Союз Советских Социалистических Республик

Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 1000984

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 17.11.80 (21) 3006908/18-10

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 28.02.83. Бюллетень № 8

Дата опубликования описания 28.02.83

(51) М. Кл.[3] G 01 W 1/00

(53) УДК 551.508.92(088.8)

(72) Автор изобретения В. Н. Маричев

(71) Заявитель Институт оптики атмосферы Томского филиала Сибирского отделения АН СССР

ВСЕСОЮЗНАЯ ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА 13 13

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ АТМОСФЕРЫ

1

Изобретение относится к анализу состояния атмосферы оптическими методами и может быть использовано для дистанционного определения прозрачности атмосферы, информация о которой нужна аэропортовым службам, в метеорологии, для контроля загрязненности атмосферы и для прогноза работы локационных оптических систем и систем оптической связи.

Известен способ определения прозрачности атмосферы путем посылки в атмосферу в нужном направлении оптического излучения и приема рассеянного воздухом или объектом в сторону приемника излучения с последующей регистрацией полностью поступившего на приемник излучения. Прозрачность атмосферы находится из формул

$$P(R)=A_1\frac{P_0}{R^2}\beta 180^\circ(R)T^2(R) \quad (1)$$

2

для случая рассеяния излучения слоями воздуха и

$$P(R)=A_2\frac{P_0}{R^2}\gamma 180^\circ T^2(R) \quad (2)$$

для случая отражения излучения от объекта,

где $P(R)$ - мощность принимаемого сигнала;

P_0 - мощность начального излучения;

R - расстояние;

A_1, A_2 - аппаратурные константы;

$\beta 180^\circ(R)$ - коэффициент рассеяния излучения воздухом в направлении приемника;

$\gamma 180^\circ$ - коэффициент отражения излучения объектом в направлении приемника.

Однако для однозначного определения прозрачности атмосферы по формулам (1) и (2) требуется знание параметров $A_1, \beta 180^\circ$ или $A_2, \gamma 180^\circ$. Так, для определения аппаратурных

констант A_1 и A_2 необходимо проведение спациальных калибровочных измерений, а для нахождения величин β_{180° и γ_{180° является вынужденным использование приблизительных предположений о рассеивающих свойствах сред или проведение их измерений другими независимыми способами. Указанные недостатки ведут к увеличению погрешности определения прозрачности атмосферы.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому является способ определения прозрачности атмосферы путем посылки в атмосферу оптического излучения, приема отраженного обратно излучения и суждения о прозрачности атмосферы по положению максимума принятого сигнала, причем посылают линейно поляризованный световой пучок, из рассеянного в обратном направлении выделяют деполяризованную компоненту, деполяризованную компоненту усиливают пропорционально квадрату текущего времени.

Операция выделения деполяризованной компоненты вносит в измерения погрешность, кроме того, используется только часть сигнала, операция усиления принимаемого сигнала пропорционально квадрату текущего времени также вносит дополнительные погрешности.

Цель изобретения - повышение точности определения прозрачности атмосферы.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу определения прозрачности атмосферы путем посылки в атмосферу оптического излучения, приема отраженного обратно излучения и суждения о прозрачности атмосферы по положению максимума принятого сигнала, посылают непрерывное излучение, измеряют распределение интенсивности принимаемого излучения в плоскости изображения освещенного рассеивателя и определяют расстояние от точки с максимальной интенсивностью до точки, образуемой пересечением фокальной плоскости приема с осью, проходящей параллельно оптической оси зондирующего луча через центр приемного объектива.

На чертеже приведена схема, поясняющая суть способа. Передатчиком 1 в атмосферу посылается коллимированный луч 2 с начальным диаметром d_0 и расходимостью 2θ. Рассеянное атмосферой излучение падает на приемный объектив 3 и фокусируется им в плоскости изображения, проходящей перпендикулярно плоскости чертежа по оси Z. Оптические оси передатчика 4 и приемника 5 на чертеже расходятся под углом φ, они также могут быть параллельными или сходиться. Участок трассы $R_1 R_2$, освещенный зондирующим лучом 2, отобразится в плоскости изображения участком $Z_2 Z_1$, а в целом зондируемая лучом 2 трасса отобразится сегментом 6 в плоскости изображения, причем оптической оси 4 будет соответствовать ось Z, которая будет являться осью симметрии сегмента 6.

Освещенность площадки E в зоне сегмента 6 будет определяться формулой

$$E = K \frac{P_0 S \beta_\varphi(R) T^2(R) R}{4\pi b f^2 (d_0 + 2R \operatorname{tg}\theta)}, \quad (3)$$

где P_0 - мощность начального излучения;

$\beta_\varphi(R)$ - коэффициент рассеяния излучения воздухом в направлении приемника;

$T(R)$ - прозрачность атмосферы;

S, f - площадь и фокусное расстояние приемного объектива;

K - коэффициент пропускания приемно-передающей систем;

b - расстояние между оптическими осями приемника и передатчика (т.е. база лидара).

При выполнении условий

$$d_0 \gg 2R \operatorname{tg}\theta \quad (4)$$

$$E = \frac{P_0 S \beta_\varphi(R) T^2(R) R}{4\pi b f^2 d_0}, \quad (5)$$

т.е. освещенность прямо пропорциональна произведению $\beta_\varphi(R) T^2(R) R$. Данное обстоятельство позволяет находить коэффициент экстинкции на сравнительно однородных трассах $\beta_\varphi(R) \simeq \text{const}$, поскольку из условия $(dE/dR)=0$ имеем

$$\alpha = \frac{1}{2R_{max}}, \quad (6)$$

где пространственная координата R_{max} соответствует координате точки максимальной освещенности Z_{max}.

Связь между координатами R и Z определяется поперечным и угловым увеличением приемной системы и записывается как

$$Z = \frac{f}{R}\sqrt{(b+R\sin\varphi)^2+f^2} \quad (7)$$

Отсюда

$$R_{max} = \frac{f\,f b\sin\varphi + \sqrt{Z_{max}^2(b^2+f^2) - f^4\sin^2\varphi}}{Z_{max}^2 - f^2\sin^2\varphi} \quad (8)$$

а $$d = \frac{1}{2R_{max}}. \quad (6)$$

Таким образом, измеряя распределение интенсивности принимаемого сфокусированного излучения в плоскости изображения освещенного рассеивателя по максимальному сигналу находят координату Z_{max}, по которой определяют коэффициент экстинкции d, т.е. прозрачность атмосферы $T(P) = e^{-\alpha R}$.

Рассмотрим возможности реализации способа. Условия (4) выполнимы, когда используются лидары с большим диаметром выходящего луча и его малой расходимостью или для малых расстояний R. Реальными для лидаров могут быть взяты $d_0 \geq 1$м, $2\theta = 10^{-4}$рад. Задаваясь, например порогом $2R\,tg\theta \geq 10$, имеем $R \leq 1$ км. Отсюда следует, что рабочая, просматриваемая лидаром зона составляет радиус примерно 1 км, а сам лидар, согласно (6), позволяет определять коэффициенты экстинкции $d \geq 0{,}5$ км$^{-1}$, т.е. работать в замутненной атмосфере.

Оценим отношение сигнала к шуму для рассматриваемого лидара. Зададим следующие типичные для лидара и атмосферы параметры: $\alpha = 0{,}5$ км$^{-1}$, $\beta_y = 12\cdot10^{-6}$м стер.$^{-1}$, b=f=1 м, K=0,7, диаметр приемного телескопа D=0,4 м. Пусть в лидаре используется лазер с длиной волны $\lambda = 0{,}5$ мкм и мощностью $P_0 = 5$ Вт, работающий в непрерывном режиме. Для $\lambda = 0{,}5$ мкм является вполне достижимой пороговая мощность фотоприемников $P_{пор} = 10^{-13}$ВтГц$^{-1/2}$. Определим полосу пропускания регистратора $\Delta V = 100$ Гц. Тогда, если сигнал регистрируется с площадки $S_Д$ (зададим диаметр регистрирующей диафрагмы $\Delta Z_Д = 2$ мм), мощность светового сигнала запишется, как

$$P(R) = E(R)\cdot S_Д \quad (9)$$

А приведенная к входу приемной системы пороговая мощность $\Phi_{пор}$ определяется, как

$$\Phi_{пор} = P_{пор}\sqrt{\Delta\nu}. \quad (10)$$

Тогда отношение сигнала к шуму представится в виде

$$\frac{P(R)}{\Phi_{пор}} = \frac{E(R)\,S_Д}{P_{пор}\sqrt{\Delta\nu}}. \quad (11)$$

Подставляя значения приведенных выше параметров в формулу (11), получим $P(R)\Phi_{пор} = 1{,}3\cdot10^{-12}$ м$^{-1}$ R·T^2. Для значений R=10, 100, 200, 500 и 1000 м отношение сигнала к шуму составит 13, 117, 213, 394 и 478 соответственно. Из приведенных расчетов видно, что мощность полезного сигнала значительно превышает мощность шума.

Операция измерения интенсивности принимаемого излучения в плоскости изображения освещенного рассеивателя может выполняться несколькими способами, например, сканированием фотоприемника с малой приемной апертурой, сканированием малой диафрагмы, через которую излучение проходит на неподвижный фотоприемник, размещением в плоскости изображения матрицы диафрагм и регистрацией с них сигналов соответствующими фотоприемниками.

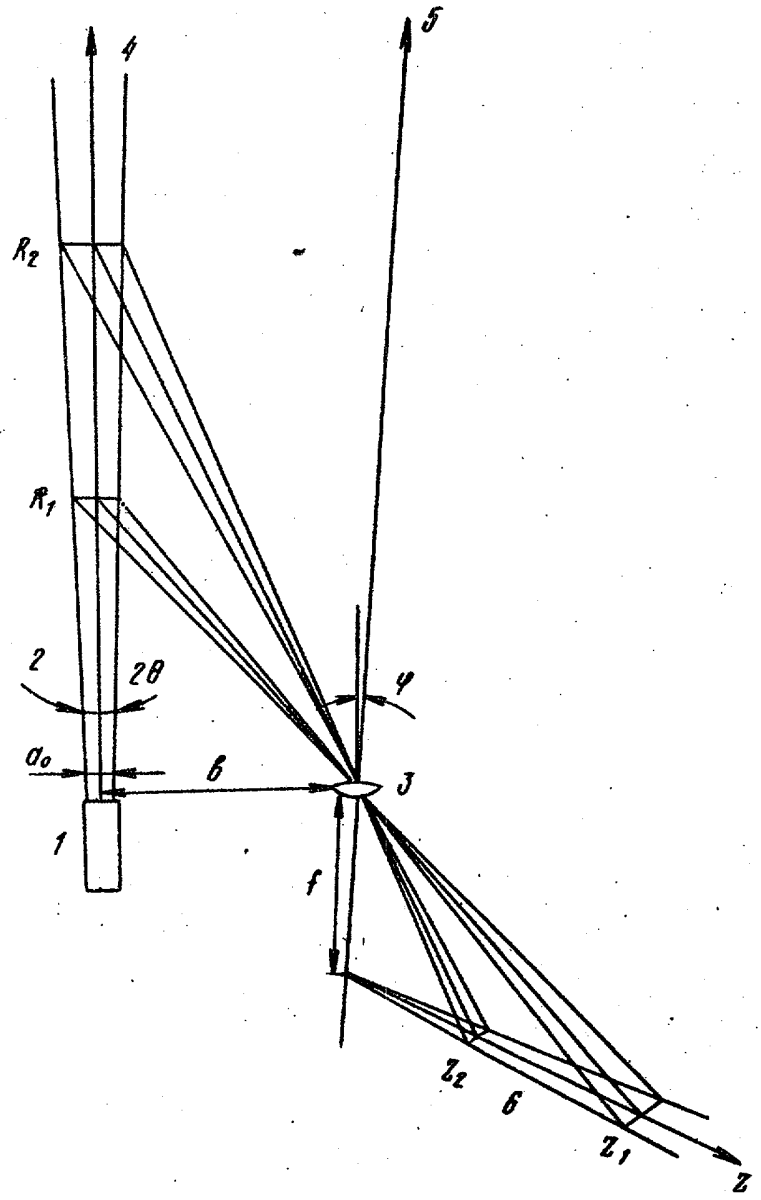
Таким образом, показана методическая и аппаратурная реализуемость способа.

Предлагаемый способ позволяет упростить методику измерений коэффициента экстинции (т.е. прозрачности атмосферы) и повысить точность его определения.

Формула изобретения

Способ определения прозрачности атмосферы путем посылки в атмосферу оптического излучения, приема отраженного обратно излучения и суждения о прозрачности атмосферы по положению максимума принятого сигнала, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения точности, посылают непрерывное излучение, измеряют распределение интенсивности принимаемого излучения в плоскости изображения освещенного рассеивателя и определяют расстояние от точки с мак-

симальной интенсивностью до точки, образуемой пересечением фокальной плоскости приема с осью, проходящей параллельно оптической оси зондирующего луча через центр приемного объектива.



Составитель В. Агапова
Редактор И. Ковальчук Техред М.Коштура Корректор А. Дзятко

Заказ 1381/50 Тираж 708 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4