

## ИЗМЕНЕНИЕ ИНДЕКСА ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ

Метод измерения расстояний электронными дальномерами нашел широкое применение в геодезической практике. В то же время использование в геодезии радиодальномеров связано с трудностями, вызванными сложностью определения метеорологических элементов в точках траектории электромагнитной волны.

Эти трудности обусловлены пространственными неоднородностями среды, изменениями ее параметров во времени, возникновением существенных флуктуаций индекса преломления  $\Delta n$  в приземном слое.

Как показали исследования [1], с удлинением измеряемой линии метеоданные, определенные на ее концах метеорологическими приборами, недостаточно характеризуют метеорологические условия вдоль всей линии, что приводит к снижению точности определения индекса преломления.

Выполненными исследованиями [2, 3, 4] установлено, что на распределение  $\Delta n$  в нижних слоях атмосферы оказывают существенное влияние его величина на высоте 2 м от поверхности земли, вертикальная разность индексов преломления и микроклиматические различия подстилающей поверхности.

Для установления зависимости распределения  $\Delta n$  в приземном и нижнем слоях атмосферы от его величины на высоте 2 м мы использовали данные многолетних аэрологических зондирований атмосферы, выполненных Главной геофизической обсерваторией, Центральной аэрологической обсерваторией и отдельными пунктами зондирования, расположенными в различных климатических зонах нашей страны.

Значения  $\Delta n$  для каждого зондирования определялись на высотах 2, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500 м. В дальнейшем полученные нами после обработки экспериментального материала величины  $\Delta n$  были распределены на пять групп: 300—310, 310—320, 320—330, 330—340, 340—350. В каждую группу на каждой высоте приходилось в среднем около 50 величин  $\Delta n$ .

Используя номограмму, приведенную в работе [5], по величине вертикального градиента и индекса преломления на высоте 2 м были вычислены для данных высот индексы преломления по номограмме и значения  $\Delta n$  для этих же высот, определенные по метеорологическим элементам.

Для каждой группы и каждой высоты были образованы средние величины из  $\Delta n$  на высоте 2 м и соответствующие им средние значения разностей. Результаты этих вычислений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения из индексов преломления на высоте 2 м и соответствующие им средние значения разностей

Высота	300—310		310—320		320—330		330—340		340—350	
	$\Delta n$	$d\Delta n$	$\Delta n$	$d\Delta n$	$\Delta n$	$d\Delta n$	$\Delta n$	$d\Delta n$	$\Delta n$	$d\Delta n$
25	307,2	-0,98	314,5	-0,42	325,3	-0,34	334,1	-0,13	343,8	-0,81
50	307,6	-1,49	314,4	-0,78	325,1	-0,97	334,2	-0,12	343,5	+0,28
100	307,6	-2,22	314,4	-0,94	325,1	-0,72	334,2	+0,06	343,5	+2,00
150	307,8	-2,77	314,4	-1,19	325,2	-0,90	334,2	+0,35	343,5	+3,85
200	307,8	-3,39	314,4	-1,30	325,3	+0,07	334,2	+1,22	343,5	+5,56
250	307,8	-3,95	314,4	-1,04	325,3	0	334,2	+2,00	343,4	+7,60
300	307,8	-4,12	314,4	-1,02	325,1	+0,70	334,2	+2,16	343,5	+7,69
400	307,8	-4,50	314,5	-0,88	325,2	+1,08	334,1	+2,47	343,5	+8,26
500	307,8	-4,58	314,6	-0,99	325,2	+1,28	334,2	+4,21	343,6	+9,70

Как показали исследования [6], средние значения разностей для каждой высоты связаны почти линейной зависимостью с  $\Delta n$  на высоте 2 м. Поэтому разности  $d\Delta n$  мы аппроксимировали прямой вида

$$d\Delta n = a + b(\Delta n_0 - \Delta n), \quad (1)$$

где  $\Delta n_0$  — значение индекса преломления, принятого нами равным  $300 \cdot 10^{-6}$ ;



$\Delta n$  — среднее для каждой группы значение индекса преломления на высоте 2 м.

Коэффициенты  $a$  и  $b$  — среднеквадратические ошибки индекса преломления  $m_{\Delta n}$  коэффициентов  $m_a$ ,  $m_b$ , полученные в результате обработки экспериментального материала статистическим методом, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов  $a$ ,  $b$   
и их среднеквадратических ошибок

$H_m$	$m_{\Delta n}$	$a$	$m_a$	$b$	$m_b$
25	$\pm 0,48$	-0,6924	$\pm 0,277$	-0,0061	$\pm 0,010$
50	$\pm 0,33$	-1,7232	$\pm 0,191$	-0,0446	$\mp 0,012$
100	$\pm 1,02$	-2,9084	$\pm 0,591$	-0,1021	$\pm 0,035$
150	$\pm 1,00$	-4,1600	$\pm 0,578$	-0,1611	$\pm 0,035$
200	$\pm 1,02$	-5,1489	$\pm 0,592$	-0,2228	$\pm 0,035$
250	$\pm 1,26$	-6,1945	$\pm 0,731$	-0,2839	$\pm 0,044$
300	$\pm 1,00$	-6,2200	$\pm 0,578$	-0,2920	$\pm 0,035$
400	$\pm 1,41$	-6,6000	$\pm 0,815$	-0,3152	$\pm 0,049$
500	$\pm 1,48$	-7,3300	$\pm 0,861$	-0,3687	$\pm 0,052$

Как видно из табл. 2, коэффициенты  $a$  и  $b$  уменьшаются с увеличением высоты, причем уменьшение это более соответствует логарифмическому закону, чем линейному. Поэтому зависимость коэффициентов от высоты  $h$  мы аппроксимировали кривыми

$$a = c \cdot h^d \quad \text{и} \quad b = e \cdot h^f. \quad (2)$$

Это наглядно видно при рассмотрении рис. 1, 2, где показана зависимость коэффициентов  $a$  и  $b$  от высоты. Коэффициенты  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $f$  и их среднеквадратические погрешности были определены по способу наименьших квадратов. Их значения следующие:

$$\begin{array}{ccccc} c & m_c & d & m_d & e \\ 0,0857 & \pm 0,0023 & 0,7389 & \pm 0,0600 & 0,00026 \\ & m_e & f & m_f & \\ & \pm 0,00004 & 1,2126 & \pm 0,1326 & \end{array}$$

Таким образом, в общем виде зависимость индекса преломления  $\Delta n$  от индекса преломления на высоте 2 м для приземного и нижнего слоев атмосферы может быть предоставлена таким уравнением:

$$d\Delta n = ch^d + eh^f (\Delta n_0 - \Delta n). \quad (3)$$

Подставляя вычисленные значения коэффициентов в уравнение (3), окончательно получим

$$d\Delta n = 0,086 \cdot h^{0,74} + (300 - \Delta n) \cdot 0,00026 h^{1,21}. \quad (4)$$

В заключение отметим, что полученные нами среднеквадратические погрешности  $m_{\Delta n}$  для высот 2—500 м от поверхности земли находятся в пределах  $\pm 0,48 \cdot 10^{-6} \div \pm 1,48 \cdot 10^{-6}$  шестого знака  $\Delta n$  практически надежно характеризуют предлагаемую методику учета влияния величины  $\Delta n$  на высоте 2 м на его распределение в приземном слое атмосферы.

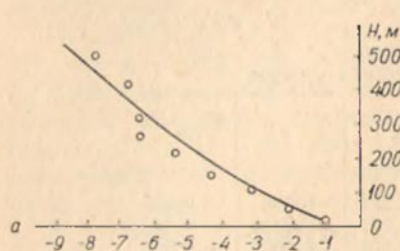


Рис. 1. Зависимость коэффициента  $a$  от высоты.

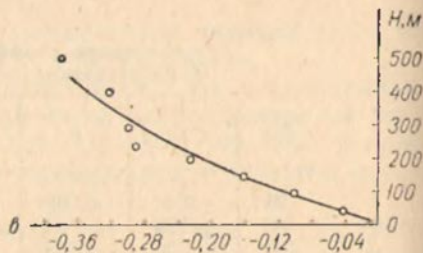


Рис. 2. Зависимость коэффициента  $b$  от высоты.

Следует подчеркнуть, что полученная нами точность определения  $\Delta n$  соответствует средним значениям метеорологических элементов тех регионов, в которых выполнялось зондирование атмосферы аэрологическим методом.

**Список литературы:** 1. *Генике А. А.* Геодезические фазовые радиодальномеры. — Тр. ЦНИИГАиК, 1963, вып. 164. 2. *Перваго В. А.* О точности определения модуля показателя преломления в приземном слое. — Геодезия, картография и аэросъемка. Львов, 1971, № 14. 3. *Хижак Л. С., Перваго В. А.* К вопросу о репрезентативности метеорологических наблюдений при определении расстояний радиодальномерными системами. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка. Львов, 1972, № 15. 4. *Перваго В. А., Двурлит П. Д.* Исследование влияния пограничного слоя на индекс преломления радиоволн в тропосфере. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка. Львов, 1979, № 29. 5. *Перваго В. А.* Об учете влияния вертикальной разности на величину индекса преломления. — Науч. тр. Львов. с.-х. ин-та. Львов, 1978, т. 78. 6. *Перваго В. А.* Исследование точности учета изменения индекса показателя преломления в приземном слое при измерении расстояний радиосистемами. Автореф. канд. дис. Львов, 1974.