегату – сельсин-приймач корекційного механізму здійснюється підсилювачем автомата узгодження АС-1.

При розворотах вертольота з кутовий швидкістю більше $0,1 \dots 0,3$ град / с в автомат узгодження і гіроагрегат від ВК-53РВ надходять сигнали на відключення магнітної корекції. Сигнали курсу видаються споживачам з сельсина-датчика гіроагрегату ГА-6.

Пуск. У режимі пуску забезпечується автоматичне узгодження системи з великою швидкістю по магнітному курсу протягом 45 – 90с. з моменту включення системи не залежно від положення перемикача режимів (ГПК або МК).

Автоматичне узгодження. У цьому режимі автоматично включається швидка швидкість узгодження при перемиканні системи з режиму ГПК в режим МК при наявності в системі неузгодженості між гіроскопічним і магнітним курсами більше 2° .

Контроль. У режимі контролю здійснюється швидка комплексна перевірка роботи стежачь систем курсової системи шляхом відпрацювання двох курсів (0 і 300°), які утворюються при підключенні обмоток датчика ІД-3 в певному поєднанні до джерела постійного струму. Відпрацювання кутів 0° і 300° незалежно від положення датчика ІД-3 в азимуті.

Завдання курсу. Режим здійснюється перемикачем ЗК при роботі системи в режимі ГПК.

Аварійний режим. У разі відмови або несправності пульта ПУ-26 або гіроагрегаті ГА-6, але при справній стежачій системі «ІД-3 – КМ-8» в польоті можна користуватися шкалою корекційного механізму, яка буде давати свідчення з помилкою на четвертну девіацію і інструментальну похибку (не більше $\pm 5^\circ$).

Відлік показань за показчиком УГР-4УК

МК (ІК) – за внутрішньою рухомою шкалою проти верхнього трикутного індексу зовнішньої шкали.

КУР – за зовнішньою нерухомою шкалою проти «гострого» (білого) кінця стрілки АРК.

МПР (ІПР) – за внутрішньою рухомою шкалою проти «гострого» кінця стрілки АРК.

МПВ (ІПВ) - за внутрішньою рухомою шкалою проти «тупого» кінця стрілки АРК.

Експлуатація курсової системи (передпольотна підготовка)

Включення ГМК-1А:

1. Включити АЗС «ГМК-1».
2. Включити джерело постійного струму.
3. Включити основний перетворювач ПТ-500ц.
4. На пульті управління курсової системи поставити перемикачі в наступні положення:
 - перемикач режимів ГПК-МК в положення ГПК;
 - ручку «ШИРОТА» - на широту вихідного пункту маршруту;
 - перемикач півкуль «СЕВ–ЮЖН» - в положення «СЕВ» при польотах в північній півкулі або «ЮЖН» при польотах в південній півкулі;
 - натискні перемикачі «Контроль 0-300° і ЗК» знаходяться в нейтральному (не віджатому) положенні.
5. Встановити лічильник магнітного відхилення на коректувальному механізмі КМ-8 за допомогою кремальєри на нуль.
6. На правій бічній панелі верхнього електропульт включити вимикач «ГМК». При цьому протягом 45-90 с відбувається узгодження стежачих систем ГМК-1А по магнітному курсу і показчики УГР-4УК показують стояночний магнітний курс вертольота.

УВАГА! Перевірку працездатності системи виконувати через 5 хв після включення вимикача ГМК (тобто через 5 хвилин після запуску системи).

Перевірка працездатності системи в режимі ГПК

1. Перемикач режимів на пульті системи поставити в положення «ГПК».
2. Перемикач «ЗК» натиснути вліво. Шкали показчиків УГР-4УК повинні обертатися проти годинникової стрілки.
3. Перемикач «ЗК» натиснути вправо. Шкали показчиків УГР-4УК повинні обертатися за годинниковою стрілкою. Швидкість обертання шкал не менше 2 град / с.

Перевірка працездатності в режимі МК

1. Перемикач режимів поставити в положення «МК».

2. Перемикач «Контроль» встановити в положення «0». Показчики УГР-4УК і корекційного механізму КМ-8 повинні встановитися з великою швидкістю на значення $0 \pm 10^\circ$.
3. Перемикач «КОНТРОЛЬ» встановити в положення «300». Показчики УГР-4УК і корекційного механізму КМ-8 повинні встановитися на значення $300 \pm 10^\circ$ з великою швидкістю. При положенні перемикача «Контроль» «0» і «300» на пульті управління повинна спалахнути лампочка «Завал ГА», вказуючи на справність лампочки (свідчить тільки про те, що лампа справна).
4. Перемикач «Контроль» поставити в нейтральне положення. При цьому шкали показчиків і корекційного механізму повинні встановитися на значення стоянкового курсу вертольота з нормальною швидкістю. Для включення швидкої швидкості узгодження відхилити перемикач «ЗК» в будь-який крайнє положення.

УВАГА! У режимі МК нажимний тумблер «ЗК» використовується як кнопка швидкого узгодження системи (перед зльотом, після виконання тривалих розворотів, перед посадкою).

Експлуатація курсової системи в польоті

Перед вирулюванням на старт:

1. Встановити режим роботи ГПК.
2. Шкалу широтної корекції встановити на значення середньої широти ділянки маршруту.

На виконавчому старті:

1. Встановити вертоліт строго по осі ЗПС.
2. Переконатися, що УГР дає свідчення, рівні магнітного курсу осі ЗПС з точністю $\pm 1^\circ$. В іншому випадку за допомогою перемикача «ЗК» довести ці свідчення УГР до необхідних.

В польоті:

1. Встановити курс першої ділянки маршруту, рівний ортодромічному магнітному дорожнього кутку з урахуванням кута зносу (ОМПУ).
2. Стежити за установкою широти місця на пульті управління курсової системи (якщо широта польоту більше значення широти, встановленої на пульті управління, то при дотриманні курсу вертоліт має тенденцію ухилитися вправо, а при меншій - вліво).

На маршруті

Періодично перевіряти відповідність показань курсу за вказівниками УГР-4УК і КМ-8. Різниця показань не повинна перевищувати 2° . Якщо в польоті на

пульті ГМК-1А загориться біла лампочка «Завал ГА», то користуватися показчиками УГР-4УК забороняється.

В цьому випадку магнітний курс знімати по КМ-8 і компасу КІ-13.

При польотах з вантажем на зовнішній підвісці необхідно пілотувати вертоліт в режимі ЦПК, так як в режимі МК показчики УГР-4УК мають значні похибки більше 10 °.

Використання курсової системи в режимі МК і ГПК

Встановити режим МК, для чого:

1. після зльоту і набору висоти вивести вертоліт на вихідний пункт маршруту (ІПМ);
2. пройти над ІПМ з курсом проходження першої ділянки маршруту;
3. продовжуючи політ з цим курсом слідування, здійснювати ретельний контроль шляху по напрямку.

При підході до поворотного пункту маршруту (ППМ) на величину попередження розвороту, не змінюючи режиму роботи системи, розгорнути вертоліт на курс проходження наступної ділянки маршруту. Так здійснювати політ по всім наступним ділянках маршруту.

При необхідності отримання показань справжнього курсу по УГР-4УК необхідно ввести на КМ-8 величину магнітного схилення.

У польоті можливо перевірити справність ГМК. У режимі МК ця перевірка аналогічна перевірці на землі при передпольотної підготовки.

При розворотах вертольота з кутовий швидкістю 0,1-0,3 град / с індукційний датчик ІД-3 автоматично відключається від гіроагрегату ГА-6. Це виключає накопичення післявіражної помилки за час розвороту. Відключення магнітної корекції виробляє перемикач корекції ВК-53РВ. Після закінчення розвороту магнітна корекція автоматично відновлюється.

У режимі ГПК перевірку здійснювати наступним чином:

- встановити ручку «ШИРОТА» на значення широти місця перевірки;
- встановити перемикач режимів в положення «МК» і натиснути «ЗК» для узгодження з великою швидкістю;
- встановити перемикач режимів в положення «ГПК» і зробити відлік магнітного курсу по УГР-4УК, потім через 30 хв усталеного польоту по заданому курсу зробити вторинний відлік курсу. Різниця між першим і другим отсчетами курсу не повинна перевищувати $\pm 1,5^\circ$.

ПОПЕРЕДЖЕННЯ:

1. При перевірці ГМК-1А з допомогою перемикача «Контроль» при установці його в нейтральне положення і при включеному каналі напрямки АП буде відбуватися відхилення вертольота у напрямку (так як узгодження

відбуватиметься з нормальною швидкістю). Для запобігання цьому необхідно при перевірці ГМК вимкнути канал напрямки АП або ж відразу після відпрацювання кутів «0» «300» натиснути на ЗК для узгодження з великою швидкістю.

2. У всіх режимах роботи ГМК з великою швидкістю узгодження канал напрямки АП повинен автоматично переходити з режиму стабілізації в режим узгодження.