

Міністерство освіти і науки України
Льотна академія Національного авіаційного університету

**Матеріали
41 Всеукраїнської
науково-практичної конференції
молодих учених, курсантів
та студентів**

*«Авіація та космонавтика:
напрями інноваційного розвитку», яка присвячена
Всесвітньому Дню авіації і космонавтики*

Матеріали 41 Міжнародної науково-практичної конференції «Авіація та космонавтика: напрями інноваційного розвитку», яка присвячена Всесвітньому Дню авіації і космонавтики, 2021 року, Кропивницький. – Вид-во ЛА НАУ, 2021, – 792 с.

Склад організаційного комітету:

Голова:

Сорока М. – заступник начальника академії з навчальної, науково-методичної та виховної роботи, к.т.н.

Заступник голови:

Сидоров М. – помічник начальника академії з загальних питань та інноваційного розвитку, к.пед.н., с.н.с.;

Суркова К. – доцент кафедри інформаційних технологій, к.пед.н., доцент.

Відповідальний секретар:

Козловська О. – фахівець навчального відділу.

Члени оргкомітету:

Баранов Г. – професор кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету (м.Київ), д.т.н., професор;

Бондарчук С. – доцент кафедри пошуку, рятування, авіаційної безпеки та спеціальної підготовки, к.б.н., доцент;

Жукова А. – проректор з наукової роботи Закладу освіти «Білоруська державна академія авіації», (м. Мінськ), к.т.н.;

Ковальова О. – помічник начальника академії з громадських зв'язків, к.пед.н.;

Михайліченко І. – начальник відділу з організаційно-стройової, виховної та психологічної роботи;

Невиніцин А. – заступник декана факультету льотної експлуатації та обслуговування повітряного руху, к.т.н., доцент;

Неділько В. – директор НВІ аеронавігації, к.т.н., доцент;

Нестеренко К. – декан факультету кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії Національного авіаційного університету, д.т.н., професор;

Павленко М. – начальник кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, д.т.н., професор;

Письменна М. – декан факультету менеджменту, д.е.н., професор;

Смірнов О. – завідувач кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення Центральноукраїнського національного технічного університету, д.т.н., професор;

Тимочко О. – професор кафедри повітряної навігації та бойового управління авіацією Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, д.т.н.

За достовірність та науковий зміст викладеного матеріалу відповідають автори.

<i>Чобану Є.</i>	
АЛКОГОЛЬ ТА ЛЬОТНА ДІЯЛЬНІСТЬ	47
<i>Килинчарслан К.</i>	
АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЛЕТНЫХ ЭКИПАЖЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕСРАБОТАННОСТИ.....	49

СЕКЦІЯ 2. НОВІТНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ ТА ЛЬОТНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН (NEXT GENERATION)..... 51

<i>Антонченко Л., Лукашенко Н.</i>	
АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОЛЁТА К-10.....	51
<i>Жулев Д.</i>	
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АВИАСТРОЕНИИ.....	52
<i>Калашиник-Рибалко М.А., Слюсаренко О.</i>	
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ІНТЕГРОВАНИХ ІНЕРЦІАЛЬНО-СУПУТНИКОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	54
<i>Калашиник-Рибалко М.А., Семешко С.</i>	
АНАЛИЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ НАВІГАЦІЙНО-ЧАСОВИХ ВИЗНАЧЕНЬ В ПІДСИСТЕМІ ЛОКАЛЬНОЇ НАВІГАЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	56
<i>Калашиник-Рибалко М.А., Стоун М.</i>	
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІСНУЮЧИХ ДИНАМІЧНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ЕКІПАЖУ	59
<i>Келлер І.</i>	
ОЦІНКА ПОДІБНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА СКЛАДНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА КЕРІВНИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВИХІДНОГО КОНТРОЛЮ, ЯК ТИПУ УПРАВЛІННЯ.....	60
<i>Митюшина О.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	61
<i>Верещакін Д.</i>	
ЗАПРАВКА ПС ТА РОЗРАХУНОК ПАЛИВА НА ПОЛЬОТ	63
<i>Сикорский Д.</i>	
РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ.....	65
<i>Соколов Р.</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	67
<i>Фрольцов Н.</i>	
ТЕПЛОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВЕРХЗВУКОВОЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ПРИ ВХОДЕ В ПЛОТНЫЕ СЛОИ АТМОСФЕРЫ.....	68

СЕКЦІЯ 3. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АЕРОНАВІГАЦІЇ ТА АЕРОНАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ..... 71

<i>Коренний А.</i>	
АНАЛИЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ РВН В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРИ	71
<i>Кылынчарслан К.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ЗАВИСИМОМ НАБЛЮДЕНИИ.....	73
<i>Прокопенко Я., Томаровиценок М.</i>	
АВТОНОМНА АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ПОСАДКИ «С2 LAND»	75
<i>Чорнуха Т., Скоробагатько А.</i>	
ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛАТФОРМЕННОЇ ІНЕРЦІЙНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕК-С2 ДЛЯ НАВІГАЦІЇ	76

Аналіз методів підвищення точності навігаційно-часових визначень в підсистемі локальної навігації літальних апаратів

Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) мають ряд незаперечних переваг, таких як повне покриття землі і навколоземного простору, безкоштовне використання систем, уніфікація устаткування для всіх користувачів і т.д. Досвід експлуатації глобальних навігаційних супутникових систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Iridium а також теоретичні та експериментальні дослідження, проведені за кордоном, показали, що поряд з очевидними перевагами GNSS мають і ряд істотних недоліків, головними з яких є:

- поганий прийом сигналів в лісистих і гірських місцевостях, в умовах щільної висотної міської забудови, а також всередині будівель;
- характеристики точності, цілісності та доступності GNSS не в повній мірі задовольняють вимоги деяких груп споживачів;
- недостатня стійкість – локальні перешкоди невеликої потужності, зокрема збої і аварії на супутнику;
- випадкові радіоперешкоди або навмисне «глушіння» можуть утруднити чи зробити неможливим координатно-часові визначення по сигналам GNSS.

Для того, щоб зробити неможливим прийом сигналу GNSS, що йде від супутника, що знаходиться на відстані 20000 км, потрібний генератор імітаційно-шумової перешкоди потужністю 2 Вт, розташований в радіусі 160 км. В умовах навмисної постановки таких перешкод вкрай важливо мати резервну навігаційну систему з досить великою зоною дії, здатну забезпечити споживачам порівнянну з GPS точність координатно-часових визначень. Якщо розглядати світовий досвід, то подібні системи розвиваються з 50-х років минулого століття, починаючи з відомих систем LORAN (США) і Чайка (СРСР) [1].

Зараз в світі використовуються вже 3-4 покоління локальних систем навігації, таких, наприклад, як різносно-дальномірні системи PinPoint (2000 р. Англія), CRS (2000 р. США), UHRS (2014 р. США). Остання система була розроблена австралійською компанією Locata, що запропонувала альтернативну наземну локальну систему позиціонування, яка доповнює чи замінює GPS на місцевому рівні.

Нова технологія позиціонування заснована на комерційній системі позиціонування LocataNets, яка представляє собою мережу трансиверів LocataLite, передають навігаційні сигнали. В технології Locata використовується новий спосіб позиціонування – без супутників. Технічні випробування Locata – ВПС США були проведені на полігоні White Sands під час випробувального польоту літака 746 TS 30 жовтня 2011 р. При цьому була отримана точність позиціонування – 6 см по горизонталі, 15 см по висоті [1].

LocataNet – це наземна локальна система позиціонування, яка забезпечує інформацію про позиціонування, яку неможливо відрізнити від GPS, відповідно до налаштованого приймача. Locata Net досягає цього без супутників, атомних годинників або наземної опорної конструкції, необхідних традиційним супутниковим системам GPS. Для створення LocataNet радіоприймачі LocataLite розгортаються навколо певної області. Ці пристрої спільно функціонують, як заземлена версія супутникового супутника GPS, передаючи радіолокаційні сигнали, які приймачі Locata використовують для створення рішення позиціонування, виводячи широту, довготу та висоту, використовуючи трилатерацію так само, як традиційний приймач GPS.

LocataLites можуть бути розроблені для передачі на будь-якій практичній частоті або рівні потужності. Перші комерційно розгорнуті конструкції працюють в тому ж діапазоні

ISM, що і Wi-Fi, і кожен LocataLite зазвичай займає територію в радіусі до 10 кілометрів у відкритому середовищі. LocataNets забезпечують усі функції положення, навігації та часу (PNT), що надаються супутником GPS, але в локальній зоні, такі як відкрита територія на землі, в повітрі, військовий полігон чи інша зона. Це дозволяє операторам створювати контрольовані мережі позиціонування для пошуку, автоматизації та направлення об'єктів з точністю до сантиметрового рівня. Дублювання PNT Locata стало можливим завдяки запатентованій компанією технології синхронізації TimeLoc з точністю до наносекунд [2].

В випадку коли використання методів навігації та визначення місцеположення з використанням систем GNSS не можливо, використовують методи локальної навігації, тобто використання наземних навігаційних засобів, які не прив'язані до систем GNSS. В такому випадку політ та моніторинг польоту визначення місцезнаходження виконується за допомогою засобів наземних станцій MLAT [2-4], VOR/DME, DME/DME [7].

Повітряне судно використовує DME для визначення власної відстані від/до наземного передавача, надсилаючи та отримуючи імпульсні пари – два сигнали з визначеною довжиною та інтервалом.

Наземні станції здебільшого поєднані із системами VOR та ILS. Малопотужний DME може бути спарений з радаром глісади ILS, де використовується для надання точних даних в процесі заходу та посадки, схоже до того, як це здійснюється засобом маркерних маяків ILS. Борт опитує наземний передавач засобом надсилання серії парних імпульсів (запитів) і, після визначеного проміжку (типово 50 мс), наземна станція відповідає тією ж послідовністю сигналів. Приймач DME в літаку сканує ефір на пари-відповіді з землі (X-mode, проміжки 12 мс) з визначеним інтервалом та певною послідовністю. Імпульсні пари, що не збігаються (тобто несинхронізовані), кваліфікуються як невідповідні та ігноруються. РЕЖИМ СТЕЖЕННЯ: менш ніж 30 пар імпульсних запитів на секунду, оскільки середня кількість імпульсів в обох режимах обмежена 30-ма запитами на секунду. Бортовий опитувач фіксується на наземній DME станції щойно встановлена відповідність пар сигналів за проміжками та інтервалами. Після фіксації сеансу зв'язку вікно пошуку радіосигналів звужується. Точність наземних систем DME становить 185 м ($\pm 0,1$ морських миль). Важливо розуміти, що система подає фізичну відстань від борта до передавача. Ця відстань не враховує схилення (slant range), так як тригонометрично залежна від висоти борта над передавачем та горизонтальної віддалі по землі. Наприклад, борт знаходиться просто над DME станцією на висоті 1 морська миля (1852 м) і показник відстані повинен показати відстань в 1 милю. Технічно борт на відстані 1 милю, просто над головою. Однак в таких випадках часто виникають похибки у замірюванні, в зв'язку з надмалою відстанню до наземної станції.

Світові стандарти FAA, EASA, ICAO [5-7] закладають покази радіонавігаційних засобів відомі допуски похибок. Обладнання підлягає регулярному контролю та калібрації для забезпечення точності замірів. ICAO рекомендує точність, що не перевищує суму 0,25 nmi плюс 1,25% заміряної відстані. Для підвищення точності визначення положення при польотах та заходах на посадку використовують комбінацію засобів VOR/DME (DVOR), DME/DME [7]. Ця комбінація дозволяє виконувати автоматичний захід на посадку з високою точністю, та виконувати польоти по маршрутам.

Система мультilaterації MLAT є незалежною кооперативною системою стеження нового рівня. Система використовується з уже існуючим обладнанням ВРЛ і не потребує додаткової бортової апаратури. Вона не тільки гарантує високу точність визначення місця розташування і траєкторії, яку можна порівняти з моноімпульсними вторинними оглядовими радіолокаторами, але і представляє такі нові характеристики, як більш висока точність, швидкість оновлення і 3D стеження.

Мультilaterаційна система MLAT є багатопозиційною пасивною (або пасивно-активною) радіолокаційною станцією (РЛС), що складається з декількох прийомних станцій, станції обробки і контрольного відповідача.

Мультilaterація або гіперболічне позиціонування – процес визначення положення, заснований на різниці в часі прибуття (Time Difference of Arrival (TDOA)) сигналу,

випромінюваного об'єктом в напрямку трьох або більше приймачів. Посланий об'єктом сигнал буде отриманий двома далеко розташованими один від одного датчиками в різний час, це залежить від відстані між датчиком і об'єктом.

Різниця в часі між двома приймачами зіставляється з гіперболоїдом (в 3D), на якому знаходиться літальний апарат. Проводиться ще один вимір різниці в часі отримання сигналу і отримання другого гіперболоїда, на якому знаходиться об'єкт. Перетин цих двох гіперболоїдів показує криву, по якій рухається об'єкт.

Основними перевагами МПРЛС спостереження в порівнянні з однопозиційними РЛС є:

- 1) можливість формування складних просторових зон огляду;
- 2) краще використання енергії в системі;
- 3) велика точність визначення місцезнаходження цілей в просторі;
- 4) можливість вимірювання повного вектора швидкості цілей;
- 5) підвищення перешкодозахищеності по відношенню до активних і пасивних перешкод, а також збільшення надійності виконання тактичного завдання;
- б) велика інформативність;
- 7) живучість і надійність.

Шляхи покращення робочих характеристик MLAT складаються з [2-4]:

1) можливості використання широкосмугового сигналу (ШСС) для відповіді з борту літака;

2) використання в локаторі вторинного спостереження спеціальних складних широкосмугових сигналів (ШСС) з великою базою, а саме:

- використання додаткового сигналу ШСС в системі локатора вторинного спостереження, для підвищення точності вимірювання тимчасових інтервалів між ЛА і локатором вторинного спостереження, тобто це спеціальний широкосмуговий сигнал для точного визначення відстані між літальним апаратом і локатором вторинного спостереження. Цей широкосмуговий сигнал буде формуватися по передньому фронту сигналу відповідача.

3) використання широкосмугового сигналу з великою базою дозволяє отримати високу завадостійкість при обробці цих сигналів і створює передумови для ускладнення їх радіоелектронного придушення, через необхідність застосування надпотужних станцій-перешкод, які працюють в широкому діапазоні робочих частот.

Таким чином, на основі вивчення наукової літератури та низки нормативних документів [1-7] нами виконаний аналіз сучасних методів підвищення точності навігаційно-часових визначень в підсистемі локальної навігації літальних апаратів.

Список використаних джерел

1. Зайцев Д.В. Многопозиционные радиолокационные системы/Д.В. Зайцев. – М.: Радиотехника, 2007. – 114 с.
2. Wide Area Multilateration. Report on EATMP TRS 131/04. Version 1.1., 2005.
3. ICAO. Multilateration. Conception of use, 2009.
4. Cir 326. Оценка наблюдения с использованием систем ADS-B и мультilaterации в целях обеспечения обслуживания воздушного движения и рекомендации по их внедрению. – ИКАО, 2013.
5. The Air Traffic Management (ATM) Strategy for the years 2000+(ATM 2000+Strategy), vol.1 and vol.2. EUROCONTROL, January 2000 Brussels.
6. Глобальный аэронавигационный план применительно к системам CNS/ATM, Doc 9750 ИКАО, (редакция C-WP/11609, 01.06.01).
7. Distance Measuring Equipment (DME) [Electronic resource]. <https://www.skybrary.aero/index.php/>(дата звернення 01.03.2021).