

Л. С. ХИЖАК, Н. Д. ЙОСИПЧУК, М. М. ФЫС

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ
УГЛА НАКЛОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ДВУХ СОСТОЯНИЯХ
ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА**

При двух состояниях приземного слоя воздуха свет распространяется по двум различным траекториям, которые пересекаются в двух точках: в точке расположения источника излучения и в точке наблюдения. Зная эти траектории, можно определить координаты точек пересечения и, следовательно, теоретическое значение угла наклона.

Для нахождения траектории используем методику *, согласно которой алгоритм решения поставленной задачи можно представить в виде

$$Z_k = Z_{k-1} + Z'_{k-1} \Delta X_k + Z''_{k-1} \frac{\Delta X_k^2}{2}, \quad (k = 1, 2, \dots, n); \quad (1)$$

$$Z'_{k-1} = \pm \sqrt{\frac{n_{k-1}^2}{n_0^2 \cos^2 \alpha_0} - 1}, \quad Z''_{k-1} = \frac{n'_{k-1}}{n_{k-1}} (1 + Z'^2_{k-1}); \quad (2)$$

$$n'_{k-2} = \frac{\beta \mu}{R} \left[\frac{p_1 (T_0 + t_1 Z_{k-1}) - t_1 (P_0 + p_1 Z_{k-1})}{(T_0 + t_1 Z_{k-1})^2} \right],$$

$$n_{k-1} = 1 + \frac{\beta \mu}{R} \left(\frac{P_0 + p_1 Z_{k-1}}{T_0 + t_1 Z_{k-1}} \right); \quad (3)$$

$$t_1 = \frac{T_{h_1} - T_{h_2}}{h_1 - h_2}, \quad p_1 = -g \frac{P_0 \mu}{T_0 R}. \quad (4)$$

* Хижак Л. С., Йосипчук Н. Д., Фыс М. М. Определение уравнения световой кривой по результатам геодезических и метеорологических измерений // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1986. Вып. 43. С. 106—109.

Здесь Z_k — ордината k -й точки световой кривой; X_k — абсцисса этой точки; P_0 и T_0 — значения давления и температуры в точке $Z_0=0$; T_{h_1} и T_{h_2} — измеренные значения температуры на произвольно выбранных высотах h_1 и h_2 , между которыми проходит траектория визирного луча в начальной точке; g — ускорение силы земного тяготения; μ — масса моля; R — газовая постоянная; β — коэффициент, зависящий от длины волны излучения; α — измеренный угол наклона.

Рассматриваемый алгоритм получен в предположении, что горизонтальный градиент показателя преломления равен нулю и участок световой кривой на отрезке $[X_{k-1}, X_k]$ описан уравнением (1).

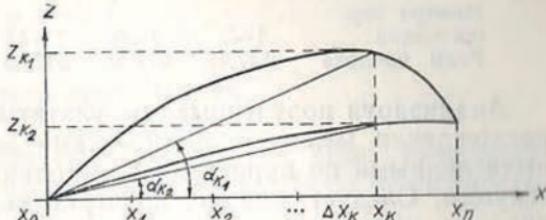
Таким образом, для двух состояний приземного слоя воздуха, определяемых набором параметров T_0 , P_0 , T_{h_1} , T_{h_2} и α , получим на основании (1) ряд точек Z_{h_1} и Z_{h_2} на каждой из двух траекторий светового луча, а тем самым и ряд углов α_k наклона в каждой из полученных точек Z_k , т. е.

$$\operatorname{tg} \alpha_{k_1} = \frac{Z_{k_1}}{X_k}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{k_2} = \frac{Z_{k_2}}{X_k}. \quad (5)$$

Очевидно, что точка пересечения этих световых кривых получена из условия совпадения углов наклона α_k для первого и второго состояний атмосферы (см. рисунок).

С целью апробации изложенной методики обработан экспериментальный материал по одновременным измерениям углов наклона и метеорологических элементов по направлению, проходящему над железной дорогой. Наблюдения проводили в августе на протяжении светлого времени суток, всего было получено около 70 приемов наблюдений. Расстояние между начальной и конечной точками 516 м, высота визирного луча над подстилающей поверхностью 30 см. Температуру измеряли психрометрами на высотах 0,1 и 0,6 м. Мачта с подвешенными психрометрами располагалась рядом с инструментом. Давление измеряли у инструмента. Весь материал измерений разбит на четыре группы по значению разности температур между высотами 0,1...0,6 м. Следовательно, в каждую группу попадало около 16 значений углов наклона, температуры, давления и разности температур. Из данных значений получены средние, которые приведены ниже:

Номер группы	Интервалы	t_1	T_0	P_0	α_0
1	-0,3...-0,0	-0,115	285,88	999,6	520,49
2	0,0...+0,3	+0,188	288,48	996,1	512,63
3	+0,3...+0,6	+0,463	290,41	998,3	507,74
4	7,0...+0,4	+0,537	291,28	1002,9	506,24



К определению истинного значения угла наклона.

Таким образом, эти результаты соответствуют четырем состояниям приземного слоя воздуха. Используя их, вычисляли значения углов наклона в точках для каждой из четырех траекторий светового луча. Шаг между точками принят равным 10 м, а в интервале пересечения кривых, соответствующих различным парам состояний воздуха, вычисления проводили с шагом в 0,25 м. Результаты вычислений углов наклона приведены ниже:

Номера пар состояний	1—2	1—3	1—4	2—3	2—4	3—4
Углы наклона	517,18	517,30	517,35	516,19	517,00	517,17

Анализируя полученные результаты, нетрудно заметить, что расхождения между теоретическими значениями углов наклона, вычисленными по приведенной методике, лежат в пределах одной секунды. Следует, однако, подчеркнуть, что вычисления проводились по усредненным значениям метеопараметров и измеренным значениям углов наклона, которые более точно представляют модель состояния приземного слоя воздуха.