

**Вінницький національний технічний університет (ВНТУ)
Інститут кібернетики НАН України
Національний технічний університет України “КПІ”
Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (ІЕЕЕ), Українська
секція
Національний університет “Львівська політехніка”**

IX Міжнародна конференція

**КОНТРОЛЬ І УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ
СИСТЕМАХ (КУСС-2008)**

**Вінниця
21-24 жовтня 2008 року**

І.В.Васильківський, В.Петрук, С.Кватернюк

АНАЛІЗ РІВНЯННЯ ЛАЗЕРНОГО ЗОНДУВАННЯ АТМОСФЕРИ ДЛЯ ОДНОКРАТНОГО РОЗСІЯННЯ

Значне число завдань лазерного зондування атмосфери можна описати за допомогою лідарного рівняння, яке враховує залежність послаблення лазерного випромінювання від властивостей досліджуваного середовища, часу інтегрування фотоприймача і тривалості лазерного імпульсу. У загальному випадку складність інтерпретації інформації, що поступає від лідара, значною мірою залежить від геометрії завдання і оптичних характеристик об'єкту дослідження [1]. У випадку імпульсної лідарної системи, що працює в моностатичному режимі, зростання потужності сигналу $\Delta P(\lambda, R)$, реєстроване фотоприймачем в діапазоні довжин хвиль $(\lambda, \lambda + \Delta\lambda)$ від елемента простору, розташованого в інтервалі $(R, R + \Delta R)$ визначається як

$$\Delta P(\lambda, R) = \int J(\lambda, R, \vec{r}) \Delta\lambda \Delta R p(\lambda, R, \vec{r}) dA(R, \vec{r}), \quad (1)$$

де $J(\lambda, R, \vec{r})$ – індукована лазером спектральна щільність енергетичної яскравості на довжині хвилі λ елемента площі об'єкту, положення якого визначається радіусом-вектором \vec{r} в шарі одиничної товщини, розташованому на відстані R від лідара; $dA(R, \vec{r})$ – елемент площі об'єкту в положенні \vec{r} на відстані R від лідара; $p(\lambda, R, \vec{r})$ – вірогідність попадання випромінювання з довжиною хвилі λ , що виходить з елемента площі $dA(R, \vec{r})$, на фотоприймач.

Враховуючи, що шлях променя в середовищі, зазвичай, значно перевищує довжину лазерного імпульсу $c\tau_L$, то для невеликих відстаней, на яких ведеться інтегрування, параметри, які залежні від відстані, можна вважати постійними. Тоді повністю розсіяну потужність лазера, що реєструється фотоприймачем за час $t = 2R/c$, можна виразити як

$$P(\lambda, t) = A_0 \xi(\lambda) \beta(\lambda_L, \lambda, R) T(\lambda, R) \xi(R) I(R) A_L(R) \frac{c\tau_L}{2R^2}. \quad (2)$$

Для прямокутного лазерного імпульсу тривалістю τ_L справедливе співвідношення

$$I(R) = \frac{P_L T(\lambda_L, R)}{A_L(R)}, \quad (3)$$

де P_L – максимальна потужність лазера, яка в загальному випадку дорівнює

$$P_L = E_L / \tau_L, \quad (4)$$

$T(\lambda_L, R)$ – коефіцієнт пропускання атмосфери на довжині хвилі лазера на шляху R . Із закону Бугера-Ламберта-Бера випливає, що коефіцієнти пропускання дорівнюють:

$$T(\lambda_L, R) = \exp\left[-\int_0^R k(\lambda_L, R) dR\right] \quad \text{та} \quad T(\lambda, R) = \exp\left[-\int_0^R k(\lambda, R) dR\right] \quad (5)$$

де $k(\lambda_L, R)$ і $k(\lambda, R)$ – коефіцієнти послаблення в атмосфері для лазерної довжини хвилі, та хвилі, що детектується. На практиці вимірюється енергія на довжині хвилі λ , зареєстрованої детектором за час τ_d , що дорівнює часу інтегрування фотоприймача,

$$E(\lambda, R) = \int_{2R/c}^{2R/c + \tau_d} P(\lambda, t) dt. \quad (6)$$

Об'єднавши рівняння (2–6) можна отримати вираз для енергії лазера, що розсіюється об'єктом і реєструється за час інтегрування детектора τ_d :

$$E(\lambda, R) = E_L \xi(\lambda) T(R) \xi(R) \frac{A_0}{R^2} \beta(\lambda_L, \lambda, R) \frac{c\tau_d}{2}, \quad (7)$$

який і є лідарним рівнянням при однократному розсіянні променя.

Література

1. Привалов В.Е., Шеманин В.Г. Параметры лидаров для дистанционного зондирования газовых молекул и аэрозоля в атмосфере. Учебное пособие.– СПб: Балт.гос. техн. Ун-т, 2001. 56 с.