

**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

за темою № 5 - Функціонування ПНК на різних етапах польоту

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. Задачі, що вирішують ПНК на етапі злету.
2. Задачі, що вирішують ПНК на етапі маршрутного польоту.
3. Задачі, що вирішують ПНК на етапах передпосадкового маневрування та посадки.

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. Задачі, що вирішують ПНК на етапі зльоту.

Задачі, що вирішуються ПНК на етапі зльоту та набору висоти. Функціонування ПНК на етапі зльоту та набору висоти будемо розглядати для літаків звичайної аеродинамічної схеми.

Злітні характеристики ЛА істотно впливають на безпеку польотів, на зниження погодних мінімумів, а також, на ефективність розв'язання задач літаководіння, тому автоматизація етапу зльоту задача безумовно актуальна.

Зліт літака та набір висоти можна розділити на такі етапи:

- розбіг;
- відрив літака до набору “висоти умовної перешкоди” ($H_{ум} \approx 10,7\text{м}$);
- набір висоти безпеки ($H - 200...400\text{м}$);
- набір енергії, тобто набір висоти та розгін літака з метою виходу в задану точку початку маршрутного польоту.

Іноді перші два етапи умовно об'єднують в один етап - етап зльоту, для якого визначають основну злітну характеристику ЛА - довжину злітної дистанції (рис.1).

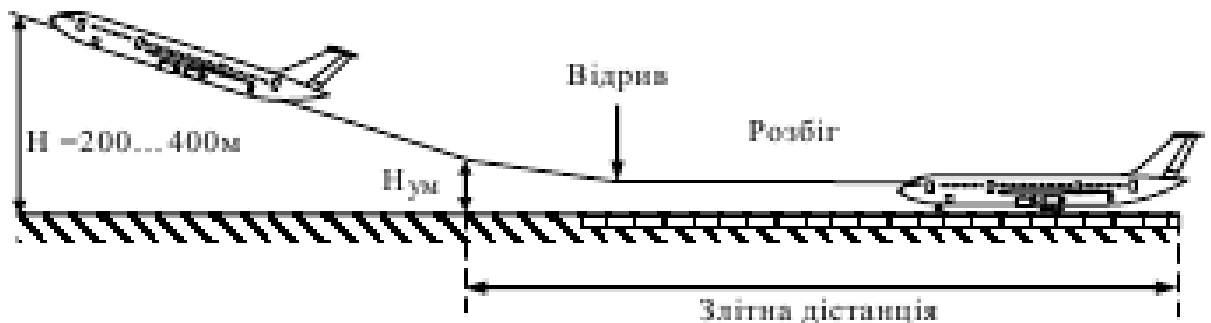


Рисунок 1- Етапи зльоту

Процес зльоту вважається закінченим, коли в точці, що від-повідає $H_{ум}$, швидкість польоту досягає значення $V = (1,15...1,2)V_{зв}$, де $V_{зв}$ -швидкість звалювання.

При виконанні даної умови здійснюється прибирання шасі.

На етапі розбігу основною задачею ПНК є забезпечення безпеки зльоту при появі відмов, які призводять до неможливості виконання зльоту. Функції ПНК при цьому обмежуються видачею команд на припинення зльоту. При сприятливих умовах режим зльоту може використовуватися для коректування інформаційних систем ПНК, зокрема, для завершення виставки ІНС в азимуті.

Основне призначення ПНК при зльоті полягає в забезпеченні найкращих для даного літака характеристик і зменшенні розкиду параметрів руху.

2. Задачі, що вирішують ПНК на етапі маршрутного польоту.

Залежно від того, які з навігаційних параметрів вимірюються й обчислюються на борту ЛА, а потім використовуються для керування польотом методи управління бічним рухом при польоті за маршрутом поділяють на курсовий, шляховий і маршрутний.

При **курсному методі** управління польотом за маршрутом ЛЗШ не фіксується, а задається тільки кінцева навігаційна точка, в яку треба вивести ЛА. Курсовий метод управління польотом за маршрутом без зайвих труднощів може бути реалізований на борту ЛА, оскільки керуючий сигнал (відхилення від напрямку на навігаційну точку) достатньо просто вимірюється навігаційними датчиками й безпосередньо може використовуватися для управління ЛА. Але невизначеність напрямку траєкторії та часу виходу в задану точку маршруту при наявності бічного вітру стає головним недоліком цього методу, ось чому він використовується як резервний метод управління польотом за маршрутом.

Шляховий метод управління польотом за маршрутом це удосконалений варіант курсового методу. При реалізації шляхового методу в задану навігаційну точку спрямовується не поздовжня вісь літака, а вектор шляхової швидкості $V_{ш}$, тобто управління реалізується за інформацією про відхилення поточного шляхового кута від заданого. До складності реалізації шляхового методу управління польотом слід віднести відсутність на борту літака безпосередніх вимірників шляхового кута, а формування шляхового кута за інформацією про кут знесення зустрічає певні труднощі, що зв'язані з обмеженням умов функціонування доплеровського вимірника кута знесення, наприклад, понад водяною поверхнею.

Проте на сучасних ЛА шляховий метод широко застосовується при автоматичному управлінні маршрутним польотом, особливо при оперативному виборі координат чергового ППМ або іншої навігаційної точки маршруту.

Маршрутний метод управління польотом дозволяє утримувати літак на заданій траєкторії, усуваючи відхилення з центра мас ЛА від лінії заданого шляху. Цей метод потребує інформації про параметри відхилення від ЛЗШ: величину бічного відхилення z , швидкість зміни бічного відхилення \dot{z} , дальність D до чергового ППМ. У цьому варіанті певні труднощі виникають при обчисленні \dot{z} , тому якщо цей параметр необхідний для формування управління на етапі польоту за маршрутом, то його отримують шляхом диференціювання сигналу z безпосередньо в обчислювачі САУ. Інші навігаційні параметри розраховуються в обчислювачі навігаційного комплексу.

Маршрутний метод керування польотом широко застосовується при польоті за запрограмованими маршрутами, які закладені в пам'ять БЦОМ навігаційного комплексу, що має у своєму складі інерціальну систему навігації.

Політ за маршрутом відносять до категорій етапів польоту, на яких декілька знижені вимоги до точнісних характеристик утримання літака на ЛЗШ і це дозволяє використовувати закони управління без введення додаткових інтегральних складових, які знижують стійкість контурів управління. Однак, якщо для інших режимів роботи САУ вже передбачені заходи поліпшення

точнісних характеристик (наприклад, використовується сервопривод з ізодромним зворотним зв'язком), то змінювати структуру каналу управління (замінювати ізодромний зворотний зв'язок на жорсткий) недоцільно.

3.Задачі, що вирішують ПНК на етапах передпосадкового маневрування та посадки.

У теперішній час термін “посадка” вбирає в себе такі етапи польоту: вихід літака до району аеродрому та передпосадкове маневрування, захід на посадку та безпосередньо посадку (вирівнювання, приземлення, пробіг).

Цей етап є найбільш відповідальною і напруженою ділянкою польоту. Саме тут згідно зі світовою статистикою трапляється більше третини всіх льотних подій. Близькість землі і контактування з поверхнею ЗПС потребує високої точності управління кутовими та траєкторними параметрами польоту, а завантаженість пілота та членів екіпажу додатковими функціями (зв'язок з наземними службами; зміна режимів роботи двигунів; контроль позакабінного простору та інші) значно ускладнюють ручне управління особливо на етапі посадки. Тому автоматизація цих режимів значно підвищує безпеку польоту та знижує навантаження на членів екіпажу.

Задачею етапу передпосадкового маневрування є виведення літака в точку повітряного простору відносно аеродрому посадки з таким розрахунком, щоб літак знаходився на продовженні осі ЗПС на встановлених висоті та дальності.

У льотній практиці існує поняття “розрахунок посадки”, тобто здійснюваний пілотом або екіпажем розрахунок послідовності виконання літаком певних траєкторних маневрів. При наявності на борту літака ПНК автоматизується саме цей розрахунок.

Функціонування ПНК на даному етапі польоту складається з формуванні траєкторії польоту і стабілізації літака на цій траєкторії. Зазвичай урахуванням повітряних трас і коридорів району аеродрому. Саме у траєкторія всього маршруту польоту програмується так, що включає в себе етап виходу на аеродром посадки, тобто маршрут прокладається з повітряному коридорі літаки знижуються або набирають висоту. Характерні точки повітряних трас та коридорів маркуються окремими приводними радіостанціями, які й використовують при прокладанні маршруту. В районі аеродрому крім того організуються зони зльоту та посадки, зона кола, зони очікування.

Автоматизація режиму посадки є складною проблемою, яка ще не отримала повного свого вирішення. Цей етап польоту характеризується значною не стаціонарністю, як через зменшення швидкості польоту й збільшення кута атаки, що наближується до критичного, так і внаслідок аеродинамічного впливу землі. Час, що відводиться на виконання цього етапу польоту дуже малий та сумірний з часом перехідних процесів стабілізації літака на заданій траєкторії при дії різних збурень, що може призвести до неможливості парирування цих збурень і до зростання помилок управління.

Автоматизація режиму посадки є складною проблемою, яка ще не отримала повного свого вирішення. Цей етап польоту характеризується значною не стаціонарністю, як через зменшення швидкості польоту й збільшення кута атаки, що наближується до критичного, так і внаслідок аеродинамічного впливу землі. Час, що відводиться на виконання цього етапу польоту дуже малий та сумірний з часом перепроцесів стабілізації літака на заданій траєкторії при дії різних збурень, що може призвести до неможливості парирування цих збурень і до зростання помилок управління.

Зважаючи на близькість землі, до контурів управління пред'являються дуже жорсткі вимоги. Наприклад:

- на висоті 30 м точність польоту літака вздовж глісади повинна бути - 9,6 м;
- у точці приземлення вертикальна швидкість $V_{уприз}$ не повинна перевищувати 1,5 м/с;
- точка приземлення має знаходитися в межах 150-320 м від джерела глісади в поздовжньому напрямку і в межах - 8,2 м від осі ЗПС.