

УДК 681. 375

О.В. Коломійцев<sup>1</sup>, С.І. Клівець<sup>1</sup>, Д.В. Руденко<sup>2</sup><sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>2</sup>Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

## МОБІЛЬНА КОМБІНОВАНА ЛАЗЕРНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА

Запропонована мобільна комбінована лазерна інформаційно-вимірвальна система (МКЛІВС) для широкого кола вирішення задач (використання). МКЛІВС за допомогою лазерного випромінювання здійснює кутове автосупроводження літального апарату (ЛА) у широкому діапазоні дальностей при одночасному вимірюванні кутів азимута і місця, похилої дальності, радіальної і тангенціальної (кутових) швидкостей та видачу команд керування на ЛА. Представлено схематехнічне рішення щодо побудови МКЛІВС та розкрито сутність її відміни від багатфункціональної ЛІВС.

**Ключові слова:** комбінована лазерна інформаційно-вимірвальна система, літальний апарат.

### Вступ

**Постановка проблеми.** За останній час в сучасних країнах світу, які мають високий рівень технологічного розвитку, широко проводяться дослідження в області квантової електроніки. Створені різноманітні лазери, як джерела випромінювання для різного роду приладів і систем різного призначення.

Одним з основних напрямів використання таких систем у військовій справі і тощо є лазерна локація, яка займається виявленням і визначенням місця розташування різних об'єктів за допомогою електромагнітних хвиль оптичного діапазону, що випромінюються лазерами. Об'єктами лазерної локації можуть бути як наземні (надводні), так і повітряні (літальні апарати).

Лазерна локація здійснюється активним методом і дозволяє в цифровій формі отримувати інформацію про параметри об'єкту, що спостерігається. Нині, залежно від того, для якого об'єкту служить локатор, розрізняють: далекоміри, вимірники радіальної швидкості (доплерівські локатори) і локатори, що дозволяють одночасно вимірювати похилу дальність до об'єкту, кути азимута і місця. Висока точність вимірювань параметрів руху об'єктів лазерними системами (ЛС), разом з радіотехнічними і оптико-електронними системами робить їх затребуваними при проведенні випробувань перспективних зразків об'єктів різного призначення.

З розвитком ЛА актуальним стає питання підвищення точності вимірювання і обробки траєкторної інформації. При розробці ЛА, через неможливість отримання необхідного теоретичного опису, до 40% проблем що виникають, вирішуються за допомогою випробувань.

Високі вимоги до точності і достовірності обумовлені тим, що за результатами траєкторних вимірювань виробляються відповідальні рішення про якість і придатність ЛА.

Як відомо, вимірювання, що призначені для визначення параметрів траєкторій ЛА (координат, вектору швидкості, кутового положення в просторі і тощо), є зовнішньотраєкторні вимірювання. Для таких вимірювань ЛА в основному використовуються радіотехнічні (радіолокатори, фазові пеленгатори, радіодалекоміри) і оптичні (кінотеодоліти, кінотелескопи, лазерні далекоміри) засоби контролю траєкторій. Кожний з цих засобів відпрацьовує особисту конкретну задачу, яка поставлена для нього.

На зарубіжних полігонних випробувальних обчислювальних комплексах (ПВОК) для здійснення зовнішньотраєкторних вимірювань ЛА часто використовуються і так звані комбіновані системи, в основі яких використовується радіолокатор, а лазерний – у вигляді далекоміра. Такі системи створені для розширення функціональних можливостей та переходу від багатопунктних до однопунктних методів вимірювання. Необхідно звернути увагу на те, що сучасний етап створення перспективних зразків ЛА вимагає всебічного розвитку лазерних систем і пред'являє до них високі вимоги.

На даний час широко використовуються радіотехнічні засоби, що мають безліч модифікацій і незалежні від метеоумов, але за умови необхідності мати високу точність зовнішньотраєкторних вимірювань ЛА активно використовують оптичні (лазерні) засоби (ЛЗ). Крім того, для формування моделі атмосфери, ближчої до реальної, сучасні ЛЗ використовують дані наземних і радіозондських вимірювань тиску, температури і вологості. Ще більш точніша модель може бути отримана за даними декількох метеостанцій, що утворюють сітку в районі розміщення ЛЗ. Ці заходи дозволяють довести атмосферну середньоквадратичну погрешність до одиниць міліметрів. Нажаль, сучасні оптичні (лазерні) засоби також мають і ряд істотних недоліків, до основних з яких можна віднести недостатню кількість вимірюваних параметрів руху ЛА та обмежене коло завдань, що вирішуються.

У зв'язку з цим, вирішення наукової проблеми щодо створення МКЛПВС, яка дозволить вимірювати шість параметрів руху ЛА, при одночасному автосупроводженні та здійсненні видачі команд керування ЛА, а також об'єктивному контролю, обробці і запам'ятовуванні отриманої інформації у денних і нічних умовах є актуальною.

**Аналіз останніх публікацій** та джерел мережи Інтернет вказує на наявність протиріччя між їх потенційними можливостями і досягнутим рівнем показників якості. Відома мобільна однопунктна система для зовнішньо-траєкторних вимірювань ЛА «Сажень-ТА» [1] призначена для проведення високоточних вимірювань дальності і кутових координат ЛА у видимому і інфрачервоному (ІЧ) діапазонах.

Система забезпечує виявлення об'єктів випробувань у денних і нічних умовах, їх автоматичне автосупроводження, вимірювання кутових координат, похилої дальності, а так само оперативну обробку вимірювань і видачу отриманих даних у канали зв'язку.

Однак, система має і істотний недолік – недостатня кількість параметрів руху ЛА, що вимірюються. Усунення виявленого протиріччя, можливе завдяки збільшення кількості параметрів руху ЛА, що вимірюються, об'єму передачі команд керування, здійснення об'єктового контролю та, за необхідністю, пошуку ЛА, виявлення і його розпізнавання. Для цього можливо скористатися частотно-часовим методом (ЧЧМ) вимірювання [2].

Для здійснення об'єктивного контролю можливо скористатися оптико-електронним модулем (ОЕМ), який складається з телевізійного і інфрачервоного каналів та має високі точнісні тактико-технічні характеристики (ТТХ).

**Метою статті** є представлення результатів розробки наукових і науково-технічних пропозицій щодо створення мобільної комбінованої лазерної інформаційно-вимірювальної системи, яка дозволить здійснювати зовнішньотраєкторні вимірювання і повний комплекс робіт з ЛА у широкому діапазоні дальностей.

## Виклад основного матеріалу

Частотно-часовий метод вимірювання заснований на використанні несучих частот (подовжніх мод) та їх комбінацій зі спектру одномодового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод лазерного випромінювання. Він дозволяє, за умови формування і використання зустрічного сканування пар парціальних діаграм спрямованості (ДС) лазерного випромінювання у кожній з двох ортогональних площин, забезпечити вимірювання: похилої дальності до ЛА, кутів азимута і місця, радіальної і тангенціальної (кутових) швидкостей, а також сформувати канали передачі команд керування на ЛА і його розпізнавання у широкому діапазоні дальностей.

При цьому інформацію про кутові швидкості ЛА можливо використовувати як за прямим призначенням, так і для компенсації динамічної і флуктуа-

ційної помилок фільтрації при автосупроводженні ЛА та для його детального розпізнавання. Тобто, формування сигналів, що зондують з просторовою модуляцією поляризації забезпечить на приймальному боці МКЛПВС отримання зображення ЛА. Проте, додаткове використання вимірювальної інформації про тангенціальну швидкість ЛА від каналу кутових швидкостей в інформаційному блоці з розширеними можливостями (ІБМ) та обробка елементів поляризаційної матриці розсіяння ЛА від отриманого поляризаційного поля (суми сигналів різної поляризації) забезпечить точне значення кутових швидкостей ЛА, розширить набір ознак його розпізнавання, підвищить ефективність і тим самим скоротить час на розпізнавання ЛА.

Одномодовий багаточастотний спектр із синхронізацією подовжніх мод лазерного випромінювання єдиного передавача також дозволяє виділити окремі несучі частоти (моди) та сформувати багатоканальну (N) передачу команд керування на ЛА.

Застосування в МКЛПВС оптико-електронного модуля дозволить здійснювати у денних і нічних умовах (у видимому та ІЧ діапазонах) спостереження за ЛА (об'єктивний контроль). Отримана інформація від телевізійного і інфрачервоного каналів може бути додатково використана для пошуку, захвату та подальшого супроводження ЛА, який здійснив різкий маневр. При цьому важливо відмітити, що МКЛПВС зможе здійснювати сканування сумарною ДС лазерного випромінювання у невеликому куті в заданій зоні простору за заданим законом сканування, що також важливо для виявлення ЛА.

Використання сучасної ЕОМ в структурі МКЛПВС дозволить обробляти, відображати та накопичувати (зберігати) отриману інформацію від ЛА (зовнішньотраєкторні вимірювання, об'єктивний контроль і тощо). Додаткове застосування в ЕОМ алгоритмів реалізації просторової і часової надмірності, а також алгоритмів пошуку і виключення грубих помилок вимірювання параметрів руху ЛА дозволить отримувати реальну інформацію про зовнішньотраєкторні вимірювання та підвищити швидкість її обробки. При цьому зберігання отриманої інформації від (про) ЛА можливе завдяки її запису безпосередньо як на жорсткі диски, так і на флеш накопичувачі. Наявність на автомобільній базі системи комплексу метеоапаратури дозволить забезпечити режим температурної вологості розрахунку за місцем існування згідно норм (вимог) за відповідним ДСТУ та оперативну інформацію про погодні умови.

Таким чином, узагальнена блок-схема МКЛПВС може мати вигляд, як представлено на рис. 1.

Схема містить:

– ПРМ-ПРД А – приймально-передавальну апаратуру для лазерного каналу та ОЕМ – оптико-електронний модуль, який складається з телевізійного і інфрачервоного каналів, що одночасно розміщені на опорно-поворотному пристрої;

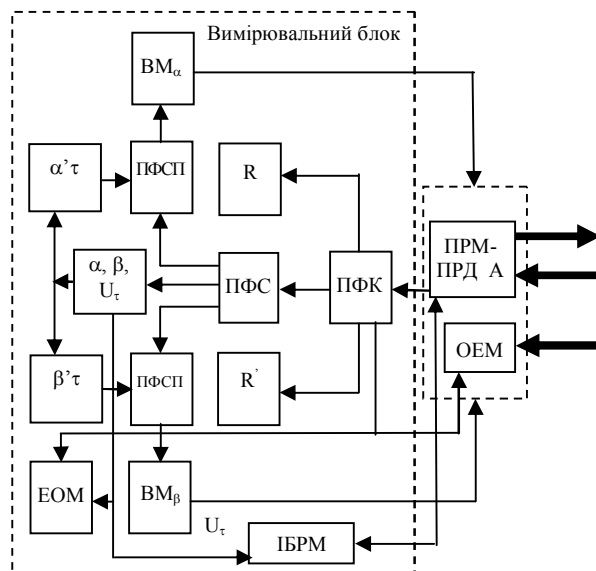


Рис. 1. Узагальнена блок-схема

– вимірювальний блок, котрий складається з: ПФК – пристрою формування каналів (вимірювальних), каналу вимірювання похилої дальності  $R$  до ЛА, каналу вимірювання радіальної швидкості  $R'$ , ПФС – пристрою формування сигналів, ПФСП – пристрою формування сигналів похибки (по каналам азимута і місця), каналу вимірювання кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$  та кутових швидкостей  $\alpha'$  і  $\beta'$  (тангенціальній швидкості), ЕОМ – електронно-обчислювальної машини, ВМ – виконавчих механізмів по кутах азимута і місця, ІБРМ – інформаційного блоку з розширеними можливостями з  $U_\tau$  – введенням сигналу тангенціальної швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна.

Подальший принцип роботи МКЛІВС щодо вимірювання параметрів руху ЛА і тощо співпадає з роботою багатофункціональної ЛІВС [2 – 4]. Отримані співвідношення для розрахунків багатофункціональної ЛІВС справедливі і для МКЛІВС.

## Висновки

Таким чином, МКЛІВС буде характеризуватися багатопараметричністю (забезпечить вимірювання

не лише координат, але і складових вектору швидкості ЛА, різниці координат та ін.), великою дальністю дії (в залежності від її використання), високою точністю, надійністю, мірою автоматизації, що дозволяє обробляти дані за допомогою ЕОМ та отримувати параметри траєкторії ЛА і об'єктивним контролем у реальному масштабі часу.

Розміщення однопунктної системи на автомобільній базі забезпечить істотне розширення зони її дії, а конструкція приймально-передавальної платформи системи дозволить замінювати (додавати) навісні вимірювальні канали залежно від типів ЛА.

Така система забезпечить проведення льотних випробувань ЛА на будь-яких ПВОК нашої країни. В залежності від джерела випромінювання система також може бути використана для морського старту ракет-носіїв космічних апаратів (КА), а також для проведення спецробіт з КА. Підвищення точності вимірювання параметрів руху ЛА (КА) можливо також від збільшення енергетичного потенціалу МКЛІВС, який забезпечується раціональним вибором типу лазерного джерела і режиму випромінювання.

## Список літератури

1. Світ [npk-spp.ru](http://www.npk-spp.ru) [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.npk-spp.ru/deyatelnost/dlya-poligonov/136-sagen-ta.html>.
2. Багатофункціональна лазерна інформаційно-вимірювальна система для полігонного випробувального комплексу / О.В. Коломійцев, С.І. Клівець, О.С. Петренко, Д.В. Руденко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 8 (115). – С. 53-58.
3. Коломійцев О.В. Лазерна інформаційно-вимірювальна система, побудована на нових принципах роботи з літальними апаратами / О.В. Коломійцев // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 3(110), т. 2. – С. 192-195.
4. Коломійцев О.В. Лазерна інформаційно-вимірювальна система з можливістю селекції та розпізнавання ЛА / О.В. Коломійцев // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2009. – Вип. 2(2). – С. 91-93.

Надійшла до редколегії 30.05.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

## МОБИЛЬНАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ ЛАЗЕРНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

А.В. Коломійцев, С.И. Клевец, Д.В. Руденко

Предложена мобильная комбинированная лазерная информационно-измерительная система (МКЛИИС) для широкого круга решения задач (использования). Мобильная КЛИИС с помощью лазерного излучения осуществляет угловое автосопровождение летательного аппарата (ЛА) в широком диапазоне дальностей при одновременном измерении углов азимута и места, наклонной дальности, радиальной и тангенциальной (угловых) скоростей и выдачу команд управления на ЛА. Представлено схематическое решение относительно построения МКЛИИС и раскрыта сущность ее отличия от многофункциональной ЛИС.

**Ключевые слова:** комбинированная лазерная информационно-измерительная система, летательный аппарат.

## MOBILE COMBINED LASER INFORMATIVELY-MEASURING SYSTEM

O.V. Kolomitsev, S.I. Klivets, D.V. Rydenko

The mobile combined laser informatively-measuring system (MCLIMS) is offered for the wide circle of decision of tasks (uses). Mobile CLIMS by means of laser radiation carries out angular autoaccompaniment of aircraft (AC) in the wide range of distances at the simultaneous goniometry of azimuth and place, sloping distance radial and tangential (angular) speeds and delivery of management commands on AC. A circuit technology decision is presented in relation to the construction of MCLIMS and essence of her difference is exposed from multifunction LIMS.

**Keywords:** *the combined laser informatively-measuring system, aircraft.*