

Б. М. ДЖУМАН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛУКТУАЦИЙ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПО ДРОЖАНИЯМ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА КОНЕЧНЫХ ТРАССАХ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Структурную характеристику флуктуаций показателя преломления можно определить по известной формуле [2]:

$$C_n = a^2 \alpha \left(\frac{80 P \cdot 10^{-6}}{T^2} \right) \left[\frac{k^2}{\left(\frac{du}{dz} \right)^2} \right]^{1/3} \left(\frac{dT}{dz} + \gamma_a \right)^2. \quad (1)$$

Для определения структурной характеристики флуктуаций по дрожаниям изображений рассмотрим вначале зависимость C_n от высоты при различных температурных стратификациях в приземном слое.

Известно, что при нейтральной стратификации температура и скорость ветра изменяются с высотой по логарифмическому закону, т. е. $\frac{du}{dz} \sim z^{-1}$ и $\frac{dT}{dz} \sim z^{-1}$, а коэффициент турбулентности —

 $k \sim z.$

Подставляя значения этих выражений в (1), получаем $C_n^2 \sim z^{-2/3}$. Таким образом, при стратификации, близкой к нейтральной, $C_n(C_T)$ изменяется пропорционально $z^{-1/3}$.

При сильно неустойчивой стратификации $k^2 \sim z^4 \left(\frac{dT}{dz} + \gamma_a \right)$,

$\frac{dT}{dz} + \gamma_a \sim z^{-4/3}$, а $\frac{du}{dz}$ может изменяться от $z^{-4/3}$ до z^{-1} (близ по-

верхности земли). Подставляя в (1) эти выражения, получаем соответственно $C_n^2 \sim z^{-8/9}$ и $C_n^2 \sim z^{-10/9}$.

Таким образом, при сильно неустойчивой стратификации C_n изменяется в приземном слое пропорционально $z^{-1/2}$.

При сильно устойчивой стратификации в приземном слое воздуха число Ричардсона $R_T \rightarrow R = \text{const}$, профили скорости ветра и температуры линейно изменяются с высотой, а коэффициент турбулентности стремится к постоянному значению. Поэтому можно предполагать, что при таких условиях C_n изменяется пропорционально от $z^{-1/4}$ до z^0 .

Учитывая установленные зависимости, величину C_n для неустойчивой стратификации получаем из формулы [1]

$$\sigma_{\max}'' = 10,2 C_{n_0} L^{1/2} z_3^{-1/2} D^{-1/6} \rho'', \quad (2)$$

где σ_{\max}'' — максимальная амплитуда дрожания (размах); C_{n_0} — структурная характеристика на высоте 1 м.

Для определения структурной характеристики флуктуаций показателя преломления выполнены экспериментальные наблюдения. Район работ представлял собой типичную всхолмленную местность с колебанием высот до 100 м. Наблюдения производили с одного пункта по восьми направлениям. Длины сторон и эквивалентные высоты приведены ниже:

	1	2	3	4	5	6	7	8
L , км	1,9	0,6	1,1	2,0	5,6	2,5	4,0	2,7
z_3 , м	5,0	2,5	9,0	13,0	29,0	9,1	34,0	18,0

Измерения максимальных амплитуд колебаний изображений визирных целей производили теодолитом ОТ-02 в угловых секундах.

Одновременно психрометрами Асмана определяли температуру на высотах 1 и 5 м, а также все другие метеорологические элементы. Наблюдения выполняли на протяжении 10 ясных дней при неустойчивой стратификации. В результате измерено 16 серий наблюдений. Каждая серия состояла из 10 измерений максимальных амплитуд колебаний изображений по каждому направлению с одновременным определением метеорологических элементов.

Все измерения усреднены и разделены на три группы по значениям разности температур $\frac{\Sigma (T_5 - T_1)}{n} = \Delta T_{\text{ср}}$. Результаты измерений приведены в таблице. В ней, кроме измеренных σ_{\max}'' ,

приведены структурные характеристики флуктуаций показателя преломления на высоте 1 м над подстилающей поверхностью $C_{n_0} \times 10^7$, вычисленные по преобразованной формуле (2):

$$C_n \cdot 10^7 = \frac{\sigma_{\max}''}{5} \left(\frac{z_3}{L} \right)^{1/2}. \quad (3)$$

Формула (3) получена при $D=6$ см.

В последней строке таблицы даны структурные характеристики флуктуаций показателя преломления на высоте 1 м, вычисленные по формуле

Значения структурных характеристик флуктуаций C_n

Номер направлений	$\Delta T_{\text{ср}} = -0,22$		$\Delta T_{\text{ср}} = -0,48$		$\Delta T_{\text{ср}} = -0,58$	
	σ_{\max}''	$C_{n_0} \cdot 10^7$	σ_{\max}''	$C_{n_0} \cdot 10^7$	σ_{\max}''	$C_{n_0} \cdot 10^7$
1	4,7	1,52	12,4	4,02	18,2	6,04
2	3,3	1,35	9,9	4,06	14,1	5,78
3	2,6	1,49	7,1	4,08	10,3	5,91
4	3,3	1,62	7,6	3,72	9,8	4,90
5	5,0	2,30	8,6	3,96	—	—
6	3,6	1,36	9,8	3,72	14,9	5,66
7	2,6	1,52	6,6	3,85	8,2	4,78
8	2,3	1,19	7,7	3,99	10,2	5,28
Среднее $C_{n_0}'' \cdot 10^7$	—	1,54	—	3,93	—	5,47
		1,72		3,93		4,75

$$C'_{n_0} = \frac{80 P \cdot 10^{-6}}{T^2} C_{T_0}, \quad (4)$$

где C_{T_0} — структурная характеристика флуктуаций температуры на высоте 1 м.

Величину C_{T_0} вычисляли по упрощенной формуле [2]

$$C_{T_0} = 1,4 \frac{\Delta T_{\text{ср}}}{\ln \left(\frac{z_1}{z_2} \right)}, \quad (5)$$

где z_1, z_2 — высоты измерения температуры.

Из таблицы следует, что вычисленные C_{n_0} для отдельной группы по каждому направлению близки по значению и не наблюдаются закономерностей их изменения в зависимости от z_3 . Это подтверждает полученную нами ранее зависимость $C_n \sim z_3^{-1/2}$ для неустойчивой стратификации.

Наиболее стабильные результаты во второй группе измерений при $\Delta C_{\text{ср}} = -0,48$ объясняются тем, что здесь взято в обработку десять серий, а в двух других — по три серии. Следует отметить, что упрощенная формула (5) дает хорошие результаты для приземного слоя при неустойчивой стратификации.

1. Джуман Б. М. Зависимость амплитуды колебаний изображений от высоты визирного луча // Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1983. № 38. С. 24—27. 2. Татарский В. И. Распространение волн в турбулентной атмосфере. М., 1959.

Статья поступила в редколлегию 23.04.86