

Г.А. Гуляев, Г.Е. Шуляковский

ИЗМЕРЕНИЕ ОСЛАБЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОБЛАКАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Приводятся результаты прямых самолетных измерений коэффициентов ослабления в облаках для двух лазерных длин волн ($\lambda = 0,632$ и $10,6$ мкм).

Несмотря на то, что к настоящему времени уже накоплено большое количество сведений по потерям оптического излучения в облаках различного типа, необходимость в получении новых результатов не исчезла [1,2]. Это вызвано тем, что большая часть таких сведений получена либо на основе теоретических представлений [3,4,5], либо с помощью косвенных измерений [6,7]. Прямые измерения коэффициентов ослабления излучения в облаках до настоящего времени имели плохое разрешение по частоте и обладали малой точностью, в особенности по отношению к облакам верхнего яруса [1,8]. Эти результаты обладают большим разбросом, что объясняется разбросом параметров облака у одного и того же типа, так как облако идентифицируется не по радиофизическим параметрам, а по метеорологическим признакам. Самих же непосредственных измерений, особенно в облаках верхнего яруса, недостаточно.

Хотя приводимые измерения были проведены авторами сравнительно давно (1975 – 1983 гг.), результаты этой работы не опубликовывались, а аналогичные данные у других авторов (в особенности относящиеся к облакам верхнего яруса и к длине волны $\lambda = 10,6$ мкм) практически отсутствуют.

В настоящей статье приводятся результаты прямых измерений коэффициента ослабления лазерного излучения на двух длинах волн: $\lambda = 0,632$ и $10,6$ мкм. Это объясняется широкой применимостью газовых лазеров на He–Ne-смеси и на углекислом газе. Измерения проводились непосредственно в облаках на аппаратуре, установленной на летающей лаборатории в самолете Ил-18. В течение многих лет определялись не только коэффициенты ослабления, но и накапливались статистические результаты. С этой целью коэффициенты ослабления определялись в облаках одного и того же типа в различных регионах в пределах территории бывшего СССР и в различное время года и суток.

Схема экспериментов представлена на рис. 1, где 1 – измеритель коэффициента ослабления на длине волны $\lambda = 0,6328$ мкм (длина измерительной трассы – 18 м), 2 – измеритель коэффициента ослабления на длине волны $\lambda = 10,6$ мкм (длина измерительной трассы – 32 м), 3 – угловой отражатель. Линии трасс в обоих случаях проходили выше проекции винтов самолета на вертикальную плоскость, перпендикулярную продольной оси самолета.

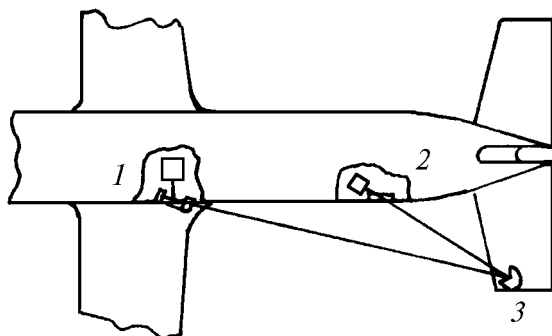


Рис. 1. Схема расположения установок на борту самолета

Принципиальные схемы установок выполнялись идентичными и соответствовали трансмиссионному методу. На рис. 2 и 3 приведены функциональные схемы измерительных установок для видимого и инфракрасного излучения соответственно. На них обозначено: 1 – ОКГ, 2 – модулятор, 3 – зеркала, 3' – полупрозрачные зеркала, 4 – линза, 5 – иллюминатор, 5' – окно из селенида цинка, 6 – угольный отражатель, 7 – приемная антенна, 7' – контррефлектор, 8 – приемник, 9 – контрольный приемник, 10 – селективный усилитель, 11 – самописец, 12 – блок питания, 13 – ОКГ (ЛГ-56), который добавлен в установку с $\lambda = 10,6$ мкм для юстировки.

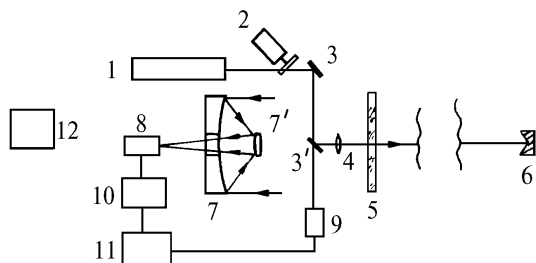


Рис. 2. Функциональная схема измерительной установки с длиной волны $\lambda = 0,632$ мкм

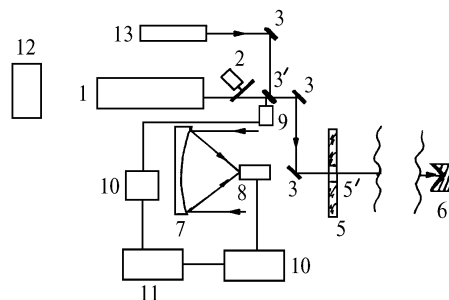


Рис. 3. Функциональная схема измерительной установки с длиной волны $\lambda = 10,6$ мкм

При измерениях основной упор делался на определении коэффициентов ослабления излучения в облаках среднего и верхнего ярусов. Это связано с тем, что именно в этих облаках эти коэффициенты измерялись реже всего и с наименьшей точностью.

Результаты измерения приведены в таблице.

Аппаратурная точность оценивалась для видимого диапазона в 35, для инфракрасного в 15 %. Сравнение с данными других авторов [1,2,8] показывает увеличение коэффициентов ослабления практически во всех типах облаков для видимого диапазона. Это может быть объяснено менее высокой точностью результатов в указанных работах, обусловлено существенно меньшей длиной трассы и, конечно, большим разбросом облачных характеристик, значения которых могут отличаться на сотни процентов. Кроме того, в работе [1] измерялось ослабление излучения не с конкретной длиной волны, а в большом спектральном диапазоне ($0,4 < \lambda < 0,7$). Полученные результаты показывают преимущество инфракрасного диапазона над видимым в облаках практически всех форм. Эти результаты позволяют уточнить микроструктурные модели облаков.

N п/п	Тип облачности	Характеристика облачности	$\langle \sigma \rangle$, км ⁻¹		$\langle \Delta \sigma \rangle / \langle \sigma \rangle$, %	
			$\lambda_1 = 0,63$	$\lambda_2 = 10,6$	λ_1	λ_2
1	St	середина	–	120	–	8
2		верхняя граница	88	75	9	8
	Cu hum	–	38	30	–	–
	Cu fr	нижняя граница	42	39	8	1
	Cu fr	середина	190	92	45	5
	Cu fr	верхняя граница	79	55	10	3
3	Ci	–	21	7	62	8
4	Cs	–	6	9	66	5
5	Ac	–	130	111	82	–
6	Sc	–	87	56	39	–

1. Оптическая плотность облаков / Под ред. И.П. Мазина. Труды ЦАО. Вып. 124. М.: Гидрометеиздат, 1976.

2. Бисярин В.П. // Радиотехника. 1983. N 5. С. 21.

3. Зуев В.Е., Савельев Б.А., Волковицкий О.А. и др. // Тезисы докладов X Всесоюзной конференции по распространению радиоволн. М. Наука, 1972. С. 303–307.

4. Зуев В.Е., Кабанов М.В. Оптика атмосферного аэрозоля. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 253 с.

5. Кондратьев К.Я., Москаленко Н.И., Поздняков Д.В. Атмосферный аэрозоль. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 224 с.

6. Sassen K. // Appl. Opt. 1978. v.17. N 5. P. 804–806.

7. Sassen K. // Appl. Opt. 1981. V. 20. N 2. P. 185–193.

8. Облака и облачная атмосфера / Под ред. И.П. Мазина, А.Х. Хргиан. Л.: Гидрометеиздат, 1989, 647 с.

G. F. Gulyaev, G. E. Shulyakovskii. Measurement of the Laser Radiation Extinction by Clouds of Different Types.

This paper presents some data of direct airborne measurements of the extinction coefficients of clouds for laser radiation at 0,632 and 10,6 μm wavelengths.