УДК 528..024.4:061

А. С. СУЮНОВ, С. Г. ВЛАСЕНКО, В. М. КОЛГУНОВ

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Для выявления закономерностей действия вертикальной рефракции на результаты геодезических измерений в условиях Средней Азии в августе 1986 г. экспедиция Львовского политехнического института выполнила комплекс геодезических и метеорологических работ на пунктах специальной сети I класса в Кашкадарьинской области Узбекской ССР. Район работ — юго-восточная часть Каракумов — с максимальной +50 °С и минимальной —35 °С температурами, осадками 70 . . . 100 мм/год; неорошаемое земледелие невозможно. Это лессово-глинистая пустыня, представляющая собой платообразные возвышенности с расчлененным ре-

льефом. Скудная низкотравная растительность полностью выгорает (апрель-май), но сохранившимися корнями укрепляет поверхностный слой грунта и предохраняет его от выветривания [1].

В период наблюдений стояла устойчивая антициклонная солнечная погода, отсутствовали пылевые бури, атмосфера была достаточно прозрачной для наблюдений на дистанциях до 5 км.

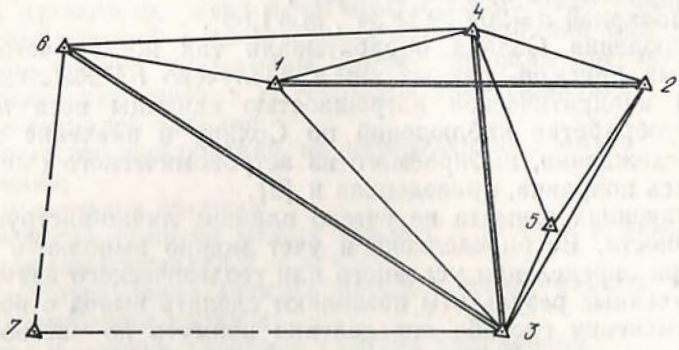

Рис. 1. Схема экспериментальной сети.

Температура воздуха в период наблюдений изменялась от +15 ночью до +40 °С в середине дня. Атмосферное давление колебалось от 713 до 729 мм рт. ст. Скорость ветра изменялась от 0 до 5 м/с.

Сотрудники экспедиции составляли две бригады, в каждой бригаде были наблюдатель и два помощника.

Первая бригада вела наблюдения на пунктах *1, 3, 4* и *5*. Вторая — на пунктах *2, 3* и *6* (рис. 1).

Геодезические наблюдения на каждом пункте включали круглосуточные измерения зенитных расстояний оптическими теодолитами Theo 010B в четные часы суток — 2, 4, 6, . . . , 20, 22, 24 ч. Дополнительно измеряли зенитные расстояния в 9 и 19 ч. Именно в это время наступали утренний и вечерний периоды спокойных изображений визирных целей.

Каждая часовая серия измерений зенитных расстояний состояла из следующих этапов:

а) горизонтальная нить сетки наводится при КЛ на среднее положение колеблющегося верхнего среза визирного цилиндра и производится отсчитывание оптического микрометра. Действия повторяются дважды;

б) горизонтальная нить наводится на верхнее положение верхнего среза колеблющегося визирного цилиндра и снова производится отсчитывание. Действия повторяются дважды;

в) производится измерение размаха колебаний в долях ширины биссектора. При этом верхняя нить биссектора совмещается с верхним положением колеблющегося визирного цилиндра. Записываются три максимальные значения размаха колебаний;

г) горизонтальная нить наводится на нижнее положение верх-

него среза колеблющегося визирного цилиндра и производится отсчет. Действия повторяются дважды;

д) переводится труба через зенит и повторяются при КП действия пунктов «г», «в», «б», «а».

Если колебания изображений отсутствуют, выполняются действия только пункта «а».

При измерении размаха колебаний изображений использовали

Сведения о длинах сторон, превышениях, эквивалентных высотах и теоретических зенитных расстояниях экспериментальной сети

Номер направлений	Расстояние, м	Превышение, м	Эквивалентная высота, м		Теоретическое зенитное расстояние	
			прямо	обратно	прямо	обратно
6—7	3670,4	—81,931	10,7	—	88°41′00,7″	—
1—2	3024,2	+ 4,315	6,4	11,9	90 01 45,1	89°52′05,9″
1—3	2557,8	—53,380	6,2	11,8	88 42 42,6	91 09 17,7
1—6	1201,5	— 0,514	10,0	8,1	89 41 24,7	89 56 57,2
4—3	2036,9	—54,813	19,8	17,8	88 20 13,4	91 28 33,1
4—6	2732,6	— 1,947	13,4	10,6	89 50 37,7	90 00 38,6
4—1	1552,1	— 1,433	7,9	5,3	89 49 50,7	89 55 27,6
4—5	1300,2	— 7,604	13,6	5,4	89 30 38,0	90 10 45,9
4—2	1477,6	+ 2,882	14,7	12,4	89 58 30,8	89 45 07,5
5—3	954,4	—47,209	12,7	14,8	86 53 40,9	92 40 43,8
5—2	1452,1	+10,486	7,1	11,5	90 16 29,4	89 26 55,8
3—6	3576,3	+52,866	11,2	14,2	90 46 52,2	89 07 16,2
3—7	3585,6	—29,066	19,3	—	89 29 09,5	—
3—2	2390,1	+57,694	29,2	21,3	91 19 45,8	88 30 58,8

горизонтальные биссекторы сеток нитей приборов с ценой деления для теодолита Theo 010B № 107 045—31,5″; для теодолита Theo 010B № 600164—32,5″. Амплитуда колебаний оценивалась в долях расстояния между горизонтальными нитями приблизительно («на глаз»).

Каждая часовая серия геодезических измерений начиналась и заканчивалась метеоизмерениями, этим самым измерения z брались «в вилку» метеоизмерениями. Каждая часовая программа метеоизмерений до и после часовой программы измерения зенитных расстояний включала измерения тремя психрометрами температуры и влажности воздуха на высотах 1, 2 и 4 м над подстилающей поверхностью. Указанные действия выполнялись в следующем порядке:

а) смачивание и заводка психрометров;

б) спустя три минуты психрометры отсчитывают в такой последовательности: нижний, средний, верхний; верхний, средний, нижний. После измерения зенитных расстояний повторяются действия пунктов «а» и «б»;

в) один раз за период часовых наблюдений измеряют скорость ветра анемометром и давление анероидом на высоте теодолита (~1,5 м). Фиксируют облачность и направление ветра.

Часовая программа измерения зенитных расстояний начиналась с наблюдения пункта, на котором находилась другая бригада, с таким расчетом, чтобы получить по части направлений взаимные одновременные измерения зенитных расстояний. Эти направления на рис. 1 показаны двойными линиями. По остальным направлениям, показанным сплошными линиями, велись взаимные, но уже неодновременные наблюдения. И только по направлениям *3—7* и *6—7* наблюдения односторонние.

Значения угла вертикальной рефракции по наблюдаемым направлениям определяли как разность теоретического и измеренного зенитных расстояний [2]:

$$\delta = z_{\text{т}} - z_{\text{из}}.$$

Основные данные, характеризующие экспериментальную геодезическую сеть в пустыне Каракумы, приведены в таблице.

Пункты триангуляционной сети представляют собой простые четырехгранные металлические пирамиды высотой 4,5...6,5 м. Центры знаков закреплены в турах, обеспечивающих неподвижность приборов во время наблюдений. Туры, на которых устанавливались теодолиты Theo 010B, изготовлены из асбесто-цементных труб длиной три метра, диаметром 35 см. Внутренний объем трубы заполнен бетоном, на 1,7 м труба погружена в землю, над поверхностью возвышается часть трубы длиной 1,3 м. В верхний срез трубы закреплена марка, координаты и высота которой определены. Над маркой к трубе прикреплена металлическая плита толщиной 8 мм, служащая основанием для установки теодолита. Точно над маркой в плите имеется втулка с резьбой, в которую вкручивали нижней частью винт-переходник. На верхнюю часть переходника навинчивали опорную пластину теодолита, таким образом обеспечивалось точное принудительное центрирование прибора.

Длины линий сети получены из светодальномерных измерений, а отметки — из геометрического нивелирования I класса и только пункт третий — из геометрического нивелирования II класса.

На рис. 2 представлен ход вертикальной рефракции для взаимных одновременных измерений по направлениям *1—2* и *4—3*, а также для двусторонних неодновременных измерений по направлениям *3—2* и *1—4* с минимальной и максимальной эквивалентными высотами визирного луча над подстилающей поверхностью.

Анализ экспериментального материала позволяет сделать следующие выводы:

1. За исключением непродолжительных промежутков времени утром и вечером, результаты измерений зенитных расстояний для линий длиной до 3 км искажены значительными рефракционными ошибками от —28,3 до +50″. Максимум положительной рефракции приходится на период, близкий к восходу Солнца, а минимум — на середину светового периода суток с наибольшей высотой Солнца.

2. Ночные наблюдения зенитных расстояний в условиях пустыни искажены положительной рефракцией из-за инверсионного строения приземного слоя атмосферы, а дневные — отрицательной

рефракцией из-за сильной солнечной радиации, вызывающей сверхадиабатические вертикальные градиенты температуры.

3. С возрастанием высоты визирного луча над подстилающей поверхностью наблюдается уменьшение угла вертикальной рефракции по абсолютному значению. В результате для двусторонних наблюдений по линиям с асимметричными профилями рефракционные искажения по абсолютной величине всегда больше для направления с меньшей эквивалентной высотой.

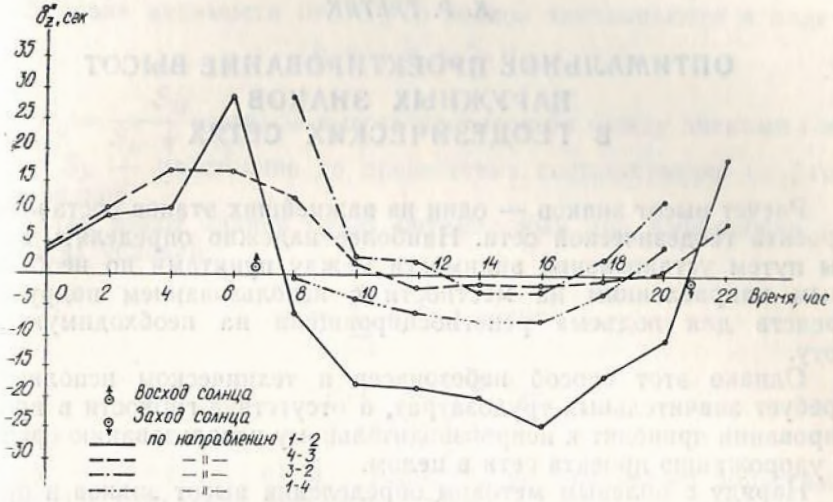

Рис. 2. Суточный ход вертикальной рефракции в условиях Средней Азии.

4. В условиях Средней Азии на протяжении значительного периода светлого времени суток (около 9 . . . 10 ч) имеют место отрицательные углы рефракции для линий с эквивалентными высотами до 20 м.

В средних широтах отрицательные углы рефракции наблюдаются только в близполуденное время на протяжении 2 . . . 3 ч для линий с эквивалентными высотами до 10 м.

5. На основании суточного хода углов рефракции в условиях пустыни можно утверждать, что днем (в период с 10 до 20 ч) абсолютные значения углов рефракции и их изменения во времени в 2—3 раза меньше, чем ночью. Следовательно, дневной период (2 ч после восхода — 1 ч до захода Солнца) является более приемлемым временем для измерения зенитных расстояний, чем ночной период. Наивыгоднейшими периодами производства тригонометрического нивелирования в этих условиях являются сравнительно короткие утренние и вечерние отрезки времени (каждый менее одного часа), совпадающие с периодами спокойных изображений визирных целей, когда действие рефракции стабильное, незначительное и почти одинаковое по любому направлению тригонометрической сети.

1. *Бабаев А. Г., Зоин И. С., Дроздов Н. И., Фрейкин З. Г.* Пустыни. М., 1986. 2. *Изотов А. А., Пеллинен Л. П.* Исследование земной рефракции и методов геодезического нивелирования // Тр.ЦНИИГАиК, 1955. Вып. 102. С. 7—15.

Статья поступила в редколлегию 10. 02. 87