

**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 № 4 - Обчислювальні системи пілотування**

**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  
Стущанський 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. Обчислювальна система пілотування FMS.
2. Основні функції FMS.
3. Можливості FMS.
4. Режими представлення інформації FMS.

**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](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](http://www.fcs-modification.com/?go=news&n=6&new_language=0)

## Текст лекції

### 1. Обчислювальна система пілотування FMS

Під час польоту пілот ПК використовує велику кількість пілотажно-навігаційних засобів. Інформація від кожного з них є важливою для літаководіння та безпеки повітряного руху.

У повітрі на різних етапах польоту пілот ПК потребує різноманітної пілотажно-навігаційної інформації від принципово різних навігаційних систем. Так, наприклад, під час посадки найбільш важливою є інформація від системи посадки про відхилення від глісади, а під час польоту на трасі – орієнтування за наземними радіомаяками та супутникова навігація.

Сучасні навігаційні системи надто складні для користування (пілот ПК повинен чимало часу витратити на користування ними).

Обчислювальна система літаководіння (Flight Management system – FMS) – комп'ютеризована система, що допомагає пілоту контролювати та керувати системами ПК для безпечного виконання польоту. Система FMS виконує всі технічні, рутинні операції із системами ПК, що використовуються під час польоту, дозволяючи пілоту більше часу приділяти керуванню польотом, а не налаштуванню систем.

У загальному випадку FMS складається з двох обчислювачів і двох багатофункціональних блоків контролю та відображення (Multifunction Control and Display Unit – MCDU). Обчислювач розміщується у технічному відсіку, а MCDU – «під рукою» у пілота.

Вхідну інформацію FMS отримує від:

- радіомаячних систем VOR/DME;
- автоматичного радіокомпаса;
- радіовисотоміра (істинну висоту над підстильною поверхнею);
- приймача супутникової навігації (GPS, ГЛОНАС) (координати місцезнаходження ПК) та їх функціональних додатків (LAAS, WAAS, EGNOS);
- інерціальної навігаційної системи (кутові координати (курсу, крену, тангажу та прискорення);
- системи попередження зближення літаків у повітрі (TCAS);
- системи раннього попередження наближення землі.

Вхідною інформацією FMS є також:

- величини відхилення від траєкторії глісади надані системою посадки;
- висотношвидкісні параметри від системи повітряних сигналів;
- об'єм палива від відповідних датчиків і точний час від бортового хронометра.

Дані від цих систем потрібні для контролю за ходом польоту, виконання відповідних розрахунків і відображення їх у потрібному форматі пілоту через пілотажний та навігаційний дисплеї.

Система FMS забезпечує:

- відображення пілотажно-навігаційної інформації, необхідної для пілотування на конкретній фазі польоту через систему електронної індикації;
- зміну радіочастот навігаційного та зв'язного обладнання
- видачу величин відхилень від заданої траєкторії руху для систем автоматичного пілотування та інформації для системи керування двигунами.

## 2. Основні функції FMS

Використовуючи глобальні бази аеронавігаційної інформації та інформацію від бортового обладнання, FMS виконує три основні функції:

- навігацію;
- оцінювання оптимальних параметрів польоту;
- керування.

Навігація. Перед польотом пілот ПК обирає потрібний план польоту з відповідної бази даних, складений авіакомпанією, або створює новий.

У внутрішній пам'яті FMS містяться глобальні бази даних:

- аеропортів;
- аеронавігаційних трас;
- радіомаяків;
- стандартних схем вильоту (Standard Instrument Departure –SID) та заходу на посадку (Standard Instrument Arrival Route – STAR);
- планів польоту авіакомпанії та ін.

Під час польоту FMS відображає необхідну аеронавігаційну інформацію від цих баз даних пілоту на навігаційному дисплеї. Крім того, під час польоту FMS відповідно до закладеної траєкторії у плані польоту змінює налаштування радіонавігаційного обладнання. FMS оцінює точне положення ПК, використовуючи для цього інформацію від систем супутникової навігації, інерціальної та радіомаячних систем.

Обчислювач FMS використовує інформацією глобальних баз даних для розрахунку оптимальних траєкторій та режимів польоту ПК. Результати оцінювання дійсного положення ПК порівнюються із запланованою траєкторією і відображаються на аеронавігаційній карті через навігаційний дисплей.

Оцінювання оптимальних параметрів польоту. У спеціалізованій базі даних FMS зберігаються математична модель ПК, що враховує дію двигунів, та необхідні параметри для моделювання польоту.

Перед польотом пілот уводить у FMS інформацію про:

- завантаженість ПК та його масу;
- висоту польоту;
- коефіцієнти вартості.

Система FMS використовує цю інформацію для розрахунку:

- оптимальної, найбільш економної швидкості польоту;
- оптимальної висоти польоту;

– граничнодопустимих параметрів польоту.

Ці дані відображаються на дисплеї MCDU. На основі оцінених даних FMS прогнозує час прольоту навігаційних точок і відображає час прибуття в аеродром призначення.

Керування. Система FMS пов'язана з цифровою системою контролю за польотом та автопілотом. Оцінені координати ПК порівнюються із запланованою траєкторією руху для виявлення незапланованих відхилень. Величини цих відхилень передаються до системи автоматичного пілотування для виправлення траєкторії польоту.

Відповідно до оціненої оптимальної швидкості та часу прибуття FMS видає інформацію у систему керування силовою установкою для витримування оптимальної траєкторії руху та часу. Крім того, FMS контролює настроювання радіочастот усіх радіонавігаційних приймачів різних радіомаячних систем та радіочастот повітряного зв'язку за допомогою блока керування обладнанням зв'язку.

### 3.Можливості FMS

Наведені функції дозволяють використовувати FMS для:

- навігації у горизонтальній площині;
- навігації у вертикальній площині;
- 4-D навігації;
- навігації, що ґрунтується на максимальній корисності;
- майбутньої аеронавігаційної системи.

Навігація у горизонтальній площині (Lateral Navigation – LNAV) забезпечує навігацію у двох вимірах. Історично LNAV – це перший вид навігації. LNAV ґрунтується на застосуванні радіомаячних навігаційних систем (VOR, DME, NDB), систем зональної (LORAN-C), супутникової (GPS, ГЛОНАСС) та інерціальної навігації.

Навігація у вертикальній площині (Vertical Navigation – VNAV) забезпечує навігацію у трьох вимірах. Надає можливість керувати ПК у вертикальній та горизонтальній площинах.

Натепер для виконання VNAV FMS повністю покладається на результати вимірювань висоти польоту барометричним висотоміром. Супутникові системи навігації не забезпечують необхідної точності визначення координат у вертикальній площині через значний вплив геометрії розташування супутників, проте застосування диференціальних функціональних доповнень (DGPS), таких, як WAAS та LAAS, дозволить значно підвищити точність позиціонування.

4-D навігація (Four-Dimensional Navigation – FDN) – це навігація у горизонтальній та вертикальній площинах з урахуванням часу. У сучасному завантаженому повітряному просторі параметр часу є надто важливим. Відповідно до цього FMS має оцінювати час прольоту над певними точками маршруту. Ця інформація дуже важлива для пілота та диспетчера для

керування у випадку завантаженості повітряних трас та безпеки повітряного руху.

Навігація, що ґрунтується на максимальній корисності (Full Performance Based Navigation – FPBN). У внутрішню пам'ять FMS поміщено точну математичну модель конкретного літака, на якому встановлено FMS. Використовуючи наявний у базі даних план польоту та математичну модель літака, FMS може оцінити за допомогою моделювання основні характеристики польоту ПК з досить високою точністю. Отримані параметри використовуються для оптимізації траєкторії польоту, а отже, зменшення затрат палива та ресурсів.

#### **4.Режими представлення інформації FMS**

Однією з найважливіших функцій FMS є індикація пілотажної та навігаційної інформації через систему електронної індикації.

Оскільки під час польоту пілот потребує різної навігаційної інформації, FMS групує навігаційні дані відповідно до фази польоту та відображає її на пілотажному і навігаційному дисплеях.

Відповідно до цього виділяють різні режими індикації FMS.

Залежно від обсягів поміщеної у FMS аеронавігаційної бази даних та різних функціональних можливостей, FMS різних моделей порізно відображають інформацію. У FMS різних виробників відрізняються не тільки назви режимів індикації, але і їх кількість. Так, у FMS Thales, що використовуються на літаках Airbus (рис.1), виділяють сім режимів функціонування:

- передпольотний (preflight);
- зліт (take off);
- набір висоти (climb)
- політ за маршрутом (cruise);
- зниження (descent);
- посадку (approach);
- руління (done).

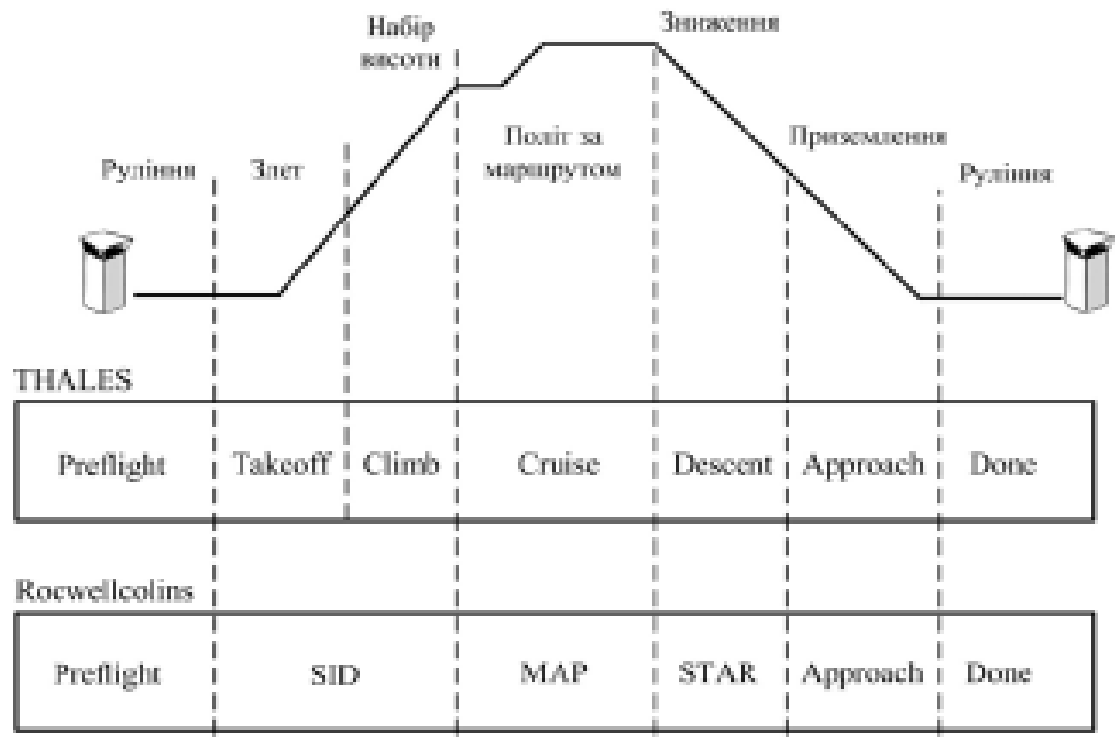


Рисунок 1- Режими індикації FMS