

УДК 629.7.05

**НАУМОВ О.В.**, заст. начальника відділу ДП «АНТОНОВ», кандидат технічних наук

## **ВИМОГИ ДО БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ПОЛЬОТАХ У НАВІГАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ PBN**

*Розглянуто питання впровадження нових навігаційних засобів і інфраструктури організації повітряного руху на основі концепції PBN міжнародної організації цивільної авіації ICAO. Визначено склад бортового радіоелектронного обладнання та сформульовані вимоги до функціонального призначення бортових систем з метою відповідності вимогам, що вводяться вперше.*

*Ключові слова:* літаководіння, повітряний рух, концепція PBN, зональна навігація, бортове радіоелектронне обладнання, специфікація RNAV/RNP.

В даний час Європейська організація по безпеці повітряної навігації EUROCONTROL у межах єдиної програми дослідження та розвитку організації повітряного руху SESAR впроваджує нові навігаційні засоби та інфраструктури на основі концепції PBN (Performance Based Navigation), яка затверджена на 36-й Асамблеї ICAO у вересні 2007 р. Концепція PBN запроваджена у якості чергового етапу розвитку глобальної системи організації повітряного руху. Дана концепція передбачає перехід від існуючої специфікації RNAV до специфікації RNP [1].

### **Відмінність специфікацій RNAV і RNP полягає у наступному:**

застосування RNAV дозволяє повітряному судну (ПС) виконувати політ по будь-якій бажаній траєкторії у межах зони дії навігаційних радіомаяків або в межах, обумовлених можливостями автономних засобів, або їх комбінації;

застосування RNP відповідає застосуванню RNAV, при **якому** потрібен **моніторинг експлуатаційних характеристик і видача попереджень на борту ПС.**

Слід мати на увазі, що вимоги RNAV1 перевищують вимоги P-RNAV і для одержання дозволу авіаційної влади на польоти по RNAV1 розробникам повітряного судна і бортового радіоелектронного обладнання (БРЕО) необхідно буде провести додаткові роботи.

Для літаків, що пройшли сертифікацію по вимогах P-RNAV необхідно додатково розробити та реалізувати наступні алгоритми:

автоматичне спостереження за характеристиками БРЕО;

виведення на індикацію повідомлень про неможливість виконання RNP1, RNP APCH, RNP AR APCH;

сигналізація екіпажу про неможливість визначення сумарної похибки літаководіння TSE;

прогноз деградації характеристик та попередження екіпаж про їх вихід за встановлені межі;

виконання ділянок типу RF (поле із заданим радіусом відносно опорної точки);

захід на посадку методом зональної навігації з вертикальним наведенням AVP;

захід на посадку по вимогах RNP APCH;

захід на посадку по вимогах RNP AR APCH;

моніторинг бічних та вертикальних відхилень при виконанні заходу на посадку;

3D заходи на посадку;

неточний захід на посадку по GNSS;

вихід на друге коло по вимогах RNP APCH (+BaroVNAV);

розрахунок кутів нахилу траєкторії та висот у точках схеми польоту ПС;

врахування температурної компенсації визначення барометричної висоти для розрахунку кута нахилу траєкторії.

Специфікації RNAV/RNP включають класичні характеристики (точність, цілісність, готовність і безперервність), але RNP висуває додаткові вимоги до функціональних можливостей. Наприклад: виконання ділянки типу RF, вертикальні маневри VNAV, задача паралельних траєкторій Off set та інші. Різні вимоги до типів датчиків: для RNAV1 можуть використовуватися тільки системи GNSS, DME/DME, DME/DME/IRU, а для RNP AR APCH – GNSS+WAAS. Пред'являються додаткові вимоги до підготовки пілотів і диспетчерів [2].

На борту ПС повинне бути забезпечене:

автоматичне спостереження за фактичними характеристиками літаководіння та попередження екіпаж про їх вихід за межі установлених вимог ( $TSE \geq RNP$ );

прогноз деградації характеристик і попередження екіпаж про можливий їх вихід за межі встановлених вимог ( $TSE \geq 2 \times RNP$  з ймовірністю  $10^{-5}$ );

попередження екіпаж про неможливість визначення помилки TSE.

Програма розвитку навігаційних засобів у Європейському регіоні до 2020 року вимагає проведення комплексу робіт з бортового обладнання ПС, а саме:

розробити і ввести в дію Керівний матеріал по допуску ПС до польотів у системах RNAV5, RNP-5, RNAV-1, RNP-1, RNP APCH, RNP AR APCH;

розробити нормативні документи й методики визначення відповідності для вимог RNP, RNP APCH, RNP AR APCH;

розробити вимоги до бортового обладнання (навігаційної обчислювальної системи, системи автоматичного керування, системи електронної індикації та сигналізації);

провести відпрацювання функцій, що вводяться вперше, та режимів роботи БРЕО на стендах;

провести наземні та льотні сертифікаційні випробування бортових систем і літака у цілому;

підготувати доказову документацію й сертифікувати бортові системи та літак;

відкоригувати експлуатаційну документацію на системи та літак;

впровадити версії програмного забезпечення систем на літаках, що перебувають в експлуатації.

При впровадженні концепції RNP у перехідний період буде необхідна

гармонізація поточних польотів на основі RNAV і RNP, чітке розмежування між польотами, що вимагають моніторингу експлуатаційних характеристик і видачі попереджень на борту ПС, і польотами, що не вимагають моніторингу і видачі попереджень.

Концепція PBN опирається на застосування системи зональної навігації. Політ у системі зональної навігації RNAV – це метод навігації, що дозволяє ПС виконувати політ по будь-якій бажаній траєкторії у межах зони дії навігаційних радіомаяків, або у межах, обумовлених можливостями автономних засобів, або їх комбінації. Навігаційні засоби можуть бути наземного або космічного базування. На рис.1 наведено приклад маршруту в системі зональної навігації RNAV.

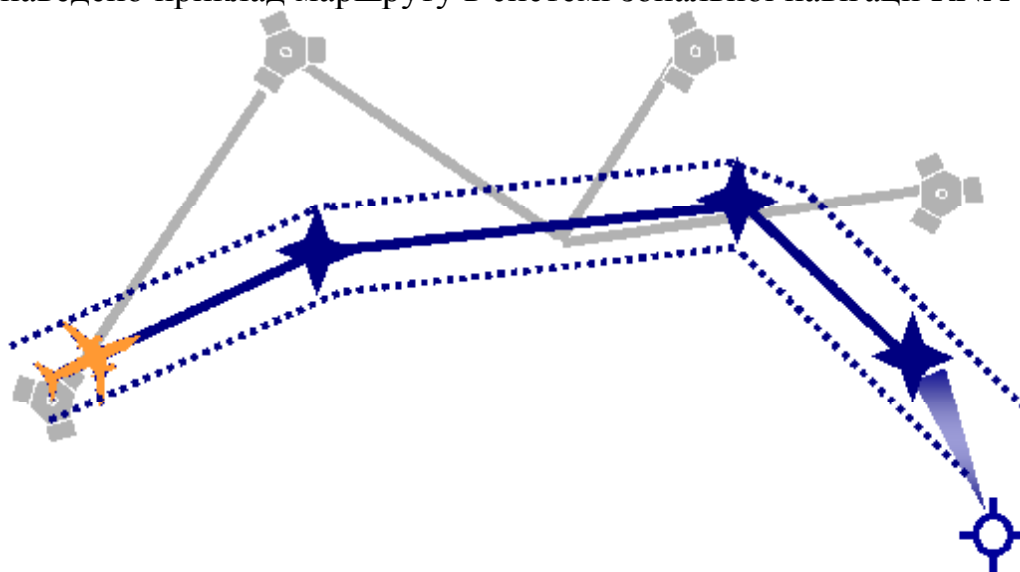


Рис.1. Маршрут у системі зональної навігації RNAV

При польотах по маршрутах або в аеродромних зонах, позначених як маршрути або зони тільки для ПС обладнаних системами P-RNAV, точність витримування траєкторії у горизонтальній площині протягом 95% польотного часу повинна бути не гірше  $\pm 1,85$  км ( $\pm 1,0$  м.миля ). Для підтвердження відповідності вимозі по точності ПС необхідно продемонструвати, що сумарна похибка літаководіння TSE у кожному з вимірів не повинна перевищувати встановленої норми на будь-якій ділянці одного польоту. Сумарна помилка літаководіння **TSE** (Total System Error) для маршрутів RNP є сумою трьох складових:

$$\mathbf{TSE = PEE + PDE + FTE,} \quad (1)$$

де PEE (Position Estimation Error ) - похибка вимірювання координат; PDE(Path Definition Error) - похибка програмування маршруту; FTE (Flight Technical Error) - похибка пілотування.

Комплекс навігаційного обладнання, що використовується для забезпечення польотів у системах зональної навігації RNAV/RNP, представлено на структурній схемі рис. 2 .

Навігаційна обчислювальна система літаководіння НОСЛ призначена для визначення поточних координат місця знаходження літака по даним автономних та неавтономних засобів навігації, формування й відображення льотному екіпажу

інформаційних і керуючих сигналів, необхідних для зональної навігації. Система електронної індикації та сигналізації СЕІС призначена для індикації екіпажу пілотажної й навігаційної інформації, у т.ч. місця знаходження літака,

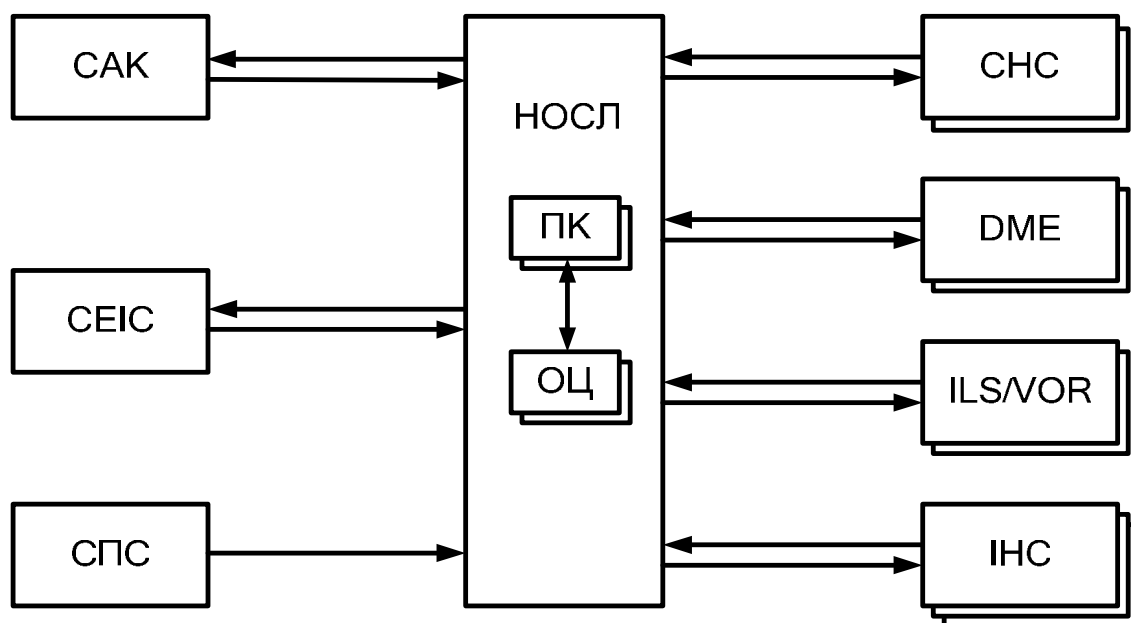


Рис.2. Структурна схема бортового обладнання RNAV/RNP

швидкості у земних координатах, дальності до поточного пункту маршруту (ППМ), часу польоту до ППМ, бокового відхилення від лінії заданого шляху (ЛЗШ), необхідної й поточної навігаційної точності, заданого шляхового кута, інформації про відмови та інших параметрів.

Система автоматичного керування САК призначена для автоматичного й директорного керування літаком у горизонтальній та вертикальній площинах.

Дальномірне обладнання DME призначене для виміру похилої дальності між літаком та наземними маяками.

Апаратура навігації й посадки ILS/VOR призначена для забезпечення польотів літака з використанням сигналів радіомаяків VOR, виконання передпосадкових маневрів і заходів на посадку по сигналах радіомаяків систем ILS, а також для обробки сигналів маркерних радіомаяків.

Інерціальна навігаційна система ІНС призначена для визначення курсу та просторового положення літака.

Система повітряних сигналів СПС призначена для вимірювання, обчислення й видачі у бортові системи інформації про поточні та гранично-припустимі значення висотно-швидкісних параметрів.

Супутникова навігаційна система СНС призначена для визначення координат місця знаходження літака шляхом прийому й обробки навігаційних радіосигналів супутників систем ГЛОНАСС і GPS. Для польотів у системі RNP супутникова навігаційна система GNSS повинна забезпечувати роботу із системами WAAS і LAAS та приймати диференційовані поправки місця знаходження ПС від наземних коригувальних станцій.

На рис.3 наведено один із прикладів польоту по маршруту в системі зональної навігації RNP. В план маршруту включено маневр із заданим радіусом розвороту щодо опорної точки, що дозволяє більш оптимально використовувати повітряний простір. При цьому обов'язково повинен бути забезпечений моніторинг експлуатаційних характеристик, місця знаходження ПС та видача попереджень екіпажу.

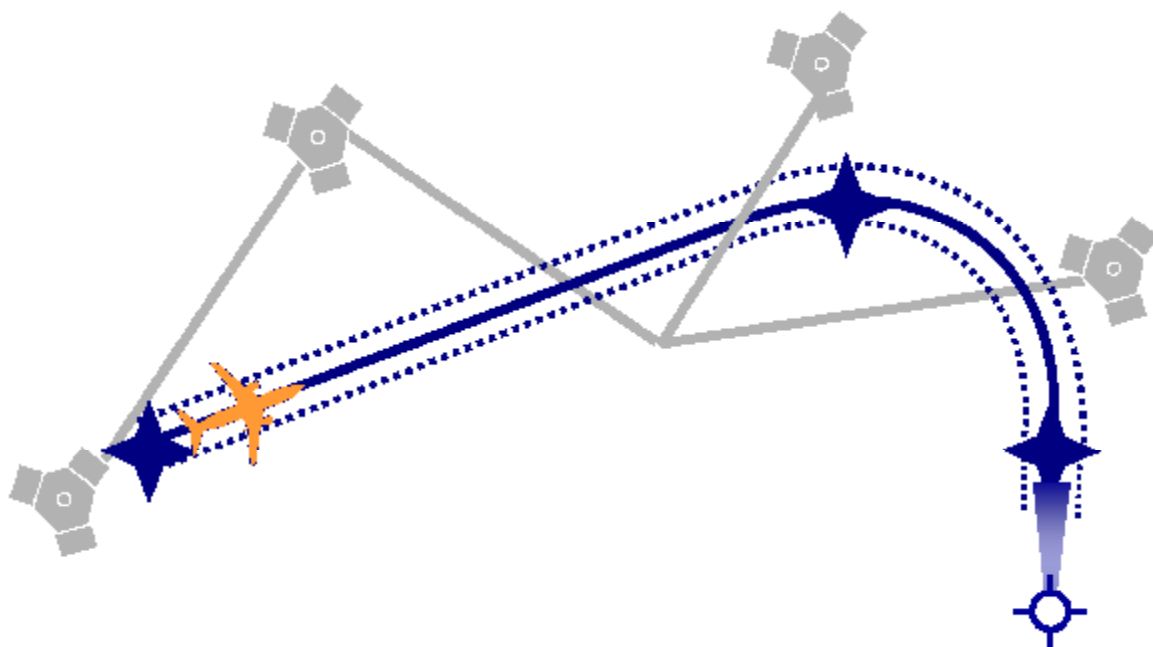


Рис.3. Маршрут у системі зональної навігації RNP

Бортове обладнання RNP повинне забезпечувати виконання функцій, що здійснюються обладнанням RNAV. А саме, мати можливість виконувати маневри й витримувати наступні типи траєкторій згідно з рекомендаціями ARINC 424:

вихід у точку початку заходу на посадку;

політ по лінії, що з'єднує дві точки;

політ на задану точку із заданим шляховим кутом;

політ від заданої точки із заданим шляховим кутом до досягнення заданої висоти;

політ від поточного місця прямо на задану точку.

виконувати маневри відповідно до процедур з бази даних, включаючи розвороти типу "Fly-By" і "Fly-Over".

Крім того, повинен бути автоматичний вибір оптимальних датчиків, автоматичний перехід на резервний датчик при відмові основного та можливість ручного вибору навігаційного датчика. Бортове обладнання RNP повинне забезпечувати безперервне відображення на одному з основних приладів значень заданого шляхового кута й бокового відхилення відносно маршруту, індикацію шляхової швидкості, відстані та часу польоту до пункту наведення, заданого й фактичного шляхових кутів.

## ВИСНОВКИ

1. В даний час Європейська організація по безпеці повітряної навігації EUROCONTROL впроваджує нові навігаційні засоби та інфраструктури організації повітряного руху на основі концепції ICAO PBN.

2. Відмінності специфікації RNP від RNAV полягають: у необхідності моніторингу експлуатаційних характеристик ПС і видачу попереджень екіпажу; у вимогах до функціональних можливостей бортового обладнання та типам датчиків.

3. Вимоги RNAV1 перевищують вимоги R-RNAV і для одержання дозволу авіаційної влади для польотів по RNAV1 розробникам повітряного судна та бортового радіоелектронного обладнання необхідно буде провести додаткові роботи.

4. При впровадженні концепції RNP у перехідний період буде потрібна гармонізація польотів на основі вимог RNAV і RNP.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. ICAO Doc 9613, Посібник з навігації, заснованої на характеристиках (PBN). Видання третє, 2008.
2. Лист ICAO з переліком навігаційних технічних вимог AN 11/45-07/22 від 27 квітня 2007 р.
3. Лист ICAO з положеннями, що стосуються плану польоту AN 11/13-2.5-07/35 від 25 травня 2007 р.
4. Лист ICAO зі змінами в пов'язаній з PNB термінології в Додатках 2, 3, 4, 6, 10, 11 і 15 AN 11/45-07/52 від 20 липня 2007 р.

*Надійшла до редакції 21.09.2011*