

УДК 656.7.052.001.57 (045)

В.І. Чепіженко, В.О. Волкогон

Національний авіаційний університет, м.Київ

РОЛЬ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ CNS/ATM СИСТЕМ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ АВТОНОМНИХ ПОЛЬОТІВ ПОВІТРЯНИХ КОРАБЛІВ

Розглянуто сучасні концепції трансформації системи CNS/ATM, пов'язані з автономним польотом повітряних кораблів (ПК). Виявлено основні недоліки та обмеження в існуючих концепціях. Запропоновано шляхи забезпечення автономних польотів повітряних кораблів в єдиному аеронавігаційному просторі.

Ключові слова: концепція, безпека, політ, трафік, автономність польоту, трансформації системи.

Рассмотрены современные концепции трансформации системы CNS / ATM, связанные с автономным полетом воздушных кораблей (ВК). Выявлены основные недостатки и ограничения в существующих концепциях. Предложены пути обеспечения автономных полетов воздушных кораблей в едином аэронавигационном пространстве.

Ключевые слова: концепция, безопасность, полет, трафик, автономность полета, трансформации системы.

The modern concepts of system transformation CNS / ATM related with autonomous flight of aircraft (PC) were reviewed. The basic drawbacks and limitations in existing concepts were detected. The ways of ensuring autonomous flight of aircraft in the in uniform airnavigation space were proposed.

Keywords: concept, security, flight, traffic, autonomous flight, the transformation of the system.

Постановка проблеми. Бурхливий розвиток авіації за останні десятиріччя призвів до різкого зростання кількості польотів ПК, які одночасно знаходяться у повітряному просторі (ПП). При цьому політ повинен здійснюватися з більшою ефективністю, безпекою та економічністю, що може бути забезпечено підвищеним рівнем автономності бортових засобів розв'язання конфліктів між ПК.

© Чепіженко В.І., Волкогон В. О., 2015

Проблеми безпеки польотів ПК і трансформації глобальної аеронавігаційної системи є багатограними та складними. По-перше, на це впливає постійна зміна економічної ситуації у світі, по-друге, зростає конкуренція на ринку повітряних перевезень [11].

При збільшенні автономності повітряного судна частину функцій з організації та управління повітряним рухом і забезпечення безпечної траєкторії руху ПК переходить до бортових систем літака. У перспективі, при реалізації таких концепцій як Free Flight, A³, TCAS, S&A, ADS-B та ASAS, бортові системи будуть відігравати основну роль у плануванні польоту і забезпеченні безпечної траєкторії. Це потребує розробки нових методів та концепцій, які дозволять здійснювати політ з більшою ефективністю, безпекою та економічністю при збільшенні кількості ПК в обмеженому повітряному просторі.

Існуючі концепції спрямовані на підвищення ефективності виконання польотів, надання ПК можливості виконувати польоти в межах спеціально виділеного повітряного простору за довільними маршрутами, але не задовольняють сучасні вимоги безпеки повітряного руху (ПР), оскільки відсутня повна автономність руху ПК та не забезпечується надійне розв'язання конфліктних ситуацій в ПП.

Постановка цілей статті. Метою даної статті є визначення місця та ролі концепцій трансформації системи управління рухом ПК у забезпеченні автономних польотів при виконанні вимог безпеки польотів ПК у сучасній CNS/ATM системі, виявлення недоліків існуючих концепцій та шляхи їх усунення.

Основний матеріал. Проведений аналіз доступних джерел інформації показує, що існуючі концепції, пов'язані з автономністю польоту, такі як: Free Flight, A³, TCAS, S&A, ADS-B та ASAS, є недосконалими. Це обумовлено тим, що системи такого рівня – це багатоаспектні комплексні системи з ієрархічною схемою організації, які містять технічні, організаційні, інформаційні, керуючі, соціотехнічні й ергатичні компоненти. Дані концепції здатні вирішувати тільки часткові проблеми безпеки ПР. Результати останніх досліджень виявили певні існуючі недоліки та обмеження даних концепцій при реалізації автономного польоту [4–7].

Під автономним польотом надалі будемо розуміти політ, при якому функції та задачі вирішення конфліктів ПК та забезпечення безпеки польоту покладено на бортову апаратуру та пілотів.

В якості основних концепцій розглянемо (рис. 1):

- A³ (Autonomous Aircraft Advanced)
- Free Flight

- S&A(See & Avoid)
- TCAS(Traffic Collision Avoidance System)
- ASAS(Airborne Separation Assurance (Assistance) System)
- ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast)

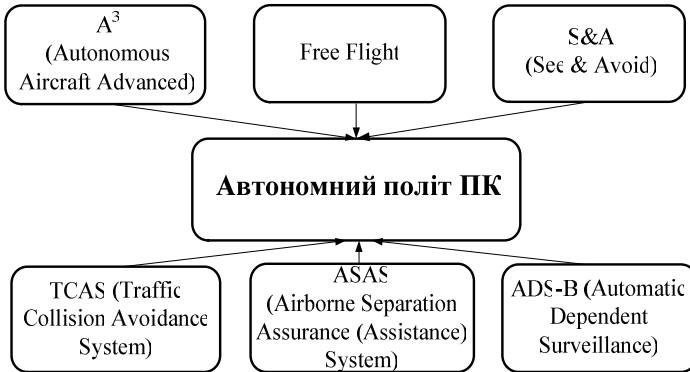


Рисунок 1 – Концепції автономного польоту ПК

Останнім часом світове авіаційне співтовариство значну увагу приділяє концепції УПР під назвою «Free Flight» (Free Flight – «вільний політ»). Ця концепція є першою практичною спробою систематизувати й об'єднати в єдиний комплекс засоби УПР, що з'явилися в останні роки, і має за основну мету надати екіпажам повітряних суден свободу оперативного вибору траєкторії руху по маршруту, швидкості і профілю. При цьому автономність, характерна для візуального польоту, повинна ефективно поєднуватися з надійністю безпечного розведення повітряних суден, що забезпечується технікою польоту за приладами. Основна ідея «Free Flight» полягає в абсолютно новому підході до управління повітряним рухом і вкладає новий зміст у поняття «політ за приладами» [4]. Детальне опрацювання концепції в даний час проводиться на рівні державних комітетів і робочих груп з представниками авіакомпаній.

Переваги даної концепції в тому, що для авіакомпаній світу «Free Flight», в разі успішного впровадження, обіцяє економію до 5 млрд. доларів щорічно за рахунок зниження витрати палива і витрат часу. Для авіаційних органів концепція дає можливість з найменшими витратами модернізувати застарілі системи УПР. «Free Flight» надасть екіпажам повітряних суден можливість вільно вибирати траєкторію

польоту за маршрутом, швидкість і профіль, причому навіть більшою мірою, ніж це дозволяють правила візуальних польотів.

Виходячи з вищезазначеного можна сказати, що дана концепція дозволить звільнитися від обмежень, накладених системами УПР за умови виконання повітряних перевезень настільки, наскільки це дозволять вимоги безпеки та технічний прогрес. Дані концепції не розглядає використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що можна віднести до одного з недоліків. Однак за даною концепцією центр ваги щодо прийняття рішення про розв'язання конфліктів між ПК зміщено у бік диспетчера. З іншого боку, остаточне рішення щодо розв'язання конфліктів у повітрі згідно з існуючою нормативною базою покладається на пілота. Це може спричинити неузгодженість рішень між пілотом і диспетчером. Характерним прикладом цієї неузгодженості є катастрофи B-737 та Tu-154 у 1985 році.

Концепція А³ (Autonomous Aircraft Advanced) передбачає виділення зон повітряного простору, в якому повітряні судна (ПС) будуть застосовувати самоешелонування, тобто автономні польоти. Екіпаж працюватиме без нагляду та підтримки диспетчера, та при обмеженому русі ПК у транспортних потоках. Користувачі повітряного простору повинні самостійно приймати або генерувати траєкторію свого руху, яка найкращим чином відповідає їх цілям. Обмеження в самостійному виборі траєкторії вводяться тільки для прогнозованих скупчень ПК, або для безпеки навколишнього середовища.

Концепція операцій А³ ділить повітряний простір на наступні категорії: контрольований, неконтрольований та повітряний простір для автономних польотів, де за ешелонування відповідає користувач повітряного простору (рис. 2).

Одним з недоліків розглянутої концепції є її залежність від SWIM (System Wide Information Management) середовища. Ця залежність поширюється як на польоти за маршрутом, які визначаються від точки виходу із зони підходу (ТМА) на вильоті ПК до точки входу в ТМА на прибутті, а також на роботу наземних засобів.

Дана концепція найбільш відповідає вимогам автономного польоту, але вона потребує великих часових та економічних затрат для вдосконалення та впровадження її в дію.

На сьогоднішній день для зменшення ризику зіткнень повітряних суден використовується система попередження небезпечних зближень літаків у повітрі – TCAS (Traffic Collision Avoidance System). Існують різні варіанти даної системи. ICAO рекомендує застосовувати систему TCAS II від 01.01.2003, так як вона на даний момент повністю

відповідає стандартам ACAS та встановлена на більшості комерційних повітряних суден. TCAS II є обов'язковою системою для літаків – у Європі (TCAS II v.7.1) для літаків, з кількістю пасажирів більше за 11 або з максимальною злітною масою більше ніж 5700 кг та в США (TCAS II v.6.04) із загальною кількістю пасажирів більше ніж 30 [7].

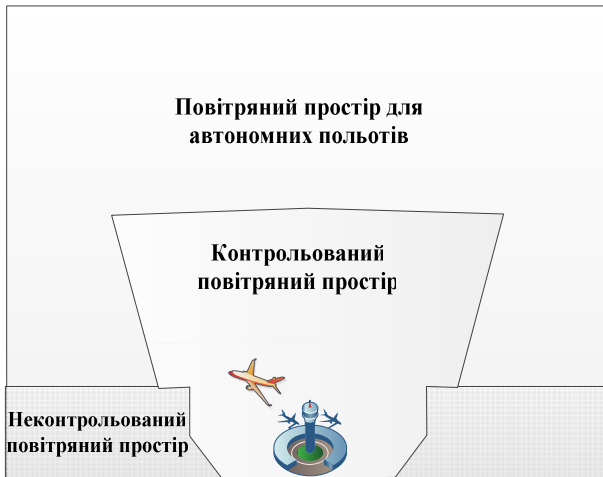


Рисунок 2 – Зображення категорій повітряного простору за концепцією A³

Система TCAS II може виявляти повітряні судна на відстанях до 40 миль, видає інформацію про повітряну обстановку і прямі рекомендації щодо усунення виниклої конфліктної ситуації. Система одночасно може відстежувати до 30 повітряних суден і для трьох одночасно видавати команди з вирішення конфліктної ситуації. Система видає дві команди:

- TA (Traffic Advisory) – попереджувальний сигнал, який означає, що конфліктуючий літак увійшов у захисну зону і треба бути готовим до видачі команди RA;
- RA (Resolution Advisory) – команди для негайних дій щодо запобігання зіткненню [6].

У той час як перевага використання TCAS є незаперечною, ця система має ряд істотних обмежень:

- TCAS може видавати вказівки тільки по вертикальному ешелонуванню;

- система УПР не отримує вказівок, виданих TCAS суднам, тому авіадиспетчери можуть не знати про такі вказівки, і навіть давати суперечливі вказівки, що є причиною вагання екіпажів;

- для ефективної роботи системи TCAS необхідно, щоб цією системою були оснащені всі літаки, так як літаки виявляють один одного по відповідачам;

- система не може виявити літаки, не обладнані RBS-відповідачами (транспондерами, що використовують режим A + C). Якщо датчики конфліктного літака з якоїсь причини не видають даних про свою висоту, то TCAS може не ідентифікувати їх на дисплеї;

- з метою виправлення конфліктної ситуації система видає команди для еволюцій тільки у вертикальній площині, маневри в горизонтальній площині поки залишаються для неї неможливими [2].

В рамках дослідженого проекту «iFly» [5] Eurocontrol здійснив спробу розробити нову бортову систему безпечного ешелонування ASAS (Airborne Separation Assurance (Assistance) System). ASAS – це бортова система, яка дозволяє екіпажу підтримувати безпечне ешелонування власного літака з одним та більше літаків і надає потрібну інформацію про повітряний рух у ПП. Однією з базових функцій ASAS є поліпшення ситуаційної поінформованості екіпажу (Situational Awareness), що полягає у наданні йому всієї необхідної інформації про повітряний рух навколо власного ПК для прийняття правильних та своєчасних рішень щодо забезпечення ешелонування з іншими літаками.

Концепцією передбачається, що відстань між літаками буде скорочена, а це, у свою чергу, потребує розробки системи запобігання потрапляння ПК у супутний слід. Алгоритми функціонування ASAS у загальному вигляді ще не стандартизовані. Це пояснюється складністю переходу до нових принципів розподілу відповідальності між диспетчером та пілотом щодо підтримки безпечного ешелонування ПК. Вищезазначене можна віднести до основних недоліків.

Розглянемо нову технологію радіомовного автоматичного залежного спостереження ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast), яке є вдосконаленим методом ADS (Automatic Dependent Surveillance). ADS-B-технологія, впроваджувана в даний час FAA на території США і в інших країнах, що дозволяє пілотам у кабіні літака і диспетчерам на наземному пункті «бачити» трафік руху повітряних суден з більшою точністю, ніж це було доступно раніше, і отримувати аеронавігаційну інформацію [1].

ADS-B також передає в реальному часі погодні інформації пілотам. Ця інформація значно розширює обізнаність пілота про ситуацію і підвищує безпеку польотів. Найкраще те, що доступ до ADS-B-інформації безкоштовний і вільний для всіх. Будь-який користувач, що знаходиться в повітрі або на землі в межах дальності радіомовної передачі, може обробляти і використовувати цю інформацію у своїх цілях. Ця інформація може бути використана не лише наземними службами УПК, але і бортовими системами попередження зіткнень ACAS (Airborne Collision Avoidance System).

Переваги ADS-B:

- низька вартість, висока точність і висока швидкість оновлення даних;
- система ADS-B складається з мережі відносно простих радіостанцій, дешевих, простих в установці і використанні в порівнянні з радарми, які потребують обслуговування механіки та обладнання обробки сигналів;
- ADS-B точніше визначає координати літака і його ідентифікатор. система ADS-B видає інформацію від літака приблизно кожну секунду, на відміну від радарної системи, де час оновлення інформації становить 12 сек, що визначається швидкістю повороту антени радара;
- ADS-B має більш високу точність визначення координат, що дозволяє ущільнити трафік і зробити його більш ефективним у районах високої завантаженості;
- також перевагою системи є повне покриття території. Обладнання ADS-B можна встановлювати в районах, де використання радарного обладнання не представляється можливим. Наприклад, таке обладнання встановлено на нафтових вишках у Мексиканській затоці, що істотно підвищує безпеку та ефективність повітряного руху над цим районом.

Недоліки ADS-B:

- відсутність будь-яких засобів захисту при передачі даних, як, наприклад, шифрування і міцний криптопідпис;
- можливість посилати в ефір підроблені дані або підмінювати інформацію у справжніх пакетах даних;
- сторона, приймаюча дані пакети, не може бути впевнена ні в дійсності пакета, ні в ідентифікації відправника.

Незважаючи на існуючі недоліки, система ADS-B спроможна вирішувати проблему забезпечення автономного польоту в частині

надання інформації про координати просторового положення ПК та інші параметри польоту.

Розглянемо наступну концепцію «Побачити та уникнути» S&A (See & Avoid). Мета даної концепції полягає в забезпеченні безпеки польотів та в покращенні візуального виявлення, перегляду та уникнення конфліктів. Ця програма допомагає льотному екіпажу уникати зіткнення ПК, коли УПР не передбачено (наприклад по правилах візуальних польотів (ППП) / правилах польотів за приладами (ПВП) у класах D і E повітряного простору, та в класі G).

Ця концепція не передбачена для великої інтенсивності ПР. Встановлено, що існує високий ризик зіткнення ПК у завантаженому повітряному просторі, коли літак не отримує попередження про наявність інших повітряних суден і покладається виключно на концепцію S&A. Покладатися виключно на принципи концепції S&A, щоб уникнути зіткнень між ПК, не варто. Дана концепція не може, сама по собі, забезпечити нашу безпеку. Якби вона могла, не було б ніякої необхідності в TCAS.

Шляхи забезпечення автономних польотів ПК в єдиному аеронавігаційному просторі ґрунтуються на таких етапах:

1. Розроблення технологій для забезпечення і контролю заданого рівня безпеки польотів.
2. Удосконалення структури повітряного простору.
3. Розроблення нового бортового та наземного обладнання.

Висновки. Таким чином, за результатом аналізу існуючих концепцій розвитку системи управління повітряним рухом можна зробити такі висновки:

1. Концепції покликані одночасно підвищувати ефективність виконання польотів згідно з потребами авіакомпаній та спрямовані на надання можливості літакам виконувати польоти в межах спеціально виділеного повітряного простору за довільними маршрутами. Концепції Free Flight, A³ та S&A – проекти, які потенційно здатні привести до революційних змін у світовій системі організації та управління повітряним рухом. Однак задоволення потреб авіакомпаній через надання їм певної свободи у плануванні траєкторії руху ПК несе в собі також і труднощі при забезпеченні безпеки польотів та підвищує складності розв'язання конфліктних ситуацій між літаками.

2. Необхідно розробити універсальний системний метод, який забезпечить автономність кожного ПК шляхом синтезу і видачі пілота ефективних безконфліктних траєкторій руху ПК в умовах наявності множинних конфліктів з іншими ПК.

Бібліографічні посилання

1. "FAA Announces Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Architecture" (Press release). // FAA Office of Public Affairs. July 1 - 2002. APA 27-02. Retrieved 2011-02-21.
2. **Doc.** ICAO 9863-AN/468. Руководство по бортовой системе предупреждения столкновений (БСПС) – 1-е изд. – Монреаль, ICAO, 2006. – 245 с.
3. **Eurocontrol.** CARE/ASAS Action Plan 1. Principles of Operation for the Use of Airborne Separation Assurance Systems. Ver.7.1. – 2001. – 52 p.
4. **Hoekstra J.M.** Conceptual design of Free Flight with airborne separation assurance / Hoekstra J.M., R.N.H.W. van Gent, R.C.J. Ruigrok // AIAA "Guidance, Navigation and Control Conference". – Boston. – 7–13 August 1998. – P. 35–42
5. **iFly: ASAS Self Separation – Airborne Perspective** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.asas-tn.org/towards-asas-gn/session-3/3_ifly_2.pptx
6. **iFly: Deliverable D1.3 Autonomous Aircraft Advanced (A³) ConOps** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ifly.nlr.nl/documents/D1.3_Final_3.0_29_Jan_2010.pdf
7. **Kuchar J. K.** Prototype conflict alerting logic for free flight / J. K. Kuchar, L. C. Yang // Proc. 35th AIAA Airspace Science Meeting & Exhibit. – 1997. – Vol. 20. – 4. – P. 768–773.
8. **Система TCAS.** Предупреждение столкновений самолетов в воздухе [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://avia-simply.ru/sistema-tcas/>
9. **Харченко В.П.** Класифікація конфліктних ситуацій між літальними апаратами та вибір зон безпеки / Харченко В.П., Кукуш О.Г., Бабак Є.А., Загора С.А. // Вісн. НАУ. – 2002. – № 3.– С. 79–88.
10. **Чепиженко В.И.** Энергетико-потенциальный метод гарантированного разрешения поликонфликтов столкновения динамических объектов / В.И. Чепиженко // Кибернетика и вычислительная техника. – 2012. – № 168. – С. 54–61.
11. **Чепіженко В.І.** Энергетико–потенціальне управління повітряним рухом в середовищі CNS/ATM / В.В. Павлов, В.П. Харченко, В.І. Чепіженко // Вісник НАУ. – 2011. – № 4. – С. 10–19.

Надійшла до редколегії 14.05.15