

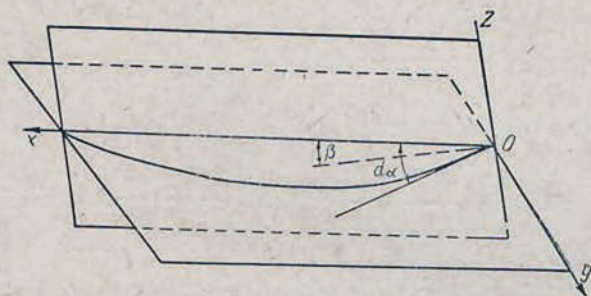
А. А. АКУНЕИ

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ  
ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
АСТРОНОМИЧЕСКОГО АЗИМУТА**

Поправка за боковую рефракцию в астрономический азимут, согласно [3], может быть вычислена по формуле

$$d\alpha = \frac{1}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} \frac{dn}{dy} x dx, \quad (1)$$

где  $S$  — длина визирного луча;  $n$  — коэффициент преломления светового луча;  $\beta$  — угол наклона плоскости  $XOY$  к горизонту.



Разложение визирного луча по плоскостям прямоугольной системы координат.

В системе координат (см. рисунок), для которой получена формула (1) ось  $X$  направлена по хорде, соединяющей точки наблюдений и визирования, ось  $Y$  перпендикулярна к ней и расположена в горизонтальной плоскости, а начало координат находится в точке визирования. Следовательно, для вычисления поправки за боковую рефракцию необходимо знать  $n$  как функцию координат в принятой системе.

Известно, что коэффициент преломления  $n$ , согласно [1], определяется формулой

$$n - 1 = 0,000292 \left( 1 - 0,14 \frac{e}{P} \right) \frac{P}{P_0} \frac{T_0}{T}, \quad (2)$$

где 0,000292 — постоянный коэффициент для белого света;  $e$  — упругость водяного пара;  $P_0$  — нормальное давление на уровне моря, равное 760 мм рт. ст.;  $T_0$  — абсолютная температура, равная 273° К;  $P$  и  $T$  — соответственно давление и температура в момент наблюдения. Показатель преломления является функцией  $T$ ,  $e$  и  $P$ , то есть

$$n = f(T, e, P).$$

Тогда горизонтальный градиент показателя преломления воздуха может быть представлен в виде

$$\frac{dn}{dy} = \frac{dn}{dT} \frac{dT}{dy} + \frac{dn}{de} \frac{de}{dy} + \frac{dn}{dP} \frac{dP}{dy}. \quad (3)$$

Так как  $T$ ,  $e$  и  $P$  являются функцией координат в принятой системе, то, подставляя (3) в (1), получим

$$\begin{aligned} d\alpha = \frac{1}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} \frac{dn}{dT} \frac{dT}{dy} x dx + \frac{1}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} \frac{dn}{de} \frac{de}{dy} x dx + \\ + \frac{1}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} \frac{dn}{dP} \frac{dP}{dy} x dx, \end{aligned} \quad (4)$$

где первый, второй и третий члены соответственно равны поправкам в наблюдаемое направление, обусловленным влиянием температуры, влажности и давления воздуха. Дифференцируя формулу (2) по  $T$ ,  $e$  и  $P$ , получаем

$$\begin{aligned} \frac{dn}{dT} &= 0,000292 \frac{P}{P_0} \frac{T_0}{T^2} - 0,00004088 \frac{e}{P_0} \frac{T_0}{T^2}; \\ \frac{dn}{de} &= -0,00004088 \frac{1}{P_0} \frac{T_0}{T}; \\ \frac{dn}{dP} &= 0,000292 \frac{T_0}{P_0} \frac{1}{T}. \end{aligned} \quad (5)$$

Подставляя (5) в (4), получим

$$\begin{aligned} d\alpha'' = \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} 0,000292 \frac{P}{P_0} \frac{T_0}{T^2} \frac{dT}{dy} x dx - \\ - \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} 0,00004088 \frac{e}{P_0} \frac{T_0}{T^2} \frac{dT}{dy} x dx - \\ - \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} 0,00004088 \frac{1}{P_0} \frac{T_0}{T} \frac{de}{dy} x dx + \\ + \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} 0,000292 \frac{T_0}{P_0} \frac{1}{T} \frac{dP}{dy} x dx, \end{aligned} \quad (6)$$

то есть поправка за боковую рефракцию может быть представлена в виде четырех членов. Оценим величины каждого из них. Применяя теорему о среднем, запишем

$$\begin{aligned} \frac{\rho''}{S \cos \beta} \frac{S^2}{2} m_1 \leq \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \left| \frac{1}{n} 0,000292 \frac{P}{P_0} \frac{T_0}{T^2} \frac{dT}{dy} \right| x dx \leq \frac{\rho''}{S \cos \beta} \frac{S^2}{2} M_1; \\ \frac{\rho''}{S \cos \beta} \frac{S^2}{2} m_2 \leq \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \left| \frac{1}{n} 0,00004088 \frac{e}{P_0} \frac{T_0}{T^2} \frac{dT}{dy} \right| x dx \leq \frac{\rho''}{S \cos \beta} \frac{S^2}{2} M_2; \end{aligned}$$

$$\frac{\rho''}{S \cos \beta} \frac{S^2}{\beta} m_3 \leq \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \left| \frac{1}{n} 0,00004088 \frac{1}{P_0} \frac{T_0}{T} \frac{de}{dy} \right| x dx \leq \frac{\rho''}{S \cos \beta} \frac{S^2}{2} M_3; \quad (7)$$

$$\frac{\rho''}{S \cos \beta} \frac{S^2}{2} m_4 \leq \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \left| \frac{1}{n} 0,000292 \frac{T_0}{P_0} \frac{1}{T} \frac{dP}{dy} \right| x dx \leq \frac{\rho''}{S \cos \beta} \frac{S^2}{2} M_4,$$

где  $m$  и  $M$  — соответственно минимальное и максимальное значения подинтегральной функции. Очевидно, что минимальные абсолютные значения подинтегральных функций (7) будут равны нулю, при условии, что

$$\frac{dT}{dy} = 0; \quad \frac{de}{dy} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{dP}{dy} = 0.$$

Для вычисления максимальных значений правой части (7), согласно [2], примем  $T=293^\circ \text{K}$ ;  $P=700 \text{ мм рт. ст.}$ ;  $e=10 \text{ мбар}=7,5 \text{ мм рт. ст.}$ ;

$$\frac{dT}{dy} = 4^\circ \text{C}; \quad \frac{de}{dy} = 1 \text{ мбар}=0,75 \text{ мм рт. ст.}; \quad \frac{dP}{dy} = 0,1 \text{ мбар}=0,075 \text{ мм рт. ст.}$$

и  $S=20 \text{ км}$ .

Подставляя эти значения в (7), получим

для первого члена	$M_1=7'',06$ ;
для второго члена	$M_2=0'',01$ ;
для третьего члена	$M_3=0'',07$ ;
для четвертого члена	$M_4=0'',06$ .

Следовательно, для вычисления поправки за боковую рефракцию с точностью  $0'',1$  формулу (6) приведем к виду

$$d\alpha'' = \frac{\rho''}{S \cos \beta} \int_0^S \frac{1}{n} 0,000292 \frac{P}{P_0} \frac{T_0}{T^2} \frac{dT}{dy} x dx. \quad (8)$$

Таким образом, приходим к выводу, что рефракционные искажения горизонтальных направлений в основном вызваны температурным полем приземного слоя воздуха и для вычисления поправки в азимут земного предмета за боковую рефракцию  $d\alpha$  по формуле (8) необходимо знать значения  $T$ ,  $P$  и  $e$  как функцию координат в принятой системе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Изотов А. А., Пеллинен Л. П. Исследования земной рефракции и методов геодезического нивелирования. — «Тр. ЦНИИГАиК», 1965, вып. 102.
2. Прихода А. Г. Барометрическое нивелирование. М., «Недра», 1972.
3. Moritz H. Zur Geometrie der Refraction. — «Osterr. Vermessungswesen», 1962, 50, № 1.

Работа поступила 24 мая 1974 года. Рекомендована кафедрой геодезии Львовского политехнического института.