

**БАЛІСТИЧНІ ТА КРИЛАТІ РАКЕТИ: СПОСОБИ НАВЕДЕННЯ**

Стеблін Є.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Орел Р.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,

м. Харків, Україна

e-mail: [yevhenii.steblyn@nure.ua](mailto:yevhenii.steblyn@nure.ua)

The work examines existing navigation systems for ballistic and cruise missiles. The physical principles of operation of the inertial navigation system and the features of its use are described. Strategies to improve the accuracy of an inertial navigation system through integration with systems such as GPS or radar systems are shown.

Балістичні та крилаті ракети представляють собою категорії високоефективного озброєння, які визначаються як одні з найпотужніших у сучасному світі, здатних демонструвати високу точність на значних відстанях. Балістична ракета працює на основі принципу корегування під час активної фази польоту до моменту вимкнення двигуна. Після вимкнення двигуна ракета слідує балістичною траєкторією. Крилаті ракети представляють собою компактні безпілотні літальні апарати з турбореактивним двигуном та системою навігації, спроектованою для забезпечення мінімальної висоти з метою досягнення максимального рівня непомітності перед радіолокаційними системами. У випадку розташування пускової установки на землі передбачено використання стартового прискорювача, який активується перед увімкненням маршового двигуна [1].

Основною системою навігації ракет залишається інерціальна, однак для досягнення більшої точності використовується комбінація інерціальної системи та додаткових систем коригування.

Розглянемо складові інерціальної навігаційної системи (ІНС) та принцип її роботи. ІНС складається з 4 блоків (рис.1):

- 1 – Блок введення початкової інформації;
- 2 – Блок часу;
- 3 – Блок інерційних вимірювачів;
- 4 – Обчислювальний блок.

Принцип роботи ІНС полягає в наступному. Початкова інформація А (початкові параметри маршруту) подається через блок 1 в блоки 2, 3 і 4 для орієнтації інерційних вимірювачів та інтегрування основного рівняння.

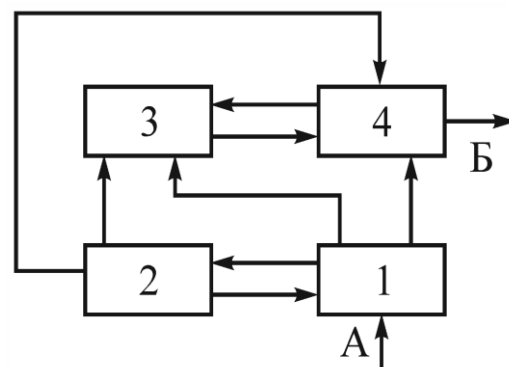


Рис. 1 – Блок схема ІНС

З блоку 2 сигнали світового часу надходять в блоки 1, 3, 4 для синхронного функціонування системи. В блоці 3 генеруються команди для побудови напрямків в просторі з використанням акселерометрів та гіроскопічних пристроїв, який вже надає інформацію для блоку обчислення, де відбувається розрахунок необхідних параметрів руху. В блоці 4 проводяться інтегрування основного рівняння, розрахунок необхідних параметрів руху і формування потоку Б кінцевих команд і сигналів про параметри руху виконуючи пристрої [2].

Розглянемо складові 3 блоку інерційних вимірювання та на яких законах вони базуються. Гіроскопічні пристрої представляють собою електромеханічні засоби, обладнані гіроскопами та датчиками для вимірювання положення об'єкта з метою стабілізації чи визначення його положення. У своєму різноманітті гіроскопів, особливу увагу приділимо механічному гіроскопу, що ґрунтується на фундаментальному законі фізики – законі збереження імпульсу. Зазначено, що у замкненій системі загальний імпульс тіл зберігається, а це обумовлюється обертливим рухом масивного твердого тіла, відомого як ротор, що є носієм кінетичного моменту та забезпечує сталість напрямку [2].

Акселерометр (рис.2), як пристрій для вимірювання прискорення, ґрунтується на другому законі Ньютона, який описує взаємодію маси тіла та прикладеної до нього сили. Його основна конструкція включає чутливий елемент, або сейсмічну масу, яка, взаємодіючи з гнучким з'єднанням (пружиною), зміщується при виникненні прискорення. Вимірюючи зміну положення цього елемента, визначається прискорення об'єкта [2].

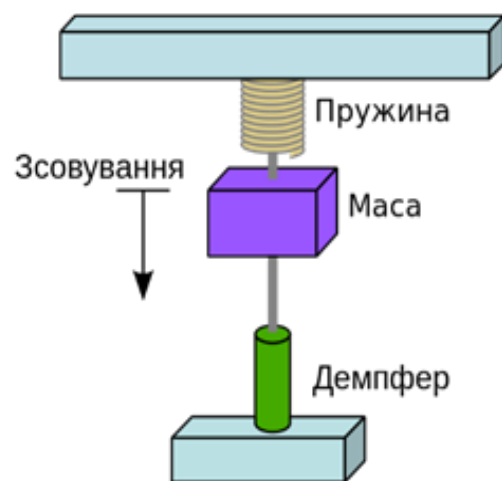


Рис. 2 –Акселерометр

Для крилатих ракет важливо забезпечити мінімальну висоту та непомітність, тому вони використовують комбінацію інерціальної системи навігації та системи TERCOM (TerrainContourMatching). Ця система ґрунтується на порівнянні контуру місцевості з актуальним рельєфом у ході польоту за допомогою вбудованого радіолокатора-альтиметра та розрахунком її поточної висоти. Це дозволяє використовувати рельєф як маскування від радіолокаційних систем.

Інерціальні системи навігації автономні, мають високу стійкість до перешкод та здатність до автоматизації навігаційних процесів, визначаючи їхню ключову роль у сучасних навігаційних системах. Однак наявність накопичених похибок в ІНС може призвести до відхилень вимірювань від реального положення об'єкта.

Для усунення похибок в роботі інерціальних систем навігації застосовуються додаткові системи коригування, такі як супутникові системи навігації і радарні системи.

Наведення за допомогою супутникових систем використовує інформацію від систем супутникового позначення, таких як GPS або GLONASS. Чіп GPS у ракеті отримує вказівки від супутників, що забезпечує точне наведення на нерухомі цілі.

Корегування ракет за допомогою радару - ефективний метод управління крилатими ракетами. Бойові кораблі використовують управлінські радіолокаційні станції для підсвічування цілей. Ракети можуть бути оснащені активними або пасивними радіолокаційними системами, які дозволяють їм автономно наводитися на нестатичні цілі навіть поза зоною видимості основного радару.[1]

Інерціальні навігаційні системи постійно розвиваються і вдосконалюються, тому перспективи цих систем навігації є багатообіцяючими. З продовженням прогресу технологій очікується, що ІНС стануть ще точнішими, надійнішими та універсальнішими. Мініатюризація компонентів та вдосконалення сенсорних технологій сприятимуть створенню більш компактних та ефективних ІНС.

У майбутньому ІНС можуть зіграти важливу роль у системах автономної навігації для різних платформ, включаючи безпілотні літальні апарати, автономні транспортні засоби. Інтеграція ІНС з іншими системами навігації підвищить загальну точність та надійність навігації. Вдосконалення алгоритмів обробки даних та штучного інтелекту сприятиме оптимізації функціонування ІНС та покращить їхню точність та ефективність.

#### Список використаних джерел:

1. MissileDefence Advocacy Alliance, Cruise Missile Basics. URL: <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/missile-basics/cruise-missile-basics>
2. DEWESoft, Grant Maloy Smith: What Is an Inertial Navigation System? URL: <https://dewesoft.com/blog/what-is-inertial-navigation-system>