

овы-
чит,
реш-
сть
ния
ине-
бки
от-

точ-
вых
ак-
дай
ники
кам
ол-
ни-
сти
лей
зов,
ри-
ак-

и-
м-
ит
е-
ся

ть
но
ть
х
а-
о

в
И
-
е
л
и
-

■ Р. М. О зависимости накопления разностей превышений от длин ходов нивелирования I класса. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1974, № 2. 7. Урманцев Р. М. О вычислении лунно-солнечных поправок при обработке точного нивелирования. — Геодезия и картография, 1977, № 1, 2. Энтич И. И. Высокоточное нивелирование.—Тр./ЦНИИГАиК, 1956, вып. 111. Lucht H. Korrelation im Präzisionsnivelllement. Hannover. Druck. Lehrstuhl für Topographie und Kartographie an der Technischen Universität, 1972.

Работа поступила в редакцию 29 ноября 1977 года. Рекомендована кафедрой геодезии Львовского лесотехнического института.

УДК 528.3.021.6.621 396.969

В. А. ПЕРВАГО, канд. техн. наук
Львовский сельскохозяйственный институт

П. Д. ДВУЛИТ, канд. техн. наук
Львовский политехнический институт

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ИНДЕКС ПРЕЛОМЛЕНИЯ РАДИОВОЛН В ТРОПОСФЕРЕ

При измерении расстояний радиодальномерными системами одна из станций находится на значительной высоте от поверхности Земли, а измеряемые ею расстояния могут достигать нескольких сотен километров. Поэтому точность измерения расстояния в основном будет зависеть от того, с какой точностью мы сможем определить рабочую скорость распространения электромагнитных волн в атмосфере.

Поскольку в тропосфере сосредоточено более 4/5 всей массы воздуха, а наиболее существенные изменения метеорологических элементов как во времени, так и в пространстве происходят в пограничном слое, то учет его влияния на стратификацию индекса преломления Δn имеет важное практическое значение. Для установления влияния пограничного слоя на закономерности изменения Δn в тропосфере нами были использованы экспериментальные материалы радиозондирования атмосферы, полученные в 1971—1972 гг. аэрологическими станциями, расположеными в различных климатических зонах СССР [1]. Значения Δn от поверхности Земли до высот 26,3 км определяли на ЭВМ «Мир-1» по известной эмпирической формуле Смита—Вейнтрауба. В дальнейшем, используя методику, изложенную в работе [2], полученные значения Δn были распределены по группам по значению вертикальной разности индексов преломления τ между высотами от 2 м до 1,4 км.

В табл. 1 приведены средние значения Δn на различных высотах, разности $\delta \Delta n$ индексов преломления между высотами 2 м и другими высотами и значения τ .

В дальнейшем величины $\delta\Delta n$ были аппроксимированы кривой

$$\delta\Delta n = a \cdot h^n \quad (1)$$

и по способу наименьших квадратов определены коэффициенты a и n . Результаты этих вычислений, а также средние значения разностей τ для всех трех групп приведены в табл. 2, где даны не значения коэффициентов a , а их логарифмы. При анализе

Таблица 1

**Влияние вертикального градиента пограничного слоя
на изменения Δn в тропосфере**

Группа	$\frac{\Delta n}{h=2 \text{ м}}$	$h, \text{ км}$											
		1,4	2,9	5,7	7,0	8,8	11,4	13,2	15,8	20,3	23,6		
$\tau = -46 \cdot 10^{-6}$													
I	$\delta\Delta n$	315 0	270 —45	218 —97	156 —159	129 —186	102 —213	70 —245	53 —262	35 —280	17 —298	10 —305	7 —308
$\tau = -52 \cdot 10^{-6}$													
II	$\delta\Delta n$	315 0	262 —53	218 —97	161 —154	134 —181	105 —210	75 —240	53 —262	35 —280	18 —297	10 —305	7 —308
$\tau = -57 \cdot 10^{-6}$													
III	$\delta\Delta n$	316 0	259 —57	218 —98	159 —157	132 —184	104 —212	71 —245	53 —263	36 —280	18 —298	11 —305	7 —309

результатов табл. 2 было установлено, что имеется линейная зависимость коэффициентов $\lg a$ и n от вертикальной разности индекса преломления τ . Поэтому коэффициенты $\lg a$ и n были представлены в виде следующих линейных функций:

$$\lg a = A + B\tau, \quad n = C + D\tau. \quad (2)$$

Коэффициенты A , B , C , D были определены по способу наименьших квадратов и приведены ниже: $A = 1,0580$, $B = 0,0120$, $C = -1,1803$, $D = -0,0107$.

Таким образом, зависимость индекса преломления в тропосфере от высоты и вертикальной разности τ может быть представлена в виде

$$\lg \delta\Delta n = A + B\tau + (C + D\tau) \lg h. \quad (3)$$

Подставляя полученные коэффициенты в формулу (3), окончательно получаем зависимость $\delta\Delta n$ от τ :

$$\lg \delta\Delta n = 1,0580 + 0,0120\tau + 1,1803 \lg h - 0,0107\tau \lg h. \quad (4)$$

Для проверки точности определения индекса преломления Δn в тропосфере мы обработали метеорологические элементы, полу-

ченные на 20 аэрологических станциях, данные которых не были использованы при выводе эмпирической формулы (4). В дальнейшем были образованы разности между значениями Δn , полученными по формуле (4), и их значениями, определенными по эмпирической формуле Смита—Вейнтрауба. Затем по этим разностям вычисляли средние квадратические погрешности определения Δn для различных высот тропосферы. Результаты определений приведены в табл. 3.

Из таблицы видно, что средняя квадратическая погрешность определения Δn на высотах 7—11,5 км от поверхности Земли составляет $\pm 13,1 \pm 15,7$ единиц шестого десятичного знака. Низкая точность определения Δn на указанных высотах объясняется отсутствием аэрологических данных в промежуточных точках атмосферы между высотами 3—7 км и 7—11,5 км, поэтому слой атмосферы в 4 и 4,5 км недостаточно характеризуют стратификацию индекса преломления на указанных высотах.

Таблица 2

Значение коэффициентов $\lg a$ и n

Группа	$\lg a$	n	τ
I	1,6014	0,6985	$-46 \cdot 10^{-6}$
II	1,7072	0,6012	$-52 \cdot 10^{-6}$
III	1,7313	0,5828	$-57 \cdot 10^{-6}$

Таблица 3

Средние квадратические погрешности определения Δn по эмпирической формуле (4)

$m\Delta n$			
1,5 км	3,0 км	7,0 км	11,5 км
$\pm 7,3 \cdot 10^{-6}$	$\pm 4,3 \cdot 10^{-6}$	$\pm 13,1 \cdot 10^{-6}$	$\pm 15,7 \cdot 10^{-6}$

Результаты исследований после их апробации на радиогеодезических измерениях могут быть использованы при расчете рабочей скорости распространения электромагнитных волн в атмосфере.

Список литературы: 1. Средние месячные аэрологические данные на изобарических поверхностях. Обнинск, 1973. 2. Перваго В. А. О точности определения модуля показателя преломления в приземном слое. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1971, вып. 14. 3. Хижак Л. С., Перваго В. А. К вопросу о репрезентативности метеорологических наблюдений при определении расстояний радиогеодезическими системами. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1972, вып. 15.

Работа поступила в редакцию 22 декабря 1977 г. Рекомендована кафедрой геодезии Львовского сельскохозяйственно-го института.