

Н. И. КРАВЦОВ, А. И. ТЕРЕЩУК, А. Е. ФЕДОРИЩЕВ

## ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ РАДИОВОЛН В НИЖНЕМ 500-МЕТРОВОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

В настоящее время проведены исследования, позволившие установить некоторые закономерности изменения температуры [1, 2], давления [3] и влажности [4] с высотой в нижнем 500-метровом слое атмосферы. В исследованиях предложены методы получения метеозлементов  $p$ ,  $T$ ,  $e$  на различных высотах по их значениям, измеренным у поверхности земли и произведена оценка точности получения этих элементов. Таким образом, мы имеем возможность определить показатель преломления в слое воздуха по метеонамерениям, выполненным у поверхности земли, не прибегая к трудоемкому и дорогостоящему зондированию атмосферы.

Исследуем, с какой точностью мы можем получить таким способом показатель преломления.

При обработке радиодальномерных измерений индекс показателя преломления вычисляем по формуле

$$N = (n - 1) \cdot 10^{-6} = \frac{103.49}{T} (p - e) + \frac{86.26}{T} \left( 1 + \frac{5748}{T} \right) e, \quad (1)$$

где  $T$  — температура воздуха, К;  $p$  — давление воздуха, мбар;  $e$  — парциальное давление водяных паров, мбар.

С целью учета влияния каждого из метеофакторов на показатель преломления из формулы (1) найдем частные производные

$\frac{\partial N}{\partial p}$ ,  $\frac{\partial N}{\partial T}$  и  $\frac{\partial N}{\partial e}$ , считая  $p$ ,  $T$  и  $e$  независимыми. Получим

$$\frac{\partial N}{\partial T} = -\frac{103.49}{T^2} (p - e) = \frac{86.26}{T^2} e - 2 \frac{86.26 \cdot 5748}{T^3} e;$$

$$\frac{\partial N}{\partial p} = \frac{103.49}{T};$$

$$\frac{\partial N}{\partial e} = -\frac{103.49}{T} + \frac{86.26}{T} \left(1 + \frac{5748}{T}\right). \quad (2)$$

Учитывая значения частных производных, а также среднеквадратические погрешности определения температуры, давления и влажности [2, 3, 4], можем найти среднеквадратическую погрешность определения показателя преломления в  $N$ -единицах по формуле

$$m_N^2 = \left(\frac{\partial N}{\partial T}\right)^2 m_t^2 + \left(\frac{\partial N}{\partial p}\right)^2 m_p^2 + \left(\frac{\partial N}{\partial e}\right)^2 m_e^2. \quad (3)$$

По (3) рассчитываем  $m_N$  для диапазонов температуры  $253,2^\circ \text{K} \leq T \leq 293,2^\circ \text{K}$ , давления воздуха  $985 \text{ мбар} \leq P \leq 1012 \text{ мбар}$  и влажности воздуха  $0 \text{ мбар} \leq e \leq 20 \text{ мбар}$ . Значения  $m_N$  определены для высот 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 м.

Значения  $m_N$  для интервалов  $1005 \text{ мбар} \leq P \leq 1012 \text{ мбар}$ ,  $16 \text{ мбар} \leq e \leq 20 \text{ мбар}$

H	Температура, К				
	293,2	283,2	273,2	263,2	253,2
50	2,59	2,67	2,77	2,84	2,93
100	2,87	2,96	3,06	3,14	3,24
150	2,81	2,95	3,00	3,07	3,16
200	2,84	2,89	2,94	3,02	3,12
300	2,88	3,00	3,05	3,09	3,18
400	2,99	3,00	3,03	3,06	3,12
500	3,09	3,22	3,24	3,28	3,35

В таблице приведены значения  $m_N$  в  $N$ -единицах при нормальном распределении температуры для диапазона  $16 \text{ мбар} \leq e \leq 20 \text{ мбар}$ ,  $1005 \text{ мбар} \leq P \leq 1012 \text{ мбар}$  и фиксированных значений  $T = 253,2; 263,2; 273,2; 283,2; 293,2 \text{ К}$ .

По данным таблицы построен график зависимости  $m_N$  от высоты для фиксированных значений температуры, давления и влажности (см. рисунок).

Анализируя представленный график, можно сделать вывод, что показатель преломления наиболее изменяется в нижнем 100-метровом слое воздуха, где  $m_N$  резко возрастает. С увеличением высоты точность определения  $N$  стабилизируется и составляет в среднем около трех  $N$ -единиц, что свидетельствует о практически линейном распределении  $N$  на этом участке.

На высоте 500 м точность определения  $N$  по метеопараметрам, полученным косвенными методами [1—4], составляет около трех-четырех  $N$ -единиц.

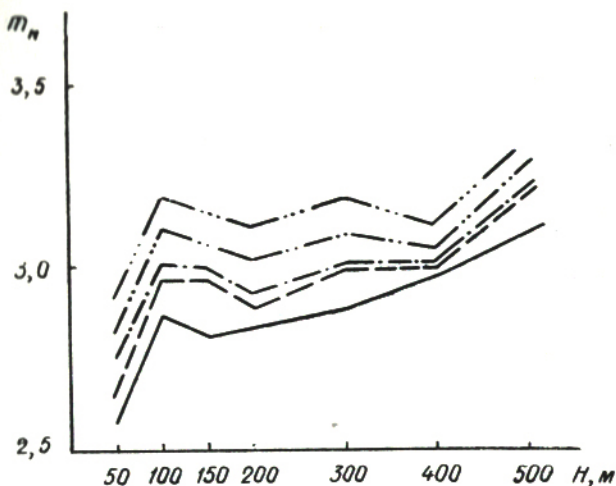


График зависимости  $m_N$  от высоты  $H$ .

**Список литературы:** 1. Федорищев А. Е. Метод определения температуры воздуха на различных высотах в пограничном слое атмосферы. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1975, вып. 21. 2. Федорищев А. Е. Оценка точности определения температуры воздуха косвенным методом с целью учета рефракционных искажений. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1976, вып. 23. 3. Федорищев А. Е. Исследование закономерности распределения атмосферного давления для учета рефракции. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1978, вып. 28. 4. Федорищев А. Е., Кравцов Н. И., Перваго В. А. Определение влажности воздуха в 500-метровом слое атмосферы по результатам ее измерений у земной поверхности. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1983, вып. 38.