

Практична робота 4

ТЕМА: «Особливості навігації та управління рухом безпілотних літальних апаратів»

Мета роботи: засвоїти особливості навігації та управління рухом безпілотних літальних апаратів.

Матеріали та обладнання: підручники, електронні інформаційні ресурси, довідники.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Основний перелік завдань, що вирішують БпЛА в польоті, виконує бортова авіоніка (бортове обладнання), що являє собою комплекс апаратних і програмних засобів, які забезпечують:

- контроль правильності траєкторії польоту і коригування її змін;
- стабілізацію параметрів руху БпЛА (висоти, швидкості польоту і т.п.) за протидії збуренням різної природи;
- керування двигунами і рульовими приводами для всіх режимів польоту;
- керування роботою цільового корисного навантаження БпЛА.

Перспективними напрямками розвитку авіоніки БпЛА є такі:

- створення адаптивної системи автоматичного керування на основі інтегрованого навігаційного комплексу і автопілоту, що передбачає варіанти виходу БпЛА із критичних режимів польоту, що обумовлені атмосферними збуреннями (поривами вітру і т. ін.);
- мініатюризація елементів бортового обладнання, зниження їх масогабаритних характеристик і підвищення функціональних можливостей;
- інтелектуалізація систем бортового обладнання БпЛА на основі різних технологій (експертних систем, нечіткої логіки, штучного інтелекту, робастного керування та ін.).

Бортова апаратура керування БпЛА

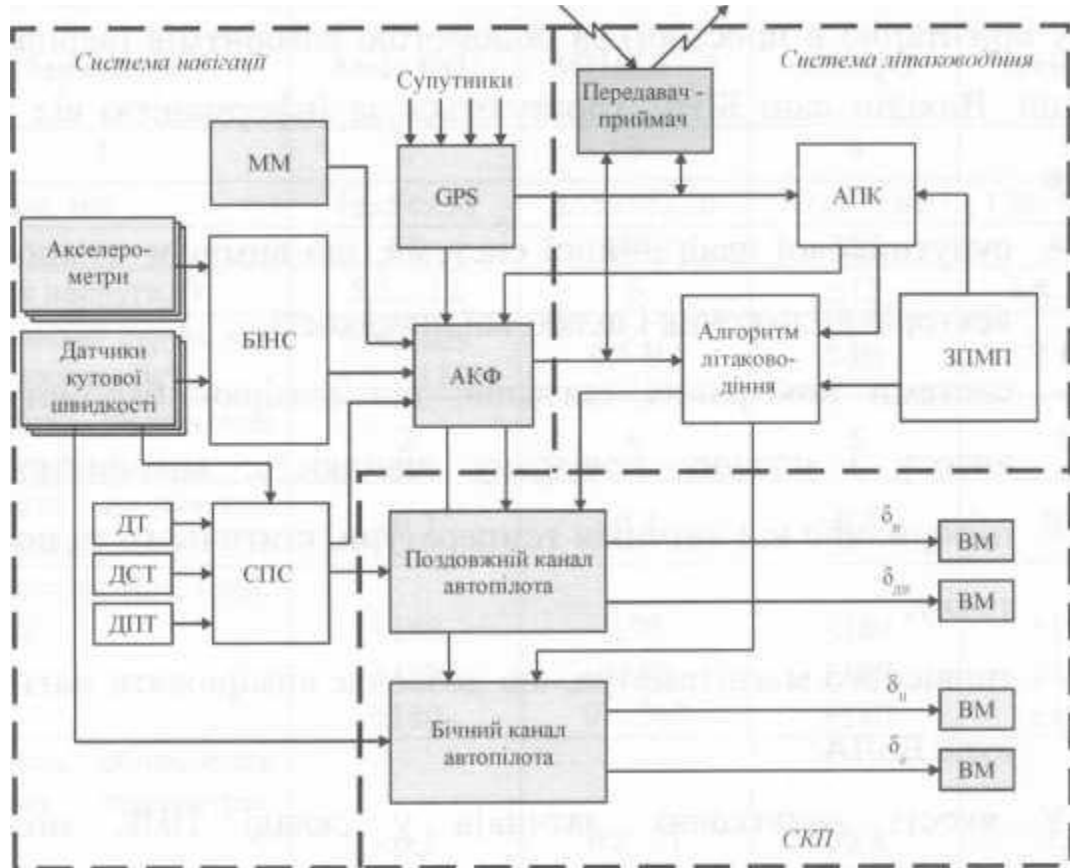
Ядром бортової електроніки є пілотажно-навігаційний комплекс (ПНК), що об'єднує сукупність пристроїв і систем вимірювання, обчислювання та керування для вирішення завдань керування на всіх етапах польоту.

Основними функціями ПНК БпЛА є такі:

- навігація і планування польоту (визначення координат місцеположення, висоти, складових швидкості і параметрів орієнтації; програмування і оперативна зміна маршруту польоту);
- пілотування (автоматичне або напівавтоматичне керування рухом; вироблення командних сигналів для систем кутової стабілізації та стабілізації висотно-швидкісних параметрів); контроль та попередження (контроль справності підсистем ПНК, обмеження виходу на небезпечні режими,

попередження про небезпечне зближення із землею).

Узагальнена архітектура ПНК для БпЛА включає три основні компоненти: систему (комплекс) навігації, систему літаководіння і систему керування (стабілізації). Типова структурна схема ПНК для БпЛА літакового типу зображена на мал.1



Мал. 1. Типова структурна схема ПНК для БпЛА:

ДТ- датчик температури; *ДКШ*- датчик кутової швидкості;
ДСТ- датчик статичного тиску; *ДПТ*- датчик повного тиску;
ММ- магнітометр; *СПС* - система повітряних сигналів;
ВМ- виконавчий механізм

Система навігації призначена для визначення положення БпЛА в заданій системі координат, складових швидкості в цій же системі та кутового положення (орієнтації) БпЛА.

ПНК отримує первинну інформацію від акселерометрів, датчиків кутових швидкостей, датчиків температури, статичного та повного тиску, тривісного магнітометра і супутникової навігаційної системи (GPS/ГЛОНАСС).

Безплатформна інерціальна навігаційна система (БІНС) визначає навігаційні параметри польоту (координати, швидкість, прискорення, кутову орієнтацію в просторі) за допомогою алгоритмів інерціальної навігації. Вихідні дані БІНС коригуються за інформацією від таких засобів:

- супутникової навігаційної системи, що вимірює компоненти векторів положення і шляхової швидкості;
 - системи повітряних сигналів, що вимірює барометричну висоту і істинну повітряну швидкість, використовуючи інформацію від датчиків температури, статичного та повного тиску;
 - тривісного магнітометра, що дозволяє вимірювати магнітний курс БПЛА;
- У якості додаткових датчиків у складі ПНК можливе використання пірометричних датчиків горизонту (кутів тангажу і крену).

Інтеграцію (комплексування) інформації від бортових навігаційних засобів можливо здійснювати за допомогою відомих інваріантних або неінваріантних схем комплексної обробки навігаційної інформації.

Характеристики ряду інтегрованих інерціально-супутникових навігаційних систем, які можуть бути використані на БПЛА сільськогосподарського призначення, наведено в табл. 1.

Отримані в навігаційній системі (комплексі) оцінки навігаційних параметрів є вхідною інформацією для систем літаководіння і керування польотом. Навігаційна інформація також передається до наземної станції (пункту) управління по каналу радіозв'язку.

Таблиця 1

Основні характеристики блоків інтегрованих інерціально-супутникових навігаційних систем

Параметри	Atair INU	МІнСС-3	ММQG	Navigator
Розміри, мм	49x54x30	155x55x20	47x47x64	130x59x19
Маса, г	82	60	227	80
Вхідна напруга, В	5,5...12	6	±12	4,8...20
Споживний струм, мА (потужність, Вт)	<180 мА (5,5... 12В)	0,5 Вт	5 Вт	2 Вт
Точність визначення координат, м	2	6	5	5
Точність визначення швидкостей, м/с	<0,2	0,2	0,2	0,5
Діапазон виміру, град: тангаж	±180	±90	±180	±180
крен	+180	±180	±180	±180
курс	+180	0...360	±180	±180
Точність обчислення кутових параметрів, град:				
тангаж, крен курс	<0,2	0,2...1 0,4...2	<2,8	1,0
	<0,5		<2,8	2,4
Кутові швидкості Діапазон (град/с): за креном, тангажем, ривками	+300	±150	±200	±300
Похибка виміру (град/с): за креном, тангажем, ривками	±0,1	±0,2	±0,3	±0,05
Прискорення Вхідний діапазон, g	±2	±10	±10	±6
Похибка, g	±0,015	±0,01	±0,025	±0,06
Робоче середовище: температура, °С	-40...+85	-	-40...+85	-40...+70
Ударне перевантаження, g	200 (1 с)	-	250	-

Система літаководіння призначена для оцінювання відхилень поточних навігаційних параметрів польоту БпЛА (положення та швидкості) від параметрів, що визначаються польотним завданням, та вироблення командних сигналів для системи керування польотом для зменшення цих відхилень.

Система літаководіння складається з блоку зберігання заданих параметрів і маршруту польоту (ЗПМП), алгоритму перетворення координат (АПК) і алгоритму суто літаководіння.

Блок ЗПКП забезпечує зберігання і видачу координат проміжних пунктів маршруту, за якими розраховуються лінії заданого шляху, висоти і швидкості польоту.

Алгоритм літаководіння призначений для вироблення алгоритмів керування на підставі відхилень поточних параметрів польоту від ЗПМП. Ці сигнали перемикають режими роботи автопілота і подаються до відповідних контурів керування кутовим положенням, швидкістю і висотою польоту.

Автопілот БпЛА входить до системи керування польотом і забезпечує виконання таких завдань:

- автоматизація траєкторного керування, що дозволяє виводити БпЛА в певну точку маршруту або виконувати його рух певною траєкторією із заданою швидкістю;
- стабілізація кутового положення БпЛА з використанням інформації від систем орієнтації;
- забезпечення необхідних пілотажних характеристик БпЛА.

Траєкторія польоту (просторова крива руху центра мас БпЛА) виражається маршрутом, лінією шляху і профілем польоту.

Визначення траєкторії польоту у просторі та часі є навігаційною програмою польоту, яка залежить від функціонального призначення БпЛА і поставлених перед ним завдань. На маршруті польоту виділяються опорні точки (зльоту, посадки) і точки зміни маршруту (поворотні пункти маршруту).

Керування рухом БпЛА за заданою траєкторією (лінії заданого шляху) здійснюється його послідовним виведенням у поворотні пункти маршруту одним із трьох способів: шляховим, курсовим або маршрутним. У загальному випадку крім витримування лінії заданого шляху ставляться додаткові завдання реалізації заданого профілю польоту та виконання часового графіка польоту.

Система керування складається з двох каналів автопілота - поздовжнього та бічного. Поздовжній канал автопілота призначений для керування висотою, швидкістю і кутом тангажу.

ПНК і наземна апаратура керування повинні забезпечувати такі режими польоту БпЛА:

- політ у автономному режимі за контрольними пунктами маршруту з одночасним передаванням телеметричної інформації до наземної апаратури керування;
- політ у напівавтоматичному режимі радіокерування з коригуванням дій

оператора бортовою апаратурою ПНК;

- зліт і посадку в ручному режимі з керуванням оператором по радіоканалу.

В автоматичному режимі польоту за показниками систем навігації виконується автоматичне керування висотою, курсом і швидкістю польоту.

У цьому режимі керування виконується за принципом «наведення-стабілізація». Системи навігації і літаководіння виконують функції наведення, які транслюються в систему керування польотом, що вирішує задачу стабілізації і забезпечує стійкість руху.

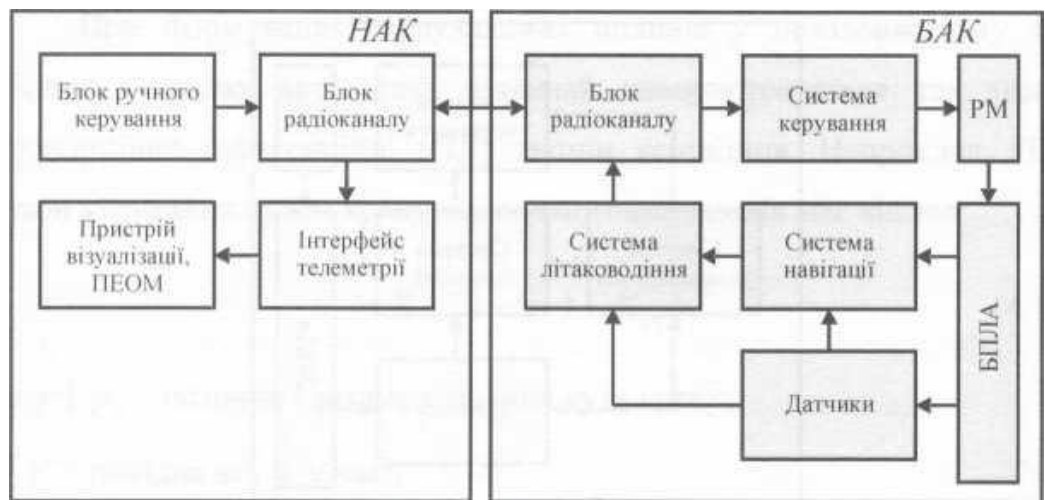


Мал. 2. Функціональна схема керування автоматичним режимом польоту.

Напівавтоматичний режим керування здійснюється за допомогою інформації про просторове положення БПЛА, отриманої по радіоканалу і відображеної на пристрої візуалізації наземної апаратури керування. Дії оператора у цьому режимі керування коригуються системою автоматичного керування, що виконує функції автопілота і не допускає потенційно небезпечних параметрів руху БПЛА. Функціональна схема напівавтоматичного режиму керування зображена на (мал. 3).

У напівавтоматичному режимі забезпечуються два інформаційних потоки через радіоканал:

- від блока ручного керування до бортової системи керування;
- від системи навігації через систему літаководіння і інтерфейс телеметрії на пристрій візуалізації параметрів польоту;
- приймання даних від БПЛА і передавання їх до електронної обчислювальної машини;
- передавання команд керування у бортову апаратуру керування.



Мал. 3. Функціональна схема напівавтоматичного режиму керування:
НАК- напівавтоматичний комплекс; *БАК* – бортовий автоматичний комплекс;
РМ- рульові машини

Наземна апаратура керування БпЛА призначена для виконання таких завдань:

- створення карти з маршрутом польоту з наступною передачею на борт БпЛА до блока зберігання заданих параметрів і маршруту польоту;
- керування БпЛА у напівавтоматичному і ручному режимах в зоні дії радіосистеми;
- моніторинг даних, що надходять із БпЛА (координати, швидкість, напрямок польоту, параметри системи енергозабезпечення та т. ін.).

Забезпечення виконання наведених завдань реалізується за допомогою блока ручного керування, електронної обчислювальної машини та апаратури керування і зв'язку, на яку покладено виконання таких функцій.

- приймання даних від БпЛА і передавання їх до електронної обчислювальної машини;
- передавання команд керування у бортову апаратуру керування;
- отримання інформації про температуру і тиск повітря в точці старту та передавання її до бортової апаратури керування.

ХІД РОБОТИ

Завдання:

1. Ознайомитися з особливостями навігації під час проведення моніторингу фітоценозів.
2. Засвоїти принципи управління рухом безпілотних літальних апаратів.

Література:

1. Система точного землеробства: підручник /Л. В. Аніскевич, Д. Г. Войтюк, Ф. М. Захарін, С. О. Пономаренко; за ред. Л. В. Аніскевича. К. : НУБіП України, 2018. 566 с.
2. Вигера С.М. Природні і культурні фітоценози та принципи контролю їх біорізноманіття : монографія. Київ: НУБіП України, 2013. 300 с.
3. Вигера С. М., Басюк І. В., Сидоренко Л. П. Особливості контролю біорізноманіття за умов органічного виробництва фітопродукції. *Збірник статей з актуальних питань інноваційного консалтингу* / НУБіП України, кафедра аграрного консалтингу та сервісу. Київ : Аграр Медіа Груп, 2010. С. 130–134.
4. Войтюк Д. Г. Моніторинг фітосанітарного стану посівів в системі точного землеробства. *Зб. НАУ*. Київ Т. XI, 2002. С.76–80.
5. Доля М.М. Фітосанітарний моніторинг : навчальний посібник / за ред. М.М. Долі та Й.Т. Покозія. К. : НАУ, 2004. 214 с.