

**Оптимальные схемы измерения углового размера  
ореола прямого рассеяния в задаче сопоставления  
рассеивающему слою эквивалентной  
монодисперсной среды**

**Г. П. Арумов, А. В. Бухарин**

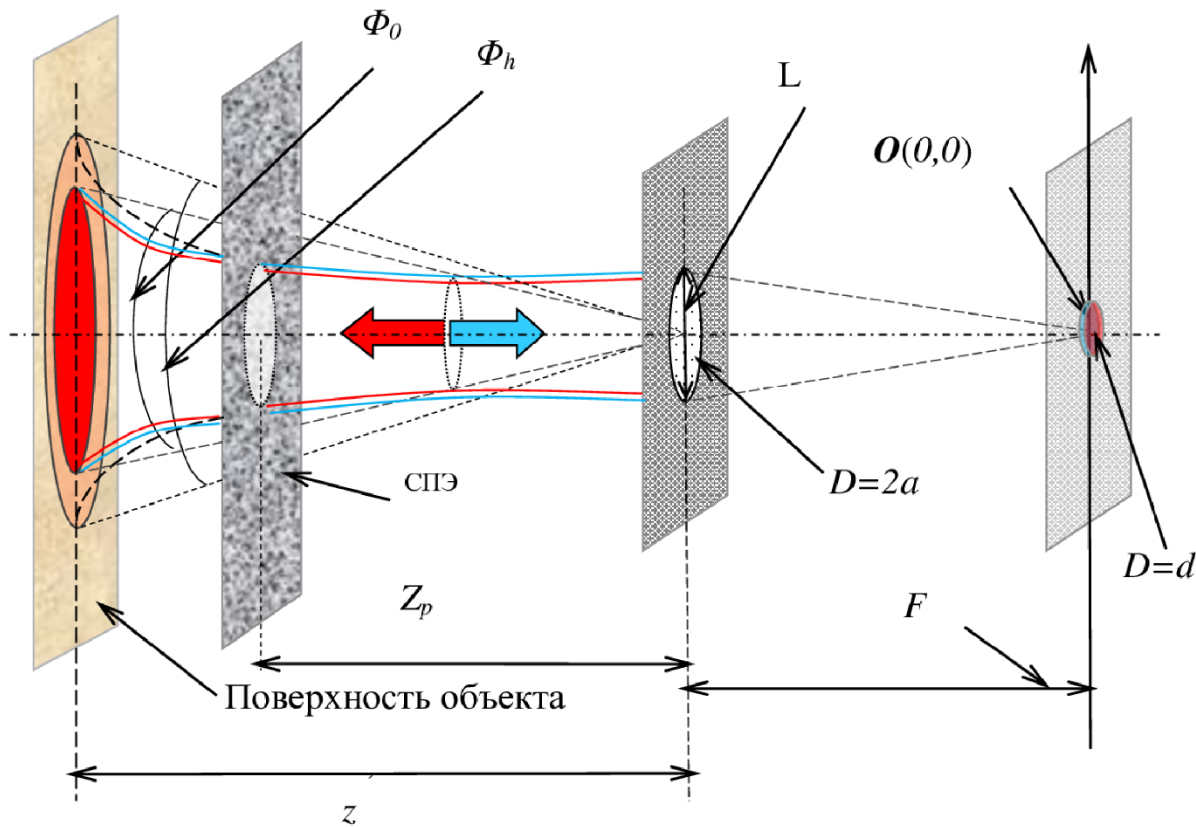
***Институт космических исследований РАН,  
Москва, Россия***

***e-mail: [tumbul@iki.rssi.ru](mailto:tumbul@iki.rssi.ru)***

# Трансформация поперечных размеров пучка в рассеивающей среде

В простейшем случае поперечная трансформация распространяющегося в рассеивающей среде пучка может быть связана с дифракцией на частицах среды. При использовании двумерных экранов, созданных по изображениям частиц, оптимальная схема измерений может быть реализована посредством линейного увеличения изображений частиц. Оптимальному размеру частиц соответствует размер изображений, при котором угловой размер ореола, возникающий в результате прямого рассеяния, будет равен угловому размеру пучка. В случае, когда размер изображения равен отношению длины волны к угловому размеру пучка, экран должен располагаться в плоскости выходного объектива. Чем меньше поперечное сечение частиц, тем дальше экран должен находиться от лидара. Эквивалентное сечение рассеивающих частиц в слое определяется однозначно по угловому размеру ореола вокруг пучка. Угловой размер ореола вокруг пучка определяет эквивалентное сечение изображений частиц.

# Идеальная схема зондирования (ИС)



# Основные соотношения

Угловой размер пучка  $\Phi_{\Gamma}$  из плоскости созданного по изображениям частиц  $2d(n)$ -экрана определяется как

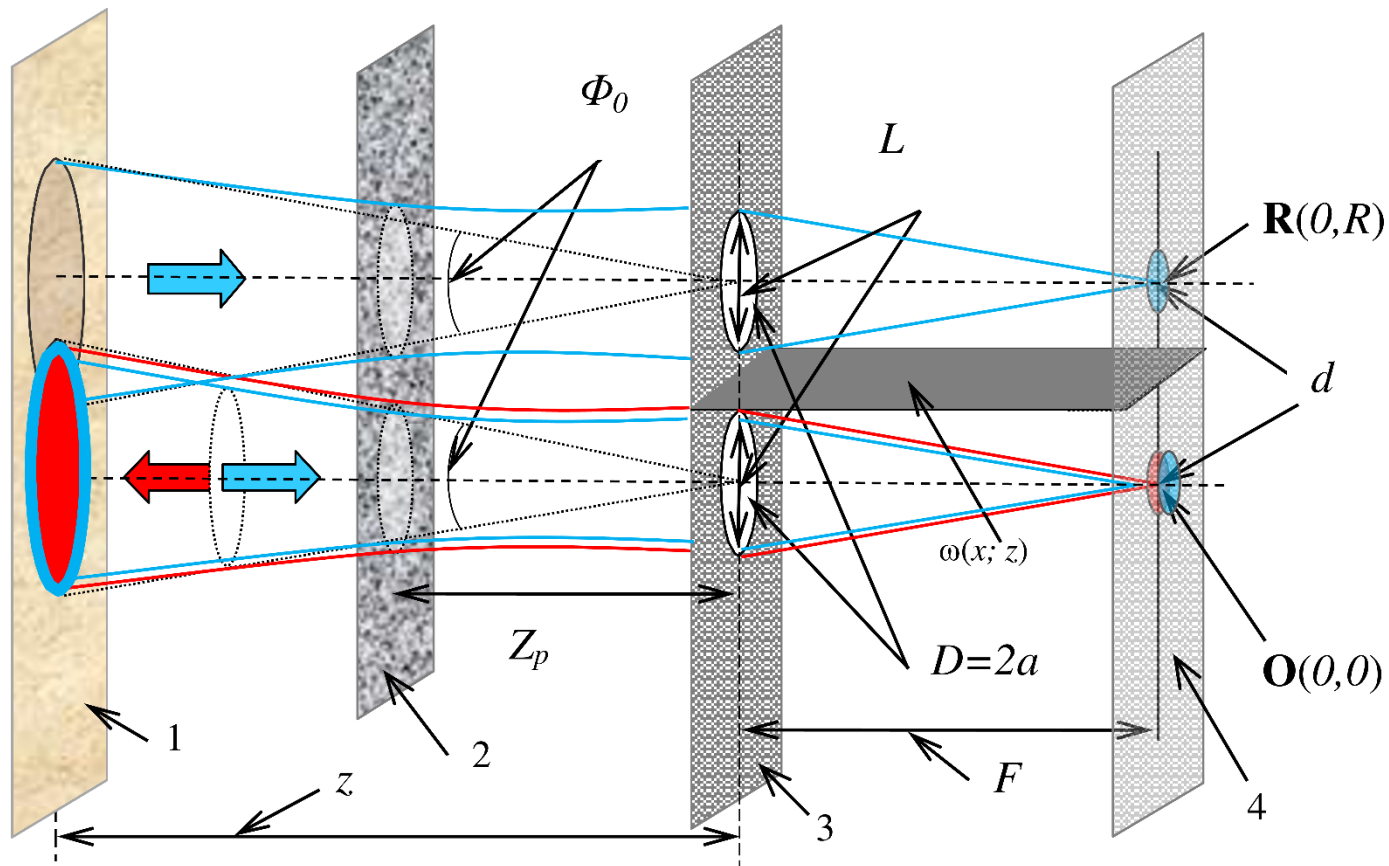
$$z_{\Gamma}^{-2} = p^2/z^2 + (1 - p^2)/z_{op}^2 \quad \Phi_{\Gamma} = \Phi(Z_{\Gamma}/Z)$$

Выражение содержит неизвестные величины  $Z_{\Gamma}$ ,  $Z_{op}$ , характеризующие поперечные искажения прошедшего через созданный по изображениям частиц  $2d(n)$ -экран пучка. Следовательно, лидары с ОПС не позволяют измерять такие искажения. Это не даёт возможности определить базовые характеристики микроструктуры экрана  $p$ ,  $Z_{op}$ . Измерить эти величины позволяет двухпозиционная схема.

# Недостатки существующих лидаров

- ◆ 1. Не реализован полный сценарий калибровки для измерения базовых коэффициентов
- ◆ 2. Нет подхода к выбору оптимальной схемы зондирования
- ◆ 3. Нет способов измерения аппаратной функции
- ◆ 4. Не проанализированы факторы, влияющие на зависимость обратного сигнала от поля зрения и угловых искажений пучка

# Двухпозиционная схема



# Параметры ДПС

- ◆ Для рассматриваемой ДПС должны выполняться следующие требования:
- ◆ Поля зрения первого и второго приёмных каналов должны совпадать с угловым размером зондирующего пучка на расстояниях, превышающих размер ближней зоны
- ◆ Выполняется предел геометрической оптики;
- ◆ Оптические оси всех каналов параллельны.

# Измерение перекрытий

- ◆ Отношение интенсивностей для дополнительного и основного приёмных каналов составит

$$\Pi(z) = \frac{I(R; z)}{I(0; z)} = \Pi \left( \frac{R^2}{4a^2(z/Z_{\Pi})^2} \right)$$

Это отношение зависит от положения экрана вдоль линии зондирования и определяет угол дифракции от плоской волны  $\Phi_d$

Эквивалентные сечения и поверхностная плотность составят

$$S_{\text{ЭКВ}} = C_1 \pi (\lambda / \Phi_d)^2 \quad n_{\text{ЭКВ}} = \rho / S_{\text{ЭКВ}}$$



# Вывод

Оптимальные схемы измерений можно получить, как посредством изменения расстояния между созданным по изображениям частиц экраном и лидаром на трассах с фиксированной дальностью, так и по линейному увеличению изображений частиц на указанном экране. Чем дальше экран находится от лидара, тем меньше должно быть поперечное сечение изображений рассеивающих частиц. Поскольку эквивалентное сечение определяется однозначно только по угловому размеру ореола вокруг пучка, то для его измерения необходимо применение двухпозиционных схем. Такой метод применим как для полидисперсных, так и несферических частиц. Наличие таких частиц является характерным для приземных слоёв атмосферы.

**Работа выполнена в рамках программы  
«Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8.**

# References

- ◆ Chemyakin E., Burton S., Kolgotin A., Müller D., Hostetler C., and Ferrare R., *Applied Optics*, 2016. vol. 55, Issue 9, pp. 2188-2202.
- ◆ Veselovskii I., Kolgotin A., Griaznov V., Muller D., Wandinger U., and Whiteman D. N., *Applied optics*. 2002, vol. 41, no. 18. pp 3685-3699.
- ◆ Glenn K. Y., *Applied Optics*, 2000, vol. 39, no. 30, pp. 5446-5455.
- ◆ Mishchenko M. I., *Journal Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*. 2009. vol. 110. no. 11. pp. 808–832.
- ◆ Арумов Г. П., Бухарин А. В. Использование специальных экранов, моделирующих рассеянное в среде излучение, для измерения эквивалентного поперечного сечения частиц // Журнал "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса." 2021. Т. 18. № 6. С. 118- 126. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18