

Применяя численное интегрирование, получаем значения m_g для различных значений частоты измерений $f_{\text{изм}}$ и для различных частот колебаний объекта f_0 .

На рис. 3 приведены графики, показывающие зависимость средней квадратической ошибки m_g от частоты измерений $f_{\text{изм}}$ для частот гармонических колебаний объекта $f_0 = 0,1; 1; 10$ Гц и амплитуды колебаний $A = 10^\circ$. Для значений m_g , выраженных в угловых секундах, принят логарифмический масштаб.

В том случае, когда оцениваемый процесс носит случайный характер, можно вычислить его спектр по автокорреляционной функции, а затем E_e и E_g и согласно формуле (9) оценить величину m_g .

Таким образом, предложенный в данной статье метод позволяет оценить ошибку, вызываемую дискретностью измерений, в зависимости от частоты измерений и закона движения изучаемого объекта.

1. Турбович И. Т. К вопросу применения теоремы Котельникова к функциям времени с неограниченным спектром // Радиотехника. 1968. № 8. С. 11—12. 2. Турбович И. Т. Аналитическое представление функции с неограниченным спектром // Радиотехника. 1969. № 3. С. 22—27.

Статья поступила в редакцию 25.12.85

УДК 528.3:551.511

Б. М. ДЖУМАН

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

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

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

Для определения структурной характеристики флукутаций 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 $z^{-1/3}$ до z^{-1} (близ поверхности 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 $R_\tau \rightarrow R = \text{const}$, профили скорости ветра и температуры линейно изменяются с высотой, а коэффициент турбулентности стремится к постоянному значению. Поэтому можно предположить, 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]

$$C_n^2 = 10,2 C_n L^{1/2} z^{-1/2} D^{-1/6} \rho'' \quad (2)$$

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

Для определения структурной характеристики флукутаций 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
z, 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 OT-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 максимальной амплитуды колебаний изображений по каждому направлению с одновременным определением метеорологических элементов.

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

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

$$C_n \cdot 10^7 = \frac{\sigma_{\max}^2}{5} \left(\frac{z_2}{L} \right)^{1/2} \quad (3)$$

Формула (3) получена при $D=6$ см.

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

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

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 для отдельной группы по каждому направлению близки по значению и не отличаются закономерностей их изменения в зависимости от z_2 . Это подтверждает полученную нами ранее зависимость $C_n \sim z_2^{-1/2}$ 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 аэрофотогеодезия. 1983. № 38. С. 24—27. 2. Татарский В. И. Распространение волн в турбулентной атмосфере. М., 1959.

Статья поступила в редколлегию 23.04.86

УДК 528.38

Ф. Д. ЗАБЛОЦКИЙ, В. В. КИРИЧУК

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ РЕФРАКЦИИ — ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Достижения, проблемы и задачи по определению и учету атмосферной рефракции при астрономических наблюдениях освещены во многих работах советских и зарубежных ученых [1, 5, 10, 11, 13, 16, 17, 18, 19 и др.]. Цель нашей работы — подытожить исследования астрономической рефракции и ее аномалий в близгоризонтной зоне, выполненные в полевых условиях с помощью геодезических и астрономических теодолитов применительно к задачам геодезической (полевой астрономии) и спутниковой геодезии. К таким исследованиям следует отнести прежде всего наблюдения Н. А. Василенко, проводимые с помощью астрономического теодолита УВ 2"/2" в Голосеево, раздельные и совместные наблюдения авторов оптических теодолитами ОТ-02 в юго-западном районе УССР, в Запальеве, в Западном секторе Советской Арктики и в Средней Азии. Не менее заслуживают внимания исследования астрономической рефракции, проводимые российскими геодезистами в южных и юго-восточных районах с помощью оптических теодолитов ОТ-02 и УВКТ, а также наблюдения астрономо-геодезистов Львовского политехнического института теодолитами УВ 2"/2" и ОТ-02 в западных и южных районах нашей страны.

Объектами наблюдений в большинстве случаев являлись Солнце и яркие звезды, реже — планеты, в том числе Луна. Основной метод определения астрономической рефракции — измерение зенитных расстояний по часовому углу светила как на фиксированных, так и произвольных высотах. Фиксация времени при наблюдениях оптическими теодолитами проводилась по методу «глаз—ухо» [6, 7] и «глаз—клавиша» [3, 8], а при наблюдениях астрономическими теодолитами УВ 2"/2" с помощью контактного микрометра [9, 14]. В [14] предпринята попытка определения астрономической рефракции по измерению зенитного расстояния и азимута светила. Один из авторов предложил способ определения астрономической рефракции по наблюдениям двух светил в общем вертикале. Этим способом выполнен ряд наблюдений, подтвердивших хорошую точность инструментального определения рефракции.

Практически в любом методе программы наблюдений сводится к следующему: прием сигналов точного времени, определение места зенита теодолита, серия наблюдений светила, состоящая из n -кратного фиксирования момента прохождения его через горизонтальную нить или несколько нитей в поле зрения трубы с отсчетами вертикального круга, соответствующего положению трубы в момент прохождения светила естественно с учетом уровня при вертикальном круге. Таких серий может выполняться несколько.