

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ АТМОСФЕРЫ ЛИДАРОМ

Леонтьев А.О.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Зарудный А.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, просп. Науки,14, каф. РТИКС, тел. (057) 702-14-44)
e-mail: alexgeekin.com@gmail.com

The use of the lidar equation assumes the total exposure of the volume exposed to laser radiation in the field of view of the optical telescope of the receiver. To obtain altitude profiles of the density of the atmosphere by the lidar method, a backscattering signal is used. A laser with a narrow radiation pattern is used as an emitter in the lidar transmitter. The intensity in the cross section of the emitted pulse has a Gaussian shape. In this case, it should be limited to a uniform distribution of energy in the beam cross section. The vertical propagation of a monochromatic wave in the atmosphere is accompanied by various scattering methods.

Известно, что для получения высотных профилей плотности атмосферы лидарным способом используется сигнал обратного рассеяния [1]. Приём сигнала обратного рассеяния осуществляется телескопом с приёмным зеркалом и расположенным в его фокусе фотоэлектронным умножителем (ФЭУ), работающим, как правило, в режиме счёта фотонов. Стробирование по высоте производится с дискретностью, ограниченной длительностью зондирующего импульса, а величина отражённого сигнала с каждого высотного интервала накапливается по нескольким импульсам в соответствующей ячейке дальности [2].

Рассеянный атмосферой сигнал позволяет получить высотный профиль атмосферной плотности в интервале высот от приземного слоя до примерно 60 км с использованием методики, при которой атмосфера предполагается квазиоднородной, подчиняющейся уравнению газового состояния и находящейся в гидростатическом равновесии, то есть атмосферные турбулентности не оказывают влияния на среднее значение плотности воздуха.

Применение лидарного уравнения предполагает полное попадание объёма, подвергающегося воздействию лазерного излучения, в поле зрения оптического телескопа приёмника. Использование лидарных систем с применением бистатической схемы зондирования и механических систем обтюраторов на входе ФЭУ с конечным временем раскрытия фотокатода уменьшает перегрузку фотоприёмника [2]. Однако при такой схеме лидарное уравнение должно быть дополнено множителем (геометрическим фактором), определяющим величину перекрытия полей зрения приёмника и передатчика.

Для лидарной системы, имеющей параллельные оси передатчика и приемника, геометрический коэффициент зависит от расстояния между осями приемника и передатчика a , угла обзора приемного телескопа 2α , расходимости лазерного излучения 2β и расстояния до зондируемого слоя атмосферы h . Можно показать, что геометрический коэффициент γ , равный отношению площади сечения луча, попадающего в поле зрения приемного телескопа, к полному сечению рассеянного излучения равен:

$$\gamma = \frac{E}{E_{max}} = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^2 \cdot [\arccos B - B \sin(\arccos B)] + [\arccos C - C \sin(\arccos C)] \right\}. \quad (1)$$

Здесь использованы обозначения: $B = \frac{\chi}{\alpha h}$, $C = \frac{a - \chi}{\beta h}$,

где $\chi = \frac{h^2(\alpha^2 - \beta^2) + a^2}{2a}$

Рассмотрим три характерных случая:

$h \leq \frac{a}{\alpha + \beta}$ получим $\gamma = 0$, т.е. перекрытие поля зрения приёмника и диаграммы направленности излучения передатчика отсутствует;

$h \geq \frac{a}{\alpha - \beta}$ получим $\gamma = 1$ и полное перекрытие поля зрения приёмника и диаграммы направленности излучения передатчика;

$\frac{a}{\alpha + \beta} < h < \frac{a}{\alpha - \beta}$ в лидарное уравнение необходимо ввести коэффициент, рассчитываемый по формуле (1) возможен расчёт по основной формуле.

Полное перекрытие наблюдается только на высотах, определяемых уравнением $h \geq \frac{a}{\alpha - \beta}$, а отсутствие учёта геометрического фактора на более низких высотах не даёт возможности с достаточной точностью определить профиль плотности атмосферы.

Список использованных источников:

1. Лазерный контроль атмосферы./ Под ред. В.Е. Зуева. М.: Мир, 1979. - 416с.
2. Зарудный А.А., Мегель Ю.Е., Лагутин М.Ф. Лидар для исследования мезосферной примеси // Оптика атмосферы. - 1988. - Т. 1. - №6. - С. 83-89.