

УДК 535.8:681.7

П.Ф. Буданов¹, М.П. Буданов², Б.О. Демідов²

¹Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ЛІДАРИ. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ І ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ В ЗРАЗКАХ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ

Розглянуті основні властивості лазерного імпульсного зондування: монохроматичність, когерентність, потужність, спрямованість і методи дистанційного лазерного зондування в основі яких лежать процеси взаємодії лазерного випромінювання з речовиною: розсіяння Мі на аерозольних частинках; молекулярне Релеєвське розсіяння; комбінаційне розсіяння; флуоресценція, у тому числі і резонансна; резонансне поглинання; диференціальне поглинання і розсіяння, які дозволяють застосовувати лідари в системах і зразках озброєння і військової техніки а саме: в системах локації, стеження, наведення, видимості, дальномерії, прицільно-навігаційної, контролю параметрів радіаційної, хімічної і метеорологічної розвідки, виявлення бойових, сильнодіючих отруйних і радіоактивних речовин, зондування поверхні землі і рельєфу в режимі реального часу, при проведенні космічної, повітряної, наземної і підводної розвідки, крім того застосування лідарних систем приводить до зміни кількісних і якісних характеристик і параметрів озброєння і військової техніки, що в цілому підвищує оперативність, ефективність його застосування.

Ключові слова: лідар, лазерний імпульс, лазерне зондування.

Вступ

Постановка завдання і аналіз літератури. Сьогодні для досліджень атмосфери Землі, її газового складу, переміщення повітряних мас застосовуються нові технології. Один з них – лідари наземного, повітряного, космічного базування. Досвід західних країн свідчить про успішне використання цієї технології в задачах не тільки екологічного моніторингу, управління повітряним рухом і т.п., але більшою мірою для військових цілей [1 – 4].

Відзначимо, що для Збройних Сил України проблеми застосування лідарів в цілях підвищення боєготовності за мирного часу і боєздатності підрозділів (частин, з'єднань) в період підготовки і проведення бойових дій, підвищення якісних і кількісних характеристик озброєння і військової техніки, не менш актуальні [1, 4, 7, 9 – 11, 13].

Проте, необхідно відзначити, що на сьогодні розробки лідарних систем в Україні ведуться виключно в комерційних цілях, немає єдиного підходу по вдосконаленню і створенню нових зразків озброєння і військової техніки з застосуванням лідарних систем, що істотно впливає на ефективність виконання поставлених бойових задач.

Лідари – лазерні локатори, працюючи у видимому або ближньому ІК-діапазонах хвиль, володіють унікальними властивостями, використовуючи які, можливе оперативно виконувати наступні задачі [2, 3, 5 – 11]:

– по виявленню повітряних і наземних цілей і точному наведенню засобів поразки і знищення цих цілей в заданому районі;

– по контролю смертельно небезпечних концентрацій бойових (отруйних), сильно діючих отруйних і радіоактивних речовин;

– по контролю за радіаційною і хімічною обстановкою на театрі військових дій з урахуванням метео-, погодокліматичних даних у разі аварій і руйнувань потенційно небезпечних хімічних і ядерно-радіаційних об'єктів.

Ціллю статті є узагальнення і систематизація науково-технічного матеріалу, розроблених методів, вимірювальних комплексів по застосуванню лідарних систем і перспектив їхньої розробки і використання в зразках озброєння і військової техніки Збройних Сил України.

Основна частина

Згідно теорії [5] в основі лазерного зондування лежать наступні процеси взаємодії лазерного випромінювання з речовиною: розсіяння Мі на аерозольних частинках; молекулярне Релеєвське розсіяння; комбінаційне розсіяння (КР); флуоресценція (люмінесценція), у тому числі і резонансна; резонансне поглинання; диференціальне поглинання і розсіяння (ДПР).

Використання методів лазерного зондування навело до розробки і створення великого класу лазерних лідарних систем дистанційного зондування: лазерних радарів – когерентних лідарів; аерозольних лідарів, лазерних флуорометрів, лазерних батометрів, лазерних імпульсних альтиметрів і т.д. [5 – 11, 15] залежно від функціонала.

Лідарні системи мають багато загального в своїх структурних схемах (рис. 1). Основні блоки лідарної системи наступні (рис. 1): лазер-передавач; передаюча оптична система; приймальна оптична система; спектра-аналізатор; фотодетектор; блок обробки сигналів; блок управління; система відображення отриманої інформації; поворотний пристрій [2, 5 – 7].

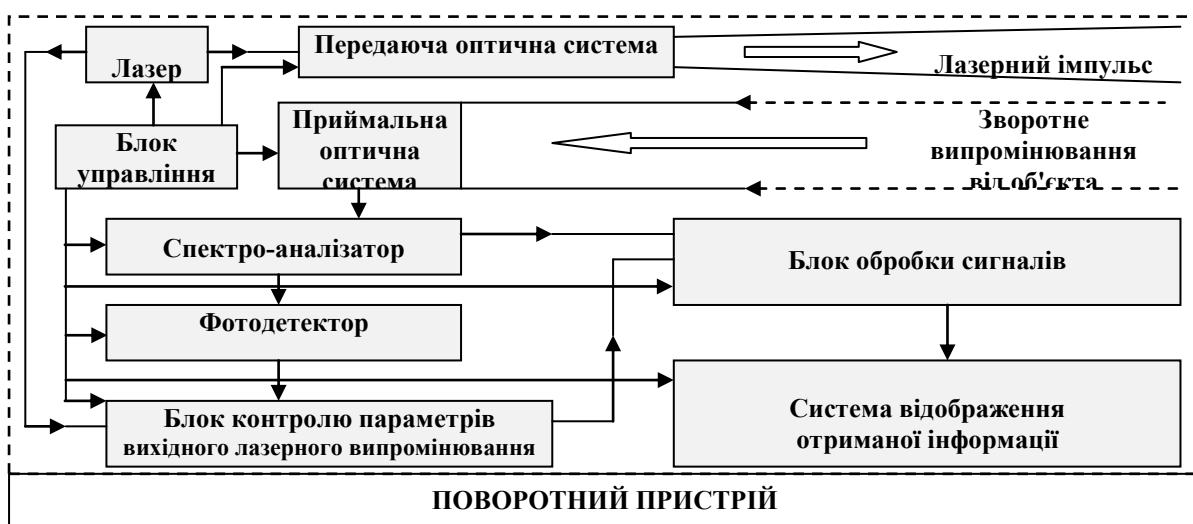


Рис. 1. Загальна структурна схема лідарної системи

Як джерела випромінювання в лідарних системах дистанційного зондування використовують лазери, що генерують у вузькому спектральному інтервалі короткі могутні імпульси випромінювання з малим кутovým розходженням. Основними елементами випромінювача лазера є активне середовище (АС), в якому відбувається перетворення енергії зовнішнього джерела в енергію електромагнітних коливань оптичного або інфрачервоного діапазонів хвиль, і оптичний резонатор, який формує частотні і просторові характеристики випромінювання, що генерується, лазером [2, 5].

Унікальні властивості лазерного випромінювання, до яких відносяться: монохроматичність, безпосередньо пов'язана з високим ступенем когерентності, потужність (енергія) і спрямованість, безперервно розширюють сферу його використання.

Залежно від того, які властивості лазерного випромінювання використовуються для досягнення поставленої мети, можна умовно виділити три напрями його застосування: перше – передбачає використання таких властивостей випромінювання, як просторова і тимчасова когерентність, монохроматичність і стабільність частоти; друге – передбачає використання енергетичних характеристик випромінювання, викличних нагрів опромінюваного матеріалу, що приводить до зміни його агрегатного стану; третє – використання спрямованості випромінювання [2, 5 – 8].

Ціль використання лазера (призначення) визначає вибір основних технічних характеристик лазера і вимоги до його конструкції.

Всі перераховані якості дозволяють фокусувати лазерний промінь в пляму надзвичайно малого розміру, одержуючи в точці фокусу величезну густину енергії і температуру.

Ці унікальні властивості лазерного випромінювання зробили лідарні системи незамінним інструментом в самих різних областях науки і техніки і особливо у військовій техніці.

Прискореними темпами йде упровадження ла-

зерів у військову техніку США, Франції, Англії, Японії, Німеччини, Швейцарії і інших країн.

Великі перспективи відкриває застосування лідарних комплексів при надзвичайних ситуаціях як природних, так і техногенних (пожежі, вибухи, викиди на АЕС і хімічних підприємствах) [4, 12 – 14].

Дистанція зондування (до 15 км для атмосферного розсіяння і до 30...40 км при використанні природних топографічних відбивачів) забезпечує ефективне і безпечне застосування лідарних систем в різних умовах: на театрах військових дій, при проведенні спеціальних і антитерористичних операцій.

Використання лідарних систем, створює і відкриває нові можливості в забезпеченні безпеки і обороноздатності держави [1].

Військове застосування лазерів включає як їхнє використання для виявлення цілей і зв'язку, так і застосування як зброю.

Промінням могутніх хімічних і ексимерних лазерів наземного або орбітального базування планується руйнувати або виводити з ладу бойових супутників і літаки супротивника. Створені зразки лазерних пістолетів для озброєння екіпажів орбітальних станцій військового призначення. Інфрачервоні радіометри використовуються для виявлення вибухів, пожеж, а також для точного визначення токсичних і отруйних речовин, що мають складну молекулярну структуру.

Зараз, отримані такі параметри випромінювання лазерів, які здатні істотно підвищити тактико-технічні дані різних зразків військової апаратури (стабільність частоти порядку 10^{-14} , пікова потужність 10^{-12} Вт, потужність безперервного випромінювання 10^4 Вт, кутівий розчин променя 10^{-6} рад, $t = 10^{-12}$, $\lambda = 0,2...20$ мкм [2, 9].

Розглянемо основні напрями застосування лідарних систем і перспективи їхнього впровадження у озброєння і військову техніку Збройних Сил України.

Застосування лідарів в локаційних оптико-електронних системах відення (ЛСВ) на основі лазерного випромінювання з високою спектральною

інтенсивністю, спрямованістю і монохроматичністю, дозволяє формувати зображення видалених об'єктів з метою їхнього виявлення і розпізнавання в умовах недостатньої освітленості (вночі) або в поганих погодних умовах [9].

Широке розповсюдження ЛСВ отримали в системах авіаційної розвідки наземних військових об'єктів, системах переднього огляду для отримання зображення об'єктів в пристроях високошвидкісної фотографії і аерофотографування, а також при веденні підводної розвідки [9 – 11].

Специфіка побудови ЛСВ обумовлена головним чином унікальними властивостями лазерного випромінювання, які виявляються у вигляді різних ефектів при розповсюдженні випромінювання в розсіюючому і випадково-однорідному середовищі, а також в процесі формування зображення приймальним каналом. Окрім, того облік різноманіття реаль-

них військових об'єктів і особливостей сприйняття їхніх зображень оператором сприяв розробці великого числа структурних схем ЛСВ різного типу і призначення. На рис. 2 пропонується узагальнена структурна схема ЛСВ, що дає достатньо повне уявлення про роботу всієї ЛСВ і окремих її блоків з урахуванням характеристик каналу розповсюдження випромінювання, властивостей лоцируємих об'єктів і особливостей зорового оператора. Кінцевим результатом роботи схеми, є не тільки вимірювання координат об'єктів, а отримання їхніх зображень на тлі підстилаючої поверхні. Розглянемо роботу схеми (рис. 2). Передаючий канал формує зондуєчи лазерні випромінювання. Основними його елементами є лазер, формуюча оптична система для зміни кутового розходження лазерного випромінювання, пристрій управління випромінюванням для модуляції і сканування лазерного пучка.



Рис. 2. Структурна схема лідарної системи наглядання

Передавач формує зондуєчи випромінювання, яке проходить через середовище розповсюдження (атмосфера, вода, космічний простір) і підсвічує об'єкт, що має деякий просторовий розподіл коефіцієнта віддзеркалення по інтенсивності $\rho(x, y)$ для випромінювання даного спектрального складу. Відображене випромінювання виявляється промодельованим по інтенсивності відповідно до двовимірного розподілу $\rho(x, y)$ і після зворотного через середовище реєструється приймальним каналом, що містить приймальну оптичну систему, підсилювач-перетворювач і фотоприймальний пристрій (ФПП). Центральний пристрій управління містить: блок обробки даних – для прийому, цифрового перетворення, обробки вхідного сигналу з ФПП і формування вихідного аналогового сигналу на вході монітора; контролер управління – для формування синхронізуючих і керівних імпульсів, індикації режимів роботи ЛСВ, виконання команд оператора.

Наведення ЛСВ на об'єкт в умовах недостатньої видимості або в автоматизованому режимі оператор спостерігає ділянку освітлюваний передавачем місцевості на екрані ТВ-монітора.

Після контролю правильності проведених операцій попереднього націлювання система перемика-

ється в режим активного відення.

Застосування лазерного імпульсного підсвічування і стробує по дальності дозволяє:

- підвищити контраст в зображенні об'єкта за рахунок придушення або зменшення перешкоди зворотного розсіяння зондуєчого випромінювання;
- ослабити вплив розсіяного в атмосфері випромінювання, визначуваного рівнем природної освітленості;
- спостерігати мало контрастні об'єкти через малу глибину простору, що переглядається, коли фон за об'єктом залишається;
- оцінити дальність до об'єкта;
- здійснити ефективну спектрально-тимчасову селекцію фону.

Застосування лідарів в системах лазерної локації дозволяє виявляти і визначати місцеположення різної військової техніки (ракети, літаки, супутники-розвідники, військові кораблі і підводні човни, танки і інша бронетехніка), а також військові об'єкти і споруди. В основі лазерної локації використовуються основні властивості імпульсів лазерного випромінювання: здатність відображатися від об'єктів і розповсюджуватися прямолінійно з постійною швидкістю [7, 9].

Лідарна система характеризується наступними параметрами: зона дії - область простору, в якій ведеться спостереження; час огляду - час, в перебігу якого лазерний промінь проводить однократний огляд заданого об'єму простору; координати - для визначення місцезнаходження наземних об'єктів (координат – 2: дальність і азимут) і при спостереженні за повітряними об'єктами (координат – 3).

Лідари дозволяють визначити координати із заданою точністю близько розташованих цілей, в умовах природних і штучних перешкод, зберігаючи свої характеристики у встановлених межах в заданих умовах експлуатації.

Застосування лідарів в системах стеження за ракетами, літаками і супутниками, зарубіжними фахівцями розробляються стаціонарні лазерні локатори [2, 7, 9, 11]. Велике значення надається лазерним локаторам, включеним в систему ПРО і ПКО. На думку фахівців саме оптичний локатор забезпечує видачу точних координат головної частини або супутника в систему лазерної поразки цілі. Смуга пропускання зладжена з довжиною хвилі випромінювання лазера, ніж забезпечується проходження на приймач тільки свого лазерного випромінювання.

Застосування лідарів в системах наведення у військовій авіації США і країн НАТО широко використовуються для розробок лазерних далекомірів і висотомірів, які дають високу точність вимірювання дальності або висоти, мають невеликі габарити і легко вбудовуються в систему управління вогнем, а також вирішують задачі по наведенню і цільпоказнику, які використовуються у вертольотах, літаках і безпілотних літальних апаратах. Їх розділяють на полуактивні і активні [10, 11].

Принцип побудови полуактивної системи наступний: ціль опромінюється випромінюванням лазера або безперервно або імпульсний, але так, щоб виключити втрату цілі лазерної системи самонаведення, для чого підбирається відповідна частота посилок. Освітлення цілі проводиться або з наземного, або з повітряного наглядового пункту; відображене від цілі випромінювання лазера сприймається головкою самонаведення, встановленою на ракеті або бомбі, яка визначає помилку в розузгодженні положення оптичної осі головки з траєкторією польоту. Дані вводяться в систему управління, яка і забезпечує точне наведення ракети або бомби на освітлювану лазером ціль. Лазерні системи охоплюють наступні види боеприпасів: бомби, ракети класу "повітря-земля", морські торпеди. Бойове застосування лазерних систем самонаведення визначається типом системи, характером цілі і умовами бойових дій.

Застосування лідарів в системах повітряної розвідки дозволяє вести приховану розвідку в нічних і складних метеоумовах, а також в оперативні терміни обробляти, передавати і надавати матеріали, несучі інформацію з високою дозволеністю [9 – 11].

Принцип дії лазерної системи повітряної розвідки полягає в наступному (рис. 3).

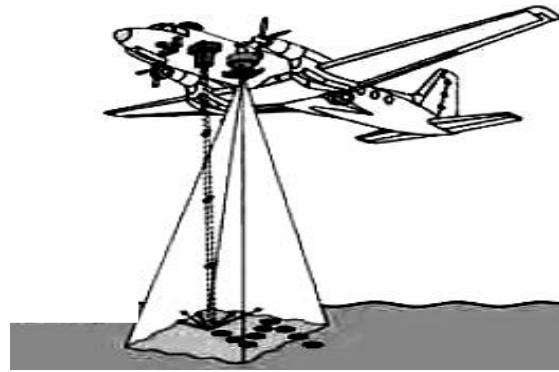


Рис. 3. Лазерна система повітряної розвідки

Випромінювання з бортового носія опромінює розвідуєму ділянку місцевості і розташовані на ньому військові об'єкти по-різному відображають випромінювання, що впало, на нього. Відображений підстилаючої поверхнею і об'єктами, на ній розташованими, лазерне випромінювання збирається приймальною оптичною системою і прямує на чутливий елемент. Приймач перетворює відображене від поверхні випромінювання в сигнал, який буде промодульований по амплітуді залежно від розподілу яскравості.

Застосування лідарів в прицільно – навігаційній системі. Для використання в прицільно-навігаційній системі нічного відення, призначеній для винищувачів (F-16) і штурмовиків (A-10) зарубіжними фахівцями, був розроблений голографічний лазерний індикатор на лобовому склі, який дозволив льотчику пілотувати літак візуально вночі і в складних метеоумовах, вирішувати задачу по виявленню цілей в стороні від маршруту і виробництву протизенітного маршруту і маневру атаки цілей. Крім того, в США розробляється голографічний координатор для розпізнавання і супроводу цілей, шляхом миттєвого порівняння зображень земної поверхні, що знаходиться в полі зору системи в нижній і передній півсфері, із зображенням різних ділянок земної поверхні по заданій траєкторії, береженим в пристрої системи, що запам'ятовує.

Застосування лідарів у військовому зв'язку. Поява лазерів здійснила переворот в техніці військового зв'язку і запису інформації. Використання коротких електромагнітних хвиль лазерного випромінювання дозволяє передати в десятки тисяч разів більше інформації, ніж по високочастотному радіоканалу. Лазерний зв'язок здійснюється по оптичному волокну – тонким скляним ниткам, світло в яких за рахунок повного внутрішнього віддзеркалення розповсюджується практично без втрат на багато сотень кілометрів. Лазерним променем записують і відтворюють зображення.

Застосування лідарних систем в наземних лазерних далекомірах вирішує задачу визначення відстані між далекоміром і ціллю, яка зводиться до вимірювання відповідного інтервалу часу між зондуючим сигналом і сигналом, відображеним від цілі. Лазерна дальнометрія є однією з областей практичного застосування лазерів в наземній військовій тех-

ніці (артилерійська, танкова), і в авіації (далекоміри, висотоміри), і на флоті (глибинні) [10].

Розрізняють два основні методи вимірювання дальності залежно від характеру модуляції лазерного випромінювання використовуваного в далекомірі:

Імпульсний метод полягає в тому, що до об'єкта посилають зонduючий імпульс (рис. 4), він же запускає часовий лічильник в далекомірі, а відображений об'єктом імпульс - зупиняє роботу лічильника. По тимчасовому інтервалу автоматично висвічується перед оператором відстань (R) до об'єкта (рис. 5). На рис. 4 представлена типова форма зонduючого лазерного імпульсу в перспективних лідачах типу ALTM канадської компанії Ortech Inc., а на рис. 5 показана принципова схема приймач-передавача при реалізації даної схеми вимірювання.

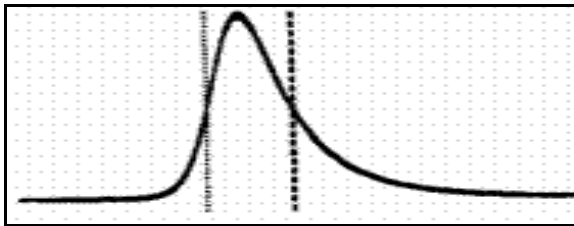


Рис. 4. Типова форма зонduючого імпульсу імпульсного методу локації

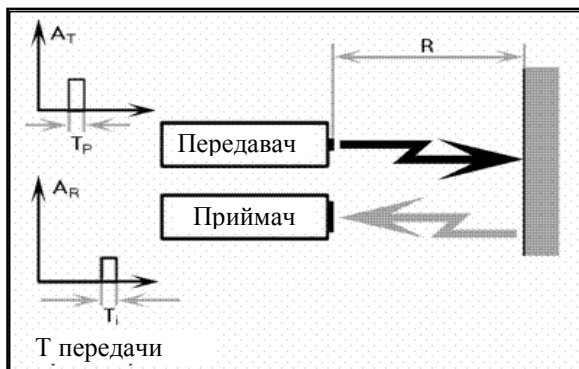


Рис. 5. Принципова схема імпульсного методу локації

Подальшим перспективним розвитком імпульсного методу є так званий метод реєстрації форми відображеної хвилі, який передбачає запис в цифровому виді повної форми відгуку на кожний зонduючий імпульс з частотою дискретизації 1 ГГц і вище. Зареєстрована таким чином хвиля дає "історію" віддзеркалення зонduючого імпульсу від всіх перешкод, що зустрілися на його колії (рис. 6).

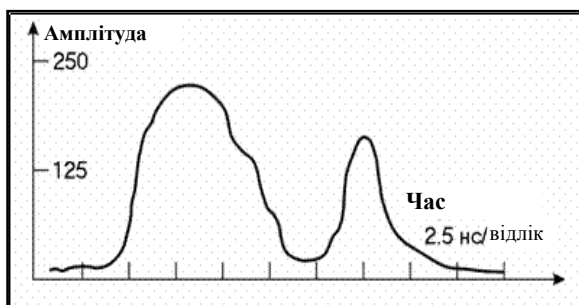


Рис. 6. Форма віддзеркалення хвилі

Фазовий метод – лазерне випромінювання модулюється по синусоїдальному закону. При цьому інтенсивність випромінювання мінюється в значних межах. Залежно від дальності до об'єкта змінюється фаза сигналу, що впав на об'єкт. Відображений від об'єкта сигнал прийде на приймальний пристрій також з певною фазою, залежною від відстані (рис. 7).

Режим роботи далекоміра передбачає короткі вимірювання протягом довгого часу. До найперспективніших лазерних далекомірів відносяться: лазерний далекомір LP-4; танковий LD AN/VVS-1.

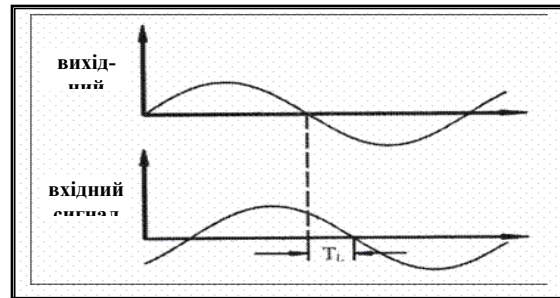


Рис. 7. Принципова схема фазового методу локації

Застосування лідарних систем для дослідження бойових (БОР) і сильнотоксичних отруйних речовин (СДОР). В даний час до особливо небезпечних аерозольно-газових забруднювачів атмосфери відноситься широкий клас з'єднань [4, 5, 8, 12 – 14].

– при застосуванні (під час ведення бойових дій) або утилізації БОР типу: зарин, зоман, табун, VX- гази, BZ, CS, CR, іприт, люїзит, хлоріан, хлорацетофенон, адамсит і СДЯВ типу: синільна кислота (ціанід водню HCN), сльозоточивий газ (CN);

– на хімічних виробництвах – оксиди азоту N_xO_y, фториди фосфору, аміак NH₃, кислоти HCN, HNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄, фтор – і з'єднання хлору, оксиди вуглецю CO_x, оксиди сірки SO_x, фосфорорганічні з'єднання, надзвичайно токсичні діоксини.

Задача вимірювання рахункової і масової концентрації частинок в газоповітряному середовищі, а також їхніх розмірів є складовою частиною вимірювань і контролю БОР і СДОР. Прилади для вимірювання цих характеристик будуються на різних принципах: седиментації частинок, вимірюванні наведеної радіації, уловлюванні аерозолу на різні фільтри з подальшим зважуванням і т.д. В них можуть використовуватися різні методи: розсіяння Мі на аерозольних частинках; молекулярне Релеєвське розсіяння; комбінаційне розсіювання (КР); флуоресценція (люмінесценція), у тому числі і резонансна; резонансне поглинання; диференціальне поглинання і розсіяння (ДПР). Самим універсальним, дозволяючи автоматизувати процес вимірювань в реальному масштабі часу є метод, заснований на реєстрації і вимірюванні оптичного випромінювання розсіяного кожною частинкою. На цьому принципі побудовані фотоелектричні лічильники аерозольних частинок. Широку гамму таких приладів для різних діапазонів розмірів і концентрацій частинок пропонують фірми США ("Royco", "Particle measuring system"),

ФРН ("Kratel", "Frich") і ін., включаючи лазерні фотоелектричні лічильники, аерозольні лічильники з неселективним джерелом і прилади для вимірювання частинок в рідинах.

Науково-виробниче об'єднання "Астрофізика" (Росія) розробило комплекс дистанційної хімічної розвідки КДХР-1Н, який виявляє аерозолі БОР типу V-X на площі 25...30 км², забезпечуючи її високу оперативність і достовірність. Окрім, того "НВО "Астрофізика" розробило польовий аерозольний випробувальний комплекс, дозволяючий моделювати аерозольні хмари різних речовин із заданою концентрацією і заданим розподілом аерозольних частинок у розмірах у фіксованому об'ємі – 750 м³.

Лідарний контроль метеопараметрів, погодо-кліматичних параметрів, в умовах підготовки і ведення бойових дій. Лазерні локатори, працюючі у видимому і ІК – діапазонах хвиль, можуть застосовуватися для моніторингу наступних метеопараметрів: швидкості і напрямків горизонтального і вертикального вітру в приземних шарах атмосфери; турбулентності, вогкості і температури повітря, атмосферного тиску і інших параметрів [2, 3, 5, 16].

Використання лідарних систем на військових аеродромах дозволить виміряти вітрові зсуви на льотному полі, потік повітря сліду літака і інші атмосферні параметри, які необхідно контролювати для забезпечення безпеки зльоту і посадки бойової авіації, а також для вимірювання дальності, доплеровської швидкості і при формуванні зображень об'єктів, що знаходяться на льотному полі. Найперспективніші розробки таких лідарних систем отримані фірмою – DLR; DRA Malvern; LMD, CNRS, CNES. Фахівцями лабораторії Райт ВПС США, розроблена лідарна система для тривимірного вимірювання розподілу швидкості вітру по висоті (вітрового профілю) в реальному часі, що дозволяє підвищувати точність десантування особового складу підрозділів і скидання вантажів з літаків військово-транспортної авіації, збільшення вірогідності поразки цілі при ракетних і артилерійських стрільбах. Вимірювання вітрового профілю за допомогою лідарної системи підвищує точність приземлення при десантуванні в 2...10 разів.

Турбулентні лідари [16] дозволяють додатково оцінювати рівень і розподіл параметрів атмосферної турбулентності, що є надзвичайно важливим для забезпечення безпеки польотів військової авіації. Перспективною є розробка автоматичного метеорологічного комплексу АМК-2, створеного в інституті оптичного моніторингу З РАН (Росія), який дозволяє виміряти і розрахувати енергетичні спектри турбулентних флуктуацій температури і компонент швидкості вітру в частотному і просторовому масштабі. Комплекс АМК-2 не поступається по основним характеристикам і параметрам зарубіжним аналогам, які випускаються фірмами МЕТЕК (Німеччина), Kaijo Deinki (Японія), Appe Tech.Inc. (США), Dassault Elektronique (Франція), Gill Instrumentts та Lim GEC Marconi (Великобританія).

Застосування лідарних систем для контролю радіаційної обстановки. Підготовка і ведення бойових дій передбачає оцінку радіаційної обстановки поблизу потенційно небезпечних радіаційно-ядерних об'єктів: АЕС, сховищ відпрацьованого ядерного палива [13]. Крім того, на об'єктах атомної промисловості, включаючи радіохімічні виробництва в результаті аварій можливі викиди таких небезпечних речовин як трибутилфосфат, сірчаноокислі, азотноокислі або фосфорно-сірчаноокислі сполуки урану і супроводжуючі їхні компоненти первинної сировини, органічні екстрагенти (алкилфосфорная кислота, аmini і т.д.), азотноокислі з'єднання, що містять уран, плутоній, інші актиніди і продукти розподілу, UF₄, UF₆, фториди галогенів (фториди Cl, Br, I), аерозолі з включеннями компонент боросилікатних і фосфатних стеклол, продукти взаємодії одного з найбезпечніших компонентів аварійних викидів, яким є UF₆, з парами атмосферної води, органічними сполуками, вуглеводнями, амінами, CO₂ і ін., внаслідок чого утворюються UOF₄, UF₄, UO₂F₂, NH₄UF₅, карбонилфториди та інші.

Невчасність виявлення небезпечних доз випромінювання і концентрацій радіоактивних речовин, може навести до загибелі або втрати боєздатності військовослужбовців, озброєння і військової техніки. Аварії на ядерно-радіаційних об'єктах супроводжуються значними викидами радіоактивних речовин і руйнуваннями, пожежами і іншими масштабними наслідками, які не дозволяють використовувати штатні прилади і засоби радіаційного контролю. В таких випадках радіаційний контроль можна провести тільки зондуванням території з використанням лідарних систем, які дозволяють використовувати спосіб лазерного дистанційного виявлення нейтронних потоків на потенційно небезпечних ядерно-радіаційних об'єктах, ціллю якого є підвищення чутливості і специфічності виявлення полів іонізуючих випромінювань на основі лазерного зондування об'єму повітряного середовища, що піддався дії нейтронного потоку. Дана ціль може бути досягнута тим, що, по-перше, виявлення радіаційних полів проводиться на основі використання як мітку радіоактивної ¹⁴CO₂, утворюється при захопленні нейтронів ядрами молекул азоту. Іншою оптичною ознакою пропонованого способу є та, що як джерело зондуючого випромінювання використовують лазер на ізотопі ¹⁴CO₂. Спосіб перспективний для вирішення задач на користь Збройних Сил України, МЧС, МВС, прикордонної служби при розробці засобів радіаційної розвідки.

Застосування лідарних систем для зондування морської акваторії може використовуватися на озброєнні військових кораблів і підводних човнах при вимірюванні і картировании глибин, а також по виявленню природних і антропогенних об'єктів знаходяться як всередині так і на поверхні води рік, озер, морів і океанів. В інституті оптики атмосфери З РАН (Росія) активно ведуться розробки перспективного бортового лідара "Атмарил-3" (ATMospheric and MARine Lidar), який дозволяє при вимі-

рюваннях урахувати вплив надводної атмосфери, в т.ч. з осіданнями; зменшити вплив дзеркальних відблисків від мікрохвилювання; підстроювати параметри лідара під умови театру військових дій, що змінюються, і виконання бойових задач [2, 5, 15].

Застосування лідарних систем для зондування значних площ театру військових дій.

Для вирішення задач оперативного дистанційного зондування майбутнього театру військових і антитерористичних дій в значних просторових масштабах (сотні км²) перспективним є застосування лідарів бортового базування з використанням, як джерело випромінювання, багато частотних або перебудовуваних лазерів. Лідарний комплекс (МЛК 1, 2, 3) розроблений компанією “Лазерні системи” (Росія) оснащений набором випромінювачів: два Nd:YAG лазера (чотири гармоніки), два перебудовуваних твердотільних лазера на сапфірі з титаном (з подвоєнням і потроєнням частоти) і два перебудовуваних одномодових одночасткових ТЕА СО₂ лазера, що дозволяє здійснювати зондування в широкому спектральному діапазоні випромінювання, починаючи від ультрафіолетового (266 нм) і закінчуючи дальнім інфрачервоним (9...11 мкм) [11].

До засобів (носіям) на яких можуть розміщуватися лідарні системи відносяться: апарати типу мотодельтаплан або дистанційно пілотируемого літального апарату (ДПЛА) – площа контролю 10...20 км; вертолітний варіант (наприклад: на базі МІ-17) – <100...200 км; літаковий варіант (наприклад: на базі – ЯК-42Ф) – >200 км.

Застосування лідарних методів авіаційного дистанційного зондування для збору геопросторових даних в період підготовки і ведення бойових і антитерористичних дій, дає значні переваги як в технологічному, так і в економічному аспектах, істотно скорочує час отримання кінцевого результату (продуктивність площадкової зйомки з параметрами (рис. 8): d – довга; s – ширина) при проведенні аерознімальних робіт для виготовлення військової картографічної продукції крупного масштабу складає 1000 км² менш ніж за 12 годин польоту, а час обробки даних аерозйомки зіставно з часом збору даних.

Використання властивостей лідарних систем дозволяє виділити перспективні напрями їхнього використання для вирішення наступних задач [17]:

- великомасштабне топографічне картографування площадкових і лінійних військових об’єктів в масштабах 1:500, 1:1000 і дрібніше;
- отримання даних про істинний рельєф (поверхня землі) – навіть під кронами дерев (дає можливість для демаскування військової техніки супротивника) і побудова цифрових моделей рельєфу (ЦМР);
- отримання даних для побудови цифрових моделей місцевості (ЦММ);
- створення цифрових моделей складних військово-інженерних об’єктів, нафто - і газопроводів, технологічних майданчиків, потенційно небезпечних об’єктів, будівель і споруд і т.п., моніторинг їхнього стану;
- інженерні дослідження для проектування, будівництва і реконструкції лінійних і площадкових військових об’єктів;
- виконання досліджень уздовж трас проєктованих автомобільних і залізних доріг для військового постачання військ;
- проведення аеротопографічних зйомок місцевості.

Використання лазернолокаційних методів зйомки передбачає отримання геопросторових даних двох основних видів: власне даних лазернолокаційної зйомки (інша назва «облако лазерних точок») і цифрових аерофотознімків, використання якої дозволяє добитися значно більш високої фотографічної і фотограмметричної якості, а також істотно скоротити тривалість технологічного циклу виробництва топографічних матеріалів. Вся множина лазерних крапок розбивається по приналежності до того або іншого значущого морфологічного компоненту. На наступному етапі обробки здійснюється пер хід від хмари лазерних крапок, що представляють сцену спостереження, до цифрових моделей рельєфу (ЦМР) або цифрових моделей місцевості (ЦММ) з виділенням найважливіших поверхонь і контурів (рис. 8). При цьому можуть використовуватися як векторні, так і растрові компоненти.

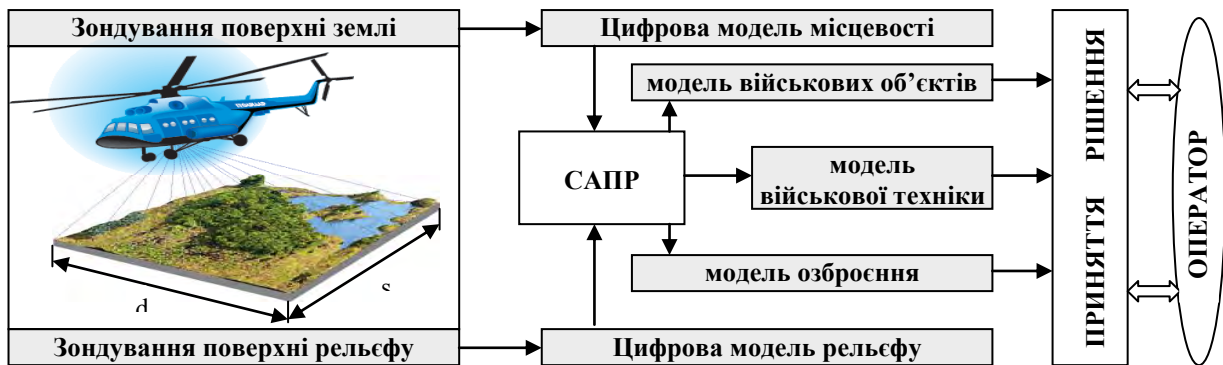


Рис. 8. Структурна схема зондування землі та рельєфу

Головними цілями такого перетворення є, поперше, редукція об’єму даних і, по-друге, формування представлення сцени у формі набору добре певних

математичних об’єктів (триангуляційні і регулярні моделі топографічних поверхонь, каркасні об’єктів і т.п.), зручних для подальшої обробки і використання в

САПР для ухвалення розв'язання оператором (рис. 8).

На третьому етапі з використанням ЦМР і ЦММ, побудованих за лазернолокаційними даними, здійснюється остаточне геопозиціонування і ортотрансформація цифрових аерофотознімків, отриманих з використанням аерофотоапарата, у тому числі побудова цифрових текстурованих моделей місцевості (рельєфу) і військових об'єктів, озброєння і військової техніки (рис.8).

Висновки

Таким чином, використання унікальних властивостей лазера дозволяє застосовувати лідари в системах ближньої і дальньої локації (стеження, наведення, відення), при контролі і виявленні БОР (ОР), СДОР і інших небезпечних і радіоактивних речовин, при зондуванні поверхні землі і рельєфу в режимі реального часу, при проведенні космічної, повітряної, наземної і підводної розвідки.

Застосування лідарних систем приводить до зміни кількісних і якісних характеристик і параметрів озброєння і військової техніки, що в цілому підвищує оперативність, ефективність його застосування.

Список літератури

1. Екологічна безпека військ / М.С. Підлісна.– К.: МОУ, 1998. – 130 с.
2. Оптико-електронні системи екомоніторингу природної середовища / В.Н. Рождествова. – М.: МГТУ, 2002. – 528 с.
3. Захаров В.М., Костко О.К., Хмелевцев С.С. Лідари и исследование климата. – Л.: Гидрометиздат, 1990. – 282 с.
4. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин и др. – М.: ИздАТ, 2001. – 659 с.

5. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. – М.: Мир, 1987. – 550 с.

6. Крылов А.И., Прокопенко В.Т., Тарлыков В.А. Основы лазерной техники. – Л.: Машиностроение, 1990. – 316 с.

7. Лазарев Л.П. Оптико-электронные приборы наведения. – М.: Машиностроение, 1989. – 512 с.

8. Курбатов Л.Н. Оптоэлектроника видимого и инфракрасного диапазонов спектра. – М.: МФТИ, 1999. – 320 с.

9. Лазерные системы видения. – М.: МГТУ им. Баумана, 2001. – 352 с.

10. Лазерная дальнометрия / Под ред. В.П. Васильева, Х.В. Хинрикус. – М.: Радио и связь, 1995. – 256 с.

11. Лазеры в авиации / Под ред. В.М. Сидорина. – М.: Воениздат, 1982. – 160 с.

12. Ю.В. Лопатин Ю.В., Филонов В.С., Васильев М.Н. и др. Дистанционная система мониторинга и регистрации ядерных и радиационных материалов. – М.: НИИЦ "СНИИП", 1997. – С. 73-75.

13. Писарев А.В. Военно-химическая метеорология и оценка радиационной и химической обстановки. Ч.3. Выявление и оценка химической обстановки. – Х.: ХВУ, 1998. – 130 с.

14. Сильнодействующие ядовитые вещества и защита от них / Под ред. В.А. Владимирова. – М.: Воениздат, 1989. – 152 с.

15. Долин Л.С., Левин И.М. Справочник по теории подводного видения. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 229 с.

16. Зуев В.Е., Банаш В.А., Покасов В.В. Оптика турбулентной атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 270 с.

17. Медведев Е. М., Данилин И. М., Мельников С. Р. Лазерная локация земли и леса. – М.: Геолитар, Геокосмос, 2007. – 127 с.

Надійшла до редколегії 5.03.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.І. Карпенко. Харківський університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ЛИДАРЫ. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБРАЗЦАХ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКЕ

П.Ф. Буданов, М.П. Буданов, Б.А. Демидов

Рассмотрены основные свойства лазерного импульсного зондирования: монохроматичность, когерентность, мощность, направленность и методы дистанционного лазерного зондирования, в основе которых лежат процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом: рассеяние Ми на аэрозольных частицах; молекулярное Релеевское рассеивание; комбинационное рассеивание; флуоресценция, в том числе и резонансная; резонансное поглощение; дифференциальное поглощение и рассеяние, которые позволяют применять лидары в системах и образцах вооружения и военной техники а именно: в системах локации, слежки, наведения, видимости, дальнометрии, прицельной навигационной, контролю параметров радиационной, химической и метеорологической разведки, выявления боевых, сильнодействующих ядовитых и радиоактивных веществ, зондирования поверхности земли и рельефа, в режиме реального времени, при проведении космической, воздушной, наземной и подводной разведки, кроме того применения лидарных систем приводит к изменению количественных и качественных характеристик и параметров вооружения и военной техники, которая в целом повышает оперативность, эффективность его приложения.

Ключевые слова: лидар, лазерный импульс, лазерное зондирование.

LIDAR BASIC PROPERTIES AND PROSPECTS OF APPLICATION ARE IN STANDARDS OF ARMAMENT AND MILITARY TECHNIQUE

P.F. Budanov, M.P. Budanov, B.A. Demidov

Basic properties of the laser impulsive sounding are considered: monochromaticity, coherentness, power, orientation and methods of the remote laser sensing, in basis of which to lie processes of co-operation of laser radiation with a matter: dispersion of Mi on aerosol particles; molecular Releevskoe dispersion; petticoat dispersion; fluorescence, including resonance; resonance absorption; differential absorption and dispersion, which allow to apply lidars in the systems and standards of armament and military technique namely: in the systems of локация, surveillance, aiming, visibility, aiming by a navigation, to control of parameters of radiation, chemical and meteorological secret service, exposure of battle, drastic poisonous and radio-active matters, sounding of terrene and relief, real-time, during the leadthrough of space, air, surface and submarine secret service, except for that application of the lidars systems to cause the change of quantitative and high-quality descriptions and parameters of armament and military technique, which promotes an operability, efficiency of his application on the whole.

Keywords: lidar, laser impulse, laser sounding.