

где  $t_a = \frac{h_a}{a}$ ,  $t_a = \frac{h_a}{\rho''}$ ,  $\pi = \frac{1}{\rho}$ . (44)

С учетом (43) и (44)  $[\pi r_{n+1} \Gamma_{n+1} \cdot n] = [\pi r_{n+1} \Gamma_{n+1}] = \frac{s^2}{\rho^2} \left[ 2n + \left( \frac{h_a}{t_a} \right)^2 \right]$ . (45)

Для элементов сети, удаленных от левого края на  $i$  фигур, коэффициенты  $[r_i]$  и  $[r_i(t-1)]$  можно определить, воспользовавшись формулами (38), (39). Тогда искомые формулы примут вид

$$1/P'_i = \left( \frac{2}{3} i^3 - 1,8333 i - 0,5 - \frac{i^4}{2n + \gamma^2} \right) \frac{s^2}{\rho^2};$$

$$1/P'_a = \left( 0,9286 i - 0,012 - \frac{i^2}{2n + \gamma^2} \right) \frac{s^2}{\rho^2};$$

$$1/P'_a = \left( 2i - \frac{4i^2}{2n + \gamma^2} \right) \cdot \frac{s^2}{\rho^2};$$

$$1/P'_a = 1/P_{a_{св}}, \text{ где } \gamma = \frac{l_a}{t_a}. \quad (46)$$

Список литературы: 1. Кутузов Н. Н. Накопление погрешностей в рядах триангуляции с измеренными сторонами. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофото-съемка, 1957, вып. 2. *Halmos F.* Evaluation of automated gyrotheodolite measurements with special respect to MOM Gyrotheodolites. — "Acta geod." geophys. et topograph. Acad. sci. hung., 1981, 16, № 1, 27—39.

Статья поступила в редакцию 10.05.83

УДК 528.38  
С. Г. ВЛАСЕНКО, Ф. Д. ЗАБЛОЦКИИ

**УЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ  
ПО КОЛЕБАНИЯМ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВИЗИРНЫХ ЦЕЛЕЙ  
В ПОЛДРНОМ РАЙОНЕ**

В летние периоды 1979 и 1980 гг. в одном из арктических районов проводили исследования влияния и учета вертикальной рефракции в тригонометрическом нивелировании на пунктах высокоточной плановой геодезической сети.

На двух пунктах, в частности, изучали методику учета вертикальной рефракции по колебаниям изображений визирных целей. Первый пункт  $H$  находился на параллели  $75^\circ$  в предгорной, каменной местности, покрытой мхом и лишайником. Изредка встречались обширные снежные поля. Второй пункт  $T$  расположен на широте  $71,5^\circ$  в слабо пересеченной каменной тундре с низкотравной растительностью.

Зенитные расстояния измеряли теодолитами OT-02M с каждого пункта по 3—4 направлениям сети. На первом участке наблюдения вели круглоосуточно, на втором — с 6 до 19 ч, сериями, состоящими из трех приемов, каждые два часа. Параллельно измеряли метеорологические параметры: температуру воздуха на двух уровнях, давление, направление и скорость ветра. В период наблюдений на пункте  $H$  преобладала солнечная погода с умеренными ветрами, средняя температура воздуха  $+6,3^\circ\text{C}$ , экстремальные значения  $+11,7$  и  $-0,8^\circ\text{C}$ . На пункте  $T$  сохранялась устойчивая пасмурная погода со средней температурой  $+2,4^\circ\text{C}$ , максимальной  $+5,2^\circ\text{C}$  и минимальной  $-1,0^\circ\text{C}$ . Средний температурный градиент на высоте 2 м на первом пункте составляет днем  $-0,40^\circ\text{C}/\text{м}$ , ночью  $+0,10^\circ\text{C}/\text{м}$ ; на втором определен лишь дневной градиент, равный  $-0,10^\circ\text{C}/\text{м}$ .

В обоих районах высокая прозрачность, атмосфера позволила четко фиксировать колебания изображений визирных целей, измеряемые в секундах дуги с помощью специальной шкалы, установленной в плоскости сетки нитей трубы теодолита. Величины колебаний изображений и на пункте  $H$ , и на пункте  $T$  достигали  $15''$ . Столь значительные колебания на первом пункте вызваны высокой турбулентностью воздуха, а на втором, несмотря на пасмурную погоду и малый градиент температуры, объясняются значительно меньшими эквивалентными высотами  $h_s$  линий визирования по сравнению с первым районом, о чем свидетельствуют приведенные ниже данные:

Показатели	$H-T$	$H-T$	$T-H$	$T-H$
$h_s$ , м	179	171	65	44
$S$ , км	10,5	12,4	19,1	23,7

В первом районе отсутствуют отметки точек из геометрического нивелирования, и поэтому невозможно вычислить теоретические значения зенитных расстояний. Вместо этого по каждому направлению из многодневных (восемь суток) наблюдений были определены значения зенитных расстояний, соответствующие периодам спокойных изображений. Во втором районе преобладают по измерениям направлениям известные из геометрического нивелирования II класса, и значение коэффициента рефракции в период спокойных изображений оказалось равным  $0,173$ . Наступление периода спокойных изображений определяли по нулевым значениям вертикального температурного градиента и по минимуму колебаний изображений визирных целей.

Учет вертикальной рефракции по колебаниям изображений визирных целей заключается в редуцировании измеренных зенитных расстояний на периоды спокойных изображений

$$z_p = z + \frac{a}{2}, \quad (1)$$

где  $z_p$  и  $z$  — редуцированное и измеренное зенитные расстояния;

а — измеренная максимальная амплитуда колебаний изображения визирной цели.

В отличие от рекомендаций \* мы выполняли наведение не на среднее положение колеблющегося верхнего среза визирной цели, а на видимое в трубу нижнее положение, определяемое более надежно, и поэтому редуцированное и измеренное зенитные рас-

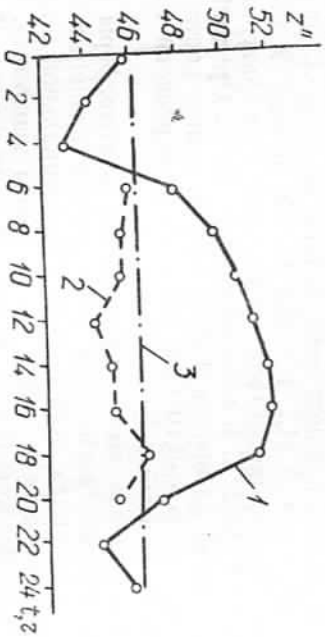


Рис. 1. График измеренных и редуцированных зенитных расстояний по линии Н—П:  
1 — стучащий ход измеренных  $z''$ ; 2 — ход редуцированных  $z''$ ; 3 — значения  $z''$  в период спокойных изображений.

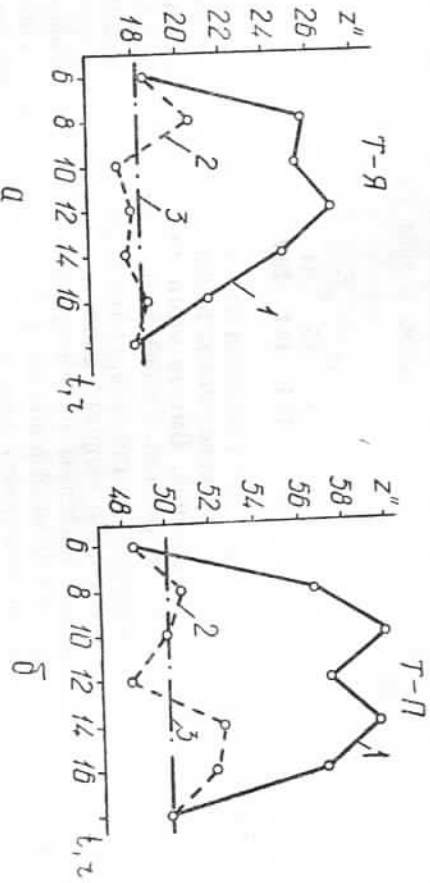


Рис. 2. Графики измеренных и редуцированных зенитных расстояний по линиям Т—Я (а) и Т—П (б):  
1 — дневной ход измеренных  $z''$ ; 2 — ход редуцированных  $z''$ ; 3 — значения  $z''$  в период спокойных изображений при  $k=0,173$ .

стояния будут различаться на значение максимальной амплитуды колебаний, т. е.

$$z_p = z + a. \quad (2)$$

\* Джуман Б. М. Редуцирование измеренных зенитных расстояний на период нейтральной термической стратификации в приземном слое воздуха. — Геодезия, картография и аэрофотоосъемка, 1978, вып. 28.

Редуцирование усредненных значений измеренных зенитных расстояний по средним значениям максимальных амплитуд колебаний изображений за весь период наблюдений по линии Н—П для первого района и по линиям Т—Я и Т—П для второго представлено на рис. 1 и 2.

Как видно, значения  $z_p$  приближаются к линиям, соответствующим значениям  $z$  в периоды спокойных изображений. Средняя квадратическая ошибка редуцирования для четырех линий состав-

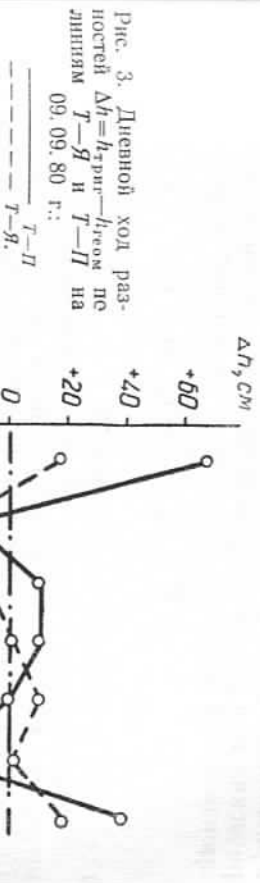


Рис. 3. Дневной ход разностей  $\Delta h = h_{\text{трив}} - h_{\text{теор}}$  по линиям Т—Я и Т—П на 09.09.80 г.:

— Т—Я,  
- - - Т—П

ляет 2'' и вполне согласуется с точностью оценки значений амплитуд колеблющихся изображений.

По редуцированным значениям зенитных расстояний на каждый момент наблюдений по линиям Т—Я и Т—П вычислены превышения и сравнены с «истинными», полученными из геометрического нивелирования II класса (рис. 3).

Как видно, для линий длиной 19 и 23 км превышения, вычисленные по  $z_p$  в течение дня, отличаются от истинных в пределах 20 см, и только в периоды утренней и вечерней инверсий, когда стратификация устойчива, различие весьма значительно.

Ниже приведены средние квадратические ошибки  $m$  определения превышений в течение трех дней и число определений  $n$ :

Показатели	Т—Я	Т—П
$m$ , см	15	29
$n$	20	17

Согласно этим данным, значения  $m$  соответствуют точности технического нивелирования для указанных линий.

Проведенные исследования позволяют заключить, что метод редуцирования измеренных зенитных расстояний на период спокойных изображений вполне можно применить в полярном районе в период неустойчивой стратификации для учета вертикальной рефракции в тригонометрическом нивелировании.