

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАВНЕНИЯ СВЕТОВОЙ КРИВОЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

В работах [1], [4] приведена общая теория определения уравнения световой кривой по результатам геодезических и метеорологических измерений с учетом уравнений динамики атмосферы. Частные случаи решения указанной задачи рассмотрены в работах [2], [3].

Здесь рассматривается еще один частный случай решения задачи для равнинной поверхности. При этом состояние атмосферы описывается уравнениями Менделеева—Клайперона

$$\rho = \mu \frac{P}{RT} \quad (1)$$

и уравнением состояния

$$g\rho = -\frac{dP}{dz}, \quad (2)$$

где ρ — плотность воздуха, μ — масса моля, T — температура воздуха в градусах Кельвина, P — давление воздуха, R — газовая постоянная, g — ускорение свободного падения, z — высота над подстилающей поверхностью.

Решение уравнений (1)–(2) будем искать в виде степенного ряда по степеням z

$$P = P_0 + p_1(z - z_0) + p_2(z - z_0)^2 + \dots + p_n(z - z_0)^n + \dots \quad (3)$$

$$T = T_0 + t_1(z - z_0) + t_2(z - z_0)^2 + \dots + t_n(z - z_0)^n + \dots \quad (4)$$

Для нахождения коэффициентов t_i ($i=1, 2, \dots, n$) используются измерения температуры над подстилающей поверхностью на различных высотах. При этом количество членов n ряда (4) определяется допустимой погрешностью измерения температуры.

Таким образом, для вычисления коэффициентов t_i получим систему из n линейных уравнений. Подставляя вычисленные t_i в разложение (4), получим выражение для температуры T . Решая уравнения (1) и (2) с учетом полученного выражения для температуры T и измеренного значения P_0 давления на высоте z_0 , для плотности ρ получаем выражение

$$\rho = \frac{\alpha \mu}{R} \frac{P_0 + p_1(z - z_0) + p_2(z - z_0)^2 + \dots + p_n(z - z_0)^n}{T_0 + t_1(z - z_0) + t_2(z - z_0)^2 + \dots + t_n(z - z_0)^n}. \quad (5)$$

Учитывая формулу Даля—Гладстона для показателя преломления $n(z)$ получим равенство

$$n(z) = 1 + \frac{\alpha \mu}{R} \frac{P_0 + p_1(z - z_0) + \dots + p_n(z - z_0)^n}{T_0 + t_1(z - z_0) + \dots + t_n(z - z_0)^n}. \quad (6)$$

Используя методику определения уравнения световой кривой [4], значение z_k световой кривой в точке x_k получаем из следующих соотношений:

$$z_k = z_{k-1} + z'_{k-1} x_k + z''_{k-1} x_k^2 + \dots, \quad (7)$$

где

$$z'_k = \pm \sqrt{\frac{n'^2(z)}{n^2(z_0) \sin^2 \xi} - 1}, \quad (8)$$

$$n(z_k) = 1 + \frac{\alpha\mu}{R} \frac{P_0 + p_1(z_k - z_0) + \dots + p_n(z_k - z_0)^n}{T_0 + t_1(z_k - z_0) + \dots + t_n(z_k - z_0)^n}; \quad (9)$$

$$n(z_0) = 1 + \frac{\alpha\mu}{R} \cdot \frac{P_0}{T_0}, \quad (10)$$

где ξ — измеренное зенитное расстояние, α — постоянная, зависящая от длины проходящего излучения.

Значение координат точек световой кривой
 $Z_{\text{действ}} = 0,226 \text{ м}$ $\chi = 1054 \text{ м}$

Расстояние от начала световой кривой, м	$Z_k, \text{ м}$	$Z_k^{1 \cdot 10^{-3}}$	n_k
0	—	—	—
100	$0,175 \cdot 10^{-2}$	0,176	1,00035293
200	$0,200 \cdot 10^{-1}$	0,190	1,00035296
300	$0,396 \cdot 10^{-1}$	0,204	1,00035298
400	$0,607 \cdot 10^{-1}$	0,218	1,00035301
500	$0,831 \cdot 10^{-1}$	0,231	1,00035304
600	0,107	0,243	1,00035307
700	0,131	0,256	1,00035310
800	0,157	0,268	1,00035313
900	0,185	0,280	1,00035317
1000	0,213	0,291	1,00035320
1100	0,243	0,302	1,00035323

В частности, ограничиваясь $n=2$, для коэффициентов t получены выражения

$$t_1 = \frac{\Delta t_1 - t_2 \Delta z_1^2}{\Delta z_1}; \quad (11) \quad t_2 = \frac{\Delta t_2 \cdot \Delta z_1 - \Delta t_1 \cdot \Delta z_2}{\Delta z_1 \cdot \Delta z_2^2 - \Delta z_2 \cdot \Delta z_1^2}, \quad (12)$$

где T_0 — измеренное значение температуры на высоте z_0 ,

$$\Delta t_1 = T_1 - T_0, \quad \Delta t_2 = T_2 - T_0, \quad \Delta z_1 = z_1 - z_0, \quad \Delta z_2 = z_2 - z_0.$$

Здесь T_i ($i=0, 1, 2$) — измеренные значения температуры на высотах z_i ($i=0, 1, 2$), а коэффициенты p_i ($i=1, 2$) определяются из следующих соотношений:

$$P' = - \frac{P_0 g \mu}{T_0 R}; \quad (13) \quad P_z = - \frac{g \mu p_1}{2T_0 R} - \frac{p_1 t_1}{2T_0}. \quad (14)$$

С целью апробации изложенной методики были произведены вычисления ординат z_k точек световой кривой над водной поверхностью при различных метеорологических условиях по результатам, полученным из специальных измерений.

Результаты вычислений приведены в таблице.

Как видно из таблицы, предлагаемая методика позволяет получить необходимое количество точек световой кривой. Однако из этих же вычислений выяснилось, что в некоторых случаях не получаются удовлетворительные результаты. Такое положение мож-

но объяснить влиянием ошибок определения метеоэлементов и зенитного расстояния. Этот вопрос требует дополнительных исследований.

Список литературы: 1. *Маслич Д. И., Хижак Л. С., Музыка А. М. и др. Об одном методе определения рефракции в случае миражей.* — В кн.: V Всесоюз. симпоз. по распространению лазерного излучения в атмосфере: Тез. докл. Томск, 1979, с. 179—183. 2. *Маслич Д. И., Хижак Л. С., Дидух И. И. и др. Определение вертикальной рефракции над равнинной поверхностью в инверсионный период.* — В кн.: V Всесоюз. симпоз. по распространению лазерного излучения в атмосфере: Тез. докл. Томск, 1979, с. 184—187. 3. *Хижак Л. С., Музыка А. М. Об одном частном методе определения световой кривой.* — В кн.: Всесоюз. совещ. по рефракции электромагнитных волн в атмосфере: Тез. докл. Томск, 1983, с. 95—97. 4. *Хижак Л. С., Дидух И. И., Яскилка Н. Б. Об одном методе нахождения уравнения световой кривой.* — В кн.: VI Всесоюз. симпоз. по распространению лазерного излучения в атмосфере: Тез. докл. Томск, 1981, ч. 3, с. 114—117.