

УДК 621.396.

С.П. Лещенко¹, О.М. Колесник¹, С.А. Грицаєнко², С.І. Бурковський¹

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

² Командування Повітряних Сил, Одеса

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ADS-B В ІНТЕРЕСАХ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Проведено огляд інформаційних можливостей системи ADS-B. Визначені технічні засоби прийому сигналів ADS-B. Визначені методи об'єднання інформації від радіолокаційних засобів та приймачів ADS-B. Наведено результати експериментальних досліджень та визначені особливості та обмеження на використання інформації ADS-B.

Ключові слова: ADS-B, радіолокаційна розвідка повітряного простору, управління повітряним рухом.

Вступ

Постановка проблеми. Завдання по веденню розвідки повітряного простору в інтересах Повітряних Сил, Збройних Сил України, керівництва держави покладено на радіотехнічні війська Повітряних Сил. Для виконання поставлених завдань радіотехнічні війська повинні використовувати усі доступні засоби. В якості основних засобів використовуються радіолокаційні станції різних діапазонів хвиль [1]. Також організована взаємодія та отримання інформації від цивільних радіолокаційних засобів підприємства «Украерорух». Додаткова інформація про виявлені повітряні цілі поступає від розгорнутої мережі постів візуального спостереження.

В останні десятиріччя в управлінні повітряним рухом (УПР) стало широко застосовуватися автоматичне залежне спостереження – радіомовне (ADS-B). Сутність ADS-B полягає в тому, що повітряні судна (ПС) що обладнані відповідними транспондерами, самостійно періодично випромінюють радіоповідомлення які вміщують поточні параметри польоту. Для прийому даних ADS-B від ПС використовуються досить дешеві та малогабаритні радіоприймачі. Застосування таких приймачів в підрозділах радіотехнічних військ дозволяє значно підвищити якість розвідки повітряного простору. Зокрема з'являється можливість підвищення точності визначення координат, та отримання додаткової інформації про ПС (тип ПС, його позивний тощо). На жаль, в радіотехнічних військах до теперішнього часу не приділялася увага к використанню даних ADS-B.

В статті розглядаються інформаційні можливості системи ADS-B, варіанти технічних засобів прийому даних ADS-B, приводяться результати експериментів по прийому та обробці даних ADS-B отриманих авторами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час існує значний обсяг літератури з технічним описом режиму «S» системи вторинної локації RBS

та системи ADS-B. Найбільш точний опис наводиться в офіційних документах міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) [4,5]. В той же час дослідження стосовно використання цих систем в інтересах радіотехнічних військ практично не проводилися.

Основна частина

Загальний огляд інформаційних можливостей системи ADS-B. Фактично ADS-B є елементом режиму «S» системи вторинної оглядової радіолокації для управління повітряним рухом RBS (Radar Beacon System) [2].

Автоматичне залежне спостереження – радіомовне (ADS-B) – це технологія коопераційного спостереження, в якій ПС визначає своє місцеположення через супутникову систему навігації та поширює його бортовим відповідачем. Цю інформацію можуть отримувати як наземні станції підрозділів УПР, так і інші повітряні судна, що дає змогу екіпажам бути більш ситуативно обізнаними.

ADS-B – "автоматичне" – тому, що діє без втручання екіпажу. "Залежне" – тому, що залежить від даних навігаційних систем повітряного судна.

Технологія ADS-B, яка складається з двох різних сервісів, "ADS-B Out" та "ADS-B In", цілком може замінити радіолокатор, як основний засіб спостереження за повітряним рухом.

"ADS-B Out" через бортовий передавач поширює інформацію про точне місцеположення, висоту та швидкість ПС, а також інші дані з бортових систем ПС.

"ADS-B In" приймає інформацію з каналів FIS-B (Польотно-інформаційного сервісу) та TIS-B (Інформацію про інший рух), а також інші дані ADS-B, такі як пряме спілкування з ПС, які перебувають поблизу.

В ADS-B передається великий обсяг даних, але для вирішення завдання розвідки повітряного простору представляють інтерес наступні:

- координати ПС в системі координат WGS-84 (передаються 2 рази за секунду);
- значення висоти ПС, швидкості та курсу;
- значення вертикальної швидкості;
- код режиму «А» системи RBS (так званий SQUAWK);
- адреса ICAO ПС (передається в кожному повідомленні);
- позивний (Callsign) ПС.

Перелічені дані випромінюються з різною дискретністю від 0.5 секунди до 10 секунд.

Координати ПС в системі WGS-84 визначаються бортовими GPS навігаторами, тобто мають суттєво вищу точність, ніж дані з радіолокаційних засобів. Дискретність передачі координатних даних (2 рази в секунду) також суттєво менше дискретності даних від радіолокаційних засобів. Значення швидкості та курсу в більшості випадків також беруться з бортових GPS навігаторів, але можуть братись з іншого бортового обладнання. В більшості випадків значення висоти береться з барометричного висотоміру ПС.

Адреса ICAO повітряного судна – це 6-тирозрядний 16-річний код, що надається ПС на весь час його існування для використання його в режимі «S» системи управління повітряним рухом RBS. Тобто, за цими кодами може бути утворена база даних, по якій може бути виявлено конкретне повітряне судно. Наприклад, єдиний у світі літак Ан-225 «Мрія» має адресу ICAO 508035 та є власністю КБ Антонова. Реєстраційний номер літака UR-82060. Тобто за допомогою такої бази даних може бути встановлене:

- тип повітряного судна;
- номер реєстрації (наноситься на фюзеляж та крила літака) та країну реєстрації;
- власника повітряного судна.

Позивний ПС складається з літер та цифр довжиною до 8 символів. Для нерейсових літаків нема загальних правил встановлення позивного. Досить часто у якості позивного такі літаки використовують реєстраційний номер ПС. Для рейсових літаків позивний однозначно визначає рейс, за яким здійснюється політ. Для багатьох, але не всіх, авіакомпаній номер рейсу (номер, що вказаний на квитку пасажирів та в розкладі рейсів аеропортів) може бути встановлений з позивного. Наприклад, всі позивні літаків авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» починаються з літер «AUI», за котрими розташовано набір цифр. Всі ж номери рейсів цієї авіакомпанії починаються з літер «PS», за котрими розташовано той самий набір цифр, що і в позивному. Таким чином, позивному AUI271 відповідає рейс PS271 сполученням Київ (КВР) – Бангкок (ВКК). Для авіакомпанії «Саратовські авіалінії» взагалі позивний співпадає з номером рейсу. Наприклад, позивному

6W5928 відповідає рейс 6W5928 сполученням Сімферополь (SIP) – Ліпецьк (LPK). А для авіакомпанії «Турецькі авіалінії» вказане правило не діє. Наприклад позивному THY9DM відповідає рейс TK455 сполученням Одеса (ODS) – Стамбул (IST). Хоча всі позивні ПС цієї авіакомпанії починаються з літер «THY», а всі номери рейсів з літер «TK».

Для визначення маршруту польоту рейсових літаків можна створити базу даних, в якій кожному позивному будуть відповідати номер та маршрут рейсу. Але не всі рейси можна занести до цієї бази даних. По перше, практика показала, що іноді одному позивному і номеру рейсу відповідають перельоти не між двома аеропортами, а між трьома і навидь більше. Для таких рейсів неможливо по позивному встановити поточну ділянку польоту. По друге, в теперішній час дуже велику поширеність становлять чартерні рейси, що не є регулярними. Для таких рейсів позивний може використовуватися повторно при польоті по іншому маршруту. Базу даних є сенс створювати тільки для рейсів, що не змінюються досить довгий час, але і в цьому випадку дані з бази даних можуть носити тільки довідковий характер.

Дані системи ADS-B передаються на частоті 1090 МГц в так званому розширеному сквіттері DF=17.

Слід зазначити, що не всі, навіть сучасні ПС, обладнані транспондерами ADS-B. Наприклад, більшість літаків «Embraer» не обладнані такими транспондерами. Також не обладнані літаки «McDonnell Douglas MD-83», що використовуються однією з українських авіакомпаній. Більшість літаків, що виготовлені за радянських часів, не мають такого обладнання. Але зараз практично всі ПС мають спроможність роботи в режимі «S» системи вторинної локації RBS. В режимі вторинної локації ПС відповідають на сигнали запитів трасових локацій УПР. Відповідь здійснюється на тій же частоті, що і ADS-B, а саме 1090 МГц. Відповідно приймач ADS-B здатен приймати і сигнали відповідей ПС на запити трасових локацій. А так як ПС практично завжди здійснюють політ в полі трасових локацій, то практично завжди присутні сигнали відповідей. Аналізуючи ці сигнали, можна отримати ті ж самі дані, що від ADS-B, за винятком поточних координат. Інформація про адресу ICAO присутня у сквіттері DF=11, інформація про висоту у сквіттерах DF=4 та DF = 20, інформація про SQUAWK у DF=5 та DF = 21. Інформація про позивний у DF=20 та DF=21. Для визначення координат ПС яке не передає своїх координат можна використовувати технологію MLAT (Multilateration). По суті це відомий різницево-далекомірний багатопозиційний спосіб виявлення координат. Для його використання потрібно обробляти сигнали щонайменше від трьох приймачів, маючих просторовий рознос та точну син-

хронізацію часу. Точна прив'язка часу (до 50 нс) може здійснюватися за допомогою GPS приймачів. Технологію MLAT використовує широко відомий Інтернет ресурс «FlightRadar» [6], де здійснюється обробка сигналів від тисяч ADS-B приймачів.

В умовах радіотехнічних військ задача дещо може бути спрощена. При організації взаємодії з органами УПР та отримання від них радіолокаційної інформації від вторинних локаторів, що працюють в режимах «А» та «С» RBS присутня інформація про поточні координати ПС, їх висоту та код SQUAWK. Згідно з правилами виконання польотів в зоні дії трасового локатора коду SQUAWK не повинні повторюватися (за виключенням спеціальних 2000, 7000, 7500, 7600, 7700) [2]. Таким чином, по коду SQUAWK можна ототожнити дані про координати ПС від вторинного локатора та дані режиму «S» RBS від приймача ADS-B.

Технічні засоби прийому сигналів ADS-B. Для прийому даних від повітряних суден в системі ADS-B потрібно використовувати відповідні радіоприймальні пристрої. Попередній аналіз показує, що в Україні такі приймачі не виготовляються. Виробництво приймачів має місце в країнах ЄС, Росії та Китаю. Всі радіоприймачі системи ADS-B умовно можна розділити на три категорії:

- професійні радіоприймачі системи ADS-B призначені для використання органами УПР;
- спеціалізовані радіоприймачі системи ADS-B, призначені для використання як органами УПР так і приватними користувачами;
- сканери частотного радіодіапазону призначені для використання приватними користувачами.

Професійні радіоприймачі системи ADS-B комплектуються штатними зовнішніми антенними пристроями і здійснюють повну обробку прийнятих сигналів системи ADS-B. Видача інформації користувачам здійснюється в протоколі ASTERIX, категорія 21 [3]. Вартість такого приймача складає декілька тисяч доларів США. Приклад такого приймача виготовлення фірми ELDIS (Чеська республіка) наведено на рис. 1.



Рис. 1. Приймач ADS-B ELDIS

На рис. 2 показано приймач Radarcape вартістю 800 євро.



Рис. 2. Приймач ADS-B Radarcape

Спеціалізовані радіоприймачі системи ADS-B комплектуються зовнішньою антеною, виконуються в герметичному корпусі, що дозволяє їх розміщувати на вулиці, та піднімати на щогли. Приймач виконує мінімальну обробку прийнятих сигналів. Вихідні дані видаються в коді AVR, та передаються за допомогою інтерфейсу Ethernet. Розміщення приймача біля антени виключає втрати сигналу в антенному кабелі. Допустима довжина кабелю до приймача складає 100 м, що дозволяє винести приймач на щоглу. Вартість такого приймача біля \$200. Зовнішній вигляд одного з таких приймачів, виготовленого в Болгарії наведено на рис. 3.



Рис. 3. Приймач ADS-B BULLION

Сканери частотного радіодіапазону призначені для використання приватними користувачами, більшість з яких виготовляється у Китаї і представляють собою компактні USB-пристрої. Такі прилади ще називаються SDR приймачами (Software defined radio – програмно визначаєма радіосистема). Вигляд такого пристрою наведено на рис. 4.



Рис. 4. SDR приймач ADS-B

Сканери працюють в діапазоні від 25 МГц до 3 ГГц, що накриває частоту роботи системи ADS-B,

та дозволяє використовувати ці пристрої для прийому сигналів ADS-B. Вартість такого пристрою складає всього біля \$10. Для підключення сканеру до комп'ютеру через USB порт потрібно встановлення відповідного драйверу. Сканер не здійснює обробки сигналів системи ADS-B, тому для прийому даних системи потрібно використання сторонніх програмних продуктів типу «rtl1090». Програма «rtl1090» автоматично здійснює налаштування приймача на частоту 1090 МГц та здійснює первинну обробку сигналів. Вихідні дані видаються в коді AVR, та передаються за допомогою інтерфейсу Ethernet. Вказаний програмний продукт можна знайти у вільному доступі мережі Internet. При використанні SDR приймача бажано самостійно виготовити приймальну антену, так як штатна ширококутова антена має коефіцієнт підсилення не більш 5 дБ. Крім того, такі приймачі не можуть бути встановлені біля антени, яку бажано встановлювати на щоглу на вулиці. Використання же довгих антенних кабелів приводить до значної втрати корисного сигналу. Тому, крім виготовлення антени, бажано додатково встановлювати антенний підсилювач.

Результати експериментальних досліджень.

Для виконання експериментальних досліджень авторами було розроблено власне програмне забезпечення, що здатне обробляти дані від ADS-B приймачів, які видають дані в протоколі ASTERIX (категорія 21), та в кодах AVR. Програмне забезпечення здійснює прийом даних, їх декодування, відображення на картографічному фоні поточного положення ПК та їх характеристик. Професійні приймачі даних ADS-B здійснюють повну обробку сигналів. Кожне ASTERIX повідомлення вміщує всі параметри ПК, тому їх обробка не викликає утруднень. Приймачі, що видають дані в коді AVR, практично не здійснюють ніякої обробки. По суті код AVR – це прийнятий радіосигнал представлений двійковими числами. Кожне AVR повідомлення вміщує значення тільки одного з параметрів ПК, а для декодування координат ПК потрібен прийом навидь двох різних повідомлень (так званих парних і непарних рядків). Кожне AVR повідомлення вміщує контрольну суму довжиною 24 біта. Експеримент показав, що приблизно 10–15% AVR мають спотворену контрольну суму. Тому в програмне забезпечення було введено функцію виправлення одно та двократних спотворень. В результаті кількість спотворених AVR повідомлень вдалось знизити до 0,7–1%.

Експерименти виконувалися з трьома приймачами різних типів. Професійний приймач, що видає дані в протоколі ASTERIX був розташований біля м. Скадовськ. Приклад прийнятих даних від цього приймача наведено на рис. 5.

В районі м. Одеса проходив випробування приймач BULLION (рис. 2). Антена приймача роз-

ташовувалася на даху двоповерхової будівлі. Приклад прийнятих від цього приймача даних ADS-B наведено на рис. 6.

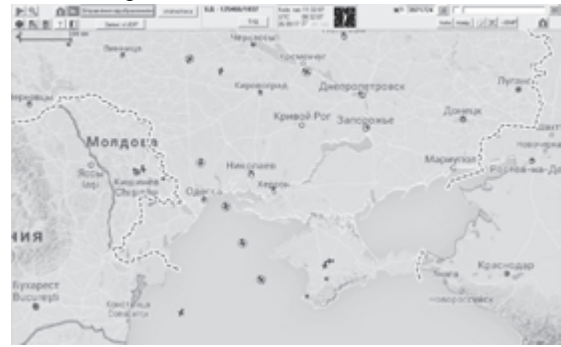


Рис. 5. Прийом даних ADS-B від професійного приймача в протоколі ASTERIX

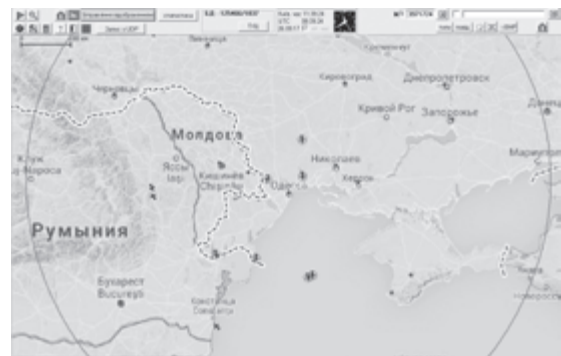


Рис. 6. Прийом даних ADS-B від приймача BULLION

В районі м. Харків проходив випробування SDR приймач. Для цього приймача була виготовлена колінеарна антена з коефіцієнтом підсилення біля 15 дБ. Довжина антенного кабелю складала біля 15 метрів. Антена була піднята на висоту біля 5 метрів (рис. 7).



Рис. 7. Колінеарна антена для SDR приймача

Приклад прийнятих даних ADS-B від SDR приймача наведено на рис. 8.

Виконані експерименти показали, що суттєвої різниці в дальності прийому сигналів ADS-B нема при використанні приймачів різних типів незважаючи на різницю в ціні більш ніж у 100 разів. Більш важливим для дальності дії є значення кутів закриття, тобто якість позиції.



Рис. 8. Прийом даних ADS-B від SDR приймача

Під час проведення експериментів було започатковано створення бази даних адрес ICAO повітряних суден. Для кожної адреси у відповідність заносилася інформація про тип ПС, його реєстраційний номер та власника ПС. Для створення бази даних використовувалися відкриті Internet ресурси. На теперішній час в базі даних присутні більш 125 тисяч записів. Для використання даних ADS-B роботу по наповненню такої бази даних потрібно проводити постійно, тому що кожен місяць авіапромисловість випускає сотні нових ПС, які знаходять своїх власників. Також у світі досить розвинений ринок продажу так би мовити «вживаних» літаків. При перепродажі ПС іноді йому змінюють адресу ICAO і такий літак виглядає як новий. Іноді адресу літака не змінюють. Тоді в базі даних потрібно редагувати власника ПС.

Створене програмне забезпечення при своїй роботі виявляє адреси ПС, які не присутні в базі даних і записує ці адреси в окремий файл. За декілька місяців проведення експериментів таким чином база даних була поповнена на більш ніж 500 ПС.

Експериментальні дослідження показали, що майже 99% ПС, які присутні в повітряному просторі, це або цивільні комерційні ПС, або ПС, що знаходяться у приватній власності. Більша їх частина обладнана транспондерами ADS-B і практично всі вони працюють в режимі «S» системи RBS. Тобто по більшості таких ПС за допомогою ADS-B приймачів можна встановити не тільки їх параметри, але і поточне положення, і практично по всім таким ПС можна встановити їх факт присутності в повітряному просторі. Бойова авіація країн СНГ не обладнана не тільки транспондерами ADS-B, а й транспондерами системи RBS. Тобто для приймачів ADS-B ці ПС як би не існують. Інша мова про не бойову військову авіацію, в першу чергу транспортну. Практично всі транспортні літаки, що виконують польоти за межі своїх країн, працюють в режимі «S» системи RBS, а деякі з них обладнані транспондерами ADS-B. В країнах Заходу практично вся військова авіація, включаючи бойову, працює в режимі «S» системи RBS. Тобто їх присутність в повітряному просторі може бути виявлена за допомогою прийма-

чів ADS-B, а з використанням даних трасових локаторів або технології MLAT може бути виявлено їх поточне положення.

Порівняння даних, що отримувалися від приймачів ADS-B з даними розповсюдженого Internet ресурсу, призначеного для спостереження за польотами авіації «flightradar» [6] показало, що на вказаному ресурсі відображались не всі ПС, а по багатьом не вказувалися їх характеристики. Вочевидь це відбувалося за домовленістю власників ПС та власників вказаного Internet ресурсу.

Методи об'єднання інформації від радіолокаційних засобів та приймачів ADS-B. При використанні даних ADS-B в радіотехнічних підрозділах, вони, на відміну від підрозділів УПР, носять додатковий характер. Підтверджувати присутність ПС, що виявлене за даними ADS-B, потрібно тільки у випадку його виявлення якимось радіолокаційним засобом. Ототожнення виконується при попаданні відмітки ПС від ADS-B та РЛС в один багатомірний строб. Вимірами стробу є різниці по простору, швидкості, курсу та висоті (останнє тільки для трикоординатних РЛС). При отриманні радіолокаційних даних від трасової РЛС обов'язковим є співпадання коду SQUAWK. При виконанні умов ототожнення, дані від ADS-B (тип ПС, реєстраційний номер, власник ПС, позивний ПС, в деяких випадках номер рейсу та аеропорти вильоту та прильоту) автоматично (автоматизовано) прив'язуються до цілі, яка супроводжується РЛС. При супроводженні такої цілі координатні параметри доцільно брати від ADS-B (положення цілі, значення висоти, швидкості та курсу) які значно точніше за значення цих параметрів від РЛС. У випадку виходу цілі з зони дії приймача ADS-B, здійснюється автоматичний перехід на супроводження за даними РЛС зі збереженням некоординатних даних ADS-B.

Особливості та обмеження на використання інформації ADS-B. Наявність даних ADS-B дозволяє отримувати додаткову інформацію про повітряні цілі та підвищити точність їх супроводу. Значною перевагою є те, що ці дані можна отримувати для ПС, що не входять у повітряний простір України і відповідно про які нема відомостей у органах УПР України. Тобто з'являється можливість отримувати дані про ПС, що здійснюють польоти вздовж кордону України не перетинаючи його.

Вочевидь, що найбільш «цікаві» для радіотехнічних військ цілі не будуть працювати в ADS-B. Але при наявності такої інформації від інших ПС (які складають 99% користувачів повітряного простору) виділення таких «цікавих» цілей на фоні інших значно спрощується.

Дані ADS-B можна використовувати в якості еталонних вимірів при проведенні іспитів радіолокаційних засобів зокрема при оцінці точності виміру координат, а також для перевірки та корегування

їх юстировки. Останнє особливо актуальне для мобільних радіолокаційних засобів, що часто змінюють свою позицію.

Отримання даних ADS-B безпосередньо на земних ракетних комплексах, особливо при їх автономній роботі, дозволяє суттєво підвищити безпеку виконання бойових стрільб.

Але к даним, що надходять від приймачів ADS-B, треба відноситися з певною мірою довіри тому, що технічно противник може свідомо спотворити ці дані. Хоча спотворення цих даних і заборонено, але при організації провокаційних дій противник може свідомо йти на такі порушення. Наприклад, можна виготовити радіопередавальний пристрій, що буде випромінювати сигнали від реально не існуючих цілей. Наявність таких «віртуальних» цілей можна виявити шляхом порівняння даних ADS-B з даними, що отримуються від радіолокаційних засобів. Ще більш ефективним є застосування технології MLAT, яка дозволяє визначити координати розташування такого передавача. Що одним способом спотворення може бути підміна координат в повідомленнях ADS-B. Більш того, такі спотворення можуть надходити від законслухняних користувачів повітряного простору. Наприклад, якщо супутниковій навігаційній системі літака поставити відповідні завади. Виявлення таких спотворень здійснюється також порівнянням з радіолокаційними даними або застосування технології MLAT. Найбільш неприємним може бути підміна в повідомленнях адреси ICAO повітряного судна. Тобто, наприклад літак-розвідник «мімікріє» під реально існуючий пасажирський літак Boeing-737, данні про який присутні в базі даних. Виявити таку підміну шляхом порівняння з радіолокаційними даними або використання технології MLAT неможливо. Рішення задачі по виявленню такої ситуації можна здійснити декількома шляхами. По перше, від органів УПР потрібно постійно отримувати дані

по запланованим перельотам і перевіряти цю інформацію з поточними даними про повітряну обстановку. На жаль, органи УПР можуть надати інформацію тільки про ПС які здійснюють або планують здійснювати політ тільки у межах повітряного простору України. По друге, можливо ПС під якого здійснюється «мімікрія» само в даний час виконує політ. Тоді, в різних точках повітряного простору будуть спостерігатися два, або і більше ПС з однаковим номером ICAO. Наявність такої ситуації свідчить про факт підміни. По третє. Законслухняне ПС використовує ADS-B на протязі всього польоту. Повітряне судно – порушник буде використовувати підміну тільки на деяких ділянках польоту. Таким чином законслухняне ПС що здійснює переліт буде виявлятися на максимальній дальності виявлення приймача для висоти польоту ПС. Відповідно, якщо в системі ADS-B виявляється ПС всередині зони дії приймача на великій висоті польоту (тобто ПС не здійснює зліт з аеродрому), то це не в пряму може свідчити про можливе спотворення даних ADS-B.

Висновки

В статті розглянуті можливості отримання даних ADS-B в радіотехнічних підрозділах. Розглянуті технічні засоби отримання такої інформації. Приведені результати експериментів по отриманню таких даних. Наведено інформаційні можливості ADS-B. Показано, що за рахунок цих даних можна отримати додаткову інформацію стосовно типів ПС, що супроводжуються, їх позивні та рейси (для рейсових літаків). Суттєво підвищити точність супроводження ПС. Вирішувати задачу юстировки РЛС, а також оцінювати точність виміру координат радіолокаційними засобами під час їх іспитів. Також наведені деякі обмеження на використання цих даних радіотехнічними військами.

Список літератури

1. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник і др. – Київ: «Харків», 2003. – 368 с.
2. Системы вторичной радиолокации для управления воздушным движением и государственного опознавания. Справочник / А.С. Малярченко. – Харьков: ХУВС, 2007. – 78 с.
3. Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX Part 12 Category 21 ADS-B Target Reports, EUROCONTROL, 2015.
4. Авиационная электросвязь. Т IV. Системы обзорной радиолокации и предупреждения столкновений. – Международная организация гражданской авиации, 2007. – 304 с.
5. Технические положения, касающиеся услуг режима S и расширенного сквиттера. – Международная организация гражданской авиации, 2012. – 352 с.
6. Flightradar24. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.flightradar24.com.

References

1. Toropchin, A.Ya., Romanenko, I.O. and Danik, Yu.G. (2003), “Dovidnyk z protypovitrianoi oborony” [Air Defense Reference Book], Kharkiv, Kyiv, 368 p.
2. Malyarenko, A.S. (2007), “Systemi vtrychnoi radyolokatsyy dlia upravleniya vozdushnim dvyzhenyem y hosudarstvennoho opoznnavaniya” [Secondary Radar Systems for Air Traffic Control and State Recognition], HUVS, Kharkiv, 78 p.
3. (2015), Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX Part 12 Category 21 ADS-B Target Reports, EUROCONTROL.

4. (2007), "Avyatsyonnaia elektrosviaz. T IV. Systemi obzornoj radyolokatsyy u preduprezhdeniya stolknoveniy" [Aviation telecommunication. T IV. Surveillance radar and collision avoidance systems], Mezhdunarodnaia orhanyzatsiya hrazhdanskoi avyatsyy, 304 p.

5. (2012), "Tekhnicheskyye polozeniya, kasaiushchiesia usluh rezhyma S y rasshyrennoho skvyttera" [Technical provisions for Mode S and Extended Squitter services], Mezhdunarodnaia orhanyzatsiya hrazhdanskoi avyatsyy, 352 p.

6. Flightradar24, www.flightradar24.com.

Надійшла до редколегії 15.05.2017

Схвалена до друку 3.08.2017

Відомості про авторів:

Лещенко Сергій Петрович

доктор технічних наук професор
провідний науковий співробітник Харківського
національного університету Повітряних Сил
ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
orcid.org/0000-0002-3006-2822
e-mail: trisel5959@gmail.com

Колесник Олександр Миколайович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
начальник кафедри Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
orcid.org/0000-0002-8213-017X
e-mail: kolesnik.aleksandr@gmail.com

Грицаєнко Сергій Анатольович

в/ч А-1620
Одеса, Україна
orcid.org/0000-0001-5661-8369
e-mail: grsa_2008@ukr.net

Бурковський Сергій Іванович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник наукового центру
Повітряних Сил Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба
Харків, Україна
orcid.org/0000-0003-0703-1726
e-mail: serg.burkovskiy@gmail.com

Information about the authors:

Leshchenko Sergiy

Doctor of Technical Sciences Professor
Lead Researcher of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
orcid.org/0000-0002-3006-2822
e-mail: trisel5959@gmail.com

Kolesnik Oleksandr

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Head of Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
orcid.org/0000-0002-8213-017X
e-mail: kolesnik.aleksandr@gmail.com

Gricaenko Sergiy

military unit A-1620,
Odessa, Ukraine
orcid.org/0000-0001-5661-8369
e-mail: grsa_2008@ukr.net

Burkovsky Sergiy

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Lead Researcher of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
orcid.org/0000-0003-0703-1726
e-mail: serg.burkovskiy@gmail.com

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ADS-B В ИНТЕРЕСАХ ПОВЫШЕНИЯ
КАЧЕСТВА ВЕДЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА**

С.П. Лещенко, А.М. Колесник, С.А. Грицаєнко, С.И. Бурковський

Выполнен обзор информационных возможностей системы ADS-B. Определены технические средства приема сигналов ADS-B. Определены методы объединения информации от радиолокационных средств и приемников ADS-B. Приведены результаты экспериментальных исследований и определены особенности и ограничения на использование информации ADS-B.

Ключевые слова: ADS-B, радиолокационная разведка воздушного пространства, управление воздушным движением.

**USE OF THE ADS-B INFORMATION IN ORDER TO IMPROVE
QUALITY OF THE AIR SPACE RADAR RECONNAISSANCE**

S. Leshchenko, O. Kolesnik, S. Gricaenko, S. Burkovsky

Information capabilities of the ADS-B system have been reviewed. It is shown that if the ADS-B system data are used, one can significantly improve measurement accuracy of aircraft coordinates as well as obtain additional information: vertical velocity, aircraft address as assigned by ICAO and its call sign. Knowing the ICAO address of aircraft, one can figure out its type, tail number, and owner. If the call sign of airliner is known, one can sometimes figure out its flight number and flight route. The hardware necessary to receive ADS-B signals have been found. Results are presented of experimental study aimed at receiving the ADS-B system signals using various type receivers. It is shown that area of possible reception and nomenclature of obtained information do not practically depend on the receiver type and cost. The methods for fusing information obtained using radars operated by the radar troops and by air traffic control bodies and the information obtained using ADS-B receivers. Peculiarities of the ADS-B information use have been determined with regard to radar radar troops. Limitations concerning the use of the ADS-B system information have been figured out that are related to possible intrusion into its operation. Some methods to detect such intrusion and prevent it have been also presented.

Keywords: ADS-B, radar reconnaissance of air space, air traffic control.