

УДК 621.396.96

В. А. Романюк, А. А. Побережний, О. М. Сальников

## **ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО МЕТОДУ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ПОГЛИНАННЯ І РОЗСПОВАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФАКТУ ПЕРЕТИНАННЯ ПЕРИМЕТРА, ЩО ОХОРОНЯЄТЬСЯ**

*Розглянута можливість використання методу диференціального поглинання й розсіювання лазерного випромінювання з метою отримання інформації про об'єкти, які знаходяться поряд з периметром. Пропонується можливість заснована на істотних відмінностях оптико-атмосферних характеристик збуреної об'єктом області простору відносно навколишнього повітря.*

*К л ю ч о в і с л о в а:* лазерний радар, метод диференціального поглинання й розсіювання лазерного випромінювання.

**Постановка проблеми.** Сучасні системи захисту периметра характеризуються не тільки сукупністю взаємодіючих між собою найскладніших технічних пристроїв, а і їх взаємним розташуванням на місцевості, яке визначає конфігурацію зовнішніх рубежів охорони.

Ефективне функціонування системи фізичного захисту багато в чому залежить від правильного формування системи захисту периметра, розташованої на зовнішніх рубежах охорони об'єкта. В зв'язку з цим вона є найбільш важливою частиною комплексу інженерно-технічних засобів фізичного захисту.

Головна вимога до системи периметральної сигналізації – достовірність сигналізування. Також має бути забезпечене ефективне оброблення сигналу, що надійшов. Причому, чим більшою є довжина периметра, тим більш глибоку інтеграцію з іншими системами (ТВ-спостереження, тепловізори, контроль доступу, охоронне освітлення та ін.) необхідно забезпечити.

Крім того, останнім часом у світі значно зросла загроза терористичних нападів, що спричинило підвищення вимог до організації системи охорони. Отже, зросла роль першого рубежу охорони території і об'єктів, які на ній знаходяться [1, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні системи охорони периметра зазвичай є сполученням фізичного бар'єра та складної електронної системи охорони. При виборі відповідної системи сигналізації необхідно виходити з того, що жодна, навіть найкраща, система охорони не гарантує стовідсоткову захищеність об'єкта. Вона залежить від різних елементів, починаючи від ступеня важливості об'єкта, до умов його розташування на місцевості, тому і виникають певні труднощі вибору відповідної системи сигналізації. Ці труднощі практично унеможливають використання єдиної системи. Від організації взаємодії систем охорони в процесі спільного функціонування багато в чому залежить ефективність всього фізичного захисту об'єкта, що охороняють [2–4].

Вирішити дану проблему можливо шляхом комплексування охоронних систем, створених за різними фізичними принципами.

Одержання лазерами інформації про навколишні об'єкти базується на істотних відмінностях оптико-атмосферних характеристик збуреної об'єктом області простору від характеристик навколишнього, не збуреного, простору.

Перспективним напрямком створення ефективних сучасних технічних засобів охорони є розроблення системи, у якій використовується лазерне випромінювання. Складником такої системи є система лазерного зондування оптично прозорих середовищ, у якій реалізовані різноманітні ефекти взаємодії випромінювання, що посилає лазер у певну область простору, із середовищем. Така взаємодія проявляється у формі аерозольного, молекулярного, резонансного й вимушеного видів розсіювання. Кожне із цих явищ містить інформацію про різні характеристики області простору, яку зондують [5].

Таким чином, розроблення ефективних сучасних технічних засобів охорони є актуальним.

**Метою статті** є розгляд можливості застосовування методу диференціального поглинання і розсіювання (ДПР) лазерного випромінювання в системах охорони об'єктів.

**Виклад основного матеріалу.** Виявлення порушників периметра лазерними засобами можливе завдяки тому, що параметри повітря досліджуваного об'єму простору відрізняються від характеристик навколишнього повітряного середовища.

Загальний об'єм простору характеризується наявністю значної кількості різного роду газоподібних сполук, аерозольних утворень і часток, а також формуванням інтенсивних турбулентних потоків, спричинених температурою та рухом об'єкта в щільних шарах атмосфери.

Через наявність в слідах великої кількості стійких утворень у вигляді мікрівихрів відбиття оптичного випромінювання відбувається більш ефективно, ніж при звичайному розсіюванні. Лазерне визначення зміни параметрів турбулентності сліду, що зондують, може бути забезпечено методами, у яких використовують реєстрацію флукуації фази й порушення когерентності оптичних хвиль.

Аналіз результатів зондування в реальному масштабі часу дозволяє з високою ймовірністю встановити факт знаходження в досліджуваній області простору будь-якого об'єкта. Причому, залежно від типу об'єкта, у певних границях будуть мінятися склад сліду, концентрація часток та їхній просторовий розподіл, які можуть бути додатковими інформаційними ознаками селекції й розпізнавання цілей.

Фіксація цих відмінностей здійснюється в процесі оброблення результатів зондування досліджуваної області простору й полягає в порівнянні отриманих даних лазерних вимірів концентрації характерних компонентів з деяким їх граничним (фоновим) значенням, характерним для звичайної атмосфери в даному місці. Такі виміри виконують шляхом посилення випромінювачем лазера короткого світлового імпульсу в напрямку вибраного об'єму простору й реєстрації приймальним пристроєм розсіяного лазерного випромінювання у зворотному напрямку.

За результатами досліджень [5] найбільш чутливим і селективним методом вимірювання поточних значень концентрації складників викидів вихлопних газів є метод диференціального поглинання й розсіювання лазерного випромінювання молекулами речовини досліджуваної компоненти. При цьому було відмічено, що ефективність даного методу фактично визначається відношенням величин енергій прийнятих сигналів на двох різних довжинах хвиль, одна з яких, а саме  $E(\lambda_0)$ , відповідає лінії поглинання хімічної компоненти в повітряному об'ємі навколо об'єкта, а інша,  $E(\lambda_\omega)$ , перебуває поза цією лінією.

Дальність дії такої системи визначається рівнем прийнятих енергій сигналів, який повинен бути не менше граничної чутливості приймального пристрою.

Для даного методу енергії прийнятих сигналів на двох довжинах хвиль із об'єму  $\Delta R$  дорівнюватимуть:

$$E(\lambda_0, R) = E_0 \xi(\lambda_0) Y(R) \beta(\lambda_0, R) \Delta R \frac{A}{R^2} \exp \left[ -2 \int_0^R (K(\lambda_0, R) + N(R) \sigma(\lambda)) dR \right] \quad (1)$$

$$E(\lambda_\omega, R) = E_0 \xi(\lambda_\omega) Y(R) \beta(\lambda_\omega, R) \Delta R \frac{A}{(R)^2} \exp \left[ -2 \int_0^R K(\lambda_\omega, R) dR \right] \quad (2)$$

З даних виразів видно, що рівень розсіяного сигналу визначається багатьма параметрами, які залежать від властивостей лазерної системи та від стану траси. Параметри, що залежать від конструктивних особливостей системи, задають або оцінюють розрахунковим шляхом. Для параметрів, що характеризують стан траси, необхідно задавати їх модельні профілі, які найбільш адекватно відображають властивості реальної атмосфери. Таке моделювання потрібне також для прогнозування умов поширення оптичних хвиль у атмосфері.

Процес виявлення полягає в ухваленні рішення про наявність об'єкта біля периметра на основі результатів лазерного вимірювання концентрації вибраної хімічної компоненти і порівняння отриманого значення з деякою граничною величиною. Рішення про факт виявлення об'єкта приймається у випадку, якщо виміряне значення концентрації газу перевищує його граничне значення. Такий алгоритм процесу виявлення об'єктів передбачає виконання певної послідовності операцій, що обумовлюють одержання достовірного результату. У разі реалізації методу ДПР модель процесу виявлення має включати такі операції.

1. Вимірювання поточного значення концентрації  $N_{вим}$  вибраної хімічної компоненти на основі порівнювання прийнятих сигналів на довжинах хвиль  $\lambda_0$  та  $\lambda_\omega$  (у центрі й поза лінією контуру поглинання).

2. Обчислення граничного значення концентрації  $N_{пор}$  на основі аналізу результатів вимірювання прийнятого сигналу на довжині хвилі  $\lambda_0$ .

3. Порівняння виміряного  $N_{вим}$  і граничного  $N_{пор}$  значень концентрації й ухвалення рішення про наявність (відсутність) об'єкта у даному об'ємі простору.

Відповідно до алгоритму методу ДПР реєстрація сумарного зменшення рівня сигналу дозволяє виміряти поточне значення концентрації газової компоненти в об'ємі простору, який зондують. У цьому випадку поточне значення концентрації газу описує відомий вираз:

$$N_{изм}(R) = \frac{1}{2 \cdot \sigma(\lambda_0) \cdot \Delta R} \left[ \ln \frac{E(\lambda_0, R) E(\lambda_{\omega}, R + \Delta R)}{E(\lambda_0, R + \Delta R) E(\lambda_{\omega}, R)} \right] + \ln \left[ \frac{\beta(\lambda_0, R + \Delta R) \beta(\lambda_{\omega}, R)}{\beta(\lambda_0, R) \beta(\lambda_{\omega}, R + \Delta R)} \right] - 2 [K(\lambda_0, R) - K(\lambda_{\omega}, R)] dR, \quad (3)$$

де  $\Delta R$  – довжина взаємодії лазерного променя зі слідом об'єкта;  $\sigma(\lambda_0)$  – перетин поглинання молекул досліджуваного газу.

Перевагами лазерних радарів, порівняно з радіолокаторами, є:

- невеликі розміри оптичних антен (об'єктивів);
- висока точність визначення напрямку, обумовлена малим розходженням лазерного випромінювання;
- високі роздільна здатність і точність вимірювання координат.

Недоліки лазерних радарів:

- вузькість лазерного променя змушує використовувати більше одного каналу за висотою;
- неможливість функціонування в умовах зниженої прозорості атмосфери (туман, дощ, снігопад) і за наявності хмар.

Лазерні радары можуть бути застосовані у випадках недоступності вимірюваних об'єктів та неможливості використання відбивачів.

Розроблені промислові зразки радарів, що працюють в інфрачервоному та червоному діапазонах, мають діаметр перетину променя 0,17 мм на 2 м та 0,6 мм на 10 м відповідно. Маса типового пристрою складає 40 кг, його габарити: 324×454×823 мм [6].

Розглянуті принципи функціонування лазерних систем для вирішення локаційних задач підтверджують можливість їх застосування для виявлення порушників периметра.

### **Висновки**

Результати досліджень показують, що лазерна система, з урахуванням вимог до параметрів приймально-передавального і вимірювального каналів, здатна виявляти об'єкти на основі вимірювання концентрації газових компонентів, характерних для них. Ефективність функціонування і дальність дії такої системи залежать від вибору вихідних параметрів, умов локації та механізму розсіювання лазерного випромінювання.

### **Список використаних джерел**

1. Родионов, С. С. Технические основы организации периметровой защиты [Текст] / С. С. Родионов // Бизнес и безопасность. – 2006. – № 3. – С. 110–115.
2. Ананьев, С. Н. Системы обнаружения движущихся объектов по их собственным физическим излучениям [Текст] / С. Н. Ананьев, Ю. С. Лифанов, П. Ф. Хорев // Успехи современной радиоэлектроники. – 1998. – № 10. – С. 55 – 69.
3. Леус, А. В. Организация взаимодействия средств обнаружения и системы теленаблюдения на периметре охраняемого объекта [Текст] / А. В. Леус, Г. Ф. Шанаев // Системы безопасности. – 2010. – № 5. – С. 156–158.
4. Крылов, В. Идеальный периметр, или особенности построения систем защиты периметра в России [Текст] / В. Крылов, С. Михайлов // Системы безопасности. – 2013. – № 4. – С. 112–114.
5. Межерис, Р. Лазерное дистанционное зондирование [Текст] / Р. Межерис. – М. : Мир, 1987. – 550 с.
6. Бесконтактная измерительная система на базе лазерного радара серии MV 200 : проспект ООО “Нева Технолоджи”. – СПб., 2007.

*Стаття надійшла до редакції 21.10.2013 р.*