

УДК 656.7

Шевчук Д.О.

Національний авіаційний університет

Панчук Л.В.

Національний авіаційний університет

АНАЛІЗ І РОЗВИТОК СИСТЕМ ПОСАДКИ

На етап заходу на посадку і власне на посадку припадає найбільший відсоток авіаційних подій. Щоб забезпечити високий рівень безпеки польотів, на цьому етапі польоту впровадили більш жорсткі вимоги до точності навігаційних характеристик, а це призвело до встановлення дорогих радіотехнічних засобів навігації й посадки. Недоліком радіотехнічних систем є велика вартість їх обслуговування, не завжди є можливість їх оптимального розташування, що призводить до збільшення шуму в районі аеропорту та збільшення викидів продуктів згорання палива. Нині активно впроваджуються системи супутникової навігації, за допомогою яких стало можливим використання оптимальних схем заходу, які не прив'язані до наземних радіотехнічних засобів, а також стало можливим безступінчасте зниження літака з моменту сходження з ешелону до посадки. Особливо ця система актуальна в гірській місцевості, де лінія польоту, схеми заходу на посадку огинає гори, а оптимальне розташування радіотехнічних засобів не завжди можливе через рельєф місцевості.

Ключові слова: злітно-посадкова смуга, глісада, система посадки, повітряне судно, система супутникової навігації.

Постановка проблеми. Одна із найскладніших задач, яку повинен виконувати пілот повітряного судна (далі – ПС), – досягти плавної й безпечної посадки. На зорі авіації пілоти здійснювали посадку на відкритому полі, із будь-яким курсом, який давав їм найкращий напрямок відносно вітру. Але по мірі зростання трафіка, швидкості ПС, розвитку пасажирських перевезень з'явилася необхідність створення спеціально підготовлених посадкових майданчиків, які обладнані засобами посадки, щоб пілоти повітряного судна мали змогу визначити правильний курс і нахил передпосадкової прямої [2].

Із розвитком супутникової системи навігації (GNSS), в яку входять GPS і «ГЛОНАСС», Міжнародна організація цивільної авіації (далі – ІКАО) розробила концепцію зональної навігації, або навігації, заснованої на характеристиках (Performance Based Navigation (PBN)). Специфікація PBN є ключовим елементом, який визначає вимоги до повітряного простору й технічних засобів організації повітряного простору. Зокрема, PBN включає в себе специфікацію для кінцевого заходу на посадку на основі навігації, заснованої на GNSS (RNP APCH, RNP AR APCH, ADVANCED RNP) [1, с. 4]. За допомогою PBN

стало можливим здійснювати точний захід на посадку (І категорія ІКАО). Подальші статистичні дослідження, розвиток різних систем супутникової навігації («BeiDou», «Galileo»), а також розвиток системи диференціальної корекції повинні зменшувати метеомінімум до ІІІ категорії ІКАО.

Постановка завдання. Мета статті – проаналізувати розвиток систем посадки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Діючі системи й методи заходу на посадку.

Залежно від обладнання аеропорту (а також літака) розрізняють два типи заходу на посадку: інструментальний і неінструментальний, які поділяються за типом обладнання й методикою виконання схеми заходу (див. схему 1).

Точні заходи на посадку (глісада формується радіоелектронними засобами). Курсо-глісадна система (ILS) заснована на радіонавігаційних принципах роботи. Початок випробувань припадає на 1929 рік, у 1941 році Адміністрація цивільної авіації (САА) дозволила встановлення системи в шести аеропортах. Перша посадка пасажирського авіалайнера з використанням системи була здійснена 26 січня 1938 року в США; так, літак компанії «Pennsylvania Central Airlines» Boeing 247-D вилетів із Вашингтона в Піттсбург і

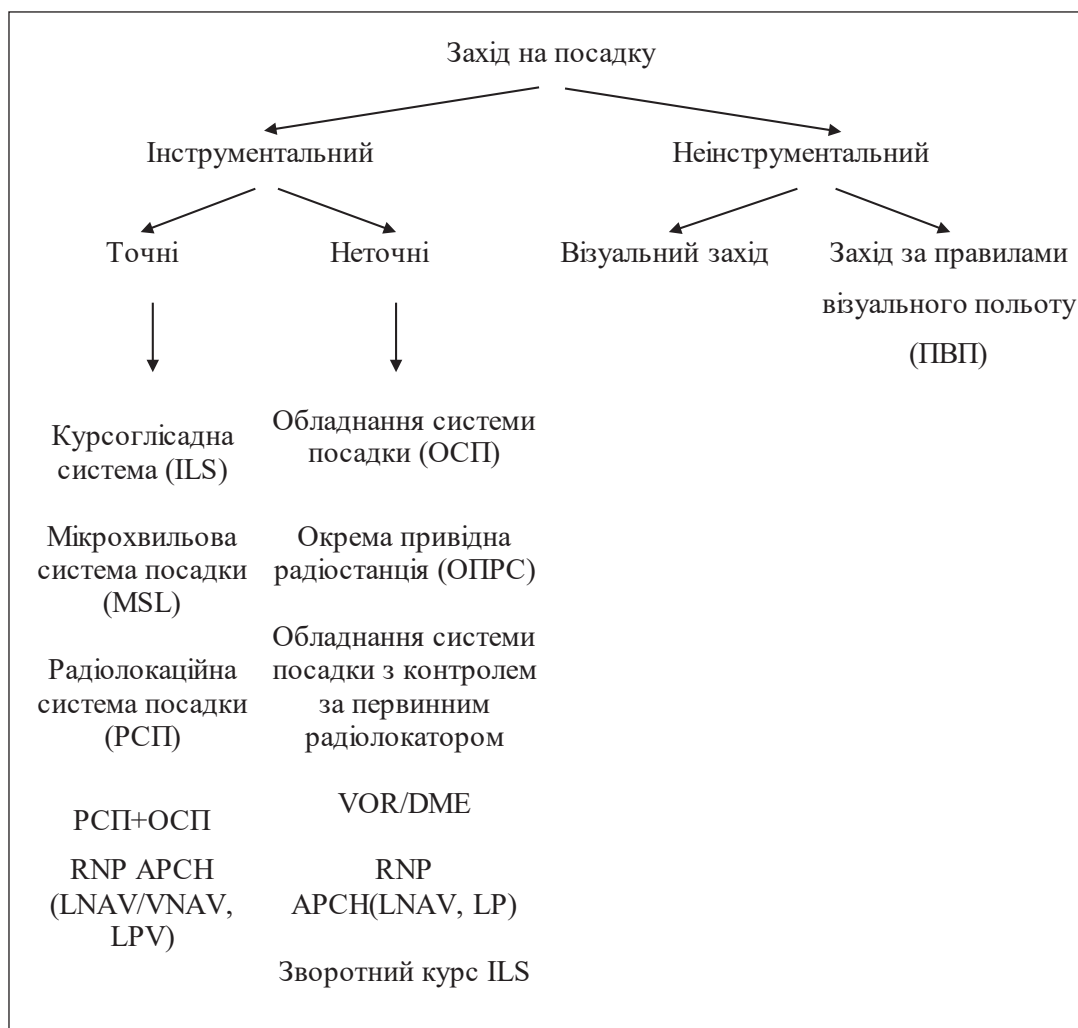


Схема 1. Методи заходу на посадку

здійснив посадку в заметіль, використовуючи лише систему ILS.

Було випробувано декілька типів систем ILS, і в результаті була прийнята система, що складалась із курсового радіомаяка, який показував положення літака відносно центральної лінії ЗПС, глісадного, який показував кут нахилу траєкторії, і двох маркерних маяків для контролю зниження літака по глісаді, а також відстані до порога ЗПС. Пілоту надавалася інформація, за якою він міг точно витримувати траєкторію польоту до візуального контакту із ЗПС. Світлосигнальні вогні й інше візуальне обладнання також допомагають пілоту контролювати положення літака під час посадки.

До 1945 року працювало дев'ять систем ILS, і ще 10 перебували на стадії будівництва. Ще 50 були встановлені для потреб армії. 15 січня 1945 року армія США представила ILS із більш високочастотним передатчиком, щоб створити більш точний напрямок польоту. У 1949 році ІКАО прийняла

ці армійські стандарти для всіх держав-членів. У 1960-х роках стало можливим перше обладнання ILS для повністю сліпих посадок [2].

ILS забезпечує захід на посадку за приладами системи посадки (ПСП), у директорному й автоматичному режимі. Залежно від сертифікації пілота й літака ILS може забезпечувати посадку при нульовій видимості (категорія ІІС ІКАО).

Мікрохвильова система посадки (MLS) була розроблена в 1980-х роках. На відміну від ILS, які використовують радіохвилі метрового діапазону, що схильні до сильного впливу інтерференції від перешкод і нерівностей рельєфу, системи MLS використовують радіохвилі з частотою 1 і 5 ГГц, що збільшило точність системи, а близько розташовані маяки не заважають роботі один одного, що зробило можливою реалізацію декількох каналів. MLS були прийняті в Європі в якості заміни ILS. Але в 1994 році в США FAA припинила подальший розвиток MLS на користь вико-

ристання технологій, які засновані на глобальній системі позиціонування (GPS) [1].

Радіолокаційна система посадки літального апарата (далі – ЛА) призначена для забезпечення посадки в простих і складних метеоумовах тих ЛА, які не мають спеціального посадкового обладнання, забезпечених тільки звичайними пілотажно-навігаційними приладами й радіозв'язком. За умови використання таких систем положення літака відносно ЗПС і глісади визначається за допомогою спеціального наземного посадкового радіолокатора (далі – ПРЛ). Посадка літака здійснюється за командами із землі, переданими екіпажу радіотелефоном.

У радіолокаційні системи посадки ЛА, крім засобів, що входять до складу спрощеної системи посадки, включене радіолокаційне обладнання, призначене для визначення операторами лінії планування під час виконання самої посадки.

Дані, одержані за допомогою посадкового радіолокатора, використовуються під час посадки літака для управління його рухом по лінії планування до висоти приблизно 20–30 м. Подальше зниження літака і його приземлення здійснюються за допомогою світлотехнічного обладнання спрощеної системи посадки й указівки помічника керівника польотами, що знаходиться на старті [2].

Унаслідок малої пропускної здатності (15–29 ЛА за годину) і складності управління посадкою ця система не знайшла масового застосування.

Точний захід на посадку RNP APCH (LNAV/VNAV, LPV). Із сертифікацією системи супутникової диференціальної корекції (SBAS) і наземної регіональної системи диференціальної корекції (GBAS), завдяки якій в 95% випадків точність визначення координат не перевищує 25 футів, стало можливим використовувати супутникову навігацію як основну систему-датчик для виконання точних заходів на посадку за категорією I ККАО.

Нині є два типи точних заходів, заснованих на концепції PBN:

1) RNP APCH (LPV) – визначення місцезнаходження в горизонтальній і вертикальній площинах за допомогою GNSS із корекцією за супутниковою системою диференціальної корекції (SBAS) чи наземною регіональною системою диференціальної корекції (GBAS);

2) LNAV/VNAV – визначення місця розташування в бічній площині за допомогою GNSS-корекції по SBAS чи GBAS, визначення місця розташування у вертикальній площині за допомогою вхідних барометричних даних.

Концепції заходу на посадку охоплюють усі ділянки заходу на посадку за приладами, тобто початковий, проміжний, кінцевий етапи та відхід на друге коло. Вони будуть усе частіше вимагати від специфікації RNP навігаційної точності 0,3–0,1 милі й нижче. Як правило, ці етапи польоту характеризують три види прикладних процесів RNP: схеми заходу на посадку за специфікацією RNP не потребують наявності дорогих наземних радіотехнічних засобів посадки; нові схеми замінюються чи використовуються в якості резервних для наявних схем, які засновані на різних технологіях; більш оптимальні схеми заходу, які неможливо було виконати під час використання радіотехнічних систем навігації й посадки [3, I-A-2-4].

PBN має низку переваг порівняно із заснованим на конкретних датчиках методом розроблення критеріїв повітряного простору й висоти польоту перешкод, а саме:

1) знижує потребу в технічному забезпеченні заснованих на конкретних датчиках маршрутів і схем, а також пов'язані із цим витрати;

2) усуває необхідність розроблення заснованих на конкретних датчиках операцій щоразу, коли з'являються нові навігаційні системи, що було б пов'язано з дуже великими витратами;

3) дозволяє підвищити ефективність використання повітряного простору (організація маршрутів, паливна ефективність і зниження шуму);

4) роз'яснює, яким чином використовуються системи RNAV і RNP;

5) спрощує для експлуатантів процес експлуатаційного затвердження шляхом надання обмеженого набору навігаційних специфікацій, призначених для глобального використання [3, ст. I-(IV)].

Робота NDB (ДПРМ + БПРМ, VOR) заснована на принципі вимірювання курсового кута (магнітного пеленга, радіала) наземної радіостанції/ПС. Захід за ОСП вимагає оснащення ПС спеціальним обладнанням (приймачем і індикатором автоматичного радіокомпаса (системи VOR)).

Під час проходження ДПРМ екіпаж контролює розрахункову висоту польоту, відстань до точки приземлення й готовність бортових систем до забезпечення польоту на кінцевому етапі заходу на посадку. Під час проходження БПРМ екіпаж контролює розрахункову висоту польоту й приступає до візуального етапу посадки. Зазначені об'єкти зазвичай розташовуються від торця ЗПС на такій відстані: ДПРМ – 4000 метрів, БПРМ – 1050 метрів. ОПРС зазвичай розміщений за схемою БПРМ і виконує ті самі функції. Максимальна дальність дії радіомаяків ДПРМ і

Неточні заходи на посадку.

Захід на посадку за ОСП. Спосіб заснований на застосуванні кутомірної навігаційної системи з використанням двох аеродромних привідних радіостанцій – ДПРМ + БПРМ (дальня привідна радіостанція – з маркерним радіомаяком ДПРМ, ближня привідна радіостанція – з маркерним радіомаяком БПРМ) або з використанням однієї аеродромної привідної радіостанції NDB (NDB – non-directional radio beacon (окрема привідна радіостанція ОПРС)). (Див. схему 2) Окремим випадком є захід на посадку із застосуванням кутомірного обладнання системи VOR/DME.

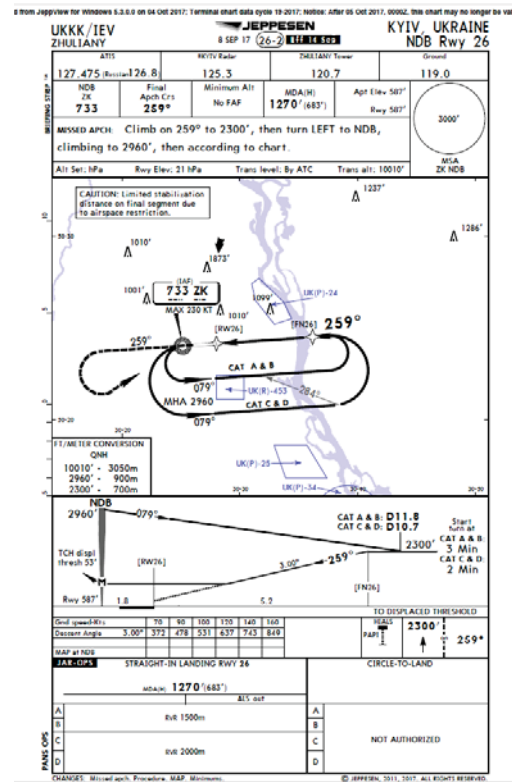


Схема 2. Приклад схеми заходу на посадку за ND

БПРМ – від 18,5 до 46,3 км, ОПРС – від 46,3 до 278 км.

Неточний захід на посадку за допомогою GNSS заснований на тому, що положення ПС у горизонтальній площині визначається супутниковою навігацією, а у вертикальній площині пілот сам контролює зниження ПС за висотоміром. Нині є два види неточних заходів, які входять у концепцію PBN:

- RNP APCH – LNAV – визначення місця розташування в бічній площині за допомогою GNSS (базове сузір'я);
- RNP APCH – LP – визначення місця розташування в бічній площині за допомогою SBAS.

Неінструментальний захід на посадку. Візуальний захід на посадку – захід на посадку, коли просторове положення повітряного судна і його місцезнаходження визначаються екіпажем візуально за природним горизонтом, земними орієнтирами, а також щодо інших матеріальних об'єктів і споруд.

Візуальний захід на посадку проводиться повітряним судном, що виконує політ за ППП (за приладами), якщо пілот візуально виявив аеродром, а диспетчер дозволив виконання візуального заходу на посадку. Конкретні значення метеоміні-

муму для візуального заходу на посадку можуть не встановлюватися, тому що все вирішується за ситуацією: якщо візуального контакту зі смугою немає, то й про виконання візуального заходу не йдеться.

Треба розуміти, що під час візуального заходу на посадку повітряного судна, що виконує політ за ППП, пілот не переходить на політ за ПВП. Це означає, що незважаючи на пілотування за візуальними орієнтирами, безпечні інтервали між повітряними суднами, що виконують візуальний захід на посадку, і іншими повітряними суднами продовжує забезпечувати авіадиспетчер. У цьому полягає основна відмінність візуального заходу на посадку від заходу на посадку за ПВП. Під час заходу на посадку за ПВП, як і взагалі під час польоту за ПВП, безпечні інтервали з іншими повітряними суднами забезпечують самі пілоти повітряних суден, що виконують політ за ПВП.

Висновки. Фактори, що впливають на вибір системи посадки (погодні умови в районі аеропорту, частота посадок і злетів, вартість заходу на посадку й злету), діють спільно. Вибір типу системи визначає висоту прийняття рішення, а отже, і метеомінімум, за якого аеропорт може приймати ПС. Для аеропортів із гарною погодою достат-

ною є система, що відповідає вимогам I категорії ICAO, для країн північно-західної частини Європи необхідна система, що відповідає вимогам III категорії ICAO.

Система точного заходу на посадку ILS залишається домінуючою, однак після аналізу затрат і вигод багато аеропортів будуть упроваджувати схеми заходу за специфікацією RNP, а саме за використанням GBAS/GLS (GBAS) і/або RNP AR із рівними чи кращими мінімумами. Хоча ILS не ідентифікується як компонент PBN, має місце гібридна побудова схеми заходу на посадку з

використанням «radius-to-fix» (RF) або «track-to-fix» (TF) із переходом на передпосадкову пряму по ILS. Авіалайнери будуть оснащені супутниковими приймачами точного заходу на посадку в якості базової авіоніки. Органи аеродрому визнають експлуатаційні переваги заходу на посадку за супутниковою навігацією перед ILS.

Сьогодні точний захід на посадку за специфікацією RNP забезпечує еквівалент можливостей I категорії ICAO, а подвійна частота SBAS із декількома супутниковими сузір'ями підвищить надійність системи [4, с. 10–11].

Список літератури:

1. План внедрения навигации, основанной на характеристиках PBN, в воздушном пространстве Российской Федерации. Москва, 2014 .
2. History of Aircraft Landing Aids. URL: https://www.centennialofflight.net/essay/Government_Role/landing_nav/POL14.htm.
3. Руководство по эксплуатационному утверждению навигации, основанной на характеристиках PBN. Doc 9997 ICAO. Издание первое. 2013.
4. Performance-Based Navigation for ANSPs: Concept 2030, Copyright CANSO 2017.

АНАЛИЗ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПОСАДКИ

На этап захода на посадку и саму посадку приходится наибольший процент авиационных происшествий. Чтобы обеспечить высокий уровень безопасности полетов, на этом этапе полета внедрились более жесткие требования к точности самолетовождения, что привело к установке дорогих радиотехнических средств навигации и посадки. Недостатком радиотехнических систем является их большая стоимость обслуживания, и не всегда есть возможность их оптимального расположения, что приводит к увеличению шума в районе аэропорта и к увеличению выбросов продуктов сгорания топлива. Сегодня активно внедряется система спутниковой навигации, с помощью которой стало возможным использование оптимальных схем захода, не привязанных к наземным радиотехническим средствам, а также стало возможным бесступенчатое снижение самолета с момента схода с эшелона до посадки. Особенно эта система актуальна в горной местности, где линия полета, схемы захода на посадку огибают горы, а оптимальное расположение радиотехнических средств не всегда возможно из-за рельефа местности.

Ключевые слова: взлетно-посадочная полоса, глиссада, система посадки, воздушное судно, система спутниковой навигации.

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF LANDING SYSTEMS

At the approach and landing phase, the largest percentage of accidents occur. In order to ensure a high level of flight safety, for this phase of the flight, more stringent navigation accuracy requirements are required. This led to the establishment of expensive radio navigation and landing systems. The disadvantage of radio navigation systems is their high maintenance costs and there is not always the possibility of their optimal location, which leads to increased noise in the airport area and an increase in emissions of combustion products. For today, Global navigation satellite systems are being implemented, with the help of which it has become possible to use the optimal approach of the aircrafts, that they are independent on radio navigation system, and it became possible to continuous descent final approach. Especially, this system is relevant in the highlands, where the flight routes approach procedures, encircle the mountain and the optimal location of the radio navigation aids is not always possible.

Key words: runway, glide path, landing system, aircraft, GNSS.