

УДК 681.121

## ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЬ В АВІАЦІЙНІЙ ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНІЙ ТЕХНІЦІ

*Коробко І. В., Ткаченко С. С.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [korobko.kpi@gmail.com](mailto:korobko.kpi@gmail.com), [s.tkachenko@kpi.ua](mailto:s.tkachenko@kpi.ua)*

Сучасний стан літальних апаратів (ЛА) завдячує стрімкому розвитку мікропроцесорної техніки, мікроелектроніки, інформаційно-вимірювальних технологій, систем керування, навігації, орієнтації, стабілізації, систем передачі і обробки інформації, штучного інтелекту.

Розвиток методів, нових матеріалів дозволив значно зменшити габаритно-масові характеристики елементної бази, і засобів вимірювання зокрема. Це стало поштовхом стрімкого розвитку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) різного класу для виконання важливих цивільних і військових задач, особливо враховуючи виклики сьогодення.

Засоби вимірювання в роботі ЛА виконують ряд основних задач:

- орієнтації в просторі;
- контроль траєкторії польоту;
- корегування змін параметрів польоту;
- стабілізація параметрів руху ЛА при зовнішніх збуреннях;
- оптимізація параметрів траєкторії польоту;
- забезпечення надходження потокових даних до обчислювача;
- керування силовими установками і приводами;
- керування роботою корисного навантаження.

Для розв'язання цих задач необхідно забезпечити такі основні види вимірювань:

- лінійні і кутові;
- вимірювання швидкості плинну, витрати та кількості рідинно- та газо-фазних потоків;
- вимірювання тиску повітря, газу, мастила у силових установках, аерометричні вимірювання;
- температури (тепловий режим двигунів, система терморегулювання, вентиляція і створення комфортних умов екіпажу та пасажиром, зовнішнє середовище і повітря в різних відсіках ЛА);
- технологічні вимірювання, які пов'язані із визначенням якості виготовлення елементів конструкції ЛА та їх в цілому;
- вимірювання, що направлені на визначення фізико-механічних та фізико-хімічних характеристик матеріалів конструкції ЛА;
- кутових швидкостей (обертання валів турбінних агрегатів, поршневих авіадвигунів, сенсори зворотного зв'язку в автопілотах та різних систем стеження та керування);

- лінійних швидкостей (штоки гідравлічних сервомеханізмів, польоту);
- лінійних та кутових прискорень;
- орієнтації та стабілізації.

Особливий клас вимірювань притаманний космічній галузі, основними з яких є:

- пілотажно-навігаційна група (окрім приладів і сенсорів, які застосовуються на літаках, в космічних літальних апаратах (КЛА) застосовуються прилади, які вимірюють параметри положення і руху, специфічні для польотів в космосі – напрямом вертикалі небесного тіла, відстані до нього і швидкість зближення КЛА із небесним тілом);
- група контролю за режимами роботи бортових агрегатів. За вимірювальними величинами ця група майже не відрізняється від відповідної групи звичайних ЛА. Специфічним для КЛА є вимірювальні пристрої, які визначають зміну геометричної форми КЛА, викликані обгоранням і зношенням захисних теплопокриттів під час повернення в атмосферу;
- група контролю параметрів оточуючого середовища. Цією групою видається інформація про склад, концентрацію, тиск, густину і температуру міжпланетної речовини, про заряди часток цієї речовини і потоків Сонця, про енергетичний і хімічний спектр космічних променів, про параметри магнітних, гравітаційних і електричних полів що оточують планети, про інтенсивність мікрометеоритних потоків і т.і.;
- група контролю медико-біологічних параметрів. До цієї групи відносяться прилади і сенсори, які вимірюють і реєструють параметри, що характеризують життєдіяльність організму людини, та інших живих організмів і рослин, які знаходяться на борту КЛА, прилади, які забезпечують контроль за біологічними об'єктами. До таких параметрів відносяться: частота пульсу, частота і глибини дихання, температура тіла, кров'яний тиск, біологічні потоки м'язів, акустичні тони серця.

Подальший розвиток науки і техніки спонукає до вирішення задач:

- подальше зменшення розмірів елементної бази засобів вимірювання зокрема, і ЛА в цілому;
- розширення функціональних можливостей систем вимірювання;
- розвиток адаптивної системи керування ЛА;
- розвиток система автопілотів і їх функціональних можливостей;
- розвиток систем ШІ для ситуаційного керування;
- удосконалення виконавчого режиму керування ЛА;
- розвиток тактичного і стратегічного режимів систем керування з використання інформаційно-вимірювальних підсистем;
- удосконалення нейроно-мережових систем;
- розвиток систем керування групою та роями БПЛА;
- розвиток віртуальних технологій.

Авіоніка (авіаційна електроніка) – сукупна назва усіх електронних систем і їх засобів, розроблених для використання на літальних апаратах. До них

належать системи комунікації, навігації, відображення даних і управління різними пристроями.

В загальному, авіоніка авіаційних комплексів складається із бортової і наземної апаратури керування.

Основою бортової системи керування є пілотажно-навігаційних комплекс, що поєднує в своєму складі засоби і системи вимірювання, обчислення і керування параметрами польоту, відображення і передачі інформації особам, що керують роботою ЛА.

Основні блоки пілотажно-навігаційних комплексу та їх основні функції:

1) блок навігації польоту:

- розрахунок координат ЛА по даним засобів вимірювання;
- програмування маршруту польоту;
- внесення змін до маршруту при впливі зовнішніх факторів;
- визначення і розрахунок параметрів польоту;
- застосування коефіцієнтів корекції параметрів руху;
- блок пілотування:
- ручне, автоматичне або напівавтоматичне керування ЛА;
- отримання параметрів сигналів керування кутовими, висотними і швидкісними параметрами;

2) блок системи безпеки і контролю:

- системи попередження про зближення з перешкодами;
- системи контролю критичних параметрів;
- системи справності обладнання.

Узагальнена структура пілотажно-навігаційного комплексу складається з трьох основних складових: система навігації, система літаководіння і система керування польотом.

Система навігації призначена для визначення положення в системі координат, вектора швидкості та кутового положення відносно центра мас. У виконанні цих задач допомагають акселерометри, гіроскопи, датчики температури, датчики статичного і повного тиску, магнітометр, супутникова система навігації.

За визначення навігаційних параметрів польоту відповідає безплатформна інерціальна навігаційна система (БІНС), робота якої базується на даних прискорення від акселерометрів і значень кутової швидкості від гіроскопів. Тому питання зменшення і компенсації значень шумів і проблематика зміщення нулю є актуальною. Частково вплив цих похибок вдається компенсувати за рахунок використання коефіцієнтів корегування від інших підсистем:

- супутникової навігаційної системи;
- системи повітряних сигналів;
- системи вимірювання магнітного курсу.

Основу системи повітряних сигналів складають датчики: барометричної висоти, повітряної швидкості, температури, статичного і повного тиску. Вимоги до підвищення точності, швидкодії, і зменшення габаритно-масових параметрів

актуальні і потребують вирішення. Обробка даних підсистем системи навігації здійснюється за допомогою алгоритму фільтрації Калмана і слугує вхідними даними для наступних систем: літаководіння і керування польотом.

Система літаководіння оцінює відхилення поточних навігаційних параметрів польоту від заданих маршрутом. Її основою є інформація від датчиків просторового положення і швидкості, а результатом роботи – командні сигнали, що дозволяють зменшувати відхилення. Система оперує даними для розрахунку лінії заданого шляху, визначення висоти і швидкості польоту. Система керування польотом слідкує за кутовим положення ЛА, висотою і швидкістю і має два канали: поздовжній і бічний. Поздовжній канал призначений для керування параметрами кутового положення, висоти і швидкості тангажу, а поперечний – цими ж параметрами крену.

Системи орієнтації визначають кутове положення відносно опорної системи координат і можуть бути різних типів: безплатформна, магнітометрична, пірометрична тощо.

Основа безплатформної системи – датчик абсолютної кутової швидкості обертання – гіроскоп. Для початкової орієнтації або виставки відносно системи координат використовують акселерометри. Підвищення точності вимірювання і усунення дрейфів (відхилень) гіроскопів потребує постійного поліпшення. Актуальним залишається питання точності вимірювання прискорення.

Магніторезистивний магнітометр є основою магнітометричної системи, який фіксує зміну вектору напруженості магнітного поля Землі відносно ЛА, що є джерелом інформації зміни кутової орієнтації. Основні завади для роботи магнітометра – наявність магнітних аномалій різної природи, в тому числі від роботи іншого обладнання на борту ЛА і потребує вирішення питань захисту.

Пірометрична система реагує на зміну температури між небозводом і поверхнею Землі за допомогою пірометрів – датчиків температури. Пірометри чутливі до погодних умов, пори року і наявності відкритого простору. Питання їх калібрування і налаштування і навчання система нейромереж для оцінювання потребує удосконалення.

Виходячи з наведеного, вимірювання і контроль мають місце протягом всього життєвого циклу літальних апаратів різного класу і призначення. Приладобудування є однією з основних галузей науки і техніки, яка забезпечує створення, дослідження, експлуатацію, регламентні роботи сучасних літальних апаратів, а авіоніка – їх інтелект. А тому на сьогодні надзвичайну актуальність набуває розвиток і створення сучасних засобів вимірювання і реєстрації в авіаційній та ракетно-космічній галузях різноманітних величин, що підкреслює визначальну роль приладобудування в сучасному високотехнологічному світі.

*Ключові слова:* засоби вимірювання та реєстрації, аерокосмічні технології, приладобудування.