

Афанасенко Костянтин Анатолійович

заступник начальника кафедри, кандидат технічних наук, доцент

Катунін Альберт Миколайович

доцент кафедри, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Роянов Олексій Миколайович

*старший викладач кафедри, кандидат технічних наук, доцент,
Національний університет цивільного захисту України*

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІДАРІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ПОГЛИНАННЯ І РОЗСІЯННЯ ЩОДО ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИЦІ

Широке застосування лідарів диференціального поглинання і розсіяння (ДПР-лідарів) в інфрачервоному діапазоні для зондування газових молекул небезпечних речовин в атмосфері дозволяє зробити висновок про можливість їх використання для дистанційного зондування.

Наприклад, актуальним є завдання визначення концентрації молекулярного водню, що обумовлене загрозами аварій (вибухів) на промислових об'єктах енергетики внаслідок витoku водню. Так 11.03. 2011 року в результаті сильного землетрусу в Японії і наступного за ним цунамі відбулась аварія на АЕС Фукусіма-1, яка визначена як радіаційна аварія максимального 7-го рівня [1] за Міжнародною шкалою ядерних подій. Землетрус і удар цунамі вивели з ладу зовнішні засоби електропостачання та резервні дизельні генератори, що стало причиною непрацездатності всіх систем нормального та аварійного охолодження і призвело до розплавлення активної зони реакторів і вибухів водню на енергоблоках 1, 2 і 3 в перші дні розвитку аварії.

Застосування ДПР-лідарів поглинання базується на явищі резонансного поглинання лазерного випромінювання в межах контуру лінії поглинання речовини. При цьому використовується принаймні два лазерних пучка на різних довжинах хвиль, які послідовно або одночасно надсилаються вздовж однієї і тієї ж траси в атмосфері. Перша довжина хвилі λ_{on} розташована в центрі лінії поглинання, а друга (λ_{off}) – на її крилі.

Один лазерний пучок поглинається молекулами небезпечної речовини сильніше іншого. Спектральна відстань між двома пучками лазерного випромінювання незначна, тому перетин аерозольного розсіювання можна вважати однаковим для обох випадків, а відмінність в інтенсивності (або енергії, або потужності) зареєстрованих сигналів переважно обумовлено різницею в поглинанні зазначених довжин хвиль зондувального лазерного випромінювання молекулами досліджуваного газу на атмосферній трасі.

Лідарний метод диференціального поглинання дозволяє отримувати інформацію про просторовий розподіл небезпечної речовини (газу) уздовж траси зондування. На рис. 1 зображені схеми зондування небезпечних речовин методом диференціального поглинання з розподіленими по трасі зондування відбивачами на відстані z і $z + \Delta z$ від лазерного приймача. Реалізація такої схеми на практиці може здійснюватися або шляхом погодинного перетину лазерного пучка проміжними відбивачами, або невеликим зміщенням діафрагми спрямованості лазерного передавача поперемінно з одного відбивача на інший, розведених на незначний кут.

В даному методі роль відбивачів, розподілених по всій трасі зондування, грають небезпечні речовини (гази), аерозолі і молекули атмосфери. Розсіяна ними назад частина енергії лазерного імпульсу, що поширюється по трасі зондування, поступає на приймальну антену і реєструється фотоприймачем.

В такому лідарі можливо застосування зондування на двох довжинах хвиль, причому інформація про розподіл концентрації цих молекул в атмосфері отримується на основі порівняння лідарних сигналів, що реєструються, на цих двох довжинах хвиль в досить вузькому спектральному інтервалі.

Таким чином необхідно здійснити чисельне рішення лідарного рівняння для диференціального поглинання і розсіювання при зондуванні молекул H_2 з метою формування висновків щодо вибору оптимального варіанту лідарної системи для виявлення небезпечних речовин для забезпечення техногенної безпеки. Відповідні розрахунки проводились для виявлення водню H_2 .

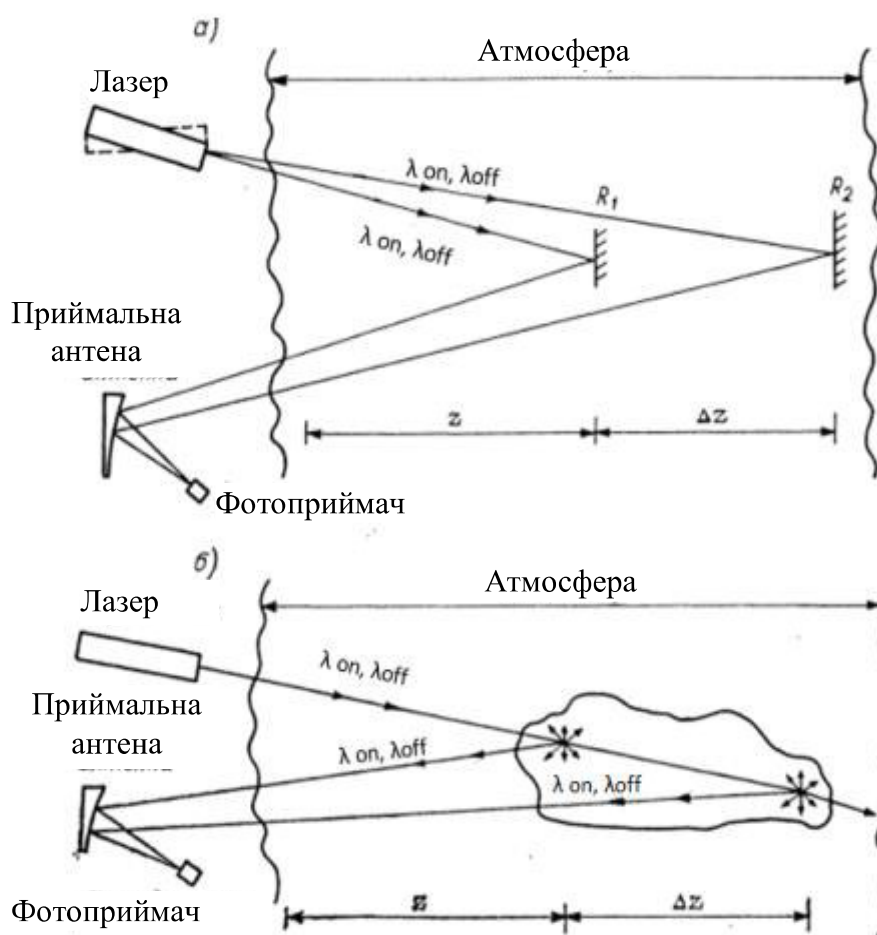


Рис.1 – Схеми зондування небезпечних речовин методом диференціального поглинання з використанням розподілених по трасі зондування відбивачів (а) або зворотного розсіювання зондувального випромінювання атмосферою (б)

Математичне моделювання дозволяє отримати відповідні залежності концентрації молекул водню для різних значень траси при різних значеннях відношень потужностей відбитих лазерних сигналів відповідних довжин хвиль (рис.2).

Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки щодо можливостей виявлення лідаром концентрацій небезпечних речовин:

- при прийнятих даних діапазон вимірювання концентрацій водню складає 2 порядки на відстанях одиниць км: $10^{13} \dots 10^{15} \text{ см}^{-3}$;

- відношення потужностей прийнятого лазерного випромінювання істотно залежить від концентрації небезпечної речовини (в нашому випадку водню). Це відношення має мінімальне значення для малих концентрацій та зростає для більших рівнів концентрацій для будь-яких відстаней. При значенні зростанні значення відношення з 1,1 до 1,5 на відстанях в десятки м концентрація зростає в рази;

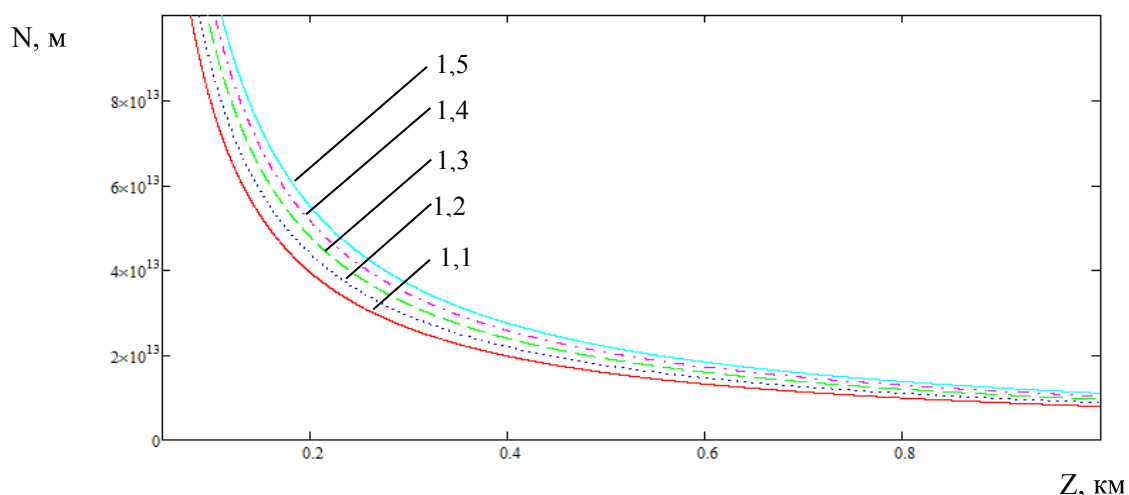


Рис.2 – Залежність концентрації водню від дальності траси для потужності випромінювача 100 Вт, метеорологічної дальності бачення $V=2$ км та відношенні потужностей прийнятого лазерного випромінювання $P(\lambda_{off},Z) / P(\lambda_{on},Z) = 1,1; 1,2; 1,3; 1,4$ та $1,5$

- із зростанням довжини області, в якій визначається концентрація небезпечної речовини, значення концентрації зменшується.

Таким чином, отримані результати показують можливість визначення концентрацій небезпечної речовини (в нашому випадку водню) лідарними системами на відстанях в одиниці км із врахуванням загасання лазерного випромінювання в атмосфері для різних довжин хвиль з метою забезпечення техногенної безпеки об'єктів енергетики.

Список використаних джерел:

1. Авария на АЭС Фукусима-1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Аварія_на_Першій_Фукусімській_АЕС.