

**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 № 1 - Призначення та задачі, які вирішують пілотажно-навігаційні
комплекси**

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 лекцій:

1. Поняття пілотажно-навігаційних комплексів та їх призначення.
2. Стадії розвитку ПНК.
3. Задачі, які вирішують ПНК.
4. Тактико-технічні вимоги до ПНК.

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. Синєглазов, 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. Поняття пілотажно-навігаційних комплексів та їх призначення.

Незважаючи на те, що пілотажно-навігаційне обладнання повітряних суден (ПС) безперервно розвивалося й удосконалювалося разом із розвитком авіації, поняття пілотажно-навігаційного комплексу (ПНК) з'явилося тільки після упровадження обчислювальної техніки на борту літальних апаратів (ЛА).

Відповідно до існуючої нормативно-технічної документації **під ПНК розуміється** сукупність бортових функціонально об'єднаних інформаційних засобів (датчиків), обчислювально-програмуючих систем, систем автоматичного управління, систем індикації і сигналізації, призначених для розв'язання задач літаководіння і забезпечення роботи інших бортових систем літальних апаратів.

З цього визначення випливає, що ПНК містить у своєму складі пілотажний і навігаційний комплекси.

При цьому під пілотажним комплексом розуміється сукупність системи автоматичного управління, системи відображення пілотажної інформації, а також системи ручного управління, включаючи автомати завантаження, обмеження і зміни передаточних чисел.

Під навігаційним комплексом розуміється сукупність бортових систем і пристроїв, призначених для розв'язання задач навігації. Самий ПНК може входити складовою частиною в інші структури бортового обладнання. ПНК є логічним наслідком еволюції систем навігації й управління і являє собою якісно новий ступінь в автоматизації літаководіння.

Призначення ПНК визначається в першу чергу призначенням літального апарата. При цьому внаслідок усе більш тісного зв'язку процесів функціонування літального апарата з автоматичним управлінням взаємозалежність призначення і вимог до літальних апаратів і ПНК стає все більш органічною. Узагальнене призначення ПНК пілотованих ЛА можна сформулювати таким чином:

- забезпечення літаководіння на всіх етапах польоту в простих і складних метеорологічних умовах, у будь-яку пору року і час, при польоті над сушею та морем;
- розв'язання задач навігації, пілотування та посадки;
- визначення та видачу пілотажно-навігаційної інформації на індикацію та споживачам для розв'язання спеціальних задач.

Оснащення літаків цивільної авіації ПНК дозволило підвищити надійність і точність навігації і пілотування за рахунок підвищення кратності резервування і комплексної обробки пілотажно-навігаційної інформації з використанням ЦОМ, а це, у свою чергу, дозволяє істотно підвищити ефективність бортових авіаційних комплексів і безпеку польотів. При цьому треба мати на увазі, що комплексна обробка пілотажно-навігаційної інформації дозволяє істотно підвищити ефективність праці членів екіпажу при

значному обсязі наочної інформації, за рахунок всебічної автоматизації вимірювальних, обчислювальних і логічних операцій.

2. Стадії розвитку ПНК.

Доцільно коротко розглянути історію і перспективи розвитку ПНК та їх складових частин.

На перших стадіях розвитку, навігаційне обладнання ПС являло собою **неавтоматизовані навігаційні комплекси**, які й до теперішнього часу встановлені на літаках типу Ан-24, Як-40 місцевих (регіональних) авіаліній та вертольотах Мі-2, Мі-8. Характерною рисою цих комплексів є відсутність у складі бортового обладнання навігаційного обчислювача, тому всі навігаційні та штурманські розрахунки здійснюються в ручну за допомогою найпростіших пристосувань. Основними навігаційними засобами в таких комплексах є гіропівкомпас, гіроіндукційний компас або курсова система. Як радіонавігаційні засоби використовуються радіокомпас і бортовий локатор. Визначення координат місцеположення літака виконується в ручну шляхом пеленгування наземних радіостанцій або за допомогою локатора вимірюється дальність і курсовий кут обраного наземного орієнтира.

Прообразами сучасних ПНК можна вважати Прообразами сучасних ПНК можна вважати частково автоматизовані навігаційні комплекси магістральних літаків типу Ту-154 та вертольотів типу Ка-32. Центральним ядром таких комплексів стають системи автоматичного числення шляху типу АНУ, НВУ, ЦНВУ, в яких використовується повітряно-доплеровський метод числення шляху. Для визначення координат місцезнаходження літака використовується інформації від точної курсової системи (ТКС), системи повітряних сигналів, доплеровського вимірника швидкості та кута знесення. Корекція обчислених координат в таких комплексах здійснюється за допомогою радіонавігаційних систем ближньої навігації. Для розв'язання навігаційних задач застосовуються виключно аналогові обчислювачі. Індикатори пілотажних і навігаційних систем утворюють інформаційну модель польоту. Центральним ядром таких комплексів стають системи автоматичного числення шляху типу АНУ, НВУ, ЦНВУ, в яких використовується повітряно-доплеровський метод числення шляху. Для визначення координат місцезнаходження літака використовується інформації від точної курсової системи (ТКС), системи повітряних сигналів, доплеровського вимірника швидкості та кута знесення. Корекція обчислених координат в таких комплексах здійснюється за допомогою радіонавігаційних систем ближньої навігації. Для розв'язання навігаційних задач застосовуються виключно аналогові обчислювачі. Індикатори пілотажних і навігаційних систем утворюють інформаційну модель польоту.

Подальше збільшення обсягу та рівня автоматизації процесу обробки пілотажно-навігаційної інформації окремих приладів і систем стає неможливим без центральних бортових цифрових обчислювальних машин (БЦОМ).

Інтеграція пілотажно-навігаційного обладнання за функціональним призначенням на базі БЦОМ сприяла появі **повністю автоматизованих сучасних ПНК**. У БЦОМ таких ПНК реалізується самоконтроль. Використовувані при цьому алгоритми оптимального оцінювання й ідентифікації дозволяють виявляти відмови первинних вимірників і обмежити їх вплив на характеристики ПНК.

3. Задачі, які вирішують ПНК.

Разом з цим є ціла низка задач, які однакові для ЛА різного призначення. ПНК разом з іншими бортовими комплексами (системами, засобами) повинні забезпечувати розв'язання таких задач:

1. Задача побудови навігаційної програми польоту:

- автоматичний ввід вихідних даних і програми польоту при підготовці до вильоту;
- розрахунок даних, що визначають заданий маршрут і профіль польоту (довжина навігаційних етапів, шляхові кути етапі ЛЗШ, параметри етапу набору висоти та зниження, лінійні упередження розворотів, ін.);

2. Навігаційні задачі:

- визначення параметрів польоту ЛА в системі координат, яка характерна для відповідного датчика первісної навігаційної інформації;
- здійснення координатних перетворень;
- перехід від системи координат датчиків первісної навігаційної інформації до системи координат, в якій розв'язується задача в БЦОМ, і до навігаційних систем координат;
- комплексна оптимальна обробка навігаційної інформації;
- визначення координат місцеположення ЛА методом числення шляху;
- визначення поточного часу та контроль просторово-часового графіка польоту;
- корекція координат місцеположення;
- обчислення параметрів вектора вітру;
- оперативне перенацілювання в польоті (зміна маршруту польоту, цілі, аеродрому посадки);
- навігаційне забезпечення передпосадочного маневрування та заходу на посадку;
- індикація пілотажно-навігаційних параметрів й елементів навігаційного оточення, управління роботою навігаційних планшетів й індикаторів;

3. Пілотажні задачі:

- автоматизація управління при зльоті та наборі висоти;
- автоматична стабілізація кутових положень ЛА, швидкості та висоти польоту;
- автоматизація управління при польоті за маршрутом;
- автоматизація групового польоту ЛА;

- автоматизація режиму передпосадкового маневрування та заходу на посадку;
- автоматизація безпосередньо посадки ЛА;
- 4. Задачі контролю роботи ПНК і режимів польоту:
 - безперервний контроль працездатності підсистем ПНК у польоті й автоматичне відключення підсистеми, що відмовила, із видачею інформації в систему індикації і на бортові реєстратори;
 - забезпечення рекофігурації структури ПНК при відмовах окремих підсистем ПНК;
 - запобігання неприпустимих режимів польоту і сигналізація, про наближення до них;
 - попередження екіпажа про аварійні ситуації і при погрозі сутички з іншими літальними апаратами і землею;

Повний перелік задач, що розв'язується ПНК, визначається окремими тактико-технічними вимогами (ОТТВ) або тактикотехнічним завданням (ТТЗ) на ПНК конкретного ЛА.

4.Тактико-технічні вимоги до ПНК.

Технічні вимоги до ПНК конкретного ЛА розробляються на основі проведення широких наукових досліджень, наукових прогнозів і узагальнення наявного досвіду й залежать в основному від призначення ЛА. При цьому треба мати на увазі, що крім окремих вимог, викладених у ОТТВ або ТТЗ до ПНК, він повинний відповідати загальним технічним вимогам (ЗТВ), що у технічній літературі іноді називають глобальними вимогами.

Вимоги до ПНК визначаються за допомогою витримування наступних параметрів при проектуванні та розробці комплексів:

1. Ступінь пристосованості ПНК до виконання основної цільової задачі. Очевидно, що повна імовірність виконання основної задачі може бути подана добутком ймовірностей виконання всіх обмежень, від яких залежить основна задача польоту.

2. Точнісні вимоги до ПНК.

Накопичені за час числення шляху похибки на інтервалі корекції списуються до рівня, обумовленого точністю корекції.

Остання залежить від системи, алгоритму, та часу корекції, від режиму роботи засобу корекції й інших чинників. Похибки списуються на інтервалах корекції з точністю, обумовленою засобом корекції й умовами його роботи і плавно зростають між цими інтервалами.

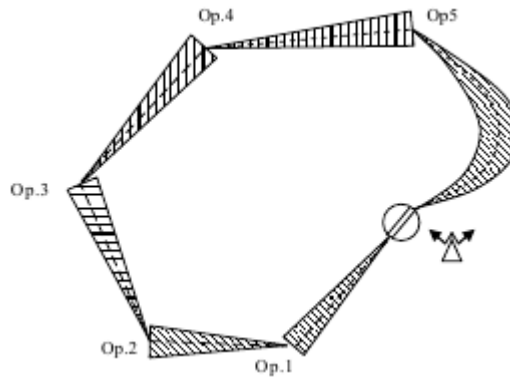


Рис.1 Накопичення похибки за час числення шляху.

Інтервал корекції залежить від необхідної точності навігації на кожному черговому етапі польоту. Очевидно, що чим вище точність числення шляху, тим рідше корекція, вище завадо захищеність і надійність навігації, тим простіше штурманська підготовка польоту. Крім визначення координат місцеположення літального апарата задачею ПНК є забезпечення точного літаководіння і, зокрема, витримування ПС заданої траєкторії польоту. Нормованими показниками точності витримування заданої траєкторії для двовимірної і тривимірної навігації є горизонтальне ешелонування і витримування висоти заданого ешелону. Розрізняють два види горизонтального ешелонування - поздовжнє та бічне.

3. Вимоги до надійності і безпеки.

Надійність навігації визначається точністю та надійністю роботи ПНК. При цьому, вимоги до точності встановлюються такими, щоб можливість навігаційних подій завдяки природних викидів випадкових процесів була б мінімальною. Проте, відмова навіть самого точного ПНК може призвести до навігаційної події. Тому до його надійності пред'являються підвищені вимоги.

4. Ергономічні вимоги.

Однією з основних ергономічних вимог до ПНК є простота керування всіма його режимами роботи в сполученні зі зручністю відображення пілотажно-навігаційної інформації. Докладно ці питання будуть розглянуті при викладанні принципів побудови систем відображення інформації. Ергономічні вимоги передбачають оптимальне сполучення автоматичного, директорного і ручного управління літальним апаратом. При розробці таких вимог до ПНК доцільно виходити з максимального ступеня автоматизації, зберігання за людиною старшого рівня управління, використання ручного управління як резервного і, якщо це можливо, виключення ситуацій, коли льотчик відіграє роль пасивного спостерігача.

5. Вимоги до експлуатаційної технологічності ПНК.

Більшість систем і пристроїв, що входять до складу ПНК, для досягнення своїх максимально можливих точностей потребують проведення тарувальних робіт, юстування, виставки, метрологічного забезпечення, пов'язаних зі значними часовими витратами. Тим часом про ефективність ПНК можна говорити лише у випадку, забезпечення малої тривалості всіх видів

підготовок, виконання умов зручного застосування ПНК у польоті, а також при достатньо

високої експлуатаційної технологічності. Однією із важливих експлуатаційних вимог до ПНК є зручність і порівняно малий час виставки інерціальних систем.