

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

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Авіаційні прилади та інформаційно-вимірювальні
системи авіоніки повітряних суден та безпілотних літальних апаратів»
вибіркових компонент
освітньо - професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***141. Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка
(Електромеханіка)***

за темою № 13 - Інерціальні вимірювачі параметрів польоту

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. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.*

План лекції:

1. Визначення;
2. Сутність ІНС;
3. Інерціальні навігаційні системи;
4. Історична справка;
5. Інерціальні навігаційні системи;
6. Інтегровані системи навігації.

Рекомендована література:

Основна література:

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. Харченко В.П. Авіоніка безпілотних літальних апаратів / В.П. Харченко, В.І.Чепіженко, А.А.Тунік, С.В.Павлова. – К.: ТОВ «Абрис–принт», 2012. – 464 с.
4. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синєглазов, М.К. Філяшкін. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с.
5. Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.:НАУ, 2003. – 396с.

Допоміжна література:

1. Приладове обладнання та електронна автоматика літальних апаратів/ В.А. Антілікаторов, М.М. Петренко, А.В. Статигін. – Х.:ХНУПС, 2017.- 172с.
2. Єдині конспекти по АіРЕО Мі-8 на цикловій комісії.
3. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-8 - М.: Департамент повітряного транспорту, 1996.
4. Конспекти лекцій з базової підготовки технічного персоналу згідно вимог Part-66, Part-147 (Модуль 3, 13, 14)

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn2.pdf
2. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn3.pdf
3. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn1_ch2.pdf
4. http://aviadocs.net/RLE/Mi-2/CD1/RTO/Mi-2_RTO-75EP_ch2.pdf
5. http://aviadocs.com/RLE/Mi-8/CD1/TO/Mi-8_TO_kn4.pdf
6. http://www.aviadocs.net/RLE/Mi-8/CD1/TO/Mi-8_TO_kn1.pdf
7. http://flightcollege.com.ua/library/3_Mi_8_MTV_1_RTE%60_Kniga_4.pdf

Текст лекції

1. Визначення

Інерціальна навігація — метод навігації (визначення координат і параметрів руху різних об'єктів — кораблів, літаків, ракет та ін) і управління їх рухом, що ґрунтується на властивостях інерції тіл, який є автономним, тобто не вимагає наявності зовнішніх орієнтирів або сигналів, що надходять ззовні. Неавтономні методи вирішення завдань навігації ґрунтуються на використанні зовнішніх орієнтирів або сигналів (наприклад, зірок, маяків, радіосигналів тощо). Ці методи в принципі досить прості, але в ряді випадків не можуть бути здійснені через відсутність видимості або наявності перешкод для радіосигналів тощо. Необхідність створення автономних навігаційних систем явилася причиною виникнення інерціальних навігацій.

2. Сутність ІНС

Сутність інерціальної навігації полягає у визначенні прискорення об'єкта і його кутових швидкостей за допомогою встановлених на рухомому об'єкті приладів і пристроїв, а за цими даними — місцеположення (координат) цього об'єкта, його курсу, швидкості, пройденого шляху та ін, а також у визначенні параметрів, необхідних для стабілізації об'єкту і автоматичного керування його рухом. Це здійснюється за допомогою:

- Датчиків лінійного прискорення (акселерометрів);
- Гіроскопічних пристроїв, що відтворюють на об'єкті систему відліку (наприклад, за допомогою гіростабілізованої платформи) і дозволяють визначати кути повороту і нахилу об'єкта, використовувані для його стабілізації та управління рухом.
- Обчислювальних пристроїв (ЕОМ), які за прискореннями (шляхом їх інтегрування) знаходять швидкість об'єкту, його координати і інші параметри руху.

Переваги методів інерціальної навігації складаються в автономності, перешкодозахищеності і можливості повної автоматизації всіх процесів навігації. Завдяки цьому методи інерціальної навігації отримують все більш широке застосування при вирішенні проблем навігації надводних суден, підводних човнів, літаків, космічних апаратів та інших рухомих об'єктів.

Принципи інерціальної навігації базуються на сформульованих ще Ньютоном законах механіки, яким підкоряється рух тіл по відношенню до інерційної системи відліку (для рухів в межах Сонячної системи — по відношенню до зірок).

3. Історична справка

Розробка основ інерціальної навігації відноситься до 1930-тих років. Великий внесок у неї внесли в СРСР Б. В. Булгаков, А. Ю. Ішлінський, Є. Б. Левенталь, Г. О. Фрідлендер, а за кордоном — німецький учений М. Шулер і американський — Чарльз Дрейпер. Значну роль в теоретичних основах

інерціальної навігації грає теорія стійкості механічних систем, великий внесок в яку внесли російські математики Ляпунов і Михайлов.

Практична реалізація методів інерціальної навігації була пов'язана зі значними труднощами, викликаними необхідністю забезпечити високу точність і надійність роботи всіх пристроїв при заданих вазі та габаритах. Подолання цих труднощів стає можливим завдяки створенню спеціальних технічних засобів — інерціальної навігаційної системи (ІНС). Перший варіант практичної ІНС, розроблений в США в 50-ті роки, — кілька ящиків значних розмірів (включаючи обслуговуючу ЕОМ) — які, займаючи майже весь салон літака, вперше були випробувані під час перельоту з Нью-Бедфорда в Лос-Анджелес, автоматично керуючи літаком.



Рисунок 1 – Чутливий елемент сучасної ІНС

4. Інерціальні навігаційні системи

Інерціальні навігаційні системи (ІНС) мають у своєму складі датчики лінійного прискорення (акселерометри) і кутової швидкості (гіроскоп або пари акселерометрів, що вимірюють відцентрове прискорення). З їх допомогою можна визначити відхилення пов'язаної з корпусом приладу системи координат від системи координат, пов'язаної з Землею, отримавши кути орієнтації: рискання (курс), тангажу і крен. Лінійне відхилення координат у вигляді широти, довготи і висоти визначається шляхом інтегрування показань акселерометрів. Алгоритмічно ІНС складається з курсовертикалі і системи визначення координат. Курсовертикаль забезпечує можливість визначення орієнтації в географічній системі координат, що дозволяє правильно визначити положення об'єкта. При цьому в неї постійно повинні надходити дані про становище об'єкта. Однак технічно система, як правило, не поділяється і акселерометри, наприклад, можуть використовуватися при виставці курсовертикальної частини.

Інерціальні навігаційні системи діляться на гіростабілізовану платформу (Пінс) і безплатформну (БІНС). У платформних ІНС взаємний зв'язок блоку вимірювачів прискорень і гіроскопічних пристроїв, що забезпечують орієнтацію акселерометрів в просторі, визначає тип інерціальної системи. Відомі три основних типів платформних інерційних систем.

Інерціальна система геометричного типу має дві платформи. Одна платформа з гіроскопами орієнтована і стабілізована в інерціальному просторі, а друга з акселерометрами — відносно площини горизонту. Координати літака визначаються в обчислювачі з використанням даних про взаємне розташування платформ.

У інерційних системах аналітичного типу і акселерометри, і гіроскопи нерухомі в інерціальному просторі (щодо як завгодно далеких зірок). Координати об'єкту отримуються в лічильно-вирішальній пристрої, в якому обробляються сигнали, що знімаються з акселерометрів і пристроїв, що визначають поворот самого об'єкта щодо гіроскопів і акселерометрів.

Напіваналітична система має платформу, яка безперервно стабілізується за місцевим горизонтом. На платформі є і гіроскопи і акселерометри. Координати літака або іншого літального апарату визначаються в обчислювачі, розташованому поза платформою.

В БІНС акселерометри і гіроскопи жорстко пов'язані з корпусом приладу.

Передовою технологією у виробництві БІНС є технологія волоконно-оптичних гіроскопів (ВОГ), принцип дії яких заснований на ефект Саньяка. БІНС на базі таких гіроскопів не має рухомих частин, абсолютна безшумна, не вимагає спеціального обслуговування, має хороші показники напрацювання на відмову (до 80 000 годин у деяких моделях) і мале енергоспоживання (десятки Ватт). Технології ВОГ прийшли на зміну лазерно-кільцевим гіроскопам (ЛКГ), у яких рухливі частини і вимагають періодичного обслуговування з калібрування і заміни зношених вузлів і деталей, а також з відносно високим рівнем енергоспоживання.

5. Інтегровані системи навігації

Для компенсації накопичення похибок в кутах орієнтації і координат, властивих ІНС, використовуються дані інших навігаційних систем, зокрема супутникової системи навігації (СНС), радіонавігації, магнітометра (для отримання даних по курсу), одометра (для отримання даних про пройдений шлях у наземному застосуванні). Комплексування даних від різних навігаційних систем здійснюється за алгоритмом, що базується, як правило, на фільтрі Калмана. Можливі різні реалізації таких систем, але спостерігається поступове зменшення масо-габаритних характеристик.