

Д.О. Волошенюк, С.В. Павлова

Керування посадкою літаків в умовах підвищення інтенсивності повітряного руху

Наиболее ответственным и сложным этапом при изменении режима полета, психофизиологических нагрузках и быстротечностью есть посадка воздушных судов. Цель повышения безопасности полетов и расширения возможностей применения авиации в различных условиях – совершенствование систем посадки и навигационного обеспечения летательных аппаратов.

Ключевые слова: посадка воздушных судов, микроволновые системы, гибкие траектории, воздушное движение, авиационная безопасность.

Найбільш відповідальним і складним етапом при зміні режиму польоту, психофізіологічних навантажень і швидкоплинності є посадка повітряних кораблів. Метою підвищення безпеки польотів і розширення можливостей застосування авіації в різних умовах є вдосконалення систем посадки і навігаційного забезпечення літальних апаратів.

Ключові слова: посадка повітряних кораблів, мікрохвильові системи, гнучкі траєкторії, повітряний рух, авіаційна безпека.

Вступ. Велика кількість ризиків авіаційних подій пов'язана з такими етапами і ситуаціями польоту, як зліт і посадка повітряних кораблів (ПК) в аеропортах з високою інтенсивністю повітряного руху, посадка в складних метеорологічних умовах, загроза конфліктних ситуацій з іншими ПК, технічні несправності на борту літака або в системах зв'язку з землею та ін. [1].

Слід пам'ятати і про ті проблеми в авіації, необхідність вирішення яких закріплено доктринами і резолюціями різних світових громадських авіаційних організацій, наприклад *ICAO* – Міжнародною організацією цивільної авіації [2]:

- екологічну проблему, основна частина якої полягає в необхідності зменшення авіаційних шумів і шкідливих викидів в атмосферу;
- економічну проблему, яка полягає в необхідності економії коштів і матеріальних ресурсів, особливо в періоди світових економічних криз;
- транспортну проблему, суть якої зводиться до необхідності створення нових і модернізації старих аеропортів, пересадкових і технічних пунктів, транспортних розв'язок та ін.;
- проблему підвищення безпеки польотів, яка є однією з основних.

Постановка задачі

Сучасний стан досліджень в галузі визначення умов безпечного заходу повітряного корабля на посадку характеризується різними підходами до удосконалення процедур управління повітряним рухом (УПР) і ПК шляхом автоматизації дій фахівців з управління польо-

тами і екіпажу ПК. Одним із шляхів підвищення безпеки повітряного руху є створення систем підтримки прийняття рішень (СППР) для осіб, які беруть участь у безпосередньому УПР. Тому актуальним є вирішення наукового завдання щодо розробки методів, моделей і засобів інформаційної підтримки прийняття рішення для побудови оптимальної посадкової траєкторії і подальшого підвищення безпеки польотів ПК та поліпшення екологічних і економічних показників використання авіаційної техніки (АТ).

Посадка ПК – це найбільш відповідальний і складний етап, який характеризується зміною режиму польоту, психофізіологічними навантажнями і швидкоплинністю. Успішне вирішення завдання безпечного заходу на посадку потребує: чіткого виконання екіпажами установлених правил і порядку; обладнання аеродромів, майданчиків приземлення спеціальними технічними системами; вироблення методик, рекомендацій екіпажам щодо використання систем посадки, а також дій в особливих випадках.

Мета статті – вдосконалення систем посадки і навігаційного забезпечення літальних апаратів заради підвищення безпеки польотів і розширення можливостей застосування авіації в різних умовах.

Глобальні підходи до вирішення проблеми модернізації технологій посадки літаків

Захід на посадку – основна область ризику з високою імовірністю авіаційних подій. Незважаючи на здатність сучасних пілотажно-наві-

гаційних комплексів (ПНК) виконувати завдання автоматичного заходу на посадку з високою точністю, навіть невелике відхилення від норм точності керування на цьому етапі може спричинити тяжкі наслідки. Крім цього, ПНК не завжди здатні правильно відреагувати на зміни повітряної обстановки. У зв'язку з цим участь пілотів в керуванні повітряним судном як активного оператора є необхідною вимогою для надійного пілотування при виконанні інструментального заходу на посадку.

Небезпека авіаподій на етапах заходу на посадку і виконання посадки зростає залежно від інтенсивності руху, збільшення кількості повітряних суден загального призначення, призводить до різкого посилення впливу погодного чинника. За даними ICAO, на цих етапах трапляється близько 41 відсотка всіх авіаподій, з яких до 70 відсотків не пов'язані з відмовами: 90 відсотків з них викликано поганою видимістю, 70 відсотків припадає на режим зниження і захід на посадку [3]. Серед основних причин таких авіаподій, крім недостатнього використання або відсутності різних технічних засобів, називають недостатню інформованість екіпажів про навколишні обставини й нерозуміння ситуації. Це – основна причина занадто пізнього входу ПК у діапазон злітно-посадкової смуги й дефіцит часу на усунення помилок. ICAO постійно відзначає необхідність пошуку такого балансу технічних рішень, які б гарантували безпечне виконання всіх етапів заходу на посадку і посадки за будь-яких метеорологічних умов, незалежно від рельєфу місцевості.

Відзначимо три основні галузі, де ведеться пошук рішення даної проблеми:

- створення нової нормативної бази стосовно заходів на посадку;
- створення і впровадження нових засобів навігації для забезпечення заходу на посадку;
- створення і впровадження нових бортових засобів візуального керування на етапах заходу на посадку

Отже, для вирішення цієї проблеми потрібні якісні зміни загальноприйнятих правил, норм і технічних засобів, які забезпечать цей етап польоту. Розглянемо ці галузі.

Створення нової нормативної бази. Відповідно до діючої нормативної бази, для виконання заходу на посадку повітряних суден і посадки при автоматичному та ручному пілотуванні ICAO визначила посадкові категорії, виходячи з метеоумов. Така класифікація залишається актуальною і повністю не вичерпана, однак вона створює базу для досить твердої системи сертифікації, пред'являє конкретні вимоги до складу бортового обладнання, що фактично веде до стандартизації засобів індикації.

Створення й впровадження нових засобів навігації для забезпечення заходу на посадку. Поряд з використанням і удосконалюванням системи ILS здійснюється програма впровадження додаткової системи супутникового базування, позначеної ICAO як SBAS (за термінологією FAA – широкозонна диференціальна система навігації WAAS), яка доповнює систему наземного базування GBAS (за термінологією FAA – локальна високоточна система навігації LAAS). За інструментального заходу на посадку SBAS/WAAS та GBAS/LAAS розглядаються як складові глобальної системи посадки GLS та глобальної супутникової системи навігації GNSS. Для заходу на посадку з використанням інструментарію посадкової радіолокаційної станції (РЛС) можна користуватися всіма трьома варіантами. При цьому SBAS/WAAS забезпечує захід за категорією I, а для заходу за категоріями II і III можна використати GBAS/LAAS та сучасні радіомаяки ILS.

Створення та впровадження нових бортових засобів візуального пілотування на етапах заходу на посадку та безпосередньо посадки. Основними режимами заходу на посадку сьогодні є інструментальний і візуальний.

За визначенням ICAO: інструментальний захід на посадку – серія задалегідь передбачених маневрів, виконуваних за правилами польоту по приладах, що забезпечує правильність польоту ПК від точки уходу з траси або зони очікування до візуального контакту з зоною приземлення або посадки, що виконуються автоматично [4]. Отже, при інструментальному заході на посадку пілот виконує роль оператора і безпосередньо просторовим положенням

літака не керує. Інструментальний захід на посадку здійснюється за сигналами радіотехнічних систем (РСБН, *VOR/ DME* та ін.), а на кінцевому етапі – за сигналами відхилення від рівносигнальної зони глісадного й курсового радіомаяків системи інструментальної посадки *ILS*, що формує електронну глісаду.

При цьому виникає необхідність надання пілотам команд директорного керування для контролю правильності виконуваного керування та можливості взяти керування на себе. За бажанням пілота або в разі несправності систем автоматичного заходу на посадку він може перейти в режим сумісного (штурвального) директорного керування на кінцевому етапі заходу на посадку. У даному режимі потрібна також інформація про повітряну обстановку та рельєф.

Режим директорного керування (напівавтоматичний режим) заходом на посадку здійснюється за сигналами *ILS*, які перетворюються у пілотажно-навігаційні команди і, відповідно до певних законів керування, переміщуються командні стрілки приладів або обробляються та відображуються на індикаторах або системою індикації на лобовому склі у вигляді командних ліній, що вказують потрібний напрямок відхилення органів керування для повернення літака в рівносигнальну зону. Перевагами цього режиму є те, що при переході від заходу на посадку до посадки керування належить пілотам, що дозволяє ефективніше перейти від пікірування до планерування.

Візуальний захід на посадку на кінцевому етапі також припускає використання директорного керування.

Недоліком директорного режиму є те, що пілот стає залежним від командних стрілок і, прагнучи утримати їх у центрі, може не помітити зміни показань авіагоризонту і повітряної обстановки. Це може спричинити різні ситуації у випадку неправильної роботи системи директорного керування.

В 90-х роках у цивільній авіації почали застосовувати індикатори на лобовому склі (ІЛС). Це застосування розглянуто в журналі «Авіаційні системи», № 2004/6, де подано аналіз досвіду компанії *BAE Systems* у даній галузі. Пе-

ревагою індикації на лобовому склі перед звичайними індикаторами є відповідність символів: градування відповідних символів взаємозалежне з реальною обстановкою, тобто ІЛС сполучає пілотування за приладами з візуальною картиною закабінного простору. Крім того, на такому індикаторі можливе застосування специфічних символів, більш інформативних. Застосування ІЛС дозволяє при застосуванні певної техніки пілотування здійснити ідеальну посадку на необладнаний аеродром. Такі системи знайшли застосування на військово-транспортних літаках *C-17 «Globmaster»* де вони є основним засобом пілотування, а також на літаках компанії *Gulfstream Aerospace G-V Gulfstream V, Boeing-737 «ew Generation» C-130 «ercules» Ан-148.*

Подальше підвищення безпеки пілотування поблизу землі планується введенням орієнтирів керування, які мають бути розраховані і відображені так, щоб при перекритті орієнтирів маркером траєкторії літак був спрямований на бажану траєкторію. Також система ІЛС може бути зручно сполучена з системою попередження зіткнення в повітрі *TCAS*, забезпечуючи пілота не тільки інформацією для запобігання зіткнень, але й «блоком ідентифікатора небезпеки», відображаючи місце розташування погрози, напрямок її руху і швидкість, а якщо вона перебуває не в зоні індикатора, – то напрямок погрози [5].

До недоліків систем з індикацією на лобовому склі можна віднести і їх монохромність, що не дає можливості збільшувати кількість відображуваної інформації, оскільки при накладенні зображень і пілотажно-індикації вони зливатимуться. Крім того, обсяг інформації на ІЛС значною мірою обмежується полем зору у $30^\circ \times 25^\circ$.

Уночі і особливо за поганої погоди, індикація на ІЛС втрачає переваги у візуалізації. Для усунення цього недоліку планується застосовувати системи поліпшеного бачення. Прийнята інформація обробляється і відображається на ІЛС у растровому режимі. Недоліком такої системи є розрахунок із припущенням, що цільова поверхня плоска, наслідком чого є неврахування нерів-

ностей земної поверхні, а також неможливість адекватно відобразити будівлі або інші ПК, які сприйматимуться як світлі плями.

Згадані недоліки планується усунути застосуванням систем синтезованого бачення. Така система потребує точної бази даних про поверхню землі, об'єднаної з точним значенням положення ПК відносно неї. Такі дані можуть бути отримані супутниковими системами.

У цивільній авіації вже експлуатуються системи, які використовують бази даних про поверхню та дані від навігаційних систем. До таких систем належить система раннього попередження наближення землі СРППЗ-2000 для оцінки рельєфу місцевості попереду літака (уздовж і нижче траєкторії польоту) з використанням бази даних рельєфу місцевості для району польоту, у тому числі в зоні аеропорту або злітно-посадкової смуги (ЗПС). Ця система має невелику роздільну здатність та точність і не може бути використана у навігації. Однак такий принцип дозволяє надалі розробляти системи, що створюватимуть огляд довкілля у зоні аеропорту і можливість здійснювати захід на посадку, яка б відповідала вимогам точності пілотування і безпеки польотів.

Системи автоматичної посадки літаків XXI ст.

Для зменшення кількості авіаційних подій (АП) було запропоновано рішення *ICAO* про необхідність встановлення в аеропортах відповідної модернізованої системи *ILS* або мікрохвильової системи посадки *MLS*. Однак існує чотири типи систем автоматичної посадки, які відповідають вимогам *ICAO*, і авіаційні фахівці мають обрати одну з них. Це *ILS*, *MLS* і дві супутникові системи автоматичної посадки. Всі вони відповідають сучасним вимогам *ICAO* до систем автоматичної посадки у XXI ст.

Огляд функціонування і напрямів розвитку перспективних систем посадки передбачає аналіз існуючих систем посадки; перспективних систем посадки, які розробляються; систем визначення відносного положення, які не вирішують завдання посадки.

Захід на посадку на аеродроми може виконуватися з використанням посадкових пристро-

їв і систем: радіомаяків типу *ILS*; радіолокаційних систем посадки типу *GCA*; спрямованих маяків типу *VOR*; приводних радіостанцій – *NDB*; радіопеленгаторів.

Всі ці пристрої можна застосовувати разом з далекомірним *DME* і світлотехнічним обладнанням аеродрому. Розглянуті системи мають певні недоліки і обмеження:

- можливість заходу на посадку тільки в діапазоні злітно-посадкової смуги за заданим курсом;
- малі розміри сектора, в межах якого ПК забезпечується інформацією щодо заданої траєкторії, яка зменшує передпосадкове маневрування;
- значний вплив земної поверхні на якість роботи системи посадки;
- визначення координат ПК щодо точки приземлення тільки при контролі з землі і при прольоті контрольних точок;
- обмеження на використання світлотехнічного обладнання в залежності від метеорологічних умов.

Система *ILS*, яка є стандартом *ICAO*, встановлена у всіх міжнародних і більшості регіональних аеропортів. Однак характерні для неї недоліки – інтерференція від радіостанцій, які працюють на близьких частотах, або від висотних будівель, розташованих поблизу аеропорту, або від великих ПК, що перебувають у повітрі, іноді призводять до спотворення променя курсового маяка. З цієї та інших причин *ICAO* схвалила систему *MLS*, яка не схильна до недоліків системи *ILS*.

Запропоновано також використовувати в системах автоматичної посадки диференціальну глобальну супутникову навігаційну систему *DGPS*. Ще 1995 р. *ICAO* ухвалила компромісне рішення, за яким систему *ILS* можна використовувати до 2015 р.; система *MLS* має бути встановлена там, де це зумовлено експлуатацією повітряного транспорту. Система *DGPS* дозволяє використовувати два варіанти автоматичної посадки, які відповідають вимогам точності при заході на посадку і посадки за I категорією *ICAO*.

Система *LAAS* (система наведення для місцевого регіону) є наземною системою, яка по-

рівнює відбитий сигнал *DGPS* з надісланим нею, визначає неузгодженість і передає її на борт ПК, який виконує захід на посадку. Помилка наведення системи не перевищує сім метрів. Кілька перших систем цього типу, відомих як *Scat-1* (система посадки спеціальної категорії I), перебувають в експлуатації як приватно фінансовані системи не для загального користування. Для забезпечення широкого використання супутникової навігаційної системи *DGPS*, мережа її наземних станцій має бути збільшена; буде необхідно внести корекцію в лінію передачі даних супутник – наземна станція і здійснити запуск геостаціонарного супутника з екваторіальною орбітою. Для такого варіанту супутникової системи розробляється система автоматичної посадки *WAAS* (система наведення для великої площі перекриття). Створювані в Європі система *EGNOS* (Європейська супутникова геостаціонарна навігаційна система великої площі перекриття) та японська система *MTSAS* (багатоцільова супутникова система наведення) подібні до системи *WAAS*.

Новий підхід до розробки технологій посадки літаків

Оптимізація траєкторій зниження літака у вертикальній площині. Оптимізацію траєкторії літака при зниженні у вертикальній площині з урахуванням обмежень на фазові і керуючі змінні розглянуто у [6], де її проведено за принципом максимуму. Тяга силової установки і кут нахилу траєкторії прийнято як управління.

Для опису руху літака у вертикальній площині використовується так звана *проміжна* модель [7]. За керуючі змінні цієї моделі прийнято кут нахилу траєкторії та тяга двигунів. Модель застосовується для розв'язання задачі про політ на максимальну дальність при заданих часі і витраті палива, причому обмеження на фазові і керуючі змінні не накладаються. Термін *проміжна* відносно моделі пов'язаний з тим, що за рівнем точності опису руху літака у вертикальній площині вона перебуває між повною моделлю руху центру маси літака і моделлю, що відповідає енергетичному підходу.

При використанні цієї моделі задачі обмеження на керуючі змінні є суттєвими і мають

бути враховані. Суттєвими також є обмеження на швидкість, швидкісний натиск і висоту польоту.

Для оптимізації траєкторії зниження використовується принцип максимуму. Основна складність полягає в коректному обліку обмежень на фазові змінні. Велика увага приділяється побудові оптимальних траєкторій, що частково лежать на кордоні допустимої області.

Застосування *CNS/ATM* для ефективних методів зменшення авіаційного шуму під час зниження літаків перед посадкою. Експлуатаційні прийоми регулювання авіаційного шуму навколо аеропортів дозволяють знизити гостроту цієї проблеми, при цьому їх застосування може бути більш ефективним за використання систем керування повітряним рухом (КПР) [8]. Оскільки ці системи постійно удосконалюються і підвищуються їх можливості, є вірогідність появи нових більш ефективних прийомів, які дозволять досягнути додаткового зниження авіаційного шуму.

Відповідно до рекомендацій [9], можна застосовувати один або кілька таких експлуатаційних прийомів регулювання авіаційного шуму:

- використання злітно-посадкових смуг для відведення ПК на початковій і кінцевій ділянках траєкторії польоту від зон навколо аеропорту, чутливих до шуму;

- використання таких маршрутів, щоб ПК, вилітаючи або прибуваючи до аеропорту, могли уникати чутливих до дії шуму зон, включаючи застосування розворотів для відхилення ПК від зон, чутливих до шуму, розташованих під звичайними траєкторіями зльоту і заходу на посадку, поданих у навігаційних картах аеродрому або безпосередньо до них прилеглих;

- використання прийомів зниження шуму під час зльоту/заходу на посадку з метою оптимізації розподілу рівнів шуму на території навколо аеропорту з одночасним дотриманням потрібного рівня безпеки польотів.

З-поміж експлуатаційних прийомів зниження ПК і заходу на посадку одним з найбільш перспективних є зниження перед посадкою з постійним градієнтом (*Continuous Descent Approach – CDA*) [10]. Під час запровадження *CDA* необхідно враховувати:

- пропускну здатність повітряного руху;
- експлуатаційні обмеження та обмеження під час КПП;
- погодні умови;
- обмеження аеропортів;
- робоче навантаження на екіпаж;
- інформованість, підготовку і досвід кадрів;
- характеристики ПК і двигунів;
- правила і вимоги безпеки польотів.

Успішне запровадження *CDA* пов'язане з тісною співпрацею всіх зацікавлених сторін: експлуатантів і пілотів, виробників ПК, диспетчерів повітряного руху, співробітників аеропортів і науково-дослідних організацій. Застосування *CDA* не суперечить іншим, вже відомим експлуатаційним прийомам зниження та заходу на посадку, які обумовлюють більш низькі рівні шуму, і навіть навпаки – об'єднується з ними, а саме, з використанням різних градієнтів траєкторій зниження перед посадкою, методами зниженої тяги/зменшення аеродинамічного опору (або будь-якого їх поєднання), що, зазвичай, може виявитися ефективним і експлуатаційно прийнятним.

Градієнти траєкторій зниження перед посадкою, вищі від звичайних, наприклад від кута нахилу глісади -3° , дозволяють послабити дію авіаційного шуму через використання великих, на відміну від звичайних, абсолютних висот початку заходу на посадку і захоплення глісади системи посадки за приладами (*ILS*) на більшій висоті.

Принцип методів зниженої тяги/зменшеного аеродинамічного опору полягає в затриманні, наскільки це можливо, випуску закрилків і посадкового положення шасі з урахуванням встановленої органом КПП швидкості, запасу висоти і безпеки польотів. Ці методи полягають у зміні тяги двигуна, обумовленої змінами в аеродинамічній конфігурації ПК, тобто менший аеродинамічний опір обумовлює менші значення тяги і відповідно менші рівні шуму.

Крім зниження шуму, *CDA* дозволяє зменшити забруднення повітря викидами від двигунів і передусім завдяки застосуванню систем *CNS/ATM* [11], що загалом матиме переваги у

трьох аспектах: поліпшенні пропускну здатності аеропортів, зменшенні кількості затримок у завантажених аеропортах; скороченні тривалості польотів в разі використання прямих маршрутів; зменшенні вертикального ешелонування.

Технічні можливості систем *CNS/ATM* є вагомими для реалізації експлуатаційних прийомів на етапах зльоту–посадки ПК, зокрема, з метою зниження авіаційного шуму та інших екологічних показників цивільної авіації в цілому [12]. Під час зниження перед посадкою системи *CNS/ATM* дозволяють з необхідною точністю контролювати зниження швидкості та висоти польоту до значень (обумовлених безпекою польотів) швидкості в момент перетину порогу ЗПС, а також аеродинамічну конфігурацію літака і відповідно тягу (режим роботи) двигунів під час зниження [13].

Значення параметрів польоту під час зниження перед посадкою з постійним градієнтом, які обумовлюють мінімальні значення рівнів шуму та інших екологічних показників, знаходять шляхом розв'язання задачі оптимізації параметрів траєкторії зниження літака перед посадкою.

Висновки. Завдання управління динамічними об'єктами характеризуються неповнотою, неоднозначністю, невизначеністю вихідної інформації і використовуваних правил її перетворення, до яких слід віднести: оцінку обстановки; прогноз поведінки об'єктів (ПК) та розвитку обстановки; синтез і оцінку можливих дій і вибір найкращих і т.ін.

Як свідчать результати аналізу літератури, перспективним напрямком керування посадкою літаків за умов підвищення інтенсивності повітряного руху є впровадження супутникової системи зв'язку, навігації та спостереження. Так, за даними Концепції спеціального комітету з перспективних аеронавігаційних систем, передбачено, що супутникові системи зв'язку, навігації та спостереження мають стати головними засобами, які гарантують безпечно управління ПК і організацію повітряного руху у глобальному масштабі. Така популярність супутникових навігаційних систем (СНС) пов'язана з появою високоефективних систем другого покоління. Ці СНС призначені для глоба-

льного, всепогодного, пасивного, безперервного в реальному масштабі часу, надійного, перешкодозахисного і високоточного навігаційно-часового забезпечення всіх споживачів.

Важливими параметрами, які характеризують системи посадки, крім вимог надійності, є точність визначення навігаційних параметрів (відносних координат ПК), робоча область і дальність дії.

З усього переліку вимог до навігаційної системи відзначимо:

система має забезпечувати визначення навігаційних параметрів у будь-який час доби за будь-яких метеорологічних умов.

Визначені параметри мають видавати екіпажу інформацію про положення ПК щодо точки приземлення, а також про стан ПК щодо заданої траєкторії, що дозволить екіпажу виконувати політ в ручному, директорному або автоматичному режимі.

Система має бути високоточною, безперервно забезпечувати екіпажі достовірною інформацією.

Система має забезпечувати вихід на точку і захід на посадку з будь-якого напрямку і по будь-якій траєкторії, тобто не мати обмежень по азимуту, куту і мінімальній дальності дії.

Відповідно ставиться завдання створення в галузі авіаційної індустрії системи, яка дозволить кількісно і якісно підвищити рівень екологічності та економічності польотів в авіації в цілому; істотно підвищити рівень безпеки польотів; розвантажити повітряну зону очікування в районі аеропорту; вирішити проблему перевантаження аеропортів інтенсивністю повітряного руху; підвищити ефективність використання авіаційної техніки.

1. Павлов В.В., Волошенко Д.О., Волков О.Є. Концепция сетецентрического управления посадкой самолетов по свободным траекториям с технологией решения конфликтных ситуаций // Кибернетика и вычислительная техника. – 2014. – № 178. – С. 36–51.

Д.А. Волошенко, С.В. Павлова

Управление посадкой самолетов в условиях повышения интенсивности воздушного движения

Введение. Многие риски авиационных происшествий связаны с такими этапами и ситуациями полета как взлет и

2. THE ICAO CIRCULARS on ergonomics and human Factors. – ICAO: 2000. – № 1–12.
3. Павлов В.В., Скрипунец А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: Учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460 с.
4. Рогожин В.О., Синьгладов В.М., Фляшкін М.К. Пилотажно-навигационні комплекси повітряних суден: Підручник – К.: НАУ, 2005. – 502 с.
5. Pavlova S.V., Volkov A.Ye. System of guaranteed resolution of dynamic conflicts of aircrafts in real time // Proc. of the National Aviation Univ.: Scientific j.: scientific article. – 2017. – № 1. – С. 29–35.
6. Гревцов Н.М., Ефимов О.Е., Мельц И.О. Оптимизация траекторий снижения самолета в вертикальной плоскости: Ученые записки ЦАГИ. Т. XXVI. – 1995. – № 3–4. – С. 98–110.
7. Kelley H. J., Cliff E. M. Optimal symmetric flight with intermediate vehicle model // A coll. of tech. papers of the AIAA Guidance and Control Conf. Gutlinburg, Tennessee. Aug. 15–17, 1983.
8. Запорожець О.І., Бабейчук Д.Г. Застосування CNS/ATM для ефективних методів зменшення авіаційного шуму під час зниження літаків перед посадкою // Вісн. НАУ. – 2008. – № 4. – С. 82–88.
9. Руководство по выполнению полетов. OPS. Т. 1: Процедуры выполнения полетов. ICAO, Doc.8168-1. – 2004. – 258 с.
10. Инструктивный материал по сбалансированному подходу к управлению авиационным шумом // ICAO, Doc. 9829 AN/451. – 2004. – 112 с.
11. Бабак В.П., Бабейчук Д.Г., Запорожець О.І. Модель обґрунтування оцінки екологічної вигоди від впровадження CNS/ATM-технологій управління повітряним рухом // Вісн. НАУ. – 2007. – № 1. – С. 3–9.
12. Babeichuk D., Zaporozhets O., Helenko Y. Environmental benefits associated with CNS/ATM initiatives // Int. Symp. on air and water pollution abatement, 21–23 June 2007. – Zakopane, Poland. – P. 207–208.
13. Babeichuk D., Veklenko O. CNS/ATM support for aircraft noise impact reduction around the airports // Proc. of Third World Congress «Aviation in XXI Century». – 2013. – 2. – P. 4.21–4.23.

Поступила 22.09.2017

Тел. для справок: +38 044 406-7244 (Київ)

E-mail: dep185@irtc.org.ua, psv@nau.edu.ua

© Д.А. Волошенко, С.В. Павлова, 2017

ных метеорологических условиях, угроза конфликтных ситуаций в воздухе, технические неисправности на борту самолета или в системах связи с землей и др. [1].

Следует помнить и о тех проблемах в авиации, необходимость решения которых закреплена доктринами и резолюциями различных мировых общественных авиационных организаций, например таких, как *ICAO* (Международная организация гражданской авиации) [2]:

- экологическая проблема, основная часть которой заключается в необходимости уменьшения авиационных шумов и вредных выбросов в атмосферу;

- экономическая проблема, состоящая в необходимости экономии материальных ресурсов, особенно в периоды мировых экономических кризисов;

- транспортная проблема, суть которой состоит в необходимости создания новых и модернизации старых аэропортов, пересадочных и технических пунктов, транспортных развязок и пр.;

- проблема повышения безопасности полетов – одна из основных.

Постановка задачи

Современное состояние исследований в области оптимизации условий безопасного захода воздушного судна на посадку характеризуется многообразием подходов к совершенствованию процедур управления воздушным движением (УВД) и ВС путем автоматизации действий специалистов по управлению полетами и экипажа ВС. Один из путей повышения безопасности воздушного движения – создание систем поддержки принятия решений (СППР) для лиц, участвующих в непосредственном УВД. Поэтому актуально решение научной задачи по разработке методов, моделей и средств информационной поддержки принятия решения для построения оптимальной посадочной траектории для дальнейшего повышения безопасности полетов ВС и улучшения экологических и экономических показателей использования авиационной техники (АТ).

Посадка ВС – наиболее ответственный и сложный этап, который характеризуется изменением режима полета, психофизиологическими нагрузками и быстротечностью. Успешное решение задачи безопасного захода на посадку требует четкого определения экипажами правил и порядка выполнения захода на посадку, оборудования аэродромов, площадок приземления специальными техническими системами; выработки методик, рекомендаций экипажам по использованию систем посадки, а также действиям в особых случаях.

Цель статьи – совершенствование систем посадки и навигационного обеспечения летательных аппаратов для повышения безопасности полетов и расширение возможностей применения авиации в различных условиях.

Глобальные подходы к решению проблемы модернизации технологий посадки самолетов

Заход на посадку – основная область риска с высокой вероятностью авиационных событий. Несмотря на то что современные пилотажно-навигационные ком-

плексы (ПНК) способны решать задачи автоматического захода на посадку с высокой точностью, даже их небольшое отклонение от норм точности управления на этом этапе могут иметь тяжелые последствия. Кроме этого, ПНК не всегда способны правильно реагировать на изменения воздушной обстановки. В связи с этим участие пилотов в управлении ВС в качестве активного оператора – необходимое требование для надежного пилотирования при выполнении инструментального захода на посадку.

Опасность авиапроисшествий на этапах захода на посадку и ее выполнение возрастает с ростом интенсивности движения, увеличении количества ВС авиации общего назначения, что приводит также к резкому повышению значения погодного фактора. По данным *ICAO*, на этих этапах происходит около 41 процента всех авиапроисшествий, из которых до 70 процентов не связаны с отказами: 90 процентов из них вызвано плохой видимостью, 70 процентов приходится на режим снижения и захода на посадку [3]. Среди основных причин таких авиапроисшествий, кроме недостаточного использования или отсутствия различных технических средств, называют недостаточную информированность экипажей об окружающей обстановке и непонимание ситуации. Это основная причина слишком позднего входа ВС в диапазон взлетно-посадочной полосы и дефицита времени на исправление ошибок. *ICAO* постоянно отмечает необходимость поиска баланса технических решений, которые обеспечили бы безопасное выполнение всех этапов захода на посадку и посадки в любых метеорологических условиях, независимо от рельефа местности.

Отметим три основных области, в которых ведется поиск решения данной проблемы:

- создание новой нормативной базы, касающейся заходов на посадку;

- создание и внедрение новых средств навигации для обеспечения захода на посадку;

- создание и внедрение новых бортовых средств визуального управления на этапах захода на посадку.

Таким образом, для решения этой проблемы необходимы изменения общепринятых правил, норм и технических средств, обеспечивающих этот этап полета. Рассмотрим эти области.

Создание новой нормативной базы. Согласно с действующей нормативной базой для выполнения захода на посадку и посадки с использованием инструментария при автоматическом и ручном пилотировании *ICAO* определила посадочные категории, исходя из метеословий. Такая классификация осталась актуальной и полностью не исчерпана, однако создала базу для достаточно жесткой системы сертификации, предъявляет конкретные требования к составу бортового оборудования, фактически привела к стандартизации средств индикации.

Создание и внедрение новых средств навигации для обеспечения захода на посадку. Наряду с использованием и совершенствованием системы *ILS* осуществля-

ется программа внедрения дополнительной системы спутникового базирования, обозначенной ICAO как SBAS (по терминологии FAA – широкозонная дифференциальная система навигации WAAS) и дополняющей системы наземного базирования GBAS (по терминологии FAA – локальная высокоточная система навигации LAAS). При инструментальном заходе на посадку SBAS/WAAS и GBAS/LAAS рассматриваются как составляющая глобальной системы посадки GLS и глобальной спутниковой системы навигации GNSS. Для инструментального захода на посадку посредством посадочной радиолокационной станции (РЛС) можно использовать все три варианта. При этом SBAS/WAAS обеспечивает мероприятие по категории I, а для мероприятия по категориям II и III предлагается также использовать GBAS/LAAS и современные радиомаяки ILS.

Создание и внедрение новых бортовых средств визуального пилотирования на этапах захода на посадку и непосредственно посадки. Сегодня основные режимы захода на посадку – инструментальный и визуальный.

По определению ICAO: «Инструментальный заход на посадку – серия заранее предусмотренных маневров, выполняемых по правилам полета по приборам, что обеспечивает правильность полета ВС от точки ухода с трассы или зоны ожидания до визуального контакта с зоной приземления или посадки, выполняются автоматически» [4]. Таким образом, при инструментальном заходе на посадку пилот выполняет роль оператора и непосредственно пространственным положением самолета не управляет. Инструментальный заход на посадку осуществляется по сигналам радиотехнических систем (РСБН, VOR/DME и др.), а на конечном этапе – по сигналам отклонения от равноточной зоны глиссадного и курсового радиомаяков системы инструментальной посадки ILS, что формирует электронную глиссаду.

При этом возникает необходимость предоставления пилотам команд директорного управления для контроля правильности выполняемого управления и возможности взять управление на себя. По желанию пилота или в случае неисправности систем автоматического захода на посадку он может перейти в режим совместного (штурвального) директорного управления на конечном этапе захода на посадку. В данном режиме необходима также информация о воздушной обстановке и рельефе.

Режим директорного управления (полуавтоматический режим) заходом на посадку осуществляется по сигналам ILS, которые превращаются в пилотажно-навигационные команды и в соответствии с определенными законами управления перемещаются командные стрелки приборов или обрабатываются и отображаются на индикаторах или системой индикации на лобовом стекле в виде командных линий, указывающих направление, куда следует отклонить органы управления для возвращения самолета в равноточную зону. К преимуществам этого режима относится то, что при пере-

ходе от захода на посадку до посадки управление уже принадлежит пилотам, и позволяет перейти более эффективно из пикирования в планирование.

Визуальный заход на посадку на конечном этапе также предполагает использование директорного управления.

Недостаток директорного режима – это зависимость пилота от командных стрелок, когда, стремясь удержать их в центре, он может не заметить изменения показаний авиагоризонта и воздушной обстановки, что может привести к различным ситуациям в случае неправильной работы системы директорного управления.

В 90-х годах в гражданской авиации начали применять индикаторы на лобовом стекле (ИЛС). Вопросы применения ИЛС в системе индикации рассмотрены в журнале «Авиационные системы», № 2004/6, где анализируется опыт компании BAE Systems в данной области. Существенным преимуществом ИЛС перед обычными индикаторами есть соответствие символов: градуировка соответствующих символов взаимосвязана с реальной обстановкой. ИЛС таким образом соединяет пилотирование по приборам с визуальной картиной за кабины пространства. Кроме того, на таком индикаторе возможно применение специфических символов, более информативных. Применение ИЛС позволяет при использовании определенной техники пилотирования осуществить идеальную посадку на необорудованный аэродром. Такие системы нашли применение на военно-транспортных самолетах C-17 «Globmaster», где служат основным средством пилотирования, а также на самолетах компании Gulfstream Aerospace GV Gulfstream V, Boeing-737 «New Generation», C-130 «Hercules», Ан-148.

Дальнейшее повышение безопасности пилотирования вблизи земли осуществляется введением ориентиров управления. Они должны рассчитываться и отображаться так, чтобы при перекрытии ориентиров маркером траектории самолет был направлен на желаемую траекторию. Система ИЛС может быть удобно соединена также с системой предупреждения столкновения в воздухе TCAS, обеспечивая пилота не только информацией для предотвращения столкновений, но и «блоком идентификатора опасности», отражая положение угрозы, направление ее движения и скорость, а если она находится вне зоны индикатора, то направление угрозы [5].

К недостаткам систем с индикацией на лобовом стекле можно отнести и их монохромность, что не дает возможности увеличивать количество отображаемой информации, так как при наложении изображений и пилотажной индикации они будут сливаться. Кроме того, объем информации на ИЛС в значительной степени ограничивается полем зрения в $30^\circ \times 25^\circ$.

Ночью и, особенно, при плохой погоде индикация на ИЛС теряет преимущества в визуализации. Для устранения этого недостатка предполагается применять системы улучшенного видения. Принятая информация обрабатывается и отображается на ИЛС в растровом режиме. Недостаток такой системы – расчет с предполо-

жением, что целевая поверхность плоская, вследствие чего недостаточно учитывается неровность земной поверхности, а также невозможность адекватно отразить здания или другие ВС, которые будут отображаться как светлые пятна.

Перечисленные недостатки следует устранить применением систем синтезированного видения. Такая система нуждается в точной базе данных о поверхности земли, объединенной с точным значением положения ВС относительно нее. Эти данные могут быть получены со спутниковых систем.

В гражданской авиации уже эксплуатируются некоторые системы, использующие базы данных о поверхности и данные от навигационных систем, к которым относится система раннего предупреждения приближения земли СРППЗ-2000 для оценки рельефа местности перед самолетом (вдоль и ниже траектории полета) с использованием базы данных рельефа местности для района полета, в том числе в зоне аэропорта или взлетно-посадочной полосы (ВВП). Эта система имеет небольшое разрешение и точность и не может использоваться в целях навигации. Однако такой принцип позволяет в дальнейшем разрабатывать системы, обеспечивающие обзор окружающей среды в зоне аэродрома и осуществлять заход на посадку, соответствующую требованиям точности пилотирования и безопасности полетов.

Системы автоматической посадки самолетов XXI века

Для уменьшения количества авиационных происшествий (АП) было предложено решение ICAO о необходимости установления в аэропортах соответствующей требованиям модернизированной системы ILS или микроволновой системы посадки MLS. Однако имеется четыре типа систем автоматической посадки, соответствующие требованиям ICAO, и следует выбрать одну из них. Это системы ILS, MLS и две спутниковые системы автоматической посадки. Все четыре системы соответствуют требованиям ICAO к системам автоматической посадки для XXI в.

Обзор функционирования и направлений развития перспективных существующих систем посадки включает в себя анализ существующих систем посадки; разрабатываемых перспективных систем посадки; систем определения относительного положения, которые не решают задачи посадки.

Заход на посадку может выполняться с использованием посадочных устройств и систем: радиомаячковую систему типа ILS; радиолокационных систем посадки типа GCA; направленных маяков типа VOR; приводных радиостанций – NDB; радиопеленгаторов.

Все эти устройства можно применять совместно с дальномерным оборудованием DME и светотехническим оборудованием аэродрома. Рассмотренные системы имеют ряд недостатков и ограничений:

- возможность захода на посадку только в диапазоне взлетно-посадочной полосы по заданному курсу и глиссаде;
- малые размеры сектора, в рамках которого ВС обеспечивается информацией о заданной траектории, уменьшают возможности предпосадочного маневрирования;
- значительное влияние земной поверхности на качество работы системы посадки;
- определение координат ВС относительно точки приземления только при контроле с земли и при пролете точек;
- ограничение на использование светотехнического оборудования в зависимости от метеорологических условий.

В настоящее время система ILS, которая является стандартом ICAO, установлена во всех международных и большинстве региональных аэропортов. Однако характерные для нее недостатки – интерференция от радиостанций, работающих на близких частотах от высотных зданий, расположенных вблизи аэропорта, или от больших ВС, находящихся в воздухе, иногда приводят к искажению луча курсового маяка. По этой и другим причинам ICAO одобрила систему MLS, не подверженную недостаткам системы ILS.

Предложено также использовать в системах автоматической посадки дифференциальную глобальную спутниковую навигационную систему DGPS. Еще в 1995 г. ICAO приняла компромиссное решение, по которому систему ILS можно использовать до 2015 г.; система MLS должна быть установлена там, где это вызвано условиями эксплуатации воздушного транспорта. Система DGPS дает возможность использовать два варианта автоматической посадки, полностью соответствующие требованиям точности при заходе на посадку и посадки по I категории ICAO.

Система LAAS (система наведения для местного региона) – наземная система, которая сравнивает отраженный сигнал DGPS с направленным ею, определяет несогласованность и передает ее на борт ВС, выполняющего заход на посадку. Ошибка наведения системы не превышает семь метров. Несколько первых систем этого типа, известных как Scat-1 (система посадки специальной категории I), находятся в эксплуатации как часто финансируемые системы не для общего пользования. Для обеспечения широкого использования спутниковой навигационной системы DGPS, сеть ее наземных станций должна быть увеличена; потребуется внести коррекцию в линию передачи данных спутник–наземные станции и осуществить запуск геостационарного спутника с экваториальной орбиты. Для такого варианта спутниковой системы разрабатывается система автоматической посадки WAAS (система наведения для большой площади перекрытия). Создаваемые в Европе система EGNOS (Европейская спутниковая геостационарная навигационная система большой площади пере-

крытия) и японская система *MTSAS* (многоцелевая спутниковая система наведения) подобны системе *WAAS*.

Новый подход к разработке технологий посадки самолетов

Оптимизация траекторий снижения самолета в вертикальной плоскости с учетом ограничений на фазовые и управляющие переменные рассмотрена в [6]. Оптимизация проведена по принципу максимума. Как управление приняты тяга силовой установки и угол наклона траектории.

Для описания движения самолета в вертикальной плоскости используется так называемая *промежуточная* модель [7]. В качестве управляющих переменных этой модели используются угол наклона траектории и тяга двигателей. Модель применяется для решения задачи о полете на максимальную дальность при заданных времени и расходу топлива, причем ограничения на фазовые и управляющие переменные не накладываются. Термин «промежуточная» относительно модели связан с тем, что по уровню точности описания движения самолета в вертикальной плоскости она находится между полной моделью движения центра массы самолета и моделью, соответствующей энергетическому подходу.

При использовании этой модели задачи ограничения на управляющие переменные существенны и должны быть учтены. Существенны также ограничения на скорость, скоростной напор и высоту полета.

Для оптимизации траектории снижения используется принцип максимума. Основная сложность заключается в корректном учете ограничений на фазовые переменные. Большое внимание уделяется построению оптимальных траекторий, которые частично находятся на границе допустимой области.

Применение *CNS/ATM* для эффективных методов уменьшения авиационного шума при снижении самолета перед посадкой. Эксплуатационные приемы регулирования авиационного шума вокруг аэропортов позволяют снизить остроту этой проблемы, и их применение может быть более эффективным при использовании возможностей систем УВД [8]. Поскольку эти системы постоянно совершенствуются и повышаются их возможности, есть вероятность появления более эффективных приемов, которые позволят в будущем достичь дополнительного результата в снижении авиационного шума.

В соответствии с рекомендациями [9], можно применять такие эксплуатационные приемы регулирования авиационного шума:

- использование взлетно-посадочных полос отвода ВС на начальном и конечном участках траектории полета от зон аэропорта, чувствительных к шуму;
- использование таких маршрутов, чтобы ВС, вылетая из аэропорта или прибывая туда, могли избегать чувствительных к действию шума зон, включая применение разворотов для отклонения ВС от чувствительных к шуму зон, расположенных под траекториями взлета и

захода на посадку, приведенных в навигационных картах, или непосредственно к ним прилегающих;

- использование приемов снижения шума при взлете или заходе на посадку с целью оптимизации уровней шума на территории вокруг аэропорта при соблюдении необходимого уровня безопасности полетов.

Среди эксплуатационных приемов снижения и захода на посадку один из самых перспективных – снижение перед посадкой с постоянным градиентом (*Continuous Descent Approach – CDA*) [10]. При введении *CDA* необходимо учитывать:

- пропускную способность воздушного движения;
- эксплуатационные ограничения и ограничения при УВД;
- погодные условия;
- ограничение аэропортов;
- рабочую нагрузку на экипаж;
- информированность, подготовку и опыт кадров;
- характеристику ВС и двигателей;
- правила и требования безопасности полетов.

Успешное внедрение *CDA* связано с тесным сотрудничеством всех заинтересованных сторон: эксплуатантов и пилотов, производителей ВС, диспетчеров воздушного движения, сотрудников аэропортов и научно-исследовательских организаций. Применение *CDA* не входит в противоречие с другими, уже известными эксплуатационными приемами снижения и захода на посадку, обуславливающими более низкие уровни шума, и даже наоборот, – объединяются с ними, а именно, с использованием различных градиентов траекторий снижения перед посадкой, методами пониженной тяги/уменьшения аэродинамического сопротивления (или любого их сочетания), что, как правило, может оказаться эффективным и эксплуатационно приемлемым.

Градиенты траекторий снижения перед посадкой, выше обычных, например, от угла наклона глиссады -3° , позволяют ослабить действие авиационного шума при использовании больших, в отличие от обычных, абсолютных высот начала захода на посадку и захвата глиссады системы посадки по приборам (*ILS*) на большей высоте.

Принцип методов пониженной тяги/сниженного аэродинамического сопротивления заключается в задержании, насколько это возможно, выпуска закрылков и посадочного положения шасси с учетом установленной органом УВД скорости, запаса высоты и безопасности полетов. Эти методы заключаются в изменении тяги двигателя, обусловленной изменениями в аэродинамической конфигурации ВС, т.е. меньшее аэродинамическое сопротивление обуславливает меньшие значения тяги и соответственно меньшие уровни шума.

Помимо снижения шума, *CDA* позволяет снизить загрязнение воздуха выбросами от авиационных двигателей и, прежде всего, благодаря применению систем *CNS/ATM* [11].

Применение систем *CNS/ATM* в целом будет иметь преимущества в трех перечисленных аспектах: улучшении пропускной способности аэропортов, соответственно уменьшении количества задержек в загруженных аэропортах; сокращении продолжительности полетов путем использования более прямых маршрутов; уменьшении вертикального эшелонирования.

Технические возможности систем *CNS/ATM* весомы для реализации эксплуатационных приемов на этапах взлета–посадки ВС, в частности, с целью снижения авиационного шума и других экологических показателей гражданской авиации в целом [12]. При снижении перед посадкой системы *CNS/ATM* позволяют с необходимой точностью контролировать снижение скорости и высоты полета до значений (которые требуются безопасностью полетов) скорости в момент пересечения порога ВПП, а также аэродинамическую конфигурацию самолета и, соответственно, тягу (режим работы) двигателей при снижении [13].

Значения параметров полета при снижении перед посадкой с постоянным градиентом, обуславливающих минимальные значения уровней шума и других экологических показателей, находят решением задачи оптимизации параметров траектории снижения самолета перед посадкой.

Заключение. Задачи управления динамическими объектами характеризуются неполнотой, неоднозначностью, неопределенностью исходной информации и используемых правил ее преобразования, к которым следует отнести: оценку обстановки; прогноз поведения объектов ВС и развития обстановки; синтез и оценку возможных действий и выбор лучших и пр.

Как свидетельствуют результаты анализа литературы, перспективным направлением служит внедрение спутниковой системы связи, навигации и наблюдения. Так, по данным Концепции специального комитета по перспективным аэронавигационным системам, предполагается, что спутниковые системы связи, навигации и

наблюдения должны стать едиными и главным средством, обеспечивающим безопасное управление ВС и организацию воздушного движения в глобальном масштабе. Такая популярность спутниковых навигационных систем (СНС) связана с появлением высокоэффективных систем второго поколения. Эти СНС предназначены для глобального, всепогодного, пассивного, непрерывного в реальном масштабе времени, надежного, помехозащищенного и высокоточного навигационно-временного обеспечения всех потребителей.

Существенными параметрами, характеризующими систему посадки, кроме требований надежности, должны быть точность определения навигационных параметров (относительных координат ВС), рабочая область и дальность действия.

Из перечня требований к навигационной системе отметим:

система должна обеспечивать определение навигационных параметров в любое время суток в любых метеорологических условиях.

Определенные параметры должны выдавать экипажу информацию о положении ВС относительно точки приземления, а также об их состоянии относительно заданной траектории, что позволит экипажу выполнять полет в ручном, директорном или автоматическом режиме.

Система должна быть высокоточной, непрерывно обеспечивать экипажу достоверной информацией, выход на точку и заход на посадку с любого направления и по любой траектории, т.е. не иметь ограничений по азимуту, углу и минимальной дальности действия.

Соответственно, ставится задача создания в области авиационной индустрии системы, которая позволит: количественно и качественно повысить уровень экологичности и экономичности полетов в целом, уровень безопасности полетов; разгрузить воздушную зону ожидания в районе аэропорта; решить проблему перегрузки аэропортов интенсивностью воздушного движения; повысить эффективность использования авиационной техники.

UDC 629.7.077

D.O. Voloshenyuk¹, S.V. Pavlova²

¹ Research fellow, Department of intelligent control, International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of NAS of Ukraine and MES of Ukraine, 40, Glushkova ave., Kyiv, 03187, Ukraine, E-mail: dep185@irtc.org.ua.

² Senior research fellow, Department of intelligent control, International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of NAS of Ukraine and MES of Ukraine, 1, Kosmonavta Komarova ave., Kyiv, 03187, Ukraine, E-mail: psv@nau.edu.ua.

The Aircraft Landing Management in Conditions of Increasing the Air Traffic Intensity

Keywords: Aircraft Landing, Microwave Systems, Flexible Trajectories, Air Traffic, Aviation Security.

Purpose: The scientific task of the developing methods, models and means of informational support of decision making for the construction of an optimal landing trajectory for further improvement of the airplane flight safety and upgrading of environmental and economic indicators of the aviation equipment use is relevant.

Methods: In order to reduce the number of aviation events, ICAO's decision is made on the need to install an ILS-upgraded ILS or microwave landing system (MLS) in airports at the airports. However, there are currently four types of landing systems that meet the requirements of ICAO and aviation experts must select one of them. These are the ILS, MLS and

two completely different satellite landing systems. All four systems meet the requirements of ICAO for automatic landing systems for the XXI century.

Results: Accordingly, the task is to create a system in the aviation industry that will allow:

– quantitatively and qualitatively increase the level of environmental friendliness and efficiency of flights in aviation in general;

– to substantially improve the safety of flights;

– solve the problem of airport overload with air traffic intensity;

– to increase the efficiency of the aviation equipment use, etc.

Discussion: The perspective direction is the introduction of a satellite communication system, navigation and surveillance. Important parameters that characterize the landing systems (in addition to reliability requirements) are the accuracy of the determining navigational parameters, working area and range of action.

1. Pavlov V.V., Voloshenyuk D.O., Volkov O.Ye. The concept of network centric control of landing aircraft on free paths with technology for solving conflict situations. *Kibernetika i vychislitelnaâ tehnika*, 2014, 178, P. 36–51. (in Ukrainian).
2. THE ICAO CIRCULARS on ergonomics and human Factors, ICAO: 2000, N 1–12.
3. Pavlov V.V., Skripec A.V. Ergonomic issues for the creation and operation of aeronautical electrified and piloting and navigation complexes of aircraft: Schoolbook, K: KMUGA, 2000, 460 p. (In Russian).
4. Rogozhin V.O., Sineglazov V.M., Filjashkin M.K. Aircrafts and naval complexes of aircraft: Schoolbook, K.: NAU, 2005, 502 p. (in Ukrainian).
5. Pavlova S.V., Volkov A.Ye. System of guaranteed resolution of dynamic conflicts of aircrafts in real time. Proc. of the National Aviation Univ.: Scientific journal: scientific article, 2017, 1, P. 29–35.
6. Grevcov N.M., Efumov O.E., Mel'c I.O. Optimization of aircraft reduction trajectories in the vertical plane: Scientific notes CAGI. T. XXVI, 1995, N3–4, P. 98–110. (In Russian).
7. Kelley H. J., Cliff E. M. Optimal symmetric flight with intennediate vehicle model. A coll. of tech. papers of the AIAA Guidance and Control Conf. Gutlinburg, Tennessee. Aug. 15–17, 1983.
8. Zaporozhets O.I., Babeichuk D.G. Application CNS / ATM for effective methods of reducing aircraft noise when the aircraft before boarding, Proceedings of the National Aviation University, 2008, 4, P. 82–88. (in Ukrainian).
9. *Flight Manual*. OPS T. 1: Procedures for flight operations. ICAO, Doc.8168-1, 2004, 258 c. (In Russian).
10. *Guidance material on a balanced approach to managing aviation noise*. ICAO, Doc 9829 AN/451, 2004, 112 p. (In Russian).
11. Babak V.P., Babeichuk D.G. Zaporozhets O.I. Model study evaluating environmental benefits uprova-tion cns/atm air traffic control technology. Proceedings of the National Aviation University, 2007, 1, P. 3–9. (in Ukrainian).
12. Babeichuk D., Zaporozhets O., Helenko Y. Environmental benefits associated with CNS/ATM initiatives. Int. Symp. on air and water pollution abayement, 21–23 June 2007, Zakopane, Poland, P. 207–208.
13. Babeichuk D., Veklenko O. CNS/ATM support for aircraft noise impact reduction around the airports. Proc. of Third World Congress “Aviation in XXI Century”, 2013, 2, P. 4.21–4.23.



Для соответствия научно-метрическим базам при подаче статей к рассмотрению, авторы должны подать метаданные на английском языке:

– ФИО

– место и адрес работы каждого автора

– расширенную аннотацию (до 2000 знаков с пробелами и рубриками:
Introduction, Purpose, Methods, Results, Conclusion)

– список пристатейной литературы в переводе или транслитерации.

При оформлении списков литературы к расширенной аннотации на английском языке, можно пользоваться сайтом

<http://translit.net> для русских ссылок

<http://ukrlit.org/transliteratsiia> для украинских.