

УДК 629.05 :623.746-519

О.П. Сушич, к.т.н., І.А. Приходько

**АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ПОСАДКИ БЕЗПЛОТНИХ
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Національний авіаційний університет, e-mail: ans@nau.edu.ua

*Наведено результати аналізу тенденцій розвитку існуючих систем посадки безпілотних літальних апаратів та повітряних кораблів.***Постановка проблеми**

Аналіз останніх досягнень в галузі розробки новітніх зразків безпілотних літальних апаратів (БПЛА) показав, що сьогодні на ринку БПЛА присутні досить серйозні гравці в особі таких провідних компаній як: Boeing, Lockheed Martin, General Atomics, Northrop Grumman, Bombardier, Canadair, Israel Aerospace Industries, EADS, SAAB, BAE Systems. Інвестиції цих компаній у розробку нових зразків БПЛА за останні роки різко зросли та складають мільярди доларів, а сучасний стан ринку БПЛА не залишає сумнівів у перспективах його подальшого й досить динамічного розвитку. Також необхідно відзначити, що останнім часом на ринку зросла присутність БПЛА виробництва Австралії, Бразилії, Індії, Ірану, Китаю та Пакистану.

Настільки стрімке «вторгнення» БПЛА в цивільний повітряний простір привело до того, що починаючи з 2005 року (169 сесія Аеронавігаційної комісії), Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO – International Civil Aviation Organization) почала проводити консультації з питань, що стосуються міжнародного застосування БПЛА в цивільному повітряному просторі й виключення небезпек, створюваних БПЛА, для цивільних повітряних кораблів (ПК). У результаті проведених в 2006 і 2007 роках неофіційних нарад ICAO по БПЛА було ухвалене рішення, що ICAO буде виступати як координатор по забезпеченню глобальної функціональної взаємодії й узгодженню використовуваних і розроблювальних Стандартів і Рекомендованої практики (SARPs – Standards And Recommended Practices) для БПЛА [1, 2, 3]. Відповідно до загальної концепції проведення польотів БПЛА повинні виконувати польоти у відповідності із стартами ICAO, які призначені для ПК із пілотом на борту, таким чином, БПЛА, що виконують польоти поза прямою видимістю, повинні відповідати вимогам пропонованим до систем зв'язку, навігації й спостереження у відповідному повітряному просторі [4].

Найнебезпечнішим і складним, у технічному плані, етапом польоту є забезпечення заходу на посадку й посадка БПЛА у складних метеорологічних умовах і при відсутності прямої видимості. Успішне вирішення задачі безпечної посадки БПЛА у роздільному повітряному просторі складається у розробці системи посадки БПЛА, що забезпечить необхідний рівень безпеки польотів відповідно до вимог і стандартів ICAO.

Аналіз досліджень і публікацій. Стрімке підвищення кількості БПЛА по відношенню до кількості пілотованих ПК у цивільному повітряному просторі може призвести до різкого підвищення небезпечних подій особливо на етапі заходу на посадку. Непрямим підтвердженням можливого ускладнення повітряної ситуації є данні по статистиці кількості небезпечних подій при застосуванні ПК та БПЛА [5, 6, 7].

Ускладнює і без того досить небезпечну ситуацію при посадці та обставина, що в основній своїй масі БПЛА розроблялись й розробляються в інтересах військових відомств, а це призвело до того, що на сьогоднішній час отримало поширення декілька типів систем посадки БПЛА, що використовують різні принципи дії і відповідно мають як достоїнства, так і недоліки. Найбільшого поширення отримали радіомаячні, локаційні, інерціальні, супутникові, лазерні, й оптичні системи посадки БПЛА.

Застосування такої кількості різноманітного і не завжди стандартизованого обладнання систем посадки та іншого навігаційного обладнання на борту БПЛА призвело до того, що для забезпечення необхідного рівня безпеки польотів цивільної авіації польоти БПЛА виконуються в обмеженому у спеціально зарезервованому повітряному просторі [4].

Аналіз статистики авіаційних подій показує, що найбільша кількість інцидентів відбувається на етапі підходу та посадці ПК рис. 1 [8], причому приблизно 67 відсотків авіаційних подій пов'язані з помилками екіпажу рис. 2 [9].

Велика кількість інцидентів із втратою БПЛА, в межах від 30 до 70 відсотків, також пов'язана з людським чинником [7, 10].

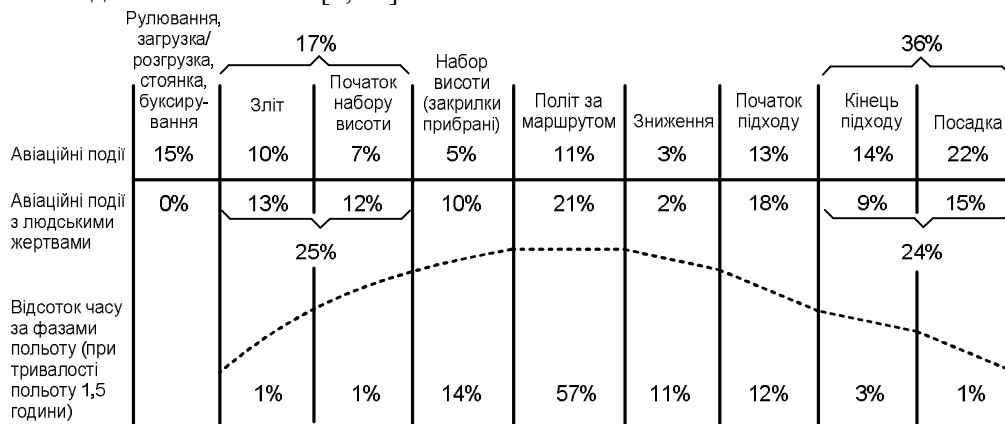


Рис. 1. Відсоток авіаційних подій за фазами польоту комерційної авіації за період з 2001 по 2010 роки

Виходячи з вищесказаного випливає, що задача удосконалення існуючих та розробка новітніх систем посадки БПЛА з метою підвищення необхідного рівня безпеки польотів є вкрай актуальною.

Формулювання цілей статті.

Метою даної статті є проведення аналізу існуючих систем посадки та вибір найбільш перспективного напрямку розвитку системи посадки для БПЛА цивільного призначення, яка б відповідала вимогам SARPs ICAO та забезпечувала можливість посадки БПЛА на необладнані аеродроми та злітно-посадочні смуги.

Виклад основного матеріалу.

Більшість сучасних БПЛА не мають дозволу виконувати польоти у цивільному повітряному просторі, це пов'язано з невідповідністю обладнання БПЛА вимогам SARPS ICAO до систем зв'язку, навігації й спостереження.

Хоча необхідно зазначити, що є рідкісні винятки, наприклад, у 2003 році першим БПЛА, який отримав дозвіл Федерального управління цивільної авіації США на самостійну відправку польотного завдання та політ з використанням цивільних повітряних коридорів на території США без додаткових повідомлень став БПЛА RQ-4 Global Hawk [11].

Найбільш цікавими з точки зору безпілотної авіації є мобільні повністю автоматичні лазерні [12] та локаційні [13] системи посадки БПЛА рис. 3.

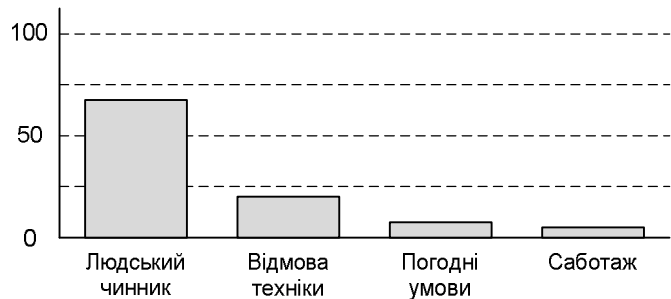
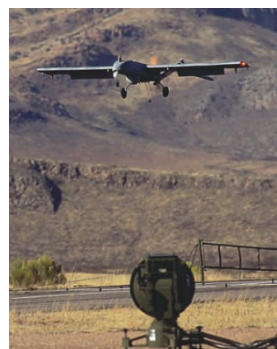


Рис. 2. Відсоток авіаційних подій за причинами інцидентів



а



б

Рис. 3. Лазерні та локаційні системи посадки БПЛА
а – лазерна система посадки БПЛА; б – локаційна система посадки БПЛА

Подібні системи забезпечують високу мобільність (час розгортання до 15 хвилин), можуть бути розгорнуті на будь-яких непередбачених аеродромах та площадках приземлення (відсутні обмеження по зоні дії та впливу земної поверхні), працюють в умовах придушення сигналів Глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS – Global Navigation Satellite System), дозволяють виконувати захід на посадку за будь-яких метеорологічних умов у день і у ночі.

Головним недоліком лазерних та локаційних систем посадки є їх не відповідність SARPs ICAO.

Найбільшого поширення у світі отримали радіомаячні системи посадки метрового діапазону хвиль (ILS – Instrument landing system) [14, 15] рис. 4.

Ці системи відповідають SARPs ICAO і дозволяють виконувати посадку за будь-яких метеорологічних умов у день і у ночі (Cat III C – забезпечує автоматичне зниження, вирівнювання, посадку та рулювання в умовах нульової видимості) [15]. До основних недоліків ILS слід віднести обмежену зону дії (посадка тільки по прямій) та вплив земної поверхні та місцевих предметів. Цих недоліків позбавлена міроволнова система посадки (MLS – Microwave Landing System) [15].

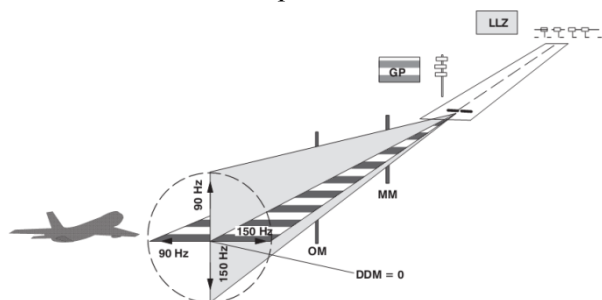


Рис. 4. Інструментальна система посадки – ILS-420

Таким чином системи ILS та MLS повністю відповідають вимогам SARPs ICAO та дозволяють виконувати посадку БПЛА за будь-яких метеорологічних умов у день і у ночі (Cat III C), але ILS та MLS є стаціонарним наземним радіонавігаційними системами, що унеможливує їх застосування у невідготовлених аеродромах.

Захід на посадку також можливо виконувати по обладнанню системи посадки (ОСП), всенапрямленим азимутальним радіомаякам (VOR – VHF Omni-directional Radio Range), приводним ненапрямленим радіомаякам (NDB – Non-Directional Beacon) з одночасним застосуванням далекомірною обладнання (DME – Distance Measuring Equipment) [15].

Вищеперераховані радіонавігаційні системи повністю відповідають вимогам SARPs ICAO, однак забезпечують неточний захід на посадку, в залежності від аеропорту та конкретного типу ПК пряма видимість складає приблизно 1700 м., а нижня границя обачності 120 м. [16, 17, 18].

Проведений аналіз навігаційного обладнання більшості БПЛА показав, що в найбільшій масі на БПЛА в якості основної навігаційної системи застосовують GNSS.

Глобальна навігаційна супутникова система разом із наземною системою функціонального доповнення (GBAS – Ground Based Augmentation System) і супутниковою системою функціонального доповнення (SBAS – Space Based Augmentation System) повністю відповідають вимогам SARPs ICAO та дозволяють вирішувати всі види польотів крім точного заходу на посадку за категоріями 2 та 3 (Cat II, Cat III) [15, 16, 17, 18].

Системи посадки на базі GNSS із системами функціонального доповнення отримали назву супутникові системи посадки (SLS – Satellite Landing System або GNSS Landing System), такі системи посадки не вимагають стаціонарного базування, що робить можливим їх розгортання на будь-яких невідготовлених аеродромах та площадках приземлення рис. 5 [19, 20].

Супутникова система посадки складається з трьох основних сегментів – навігаційних супутників GNSS, диференційної станції GBAS та авіоніки на борту БПЛА чи ПК.



а



б

Рис. 5. Супутникова система посадки: а – стаціонарний варіант; б – мобільний варіант

радіоканалу передається на борт БПЛА чи ПК для уточнення шуканих координат. Також для кожного напрямку підходу визначається остаточна ділянка заходу на посадку (FAS – Final Approach Segment) [21].

З точки зору безпілотної авіації SLS на базі диференційних станцій GBAS пропонують значно вищу продуктивність у порівнянні з ILS та MLS:

- забезпечення підходу з декількох напрямків;

- зменшення області критичної зони захисту;
- значна економія коштів при введенні в експлуатацію та під час експлуатації;
- простіше розміщення обладнання системи посадки (мобільні варіанти).

Перспективність застосування для посадки БПЛА супутникових систем посадки підтверджує Навігаційна стратегія держав Європейської конференції у справах цивільної авіації, яка передбачає підвищення точності супутникових систем посадки до третьої категорії (GBAS Cat I/II/III) [22].

Сьогодні підвищення точності визначення координат можливо за рахунок комплексування супутникових навігаційних систем з іншими навігаційними системами, наприклад, інерціальними.

Висновки. Проведений аналіз існуючих систем посадки показав, що найбільш перспективним напрямом розвитку систем посадки цивільних БПЛА є подальше удосконалення супутникових систем посадки.

Список використаної літератури

1. ICAO Exploratory Meeting on Unmanned Aerial Vehicles. – Режим доступу: <http://legacy.icao.int/anb/panels/acp/wg/c/wgc11/acp-wgc11-ip07-uav.doc>
2. WG-73 UAV Systems (UAS). – Режим доступу: <http://www.eurocae.net/working-groups/wg-list/42-wg-73.html>
3. SC-203 Unmanned Aircraft Systems (UAS). – Режим доступу: <http://www.rtca.org/comm/Committee.cfm?id=45>
4. Unmanned Aircraft Systems (UAS). Cir 328 AN/190. – Режим доступу: http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf
5. Statistical information for common flight phases. – Режим доступу: <http://aviation-safety.net/statistics/phase/>
6. Human Error Cited in Most UAV Crashes. – Режим доступу: <http://www.military.com/news/article/human-error-cited-in-most-uav-crashes.html>
7. Probable Causal Factors in UAV Accidents Based on Human Factor Analysis and Classification System. – Режим доступу: http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE_CD1998-2010/ICAS2010/PAPERS/492.PDF
8. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959 - 2010. – Режим доступу: http://www.boeing.com/aboutus/govt_ops/reports_white_papers/commercial_jet_airplane_accidents_statistical_summary.pdf
9. Aviation Crash Statistic. – Режим доступу: <http://www.baaa-acro.com/Statistics.html>
10. Human Error Cited in Most UAV Crashes. – Режим доступу: <http://www.military.com/news/article/human-error-cited-in-most-uav-crashes.html>
11. FAA Clears Global Hawk For Routine Operation In US National Airspace. – Режим доступу: <http://www.spacedaily.com/news/uav-03zl.html>
12. OPATS – Laser-based UAS Landing System. – Режим доступу: http://www.ruag.com/Aviation/Subsystems_Products/Aviation_Products/Ground_Support_Equipment/OPATS
13. Tactical Automatic Landing System. – Режим доступу: http://www.sncorp.com/pdfs/cns_atm/TALS%20Product%20Sheet.pdf
14. ILS 420 - Instrument Landing System. – Режим доступу: http://www.thalesgroup.com/Portfolio/Aerospace/Air_Systems_Product_-_ILS_420/
15. Радионавигационные средства. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Т. 1.
16. Правила полетов. Приложение 2 к Конвенции о международной гражданской авиации.
17. Эксплуатация воздушных судов. Приложение 6 к Конвенции о международной гражданской авиации. Часть 1-3.
18. Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения. Документ 4444.
19. Introducing Honeywell SmartPath Precision Landing System. – Режим доступу: <http://honeywellsmartpath.com/index.php>
20. DGPS Differential GPS Ground Station. – Режим доступу: http://www.sncorp.com/pdfs/cns_atm/DGPS%20Product%20Sheet%20Final.pdf
21. Руководство по построению схем на основе санкционированных требуемых навигационных характеристик. Документ 9905.
22. Navigation Strategy for ECAC. Режим доступу: <http://www.ecacnav.com/downloads/NAV%20Application%20+%20NAVAID%20Infrastructure%20Strategy%2015MAY08%20Agreed%20at%20SCG-8.pdf>