



Тема № 6 Радіонавігаційні системи.

Лекція № 11. Допплерівський вимірювач швидкості та кута зносу.

Навчальна та виховна мета: Розглянути призначення, завдання і принцип дії однопроменевого та багатопроменевих доплерівських вимірювачів

Навчальні питання і розподіл часу:

- | | |
|--|----------|
| Вступ | - 10 хв. |
| 1. Призначення та області застосування доплерівських вимірювачів швидкості та кута зносу (ДВШЗ). | - 10 хв. |
| 2. Структурна схема ДВШЗ. Принцип побудови багатопроменевих ДВШЗ. | - 30 хв. |
| 3. ДВШЗ з неперервним випромінюванням частотно-модульованих коливань. | - 30 хв. |
| Висновки та відповіді на питання | - 10 хв. |

1. Призначення та області застосування доплерівських вимірювачів швидкості та кута зносу.

Робота доплерівських вимірювачів швидкості та кута зносу (ДВШЗ) базується на вимірюванні доплерівських частот сигналів, відбитих від земної поверхні і прийнятих по декількох променях антени.

В теперішній час доплерівські вимірювачі грають дуже важливу роль при визначенні місцеположення літака методом обчислення шляху, тобто розрахунку пройденого шляху по виміряній швидкості і часу. При цьому ДВШЗ використовується разом із курсовою системою, що вимірює курс ЛА ψ , датчиком вертикалі, що формує сигнали крену γ і тангажу χ , та бортовою ЕОМ, що реалізує алгоритм обчислення шляху.

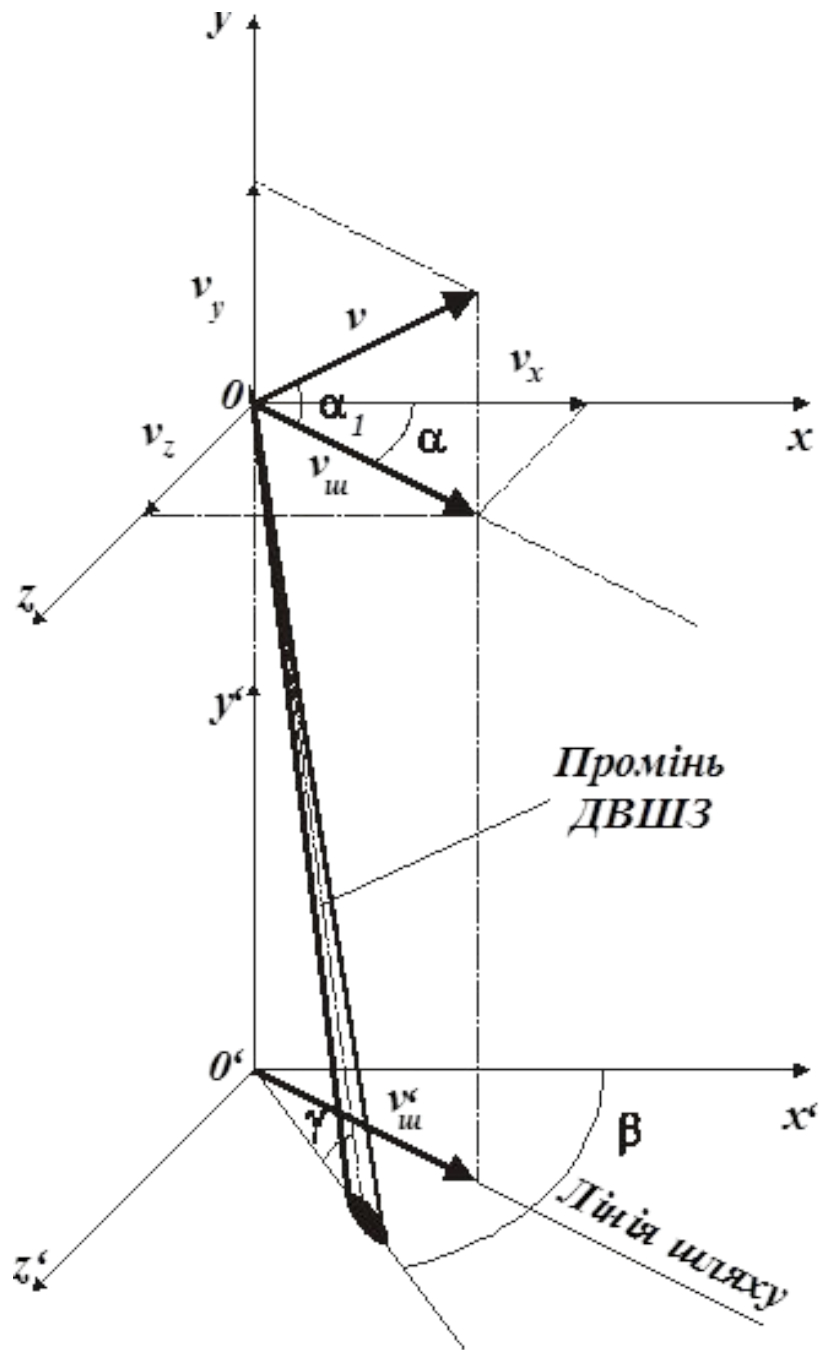
У сукупності вказані пристрої утворюють доплерівську навігаційну систему, в якій ДВШЗ виробляє сигнали, що містять інформацію про шляхову швидкість та кут зносу α ЛА.

2. Структурна схема ДВШЗ. Принцип побудови багатопроменевих ДВШЗ.

2.1. Основні кількісні співвідношення та узагальнена структурна схема ДВШЗ

При вирішенні задач автономного управління ЛА на різних етапах його польоту необхідно знати вектор повної швидкості \underline{v} ЛА та його складові v_x, v_y, v_z в стабілізованій системі координат (x, y, z) , початок якої збігається з місцеположенням центру мас ЛА

Вимірювання складових вектора повної швидкості в ДВШЗ базується на використанні ефекту Доплера, а вектор повної швидкості визначається шляхом розрахунку v і кутів зносу в горизонтальній α та вертикальній α_1 площинах по вимірних значеннях v_x, v_y, v_z .



Розглянемо принцип дії однопроменевого ДВШЗ. Нехай голчастий промінь антени ДВШЗ шириною θ обернений в горизонтальній площині на кут β і утворює з нею кут γ , а поздовжня вісь ЛА збігається з віссю X. В цьому випадку буде опромінюватись ділянка земної поверхні, заштрихована на малюнку.

Спектр доплерівських частот на вході ДВШЗ є неперервним і відповідає доплерівському зміщенню частоти сигналу, відбитого від і-тої точки, тобто

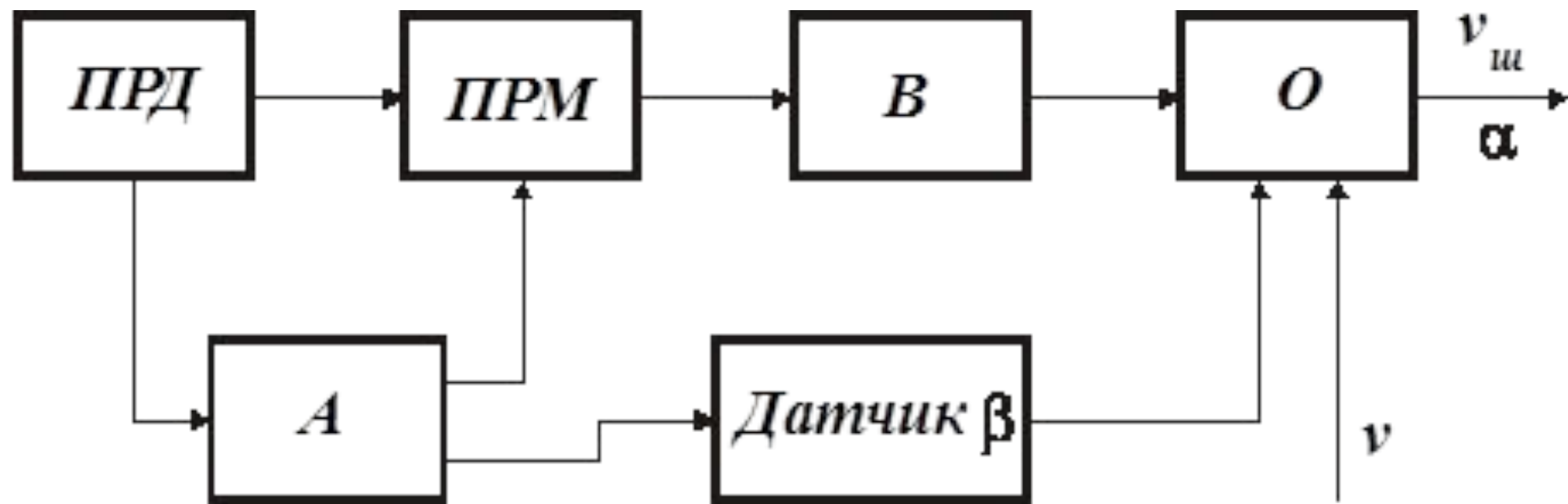
$$F_{D_i} = \frac{2}{\lambda} (v_x \cdot \cos\beta \cdot \cos\gamma + v_z \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma - v_y \cdot \sin\gamma)$$

- Із даного виразу видно, що для вимірювання всіх складових вектора повної швидкості необхідно мати три незалежних рівняння аналогічного типу.
- Це досягається за рахунок застосування в ДВШЗ антенної системи, що має три і більше променів ДН.

Типова структурна схема такого

ДВШЗ

До складу ДВШЗ входять: антенна система (А), передавач (ПРД) та приймач (ПРМ), вимірювач частоти (В) і обчислювач (О) шляхової швидкості та кута зносу (конструктивно О може входити до складу БЦОМ). Передавач формує неперервні високочастотні коливання, які однопроменевою антенною системою випромінює у напрямку землі. Відбитий від ділянки земної поверхні сигнал приймається антеною ДВШЗ і надходить до приймача, де в результаті порівняння з опорним сигналом ПРД виділяється сигнал доплерівської частоти. Доплерівська частота даного сигналу вимірюється у вимірювачі частоти, і напруга, пропорційна доплерівській частоті, надходить до обчислювача, який розраховує шляхову швидкість та кут зносу α .



2.2. Принципи побудови багатопроменевих ДВШЗ

Однопроменевий ДВШЗ має великі похибки за рахунок коливань літака по крену і тангажу. Підвищити точність вимірювання, знизити вплив кутів крену і тангажу ЛА можна, застосовуючи багатопроменевий ДВШЗ. Доплерівські зміщення частот сигналів, прийнятих по 1, 2 і 3 променях, відповідно дорівнюють .

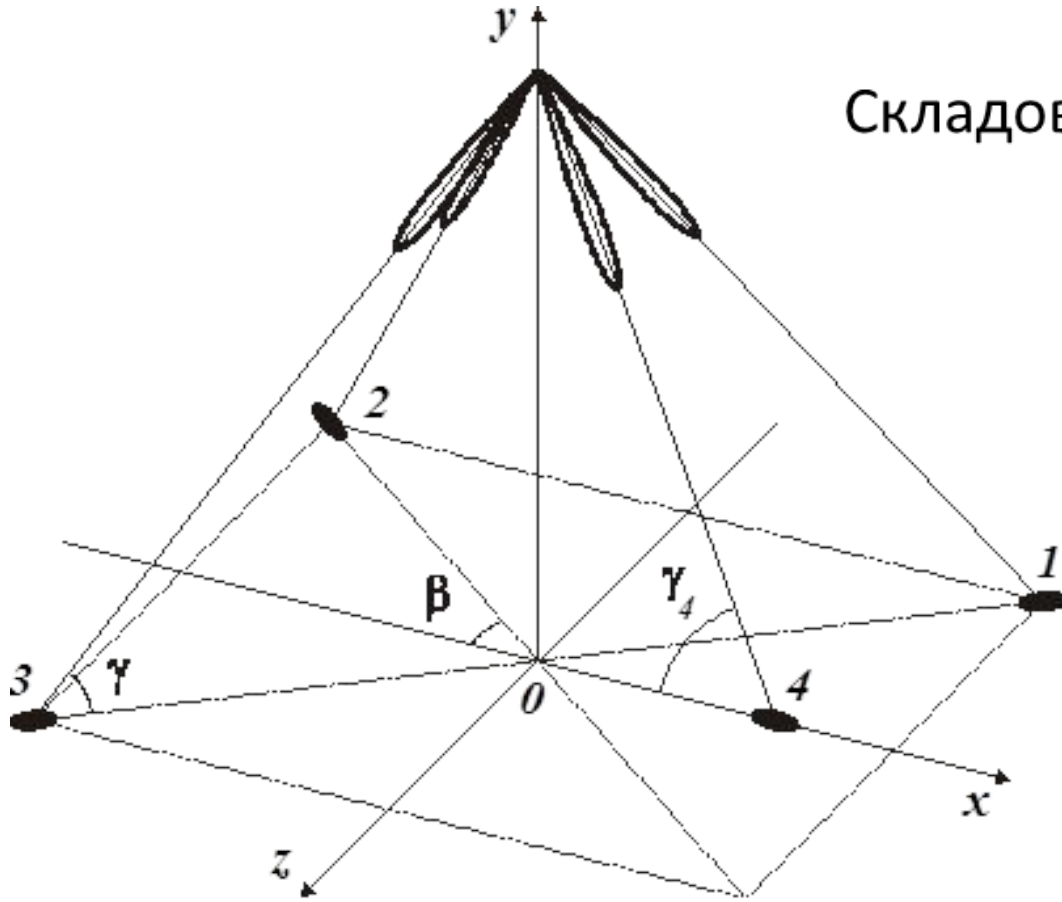
$$F_{Д1} = \frac{2}{\lambda} (v_x \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma - v_z \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma - v_y \cdot \sin \gamma)$$

$$F_{Д2} = -\frac{2}{\lambda} (v_x \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma + v_z \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma + v_y \cdot \sin \gamma)$$

$$F_{Д3} = -\frac{2}{\lambda} (v_x \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma - v_z \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma + v_y \cdot \sin \gamma)$$

де $F_{Д1}$, $F_{Д2}$, $F_{Д3}$ - значення доплерівських зміщень частот, що відповідають напрямкам максимумів променів 1, 2 і 3 ДНА.

Складові шляхової швидкості :



$$v_x = \frac{\lambda(|F_{Д1}| + |F_{Д2}|)}{4 \cos \beta \cdot \cos \gamma}$$

$$v_z = \frac{\lambda(|F_{Д2}| - |F_{Д3}|)}{4 \sin \beta \cdot \cos \gamma}$$

$$v_y = \frac{\lambda(|F_{Д3}| - |F_{Д1}|)}{4 \sin \gamma}$$

Таким чином, у трипроменевому ДВШЗ забезпечується роздільна оцінка складових вектора повної швидкості шляхом порівняння доплерівських зміщень частоти сигналів, прийнятих по цих променях.

- **3. Допплерівські вимірювачі з неперервним випромінюванням частотно-модульованих коливань.**
- **3.1. Допплерівські вимірювачі з неперервним випроміненням не- модульованих коливань**
- Допплерівські вимірювачі за характером випромінювання діляться на ДВШЗ з неперервним випроміненням і з імпульсним випроміненням. У свою чергу, доплерівські вимірювачі з неперервним випроміненням діляться на ДВШЗ, що використовують неперервні немодульовані коливання і ДВШЗ, в яких застосовуються неперервні частотно-модульовані коливання.
- В доплерівських вимірювачах з неперервним випроміненням немодульованих коливань використовуються для випромінювання та прийому сигналів окремі, нерухомі відносно корпусу літака, антени. Наявність окремих антен необхідне для того, щоб на роботу приймача не впливав сигнал передавача, оскільки випромінювання та прийом здійснюються одночасно

Достоїнства:

Висока чутливість. Коефіцієнт використання енергії відбиття сигналу дорівнює 100%.

Відсутні “сліпі” частоти. Спрощується передавач, оскільки не вимагається модулятор

Недоліки:

Наявність двох антен.

Складність ізоляції приймача від сигналу передавача модульованого НЧ шуму, що обмежує висотність ДВШЗ.

Високі вимоги до стабільності частоти передавача.

3.2. ДВШЗ з неперервним випромінюванням частотно-модульованих сигналів

Застосування ДВШЗ з частотною модуляцією неперервно випромінюваних коливань дозволяє зменшити вплив сигналу передавача на чутливість приймача і знизити вимоги до величини розв'язки між передавачем та приймачем.

Достоїнства:

1. Зменшення впливу прямого сигналу передавача на приймач.
2. Висока точність вимірювання.

Недоліки:

1. З точки зору енергетики дані ДВШЗ поступаються ДВШЗ з неперервним випромінюванням немодульованих коливань, оскільки в них використовуються не всі складові спектру відбитого сигналу, а тільки ті, що попадають у смуговий ППЧ.
2. Застосування періодичного закону зміни частоти викликає появу “сліпих” висот.