

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

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Навігація (радіобнавігація)»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Аеронавігація

за темою №3.2 – «Пілотажно-навігаційний комплекс вертольота»

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.21р. № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 22.09.21р. № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.21р. № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації_протокол від 10.09.2021
№2

Розробник: викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст вищої категорії,
викладач – Журід В.І.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, викладач-методист Тягній В.Г.
2. Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф.

План лекції.

1. Завдання, склад та структура пілотажно - навігаційних комплексів (ПНК)

Рекомендована література:

Основна література

1. Чорний М.А. Повітряна навігація. М., Транспорт, 1991, 432 с.
2. Марков В.І. Аеронавігаційне забезпечення польотів на міжнародних повітряних лініях. Кіровоград, 2004, 320 с.
3. Кисельов В.Ф. Довідник пілота та штурмана ЦА. М., Транспорт, 1988, 319 с.
4. Луцький Ю.С. Конспект лекцій з повітряної навігації. Кременчук, 1994, 142 с.
5. Луцький Ю.С. Повітряна навігація. Кременчук, 2001, 128 с.

Допоміжна література

6. Лопатніков Ю.І. Застосування навігаційного комплексу вертольота Мі-26, Кременчук, 1990, 100 с.
7. Старков Н.В. Застосування навігаційного комплексу вертольота Мі-8МТВ. Кременчук, 1996, 158 с.
8. Миронович М.В. Льотна експлуатація навігаційного обладнання вертольота Ка-32. Кременчук, 2002, 85 с.
9. Положення про використання польотного простору України.
10. Правила польотів ПС в повітряному просторі України.
11. Наказ Міністерства транспорту України № 283 від 16.04.2003 р.
12. Наказ Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації № 295 від 28.04.2005 р.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

13. uksatse.ua
14. youcontrol.com.ua

Текст лекції

1. Завдання, склад та структура пілотажно - навігаційних комплексів (ПНК)

Під пілотажно-навігаційним комплексом (ПНК) розуміється сукупність датчиків інформації, систем обробки та відображення інформації, систем управління, призначених для пілотування і навігації літального апарату. Авіаційній навігацією називається той розділ навігації, в якому розглядається розділ водіння літаків і вертольотів з однієї точки земної поверхні в іншу за певними просторово-часовими траєкторіями.

Пілотажно-навігаційні комплекси по складності і багатofункціональності відносяться до категорії великих інформаційно-керуючих систем. Залежно від точності виконуваних завдань, надійності, кількості автоматизованих функцій і

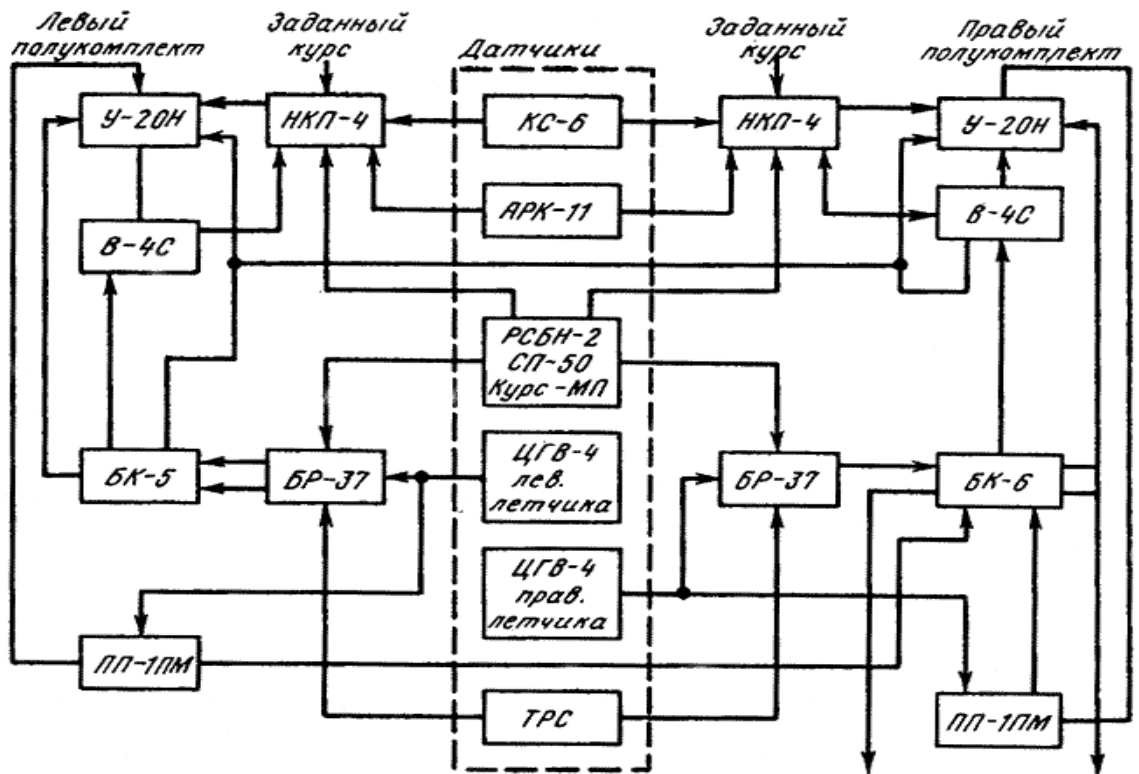
завантаженості екіпажу пілотажно-навігаційні комплекси ділять на ряд груп: ПНК-1 - умовно ПНК першого випуску (наприклад, на Іл-62), ПНК-2 - умовно ПНК другого випуску (наприклад, на Ту-144) і т. д.

За допомогою ПНК здійснюються:

- стабілізація і індикація кутового положення ЛА;
- стабілізація швидкості, числа М, вертикальної швидкості (для ПНК-2);
- контроль і індикація відхилень від глісади, керуючих (командних) сигналів;
- контроль і сигналізація гранично допустимих параметрів руху і положення ЛА;
- підказка дій екіпажу, при виникненні певних ситуацій в польоті (для ПНК-2);
- програмне Траєкторні управління ЛА в районі аеродрому та по маршруту;
- визначення і індикація поточних значень координат місця ЛА, швидкості польоту, моментів зміни режимів польоту;
- корекція числення координат місця Л А по РСБН, РСДН, по астрокорректору, по РЛС;
- реєстрація пілотажно-навігаційних параметрів, передача пілотажно-навігаційної інформації за запитом наземних КП УВС (для ПНК-2), а також обмін пілотажно-навігаційної інформацією з іншими ЛА і наземними КП (для ПНК-2).

До складу ПНК входять: інерціальні системи навігації (для ПНК-2); доплерівські вимірювачі шляховий швидкості і кута зносу (ДІСС); системи повітряних сигналів (типу СВС, ЦВС); курсові та інерціальні системи (типу КС, ТКС, МІС, ІКВ, ВКВ); радіотехнічні системи ближньої навігації (РСБН); радіотехнічні системи далекої навігації (для ПНК-2); автопілот або автоматичні системи управління; бортові аналогові (для ПНК-1) або цифрові обчислювальні машини (для ПНК-2); апаратура вбудованого контролю працездатності ПНК і його систем в польоті.

Представлена структурна схема пілотажно-навігаційної системи типу «Шлях-МПА», наочно показує основну взаємозв'язок між окремими блоками комплексу.



Структурна схема пілотажно-навігаційної системи типу «Шлях-МПА»: До її складу входять: У-20Н - підсилювач; По-4С - обчислювач; БК-5 - блок комутації; НКП-4 - навігаційно-курсової прилад; БР-37 - блок реле; КС-6 - курсова система; АРК-11 - автоматичний радіокомпас; РСБН-2 - радіосистема ближньої навігації і посадки; СП-50 - система посадки; Курс-МП - бортове обладнання системи посадки; ЦГВ-4 - центральна Гіровертикаль; ТРС - тумблер розлучення стрілок; ПП-1ПМ - пілотажний прилад.

Принцип роботи цієї системи полягає в тому, що з датчиків курсової системи КС-6, автоматичного радіокомпаса (АРК-11) і радіосистема ближньої навігації і посадки (РСБН) надходить інформація на навігаційно-курсової прилад (НКП-4), який в свою чергу отримує інформацію про заданому курсі від пілотів і автоматичних систем. Отримані сигнали приладом НКП-4 посилюється приладом У-20Н і обробляються обчислювачем В-4С і надходять знову на навігаційно-курсової прилад, який вже відображає кінцевий результат. Так само на НКП надходить інформація з центральної гіровертикалі ЦГВ-4 і пілотажного приладу ПП-1ПМ. Дана система дублюється для двох льотчиків, що видно на структурній схемі.

На літаках встановлюються різні навігаційні автомати і системи, що допомагають пілоту вести літак по заданому маршруту і виконувати предпосадочное маневрування. Деякі системи повністю автономні; інші вимагають радіозв'язку з наземними засобами навігації.

Існує ряд різних електронних систем повітряної навігації. Всеспрямовані радіомаяки - це наземні радіопередавачі з радіусом дії до 150 км. Вони зазвичай визначають повітряні траси, забезпечують наведення при заході на посадку і служать орієнтирами при заході на посадку за приладами. Направлення на

всеспрямований радіомаяк визначає автоматичний бортовий радіопеленгатор, вихідна інформація якого відображається стрілкою покажчика пеленга.

Основним міжнародним засобом радіонавігації є всеспрямовані азимутальні радіомаяки УКВ-діапазону VOR; їх радіус дії досягає 750 км. Такі радіомаяки використовуються для визначення повітряної траси і для предпосадочного маневрування. Сучасні ЛА працюють також з радіомаяками систем інструментальної посадки повітряних суден - ILS, СП-50. Інформація VOR відображається на Плановий навігаційний прилад (ПНП) і на індикаторах з обертається стрілкою.



Міжнародна радіотехнічна система ближньої навігації VOR



Систем

а ILS забезпечує заходження на посадку і посадку літаків

Апаратура VIM-95 призначена для роботи з радіомаяками системи ближньої навігації - VOR і радіомаяками систем інструментальної посадки повітряних суден - ILS, СП-50. Видає інформацію про азимут на радіомаяк VOR і відхилення від ліній курсу та глісади зниження при посадці по системам ILS і СП-50 як в цифровий, так і в аналоговій формі, а так само сигнали проходження маркерних маяків.



Приладовий комплекс-VIM-95

До складу VIM-95 входять курсової, гліссадну і маркерний приймачі. Він належить до нового покоління бортовий навігаційно-посадкової апаратури. У порівнянні з попередньою вітчизняної моделлю апаратури VOR & ILS (Курс-МП-70) обсяг і маса VIM-95 зменшилися в 3 рази. Апаратура має розгалужений вбудований контроль, що дозволяє провести перевірку приймача безпосередньо на борту повітряного судна. Управляється цифровими сигналами, як централізовано, так і від власного пульта управління

Міжнародна радіотехнічна система ближньої навігації DME забезпечує визначення похилій дальності ЛА до радіомаяків DME, розташованих у всіх регіонах земної кулі. Система може експлуатуватися окремо від системи VOR, забезпечуючи одночасне визначення похилій дальності ЛА до декількох радіомаяків DME.



Міжнародна радіотехнічна система ближньої навігації DME.



Радіодалекомір СДК-67

Основні комплекси, системи навігації DME: СД-67А, СДК-67А, СД-75М, ВНД - 94, DME / P-85.

Радіодалекомір СДК-67А є бортовий частиною далекомірного обладнання системи DME (TAKAN).

призначений:

- для безперервного вимірювання і індикації відстані між повітряним судном та наземними радіомаяками DME / N, DME / P в режимі IA, TAKAN в кілометрах або морських милях;
- для вимірювання похилої дальності до маяків DME / N, DME / P в режимі IA, TAKAN;
- видачі тимчасового інтервалу в апаратуру РСБН; видачі сигналів розпізнавання звукової частоти в літакове переговорний пристрій.

Для спільної роботи з маяками VOR замість відповідача DME зазвичай встановлюють наземне обладнання системи TACAN. Складова система VORTAC забезпечує можливість визначення азимуту за допомогою всепрямованого маяка VOR і дальності за допомогою далекомірного каналу TACAN.

Система посадки за приладами - це система радіомаяків, що забезпечує точне наведення літака при остаточному заході на посадкову смугу. Курсові посадочні радіомаяки (радіус дії близько 2 км) виводять літак на середню лінію посадкової смуги; глісадні радіомаяки дають радіопотік, спрямований під кутом близько 3° до посадочної смуги. Посадковий курс і кут глісади представляються на командному авіагоризонт і ПНП. Індокси, розташовані збоку і внизу на командному авіагоризонт, показують відхилення від кута глісади і середньої лінії посадкової смуги. Система управління польотом представляє інформацію системи посадки за приладами за допомогою перехрестя на командному авіагоризонт.

Система забезпечує визначення азимуту і похилій дальності літака щодо радіомаяків РСБН з більшою точністю в порівнянні із зарубіжними системами VOR і DME. Російська радіотехнічна система інструментальної посадки літаків ПРМГ дециметрового діапазону радіохвиль є основною системою посадки російських військових літаків.

*Бортова апаратура
ближньої навігації і посадки
РСБН-85*



РСБН-85 визначає і видає навігаційні параметри розташування для: польоту повітряного судна (ПС) за маршрутом, приводу в задану точку і заходу на посадку.

Комплекс РСБН-85

Бортову апаратуру ближньої навігації і посадки РСБН-85 вигідно відрізняє її універсальність:

- вона придатна для всіх видів нових повітряних суден і для модернізації обладнання ЛА, що знаходяться в експлуатації;
- може входити в будь-який комплекс навігаційної апаратури, як аналоговий, так і цифровий;
- може використовуватися з власним пультом управління і без нього.

РСБН-85 забезпечує кращі технічні характеристики, менше енергоспоживання і значно менші габарити і масу блоку в порівнянні з експлуатованими на ЛА аналогами. Встановлено і успішно експлуатується на літаках і вертольотах різних відомств.

СВЧ-система забезпечення посадки - це точна система наведення при посадці, що має радіус дії не менше 37 км. Вона може забезпечувати візит по ламаній траєкторії, по прямокутної «коробочці» або за прямим (з курсу), а також із збільшеним кутом глісади, заданим пілотом. Інформація представляється так само, як і для системи посадки за приладами.

Управління повітряним рухом (УВС) - це система і процес, що забезпечують порядок і безпеку польотів в диспетчерському повітряному просторі і обмін інформацією між авіадиспетчерами і екіпажами повітряних суден з використанням ЕОМ і радіонавігаційних засобів. Управління повітряним рухом (УВС) знаходиться в компетенції держави.

Автоматичне залежне спостереження (АЗН) - метод спостереження за ВС, відповідно до якого ВС автоматично представляє по лініях передачі даних конкретного або будь-якому споживачеві (наземному або бортовому) інформацію про своїх координатах, параметри руху і найближчих намірах (наступному пункті маршруту і заданій висоті).



Автоматичне залежне спостереження (АЗН)



Комплекс АЗН-В (S)

АЗН є однією зі складових концепції ІСАО розвитку системи організації повітряного руху CNS / ATM.

Система автоматичного спостереження на основі S-режиму АЗН-В (S)

АЗН-В (S) забезпечує служби УВС ідентифікаційними даними і координатно-часовими параметрами повітряного судна; надає навколишнім повітряним судам (ВС) інформацію про своє місцезнаходження для своєчасного взаємного виявлення і безпечного маневрування в повітрі і на землі; уможливорює планування безпечного власного маршруту на основі отриманої координатно-часової інформації від оточуючих ВС, даних наземного спостереження (TIS-B) і бортових координатно-часових датчиків (GNSS і ін.).

Радіонавігаційні системи «Омега» і «Лоран», використовуючи мережу наземних радіомаяків, забезпечують глобальну робочу зону. Обидві системи допускають польоти по будь-якому маршруту, заданій пілотом. «Лоран» застосовується також при заході на посадку без використання засобів точного заходу.

Командні пілотажно-навігаційні системи. Командні пілотажно-навігаційні системи (ПНС) за допомогою обчислювального пристрою забезпечують логічну і математичну обробку сигналів декількох датчиків (систем) і формування результуючого командного сигналу, що видається на показує прилад (НКП, КПП, НВП, ПП). Командний авіагоризонт, ПНП і інші прилади показують місце розташування літака, маршрут і шляхову швидкість, а також курс, відстань і розрахунковий час прибуття для обраних шляхових точок. Техніка пілотування по таких приладів, званим командними, полягає в тому, що, відхиляючи рукоятку управління пропорційно відхиленню командних стрілок, тримати ці стрілки поблизу центрального індексу в межах гуртка.

Основними типами ПНС є: "Шлях-4" ("Шлях-4М", "Шлях-4МПа"), "Привід" ("Привід-АН", "Привід-В," Привід-С ", "Привід-ЕК " , "Привід-АНД" і ін.).

Їх функції: політ за маршрутом, привід до аеродрому, політ на заданій висоті і по заданому курсу, пробивання хмарності (для ПНС "Привід"), захід на посадку без автоматичного (для ПНС типу "Шлях") і з автоматичним захопленням глісади (для ПНС "Привід"), побудова коробочки і ін.

Датчики сигналів для ПНС: КС-6, ЦГВ-1, АГД-1, АРК-11, РСБН-2С. Спільно з ПНС працюють: СП-50, маяки системи VOR / ILS, НІ-50БМ, АП-28, АП-15, НВУ, "Звід" і ін.

Індикація параметрів положення і руху ЛА на показчиках ПНС. На комбінованих показчиках типу КПП, НВП, ПП, НКП, ПКП забезпечують індикацію крену g команди по крену d_e , Тангажу n , команди по тангажу d_b відхилення від глісади x , курсу y , заданого курсу y_a , Курсового кута радіостанції $g_{\text{КУРЕЙ}}$, Відхилення від заданої лінії шляху e , відхилення від заданого курсу Dy_3 , Пеленга радіостанції $g_{\text{МП}}$, ковзання b і ін.

Плановий навігаційний прилад (ПНП) показує курс, відхилення від заданого курсу, пеленг радіонавігаційної станції і відстань до цієї станції. ПНП є комбінованим індикатор, в якому об'єднані функції чотирьох індикаторів - курсопоказника, радіомагнітні індикатора, індикаторів пеленга і дальності. Електронний ПНП з вбудованим індикатором карти дає кольорове зображення карти з індикацією справжнього місця розташування літака щодо аеропортів і наземних радіонавігаційних засобів. Індикація напрямку польоту, обчислення повороту і бажаного шляху польоту надають можливість судити про співвідношення між істинним місцем розташування літака і бажаним. Це дозволяє пілоту швидко і точно коригувати шлях польоту. Пілот може також виводити на карту дані про переважаючих погодних умовах.

Інерціальна навігаційна система і інерціальна система відлікує повністю автономними комплексами Але обидві системи можуть використовувати зовнішні засоби навігації для корекції розташування. Перша з них визначає і реєструє зміни напрямку і швидкості за допомогою гіроскопів і акселерометрів. З моменту зльоту літака датчики реагують на його рухи, і їх сигнали перетворюються в інформацію про місцезнаходження. У другій - замість механічних гіроскопів використовуються кільцеві лазерні. Кільцевій лазерний гіроскоп являє собою трикутний кільцевої лазерний резонатор з лазерним променем, розділеним на два променя, які поширюються по замкнутій траєкторії в протилежних напрямках. Кутове зміщення призводить до виникнення різниці їх частот, яка вимірюється і реєструється. (Система реагує на зміни прискорення сили тяжіння і на обертання Землі.) Навігаційні дані надходять на ПНП, а дані положення в просторі - на командний авіагоризонт. Крім того, дані передаються на систему FMS.

Інерціальна система 802-M

Система призначена для маневрених літаків ВПС і вертольотів. Система забезпечує інформацію про установки: географічних координатах місця розташування, складових шляховий швидкості, вертикальної швидкості, кутах крену і тангажа, стоянкових та поточного справжнього курсу, гіроскопічного курсу, гіромагнітного курсу.

Технічні характеристики:

Точність:

географічні координати, км / год курс істинний: 3,7

- гальмо, градуси 0,3

- поточний, градуси 0,15

курс гіромагнітний (від зовнішнього датчика), градуси 0,3

курс гіроскопічний, градуси / год 0,1

крен, тангажу, градуси 0,3

Час безперервної роботи, год 8

Маса, кг. 28

Умови роботи:

Діапазон робочих темпеатур, ° С від - 60 до + 50

Лінійне прискорення, м / сг 98

Кутові швидкості, градуси / с 180

Висота польоту, км 19,5

Система обробки та індикації пілотажних даних (FMS). Система FMS забезпечує безперервне подання траєкторії польоту. Вона обчислює повітряні швидкості, висоту, точки підйому і зниження, відповідні найбільш економного споживання палива. При цьому система використовує плани польоту, що зберігаються в її пам'яті, але дозволяє також пілотові змінювати їх і вводити нові за допомогою комп'ютерного дисплея (FMC / CDU).

Система FMS виробляє і виводить на дисплей льотні, навігаційні і режимні дані; вона видає також команди для автопілота і командного пілотажного приладу. На додаток до всього вона забезпечує безперервну автоматичну навігацію з моменту зльоту до моменту приземлення. Дані системи FMS представляються на ПНП, командному авіагоризонт і комп'ютерному дисплеї FMC / CDU.

Існує сигналізаційна система попередження повітряних сутичок (TCAS) - це бортова система, що видає екіпажу інформацію про необхідні маневрах. Система TCAS інформує екіпаж про інших літаках, що з'являються поблизу. Вона видає повідомлення попереджувального пріоритету із зазначенням маневрів, необхідних для того, щоб уникнути зіткнення.

Глобальна система визначення місцезнаходження (ГЛОНАСС, GPS)- військова супутникова система навігації, робоча зона якої охоплює всю земну кулю, - тепер доступна і цивільним користувачам. До кінця тисячоліття системи «Лоран», «Омега», VOR / DME та VORTAC були практично повністю витіснені супутниковими системами.

Монітор стану (статусу) польоту (FSM) - вдосконала комбінація існуючих систем сповіщення та попередження - допомагає екіпажу в нештатних льотних ситуаціях і при відмовах систем. Монітор FSM збирає дані всіх бортових систем і видає екіпажу текстові приписи для виконання в аварійних ситуаціях. Крім того, він контролює і оцінює ефективність вжитих заходів корекції.