

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

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Загальні знання дистанційно пілотованих суден:
Бортове і наземне обладнання БПЛА»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***272 Авіаційний транспорт
(Оператор безпілотних літальних апаратів)***

За темою № 5 - Наземне обладнання БПЛА

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. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР
ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.

План лекцій:

1. Загальний склад наземного обладнання БПЛА.
2. Будова систем глобальної супутникової навігації.
3. Принцип дії систем супутникової навігації
4. Функції бортового обладнання супутникової навігації.
5. Катапульта запуску БПЛА

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна література:

1. Повітряний кодекс України.
2. Наказ Державної авіаційної служби України, Міністерства оборони України 06.02.2017 № 66/73 АВІАЦІЙНІ ПРАВИЛА УКРАЇНИ «Загальні правила польотів у повітряному просторі України».
3. Наказ Державної авіаційної служби України 09 грудня 2021 року № 1920 АВІАЦІЙНІ ПРАВИЛА УКРАЇНИ «Організація повітряного руху».
4. Климаш М.М. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж: навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М.Стрихалюк, М.В.Кайдан. – Львів: вид-во УАД, 2011. – 496 с.
5. Логачова Л.М. Поширення земних радіохвиль та мобільний зв'язок / Л.М. Логачова, Т. І. Бугрова / Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 236 с.
6. Пилінський В.В. Технічна електродинаміка та поширення радіохвиль/ навчальний посібник/ В.В. Пилінський – Національний технічний університет України «КПІ», 2014. – 336с.

Допоміжна література:

1. Харченко В.П. Авіоніка. Навчальний посібник. К.: НАУ. 2013. – 272 с.
2. Eurocontrol airspace strategy for the ECAC states. ASM.ET 1. ST 03.4000 – EAS – 01-00. - Luxembourg, Eurocontrol, 2001. – 74 p.
3. Eurocontrol manual for airspace planning, common guidelines – Vol. 2. Luxembourg, Eurocontrol, - 2003. – 95 p.
4. Guidelines document for the implementation of the concept of the flexible use of airspace. ASM.ET 1. ST 08.5000 – GUI – 02-00. - Luxembourg, Eurocontrol, 2003. – 43 p.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. Юринець Ю. Л. Правовий статус безпілотних літальних апаратів [Електронний ресурс] / Ю. Л. Юринець, І. І. Романович // «АЕРО – 2017. Повітряне і космічне право»: матеріали Всеукраїнської конференції молодих і студентів. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/31654.html>
2. Сєдов А. Поради дронаводам-початківцям [Електронний ресурс] / Аркадій Сєдов // 50o NORTH. – Опубліковано 31.07.2017. – Електрон. текст.

дані. – Режим доступу : <http://www.50northspatial.org/ua/tips-getting-started-with-drones/>

3. Сєдов А. Огляд сфер використання БПЛА в повсякденному житті [Електронний ресурс] / Аркадій Сєдов // 50o NORTH. – Опубліковано 13.05.2016. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://www.50northspatial.org/ua/uavs-everyday-life/>

Текст лекції.

1. Загальний склад наземного обладнання БПЛА

В залежності від призначення та конструкції БПЛА в склад так званого наземного обладнання можуть входити:

1. Зарядна станція контролю акумуляторних батарей та їх заряду.
2. Глобальні супутникові системи навігації
3. Термінал забезпечення каналу телекомунікації та зв'язку оператора з БПЛА.
4. Антени –фідерні пристрої.
5. Приспособи для запуску та посадки БПЛА.

2. Будова систем глобальної супутникової навігації

Системи глобальної супутникової навігації (Global Navigation Satellite system – GNSS) забезпечують пілота та інші системи ПК координатною інформацією про місцеперебування ПК та еталонним часом. GNSS вимірюють координати ПК (широту, довготу, висоту), три складові вектора швидкості ПК та надають обладнанню ПК точний час.

Натепер розгорнуті й використовуються дві потужні GNSS: GPS (США) та ГЛОНАСС (Росія). Обидві GNSS створювались як військові системи для точного позиціонування об'єктів військового призначення. Послуги GNSS доступні для цивільного використання. Крім того, передбачається розгортання цивільної Європейської GNSS – GALILEO. Китай теж почав створювати GNSS – BEIDOW.

Загалом GNSS складається з трьох сегментів:

- сегмента космічних апаратів;
- сегмента керування та контролю;
- сегмента користувачів.

Сегмент космічних апаратів складається з певної кількості штучних супутників Землі (ШСЗ). Вони виконують функцію маяків, що випромінюють навігаційні сигнали, за допомогою яких приймач супутникових сигналів визначає місцеположення. Сегмент керування та контролю складається з наземних станцій, розміщених у різних частинах земної поверхні таким чином, щоб забезпечувати зв'язок з усіма ШСЗ GNSS.

Наземні станції контролюють положення та параметри кожного ШСЗ. Для визначення координат користувача необхідна інформація про точне місцеперебування кожного ШСЗ. Наземні станції спостереження за допомогою точного радіолокаційного обладнання визначають положення кожного ШСЗ та через підстанції завантаження інформації передають їх на ШСЗ.

Сегмент користувача складається з необмеженої кількості приймачів супутникових сигналів.

Принцип дії GNSS полягає у далекомірному методі позиціонування. Принцип визначення координат користувача за допомогою GNSS показано на рис.1

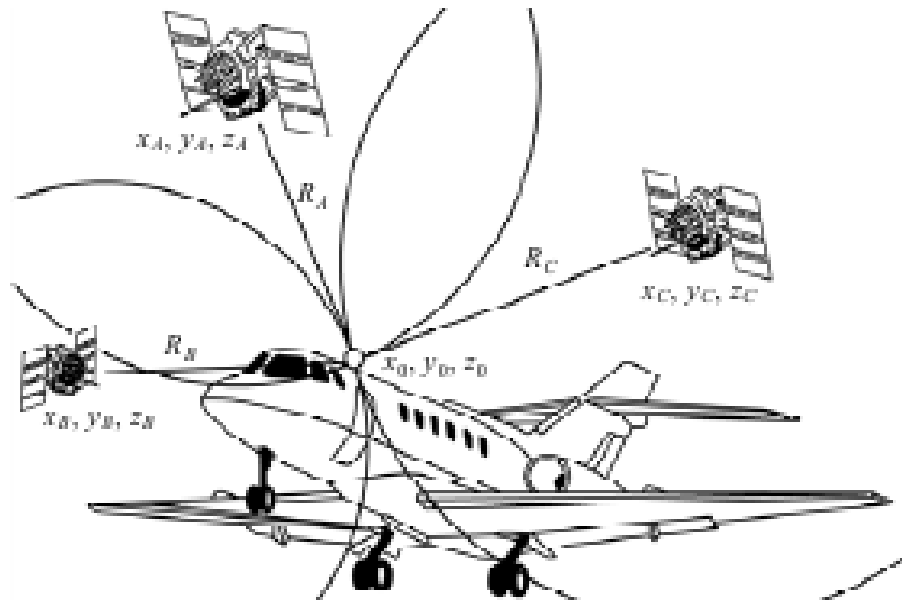


Рисунок 1 – принцип дії супутникової системи навігації

3.Принцип дії систем супутникової навігації

З увімкненням приймача GNSS він починає приймати навігаційні сигнали від ШСЗ. Крім того, із ШСЗ приймається і завантажується альманах. Альманах GNSS містить точну інформацію про кожний ШСЗ, зокрема його положення у певний час. За відомими координатами ШСЗ на певний час доби з використанням рівняння траєкторії руху ШСЗ розраховується точне положення ШСЗ на поточний час. Таким чином, приймач GNSS отримує актуальну інформацію про положення кожного ШСЗ.

Дальність від ШСЗ до користувача визначається шляхом вимірювання часу проходження навігаційного сигналу. Кожний із ШСЗ у строго визначений час випромінює певний навігаційний сигнал. Приймач GNSS «знає» час, коли сигнал на ШСЗ буде випромінений. У цей самий час приймач за допомогою вбудованого годинника генерує аналогічний

навігаційний сигнал і подає його на лінію затримки. Після прийняття навігаційного сигналу від ШСЗ прийнятий сигнал порівнюється із затриманим через обчислення автокореляційної функції. У випадку, коли

обидва сигнали будуть порівнюватись в один і той же час, значення автокореляційної функції дорівнюватиме одиниці. Водночас від лінії затримки отримується час t , за який навігаційний сигнал від ШСЗ надійшов до приймача.

Дальнометрія заснована на обчисленні відстані з тимчасової затримки поширення радіосигналу від супутника до приймача. Якщо знати час поширення радіосигналу, то пройдений ним шлях легко обчислити, просто помноживши час на швидкість світла.

Кожен супутник системи GPS безперервно генерує радіохвилі двох частот - $L1 = 1575.42\text{МГц}$ і $L2 = 1227.60\text{МГц}$. Потужність передавача становить 50 і 8 Ватт відповідно. Навігаційний сигнал являє собою фазоманіпульований псевдовипадковий код PRN (Pseudo Random Number code). PRN буває двох типів: перший, C / A- код (Coarse Acquisition code - грубий код) використовується в цивільних приймачах, другий P- код (Precision code - точний код), використовується у військових цілях, а також, іноді, для вирішення завдань геодезії і картографії. Частота $L1$ модулюється як C / A, так і P-кодом, частота $L2$ існує тільки для передачі P- коду. Крім описаних, існує ще й Y-код, що представляє собою зашифрований P- код (у воєнний час система шифровки може мінятися).

Період повторення коду досить великий (наприклад, для P- коду він дорівнює 267 дням). Кожен GPS- приймач має власний генератор, що працює на тій же частоті і модулюючий сигнал по тому ж закону, що і генератор супутника. Таким чином, за часом затримки між однаковими ділянками коду, прийнятого з супутника і згенерованого самостійно, можна обчислити час поширення сигналу, а, отже, і відстань до супутника.

Оскільки внутрішній годинник у приймачі навігаційних сигналів не може точно визначити час для синхронізації, то, визначаючи дальність, необхідно враховувати похибку годинника користувача.

Відповідно до цього для визначення місцеперебування користувача необхідно приймати сигнали не менше ніж від чотирьох навігаційних ШСЗ.

Точність позиціонування GNSS дуже залежить від числених похибок. Одні з них пов'язані з геометрією розташування ШСЗ над користувачем та локальних похибок, зумовлених проходженням радіосигналу через атмосферу.

Одним зі шляхів зменшення впливу цих похибок є застосування локальних станцій визначення диференціальних поправок GPS (Differential Global Positioning System – DGPS). На сьогодні GPS розвиває мережу функціональних доповнень до GNSS, що забезпечують користувача повідомленнями про похибки GNSS у певному регіоні.

У США створюється та розвивається мережа функціональних доповнень Wide Area Augmentation System (WAAS) [60] та Local Area

Augmentation System (LAAS) у Європі – European Geostationary Overlay System (EGNOS), в азіатсько-тихоокеанському регіоні – Multifunction transport Satellite System (MTSAS)

Станція диференціальних поправок розміщується на земній поверхні з точно відомими координатами. Приймач GNSS, розміщений на станції, визначає місцеположення. Розраховуючи різницю між точним місцеположенням та координатами, отриманими за допомогою GNSS на заданий час, визначають поправки, які передаються користувачу через супутники зв'язку.

Диференціальні поправки приймаються приймачем GNSS через ту саму антену, що й сигнали від навігаційних ШСЗ.

4. Функції бортового обладнання супутникової навігації

Сучасне навігаційне обладнання GNSS розраховує координати місцеположення за результатами оцінювання координат від двох GNSS: GPS і ГЛОНАСС з подальшим визначенням більш точного положення.

Бортове обладнання GNSS виконує такі основні функції:

- визначення координат ПК;
- обчислення географічних координат місцеположення;
- оцінювання геодезичної висоти польоту ПК;
- визначення трьох складових вектора швидкості ПК;
- визначення шляхового кута;
- обчислення шляхової швидкості ПК;
- забезпечення системи ПК точним часом UTC;
- індикацію координат.

Обладнання GNSS дуже часто інтегрується з іншими системами ПК такими, як FMS (RocwellColins – FMS-5000; Universal Avionics – UNS-1Ew, UNS-1Fw, UNS-1Lw; Honeywell – GNS-XLS), чи з індикатором повітряної обстановки для легкої авіації. Деякі виробники бортового обладнання GNSS інтегрують базу аеронавігаційної інформації у приймач GNSS і забезпечують можливість програмування плану польоту ПК. Це дає змогу надавати пілоту інформацію про величини відхилення ПК від заданої траєкторії руху та вказувати на аеронавігаційні засоби, розміщені поблизу ПК (CH-3301).

Коли є різні навігаційні системи, сама собою напрошується думка про їх спільне використання в цілях реалізації найкращих характеристик кожної з них. Очевидний варіант для морехідної навігації - поєднання систем "Омега" і "Лоран-С". Перша з них забезпечує глобальне охоплення, а друга - більш точні дані там, де це можливо, тобто поблизу узбережжя, де і потрібно більш точна навігація. Найбільш досконалою в даний час видається комбінація інерціальної навігаційної системи з супутниковою системою GPS. Тільки ІНС здатна

відстежувати маневри високошвидкісного літака і безперервно виводити на дисплей змінюються значення координат, швидкості і орієнтації.

Дані ж системи GPS можна було б використовувати для контролю за накопиченням помилки інерціальної системи, що дозволило б такої комбінованої навігаційній системі точно вказувати координати і швидкість за тривалі проміжки часу і стабілізувати свідчення ІНС по висоті.

5. Катапульта запуску БПЛА

Катапульта призначена для запуску БПЛА літакового типу методом надання йому первинного прискорення, необхідного для початку польоту.

В залежності від принципу дії та мобільності катапульти розрізняють:

- стаціонарні;
- мобільні;
- парові;
- порохові;
- джутові.

Найбільш зручними в користуванні є джутові розбірні мобільні катапульти, які мають таку конструкцію рис.1



Рисунок 1 – конструкція джутової катапульти

Направляюча балка катапульти складається з трьох секцій: передньої, середньої і задньої. Секції стягнуті між собою тросом за допомогою спеціального пристрою, закріпленого на задній опорі.

Всі три опори складаються при транспортуванні. Передні опори - телескопічні, їх довжина змінюється для регулювання кута установки катапульти.

Каретка - це рухома частина катапульти, яка рухається по направляючій, спираючись на обертові ролики. У стартовому положенні літаки серії "FLIRT" фіксуються на каретці за допомогою спеціальної чеки, прикріпленої другим кінцем до катапульти.

Каретка з літаком приводиться в рух по направляючій балці під дією натяжних еластичних джгутів. У передній частині катапульти джгути перекинуті через обертові опорні ролики. Один кінець еластичних джгутів закріплений на каретці, а другий - на карабіні під

направляючою балкою. Крізь цей же карабін протягнута натяжна мотузка, яка перекинута через обертовий ролик для зменшення тертя, а її кінець протягнутий через стопорний ролик RollNLock, який використовується для фіксації натягу.

RollNLock є сертифікованим стопорним роликом виробництва компанії Climbing Technology. Детальна інструкція по використанню RollNLock додається окремо.