

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

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
навчальної дисципліни «Експлуатація авіаційного і радіоелектронного
обладнання : Вертоліт Мі-2»
обов'язковий компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***272 Авіаційний транспорт
(Аеронавігація)***

За темою № 3 Пілотажно – навігаційні прилади

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 авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023р № 1

Розробник:

Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, спеціаліст вищої категорії Хебда А.С.

Рецензенти:

1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.

2. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.

План лекції:

1. Пілотажно-навігаційні прилади
2. Гіроскопічні прилади.
3. Магнітний компас КІ-13.

Література:**Основна:**

1. Авіаційні радіоелектронні системи / О.О.Чужа, О.Г. Ситник, В.М. Хімін, О.В. Кожохіна. – К.:НАУ, 2017. – 264с.-
2. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов. – К. : НАУ, 2013. – 272 с.
3. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синеглазов, М.К. Філяшкін. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с.
4. Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.:НАУ, 2003. – 396с.

Допоміжна :

5. Єдині конспекти по АіРЕО Мі-2 на цикловій комісії.
6. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-2 - М.: Департамент повітряного транспорту, 1996.
7. Конспекти лекцій з базової підготовки технічного персоналу згідно вимог Part-66, Part-147 (Модуль 3, 13, 14)

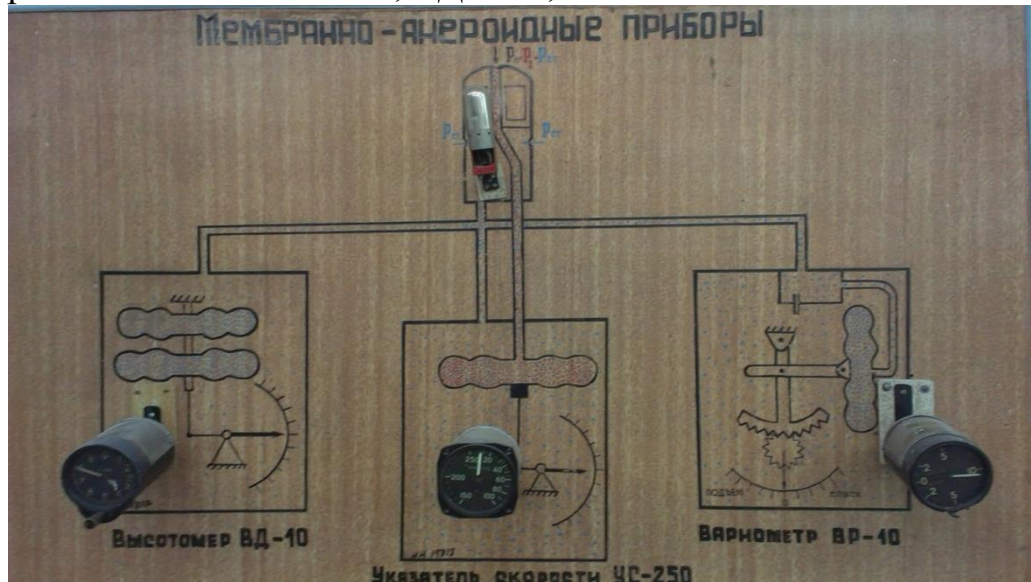
Інформаційні ресурси в Інтернеті:

8. Офіційний сайт Державної авіаційної служби України <https://avia.gov.ua/>
9. <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/aviaciya/vertolet-mi-2-2/>

1.Пілотажно-навігаційні прилади

Приймач повітряних тисків ПВД-6М.

Приймач ПВД-6М забезпечує подачу статичного і динамічного тиску в камери показників УС-250К, ВД- 10К, ВР-10К.



Система МАП Мi-2.

При польоті частина повітряного потоку гальмується у торця наконечника приймача. Внаслідок гальмування енергія руху повітря перетворюється в динамічний (надлишковий) тиск, величина якого пропорційна швидкості руху вертольота щодо повітря. В камері повного тиску встановлюється тиск, що дорівнює сумі динамічного і статичного тисків. Окремо статичний тиск потоку повітря відбирається через систему отворів, розташованих на циліндричній частині і досить віддалених від носової частини приймача.

Сприйняте приймачем повний (динамічний) і статичний тиск за допомогою трубопроводів підводиться до споживачів.

На вертольоті встановлено один приймач ПВД-6М. Приймач ПВД укріплений в кронштейнах, які виконані у вигляді герметичних камер відстійників, з'єднаних з динамічною та статичною системою ПВД. В нижніх точках відстійників в спеціальних отворах для видалення вологи вкручені гвинти з ущільнювальними шайбами.



трубка ПВД-6М

Для запобігання обмерзання всередині приймача ПВД-6М розміщений дистанційний пульт елемент, який включається АЗСом, встановленим на правому щитку електропульт.

Основні технічні дані ПВД-6М.

Сила струму, електроопалювальним елементом при 27 В	3,9А
Витрата повітря при підводі тиску 75 мм рт.	не більше 15
л / хв	
Опір ізоляції при нормальних умовах	не менше 20
МОм	
Герметичність динамічної та статичної камер при тиску 600 мм вод.ст. визначається зменшенням тиску на величину не більше 5 мм. вод.ст.
протягом 1 хв	

Правила користування ПВД-6М

Перед польотом зняти чохол з ПВД і перевірити: надійність кріплення ПВД-6М, відсутність пошкоджень, забруднень, чистоту входних отворів камер повного тиску, дренажного і статичного отворів.

Перевірити справність електрообігріву, для чого: включити АЗС «Обігрів ПВД», на правому електрощитку і натиснути на кнопку «Контроль обігріву ПВД». При справному обігріві загоряється зелене табло «Обігрів ПВД справний», а корпус приймача повинен нагрітися.

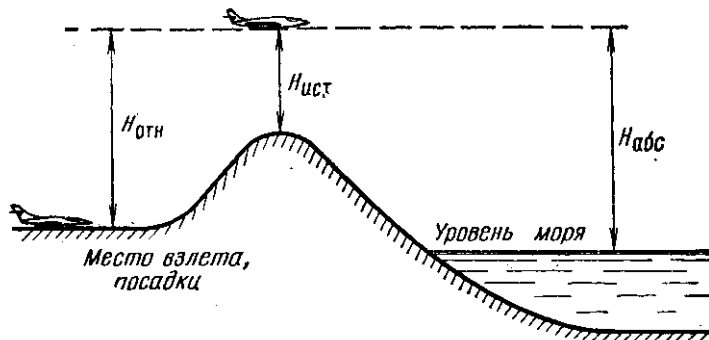
При стоянці вертольота включення обігріву ПВД-6М без обдування дозволяється на час не більше 60сек.

Висотомір ВД- 10К.

Прилади, призначені для вимірювання висоти польоту, називаються висотоміром.

Висота польоту - це відстань по вертикалі від ЛА до деякого рівня, прийнятого за початок відліку. Залежно від цього рівня розрізняють наступні

висоти: справжню, абсолютну і відносну. Справжня висота відраховується від поверхні, над якою пролітає ЛА, абсолютна висота $H_{абс}$ - від рівня моря, відносна висота $H_{отн}$ - від місця зльоту або посадки ЛА. Знання висоти необхідно для безпеки польоту, виконання завдань бомбометання, десантування, повітряного фотографування. Особливо точне вимірювання висоти польоту потрібно для виконання посадки літального апарату.



Класифікація висот в залежності від рівня вимірювання

Барометричний двохстрілочний висотомір ВД-10К призначений для визначення відносної висоти польоту гелікоптера (щодо місця зльоту, посадки або іншого пункту, в якому відомо барометричний тиск повітря), а також для витримування висоти при польотах по ешелонах.

Принцип дії висотоміра заснований на вимірюванні статичного тиску повітря, що оточує вертоліт.

Відлік висоти ведеться за показаннями двох стрілок на шкалі. Велика стрілка показує висоту в метрах, мала стрілка - в кілометрах.

На лицьовій стороні приладу є ручка кремальєри, за допомогою якої можна встановлювати стрілки приладу в нульове положення, якщо висоту польоту необхідно вимірювати щодо місця зльоту, або в положення, відповідне статичному тиску в місці посадки, якщо висоту польоту потрібно виміряти щодо кінцевого пункту польоту.

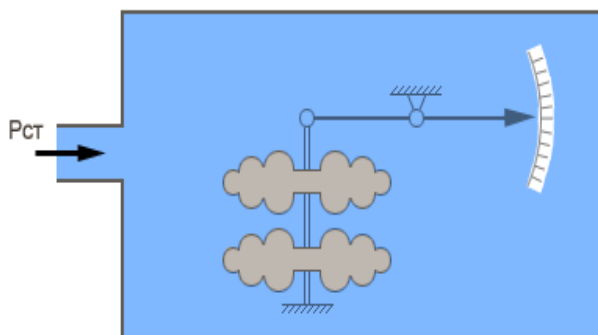
При польотах по ешелонах шкала тисків встановлюється на 760 мм.рт.ст.

Розрахунок приладу виконаний для умов стандартної атмосфери: тиск 760 мм рт.ст., температура $+15^{\circ}\text{C}$. В реальних умовах розрахункові дані не збігаються з дійсними, що викликає помилки в роботі приладу. Висотомір має інструментальні і методичні помилки.



Висотомір ВД-10К

ПРИНЦИП РОБОТИ ВД-10К



Чутливим елементом приладу є блок анероїдних коробок, залишковий тиск повітря в яких 0,15 - 0,2 мм рт.ст. У герметичний корпус висотоміра зі статичної камери ПВД підводиться статичний тиск. З підняттям на висоту тиск в корпусі приладу зменшується, що викликає деформацію анероїдних коробок. Через передавальний механізм

хід анероїдних коробок передається на стрілки приладу.

Інструментальні помилки

Інструментальні помилки виникають через недосконалість обробки деталей приладу, неточності зборки, регулювання, якості матеріалів, з яких виготовлені деталі приладу, знос деталей в процесі експлуатації.

Інструментальні помилки визначаються при перевірці висотоміра в лабораторних умовах на спеціальній установці. Допустимі похибки приладу від інструментальної помилки заносяться в спеціальну таблицю показань по ешелонах.

Поправочні таблиці вкладаються в спеціальні касети, встановлені на лівій бічній панелі електропульту і на кришці щитка запобіжників на правому борту кабіни пілотів.

Методичні помилки

Методичні помилки висотоміра ВД-10 виникають через недосконалість методу вимірювання, який покладено в основу принципу роботи приладу. Висотомір має три методичні помилки:

- 1) помилка через зміну атмосферного тиску у землі;

- 2) температурна помилка;
- 3) помилка через зміни рельєфу місцевості.

ТЕХНІЧНІ ДАНІ:

Діапазон висот 0- 10000м

Похибка 15 - 45м

Варіометр ВР-10К.

ПРИЗНАЧЕННЯ.

Служить для вимірювання вертикальної складової швидкості підйому або зниження вертольота, а також для контролю горизонтального польоту. При горизонтальному польоті стрілка варіометра повинна стояти на нулі, що свідчить про незмінність висоти польоту. При порушенні горизонтальності польоту стрілка приладу відхиляється від нульового положення.

Принцип роботи приладу заснований на вимірюванні перепаду тисків.

На лицьовій стороні приладу є юстувальний гвинт, який служить для установки стрілки на нуль при регулюванні приладу на землі.

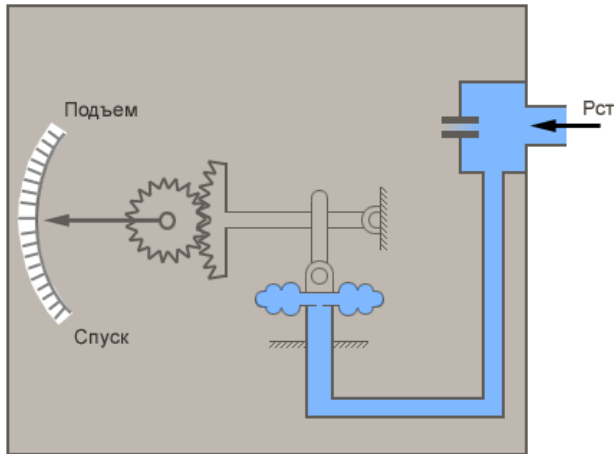
З'єднання приладу зі статичною системою ПВД здійснюється дюрітовим шлангом.



Варіометр ВР-10

ПРИНЦИП РОБОТИ ВР-10К

Дія варіометра заснована на вимірі перепаду тисків, що виникає внаслідок запізнювання зміни тиску повітря в герметичному корпусі приладу, з'єднаному з навколишньою атмосферою через капіляр діаметром 0,4 мм, в порівнянні зі зміною тиску в манометричній коробці приладу, з'єднаної зі статичною системою ПВД трубопроводом більшого діаметра.



Принцип роботи варіометра ВР-10

Показчик швидкості УС-250К.

ПРИЗНАЧЕННЯ.

Показчик швидкості УС-250К призначений для вимірювання поступальної швидкості вертольота щодо повітряного середовища.

Принцип роботи приладу заснований на вимірюванні різниці між повним і статичним тиском набігаючого потоку повітря.

На задній стінці корпусу показчика є два штуцери, один з яких з'єднується з системою повного тиску ПВД, а інший служить для приєднання до системи статичного тиску ПВД. Ці сполуки виконуються трубками з алюмінієвого сплаву за допомогою дюрітових шлангів.

Показчик швидкості має інструментальні, методичні та аеродинамічні помилки.

До кожного вказівника швидкості прикладається поправочний графік, що враховує інструментальні помилки, який розташовується в спеціальній касеті, закріпленій на профілі скління кабіни.

Показчик швидкості УС-250К має дві методичні помилки: помилки через зміни щільності повітря і температурну помилку. З підняттям на висоту щільність повітря зменшується, отже, на висоті показання приладу будуть менші, ніж у землі. Щільність повітря також змінюється зі зміною температури. При температурі вище $+15^{\circ}\text{C}$ показчик швидкості показує швидкість менше фактичної, а при температурі нижче $+15^{\circ}\text{C}$ прилад завищує свідчення швидкості.

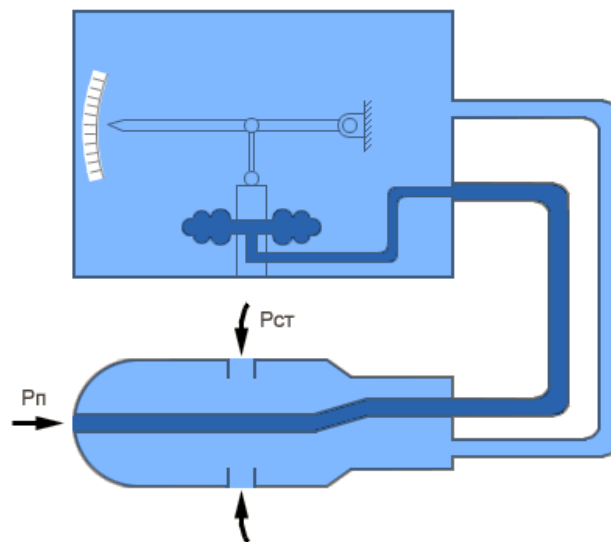
аеродинамічні помилки виникають через похибки сприйняття тиску приймачем повітряного тиску ПВД-6М внаслідок завихрень і спотворень повітряного потоку від елементів конструкції вертольота.



Показчик швидкості УС-250К

ПРИНЦИП РОБОТИ УС-250К

Дія приладу заснована на вимірі різниці між динамічним (повним) і статичним тиском повітря в польоті. Чуттєви елементом приладу є манометрична коробка, мембрана якої під дією повітря, що надходить під тиском, деформується і передає рух через виконавчий механізм на стрілку.

Принцип роботи
показчика швидкості

УС-250

ТЕХНІЧНІ ДАНІ:

Діапазон вимірювання 0- 250 КМ / ЧАС

Похибки 6 км / год

При знятому чохла ПВД і при відсутності вітру стрілка показника повинна бути проти нульової позначки з точністю 2 мм дуги шкали.

2.Гіроскопічні прилади

Авіагоризонт АГК-47ВК.

Авіагоризонт призначений для визначення і вказівки льотчику положення вертольоту в просторі відносно площини дійсного горизонту, напрямку і відносної величини кутової швидкості повороту вертольота, наявності та напрямку бічного ковзання.

ПРИЗНАЧЕННЯ.

Прилад складається з 3-х окремих приладів в одному корпусі:

Гіроскопічна система визначає просторове положення вертольота відносно площини горизонту.

Показчик повороту - визначає напрямок розвороту вертольота навколо вертикальної осі / вліво - вправо /.

Показчик ковзання - визначає наявність і напрямок ковзання вертольота.

Таким чином, авіагоризонт АГК - 47ВК дозволяє здійснювати пілотування в простих і складних метеоумовах.



Авіагоризонт АГК-47ВК

ПРИСТРІЙ І ПРИНЦИП РОБОТИ.

Гіроскопічна система являє собою 3-х ступеневою гіроскоп, ротором якого є ротор 3-х фазного електродвигуна змінного струму $\sim 36В$. Відлікова частина приладу складається з:

-Шкали поздовжніх кренів кільце з оцифруванням 2,4,6,8,10 ° ціною поділки.

-Шкали поперечних кренів 2 сектори по 45 °, ціна ділення 15 ° Силует літачок жорстко з'єднаний з гіроскопом. Лінія горизонту жорстко з'єднана з корпусом приладу, може переміщатися вгору-вниз лівої рукояткою.

Гіроскоп має аретир, який приводиться в дію правою рукояткою і дозволяє швидко привести гіроскоп в нормальне робоче положення.

Авіагоризонт складається з наступних основних вузлів: гіровузла, системи корекції, системи аретирування і шкали відліку.

Гіровузол є трифазним асинхронним електродвигуном змінного струму у якого статорна обмотка з'єднана зіркою, а ротор має коротко замкнуту обмотку типу «біляче колесо».

Головна вісь гіроскопа / вісь обертання ротора / завжди зберігає вертикальне положення по відношенню до Землі завдяки спеціальній маятниковій корекції, що дозволяє визначати положення вертольота відносно Землі.

ПРИНЦИП РОБОТИ заснований на головному властивості гіроскопа: зберігати положення своєї головної осі незмінним по відношенню до світового простору, незалежно від положення вертольота. Відлік кренів вертольота проводиться таким чином

ПОПЕРЕЧНИЙ КРЕН. При нахилі вертольота на якийсь кут / наприклад на 30° / шкала поперечних кренів разом з корпусом приладу також накренився на цей же кут .А силует-літачок накренився в ту ж сторону, але на кут в 2 рази більше завдяки спеціальній шестеренчатій передачі / 60° /. Таким чином, силует - літачок переміститься щодо шкали поперечних кренів на кут крену вертольота / 30° / і можна відрахувати кут дійсного крену вертольота.

ПОДОВЖНІЙ КРЕН. При позовжньому нахилі вертольота на якийсь кут / наприклад на 10° / корпус приладу з лінією горизонту повернуться на цей же кут / 10° / щодо гіроскопа зі шкалою позовжніх кренів який, завдяки його властивості, залишається на місці. В результаті, пілот побачить здається переміщення силуету-літачка зі шкалою позовжніх кренів щодо лінії горизонту на величину кута позовжнього крену-100.

ПОКАЖЧИК КОВЗАННЯ.

Являє собою вигнуту скляну трубку з чорним скляним кулькою, заповнену маслянистою рідиною. Працює на принципі фізичного маятника. На землі на кульку діє тільки сила тяжіння і кулька розташується в центрі, якщо напрямок сили тяжіння співпадає з вертикальною віссю вертольота. У польоті на кульку може додатково діяти відцентрова сила. При цьому кулька розташується у напрямку результуючої двох сил: сили тяжіння і відцентрової сили. При відсутності ковзання кулька буде знаходитися в центрі при наявності ковзання кулька буде зміщуватися від центру трубки в сторону ковзання.

ТЕХНІЧНІ ДАНІ.

Живлення $\sim U_3 = 36\text{В } 400\text{Гц}$

Лінійний струм 0,4А

Час готовності до роботи 3-5 хв

Обороти ротора гірогоризонта 20000-22000 об / хв

Гіроіндукційний компас ГІК-1.

ПРИЗНАЧЕННЯ.

Компас ГІК-1 є основним компасом на вертольоті і служить для визначення магнітного курсу, кутів розвороту вертольота і витримування заданого курсу. Спільно з радіокомпасом ГІК-1 дозволяє визначати радіо - навігаційні величини: КУР, МПР, МПС та ін.

КОМПЛЕКТ.

ІД - індукційний датчик / хвостова балка /.служить для вимірювання МК вертольота в вигляді 3-х електричних сигналів, які індукуються магнітним полем Землі в 3-х обмотках. Ці сигнали за величиною і фазі залежать від МК вертольота.

КМ -коррекційний механізм / радіовідсік /. Для автоматичного усунення четвертної девіації і інструментальних помилок.

Г-3М - гіроагрегат / радіовідсіку /. Являє собою 3-х ступеневий гіроскоп / 3-х фазний електродвигун / с горизонтально - розташованої головною віссю. Використовується в якості датчика курсу завдяки головному властивості гіроскопа зберігати положення своєї головної осі незмінним в світовому просторі незалежно від курсу вертольота.

У-6М-підсилювач / радіовідсік / Це 3-х канальний ламповий підсилювач, який служить для посилення сигналів 3-х стежать передач:

- ІД-КМ
- КМ-ГА
- ГА-УГР-1

КНОПКА / приладова дошка /. Вмикає швидкої швидкості узгодження стежить передачі Г-3М - УГР-1.

УГР-1-показчик / приладова дошка /. Складається з 2-х шкал, 2-х стрілок і КЗД - задатчика курсу.



Показчик УГР-1

Відлік основних величин:

-МК по внутрішній шкалі проти верхнього 3-кутного індексу

МПР-за внутрішньої шкалою проти гострого кінця стрілки радіокомпаса
 МПС-за внутрішньої шкалою проти тупого кінця стрілки радіокомпаса
 -КУР - по зовнішній шкалі проти гострого кінця стрілки радіокомпаса
 Ціна поділки шкал:

- внутрішньої - 2°

- зовнішньої - 10° / точний відлік КУР проводиться з використанням поділів внутрішньої шкали

ТЕХНІЧНІ ДАНІ .

Живлення 27В, \sim 3-ф 36В 400Гц

Час готовності до роботи 3мін

помилки:

МК - 2°

Кур-3,5 $^{\circ}$

Швидкість узгодження:

нормальна 1-5 $^{\circ}$ / хв

швидка 10 $^{\circ}$ / сек

ПРИНЦИП РОБОТИ .

Магнітний компас має ряд істотних помилок , що не дозволяє використовувати його в якості основного компаса. Було звернуто увагу на властивості гіроскопа. 3-х ступеневий гіроскоп з горизонтально розташованої головною віссю можна використовувати в якості датчика курсу завдяки його головному властивості. Але, в свою чергу, гіроскопічний датчик не може самостійно визначити магнітний курс вертольота. Крім того, гіроскопічний компас має один істотний недолік - удаваний догляд гіроскопа в азимут внаслідок обертання Землі. Очевидно, що при об'єднанні магнітного і гіроскопічного в одну систему отримаємо компас практично без помилок, так як недоліки одного компаса будуть компенсуватися перевагами іншого. В роботі ГМК-1 можна виділити 3-и режими:

Режим узгодження.

РЕЖИМ ПОГОДЖЕННЯ.

Перед включенням живлення показчик може показувати курс, який не збігається з дійсним курсом вертольота. Тому при включенні живлення показчик повинен узгоджуватися з дійсним курсом вертольота. Відбувається це в такий спосіб. Індукційний датчик вимірює МК вертольота і видає його на корекційний механізм. З корекційного механізму сигнал МК надходить на потенціометр гіроагрегата, з нього - на показчик. Таким чином, в передачі сигналу беруть участь 3 стежачі потенціометричних передач:

-ІД-КМ

- КМ-ГА

- ГА-УГР-1

Принцип роботи їх однаковий і полягає в наступному: при наявності неузгодженості підсилювач підсилює сигнал неузгодженості, який потім подається на мотор, який в свою чергу виробляє узгодження стежить передачі і зупиняється. Узгодження відбувається з нормальною швидкістю.

Для прискорення погодження натиснути на кнопку біля показчика - швидкість узгодження збільшиться до $10^{\circ} / \text{сек.}$, Що визначається по збільшенню швидкості обертання внутрішньої шкали показчика УГР-1. Коли шкала зупиниться, узгодження закінчилося, кнопку можна відпустити.

РЕЖИМ ПРЯМОЛІНІЙНОГО ТРИВАЛОГО ПОЛЬОТУ

При тривалому польоті гіроскоп Г-3М буде йти в горизонтальній площині внаслідок обертання Землі. Але ця похибка не позначиться на показчику, тому що індукційний датчик, видаючи сигнал МК, допоможе гіроскопу. В результаті УГР-1 буде показувати правильно МК вертольота.

РЕЖИМ РОЗВОРОТУ

В цьому режимі необхідно зробити так, щоб на показчик працював тільки гіроскоп Г-3М, а індукційний датчик необхідно відключити, щоб він не вніс помилки при розвороті. Це завдання виконує вимикач корекції ВК-53РБ, який відключає індукційний датчик від гіроагрегат при кутовий швидкості вертольота $0,1 - 0,3^{\circ} / \text{сек.}$ Так як час розвороту невелике, то вплив обертання Землі на гіроскоп буде незначним - 1° за 1 хв. розвороту. Після розвороту вимикач корекції знову підключить індукційний датчик до гіроагрегат.

Таким чином, завдяки гіроскопа вдається точно виміряти кут розвороту в горизонтальній площині.

3.Магнітний компас КІ-13.

Магнітний рідинної авіаційний компас КІ-13К використовується на вертольоті в якості дублюючого приладу для вимірювання і витримування компасного курсу.

Принцип дії компаса заснований на взаємодії постійних магнітів компаса з магнітним полем Землі (властивість вільно підвішеною системи магнітів встановлюватися в площині магнітного меридіана).

Компас має чутливий елемент, що складається з двох постійних магнітів, закріплених на картушці. У корпусі компаса закріплена колонка з пружинкою і підп'ятником, в який впирається керн картушки. Коливання картушки гасяться лігроїном, залитим в корпус компаса. Знизу компаса кріпиться девіаційний пристрій для усунення напівкруговій девіації.

Шкала розетка компасу - рівномірна, з ціною поділки 5° і оцифруванням через 30° . Два основних курсу «Північ» і «Південь» відзначені відповідно «С» і «Ю».

Компас встановлений на каркасі ліхтаря кабіни льотчиків. Для обліку в процесі експлуатації похибок в показаннях (залишкова девіація) до компасу прикладена поправочна таблиця, яка закладається в касету, закріплену на профілі скління кабіни льотчиків.



Компас KI-13K

Основні технічні дані KI-13K

Інструментально-шкалова похибка компаса (без девіаційного пристрою)	$\pm 1^\circ$
Кут застою картушки без постукування	не більше 1°
Власна девіація компаса на курсах «С», «90», «Південь», «270»	не більше $\pm 2,5^\circ$
Час повного заспокоєння картушки в діапазоні температур від +50 до -60°C	не більше 17°
Крен вертольота, при якому конструкція компаса забезпечує його нормальну роботу	не більше 17°