

С учетом (1) и (2) получим уравнение поправок для определения коэффициентов разложения C_n :

$$(\rho - \delta) = \sum_{k=1}^n C_k (\operatorname{tg}^{2k-1} Z_A - \operatorname{tg}^{2k-1} Z_A'). \quad (3)$$

Составляя уравнения по соответствующим хордам (число которых превосходит количество искоемых коэффициентов), выбранным на одном снимке Солнца, приходим к решению переопределенной системы линейных уравнений вида (3) и, как следствие, к получению коэффициентов разложения интеграла рефракции в ряд

$$R_2 = C_1 \operatorname{tg} Z - C_2 \operatorname{tg}^3 Z + C_3 \operatorname{tg}^5 Z - \dots \quad (4)$$

по результатам измерений, выполненных на одном снимке Солнца.

Для экспериментального подтверждения предложенной методики были выполнены измерения фотоизображений Солнца, полученных на зенитных расстояниях $85^\circ 47' 24''$ и $86^\circ 31' 00''$. Фотографирование Солнца сопровождалось определением астрономической рефракции классическим методом с целью сравнения получаемых результатов (наблюдения обоними методами проводились с астро- столба с известными координатами). Измерения прямоугольных координат краев хорд фотоизображений Солнца были выполнены на высокоточном измерительном приборе «СТЕСОМЕТР».

Среднеквадратическая ошибка измерения длин хорд составляет примерно 10 мкм, что в угловой мере с учетом масштаба изображения соответствует одной секунде дуги. При диаметре фотодега 18...25 мкм. Естественно, столь малое различие между погрешностью измерения хорд и собственно измеряемой величиной влечет за собой неустойчивость решения систем уравнений вида (3). Для повышения точности измерения величин свободных членов уравнений $(\rho - \delta)$ нами разработаны и применены эквивалентные метрические методы фотографической обработки снимков Солнца, позволяющие вести измерения практически с номинальной точностью измерительного прибора, составляющей 2...3 мкм. В этом случае, как свидетельствуют специальные исследования [2], результаты решения (3) носят устойчивый характер.

По результатам измерения фотоизображений составлены системы уравнений для соответствующих снимков с $Z = 85^\circ 47' 24''$ и $Z = 86^\circ 31' 00''$. Системы автоматизации вычисления коэффициентов и свободных членов уравнений (3) была построена видимая фигура Солнца с использованием достаточно большого числа измеренных координат края (более 100 точек), между которыми с помощью сплайн-интерполяции можно вычислить видимые размеры хорд диска. В качестве теоретической фигуры Солнца принят малый круг с угловым диаметром, приведенным в Астрономиче-

ском ежегоднике. Результаты вычисления коэффициентов C_n приведены ниже:

Z	C_1	C_2	C_3	$R_{\text{фот}}$	$R_{\text{СТР}}$	Δ, ϵ
$85^\circ 47' 24''$	+50,301	-0,2028	+0,00040	$614,13''$	$622,50''$	-8,37"
$86^\circ 31' 00''$	49,021	-0,2349	+0,00009	715,36	712,30	-3,06

Для сравнения здесь же приведены результаты вычисления рефракции, полученные по астрономическим наблюдениям. Весь процесс обработки измерений фотоизображений Солнца выполнен на ЭВМ по программе, составленной на языке Фортран-4.

Различия между значениями рефракции, полученными предлагаемым и классическим методами, лежат в пределах ошибок измерений фигуры Солнца и фиксации зенитного расстояния. Разработанный метод позволяет получать объективные и надежные результаты при определении астрономической рефракции в близиозонной зоне. Он предельно прост для практической реализации и требует минимальных затрат времени. Учитывая, что рассмотренный метод не предполагает знания координат пункта наблюдения, его применение позволяет решать ряд задач, связанных с экспериментальным наблюдением небесных объектов, находящихся на больших зенитных расстояниях.

Список литературы: 1. *Архангельский А. В.* Об определении астрономической рефракции по фотографическим наблюдениям Солнца. — *Геология, картография и аэрофотоземка*, 1979, вып. 29. 2. *Архангельский А. В.* Применение фотографического эквидистантного метода для измерения фотоизображений солнечного диска. — *Рукопись деп. в УкрНИИТИ* 06.04.84, № 620 Ук.—Д84. 3. *Nadolski V.* Determinata coefficientilor refractiei din observati Solare fotografice. — *Ann. Stint. Univ. Jasi*, 1959.

Статья поступила в редакцию 20.04.84

УДК 528.528.4

К. П. БАЛДИЦКИЙ, А. И. ДЕРБАЛ

ТАХЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТИР

Накладка на план пикетов ситуации и рельефа является одной из основных, довольно трудоемкой и утомительной работой. Для облегчения работ топографов разработано множество различных приборов: круглая сетка на кальке, оцифрованная по ходу часовой стрелки, с расстояниями, нанесенными в соответствующем плану масштабе концентрическими кругами вокруг центра; транспортный полукруг из пластика или металла с нормальным поперечным масштабом, оцифрованный по или против хода часовой стрелки и имеющий по диаметру деления, идущие от центра в обе стороны; круглые транспортиры из пластика или металла разных конструкций (иногда с нормальным поперечным масштабом, оцифрованные по или против хода часовой стрелки); роликоты транспортиры; поларные координатографы разных конструкций; тахео-

графы конструкций М. А. Козлова [4], Б. Н. Корнеева [9] и П. М. Кушаренко [5]; тахеометрические транспортиры [10].

Несмотря на это, топографо-геодезические и проектно-изыскательские организации еще недостаточно оснащены современными приборами для составления планов. Поэтому особую актуальность приобретает совершенствование применяемых приборов и широко внедрение рационализаторских предложений.

Нами разработан и изготовлен тахеометрический транспортир для масштаба 1 : 500, который широко применяется в ряде проектно-изыскательских организаций Украины (см. рисунок).

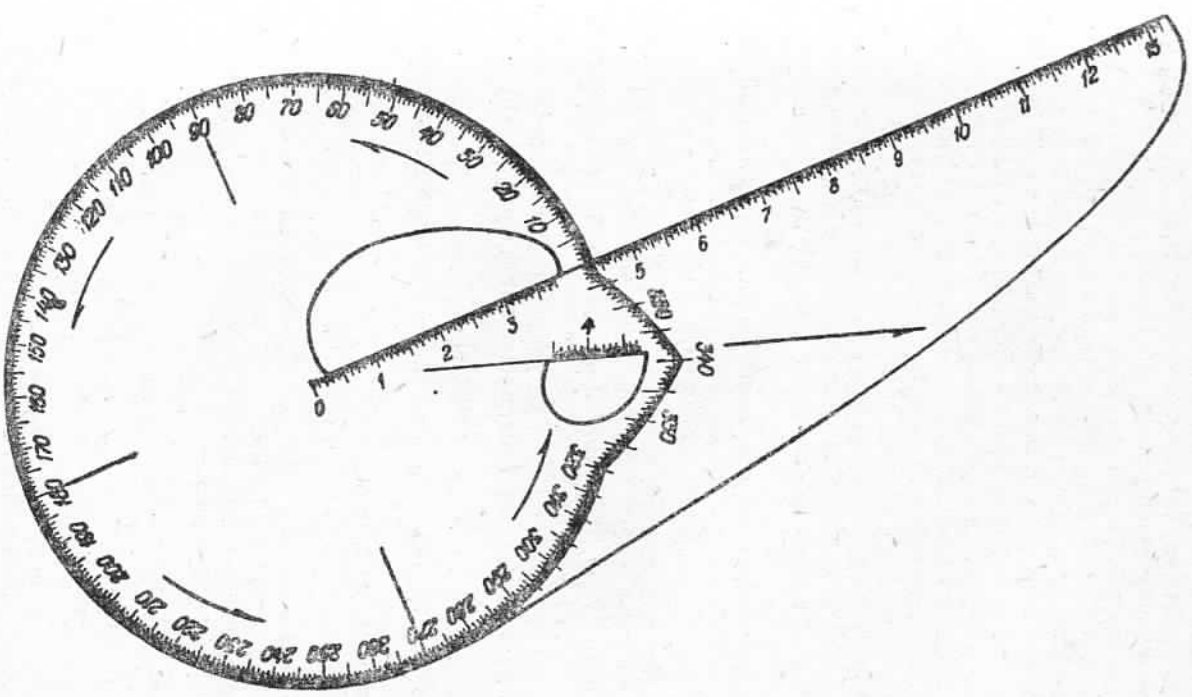
Транспортир диаметром 180 мм совмещен с масштабной линейкой длиной 265 мм и изготовлен цельным из листа органического стекла толщиной 2...2,5 мм. Оцифровка угломерной шкалы выполнена в градусной мере через 10° против хода часовой стрелки с наименьшим делением 0,5°. Ноль угломерной шкалы совмещен с оцифрованной гранью масштабной линейки, наименьшее деление которой 0,5 м. Для быстрого опознавания делений и лучше отсчитывания по транспортиру и масштабной линейке на фоне бело-серого планшета штрихи нанесены разной длины:

Наименование штриха	Размер штриха, мм
Штрих угломерной шкалы:	
десятиградусного интервала	7
пятиградусного интервала	7
градусного интервала	5
полуградусного интервала	2
Штрих прямойлинейной шкалы:	
десятиметрового интервала	5
пятиметрового интервала	5
метрового интервала	4
полуметрового интервала	2

Шкала градусных делений окрашена красным цветом, а шкала расстояний — зеленым. Кроме того, с целью исключения грубых ошибок при отложении горизонтальных углов, на круге транспортира нанесены стрелки, указывающие направление возрастания отсчетов. Для отложения горизонтальных продолжений, меньших радиуса транспортира, служат большой и малый вырезы. Одна грань каждого выреза имеет вид лекальной кривой, другая — прямолинейна и оцифрована. Оцифрованная грань большого выреза совпадает с гранью масштабной линейки. Внешняя грань масштабной линейки представляет собой лекальную кривую, которая постепенно переходит в касательную к угломерной шкале транспортира. Лекальные кривые транспортира используются для вычерчивания на плане кривых линий. В центре транспортира имеется отверстие диаметром 0,6 мм, служащее для его закрепления на планшете центр-шпилькой с длиной острия 6 мм. Шпильку привязывают к транспортиру капроновой леской диаметром не более 0,3 мм.

Накладку шкетов осуществляют следующим образом. Повернув транспортир так, чтобы отсчет, равный углу поворота пикета, совпал с начальным направлением, на соответствующем горизон-

тальном продолжении делают накол и подписывают номер и отсчет пикета. Так поступают и при накладке шкетов с горизонтальными продолжениями, меньшим радиуса транспортира, используя для этого большой вырез. В случае, если откладываемое горизонтальное продолжение попадает на пересечение угломерной шкалы транспортира и масштабной линейки, накладку осуществляют с



Тахеометрический транспортир для масштаба 1 : 500.

помощью малого выреза. Для этого поворачивают транспортир, как указано выше, прочерчивают карандашом вдоль оцифрованной грани масштабной линейки короткий штрих, совмещают с ним оцифрованную грань малого выреза или продолжающие ее прочерченные на транспортире линии и на соответствующем горизонтальном положении по оцифрованной грани малого выреза делают накол пикета.

При изготовлении тахеометрического транспортира мы исходили из следующих предположек.

Выбор диаметра транспортира и длины масштабной линейки обусловлен требованиями тахеометрической съемки масштабов 1:500 и 1:1000, а также условиями изготовления.

Допустимое линейное расстояние между соседними штрихами угломерной шкалы транспортира (деление шкалы) при расстоянии наилучшего зрения в 250 мм и оценке на глаз десятих его долей должно быть не менее 0,5 мм. Ширина штрихов должна быть 0,1...0,15 мм. Допустимые ошибки нанесения штрихов — от 15" до 3'. Длина штрихов, высота цифр, ширина их обводки должны соответствовать нормам, установленным как наивыгоднейшие. При соблюдении указанных условий и освещенности не менее 90 лк предельная ошибка отсчета будет 0,1 деления шкалы [1, 2, 6, 8, 11].

Оптимальный диаметр транспортира, вычисленный по формуле [2]

$$r = \alpha S / l, \quad (1)$$

где α — угол разрешения глаза (120"); S — расстояние наилучшего зрения (250 мм); l — предельная ошибка отсчитывания горизонтального угла (6') при цене деления транспортира 0,5° составляет ≈ 170 мм.

Для вычисления линейного расстояния между соседними штрихами угломерной шкалы l использовалась формула [6]

$$l = d\lambda / 2\rho, \quad (2)$$

где d — диаметр транспортира; λ — цена наименьшего деления транспортира.

Из формулы (2) имеем

$$d = 2 \rho l / \lambda. \quad (3)$$

Отсюда, при $\lambda = 0,5^\circ$ и $l = 0,5$ мм получаем минимальный диаметр транспортира, равный 115 мм.

Для применяемых масштабов съемки оптимальные параметры транспортиров следующие:

Масштаб съемки	d , мм	λ , °	l , мм
1:500	180	0,5	0,79
1:1000	140	0,5	0,61

Трафареты для транспортиров были изготовлены с помощью делительного устройства. Они вычерчивались механическим способом (с помощью тонко заточенной иглы) [6; 7] на белом текстолите в обратном изображении. Полученные штрихи и линии глупинной 0,1...0,2 мм были зачернены.

После вычерчивания на листе органического стекла всех образующих линий транспортира его вылигивают с последующей доводкой граней. При этом грань масштабной линейки контролируется многократным сравнением с линейкой, прочерченной на трафарете. После этого раскаленной шпилькой такого же диаметра, как и центр-шпилька, прожигают центральное отверстие в транспортире. Край отверстия получают гладкими, оплавленными и прочными, что исключает необходимость вставки небольшой втулки.

Затем, закрепив готовую заготовку транспортира на трафарете центр-шпилькой и несколькими прижимками, копируют штрихи механическим способом. Оцифровку шкалы вычерчивают с помощью прозрачной линейки, имеющей отверстия диаметром 1,2 и 3 мм. Отверстие $\varnothing 3,0$ мм используют для вычерчивания цифр 0, отверстие $\varnothing 2,0$ мм — для вычерчивания цифр 2, 3, 5, 6, 8, 9, а отверстие $\varnothing 1,0$ мм — для цифр 3 и 8. Штрихи и цифры закрашивают масляной краской.

Центр-шпильку изготавливают путем запрессовки нагретой стальной шпильки с петлей в полость органического стекла. Острые шпильки обрезают до нужной длины и затачивают. Полоске стекла придают удобную по руке форму. В ней прожигают отверстие, которое проходит через петлю шпильки и служит для крепления ее капроновой леской к транспортиру.

Тахеометрический транспортир для масштаба 1:1000 изготавливают аналогично.

Копии указанного транспортира, выполненные на фотолентке, используют в полевых условиях для работы с генпланами и оперативного нанесения корректуры, при выносных проектах и натуре, разбивке горных выработок, съемке подземных коммуникаций.

Применение описанного тахеометрического транспортира ускоряет процесс создания топографических планов, добавляет топографа от использования ряда чертежных приборов (транспортир, игла, линейка, лекало) и создает, благодаря его прозрачности, хорошее обозрение планшета.

Список литературы: 1. ГОСТ 13494-80. Транспортиры геодезические. Технические условия. — Введ. с 01.01.81. 2. Елисеев С. В. Геодезические инструменты и прибор. — М.: Недра, 1973. 3. Жукова В. И., Петряева Н. П., Пономарева Е. Н. Точность измерения и построения углов при помощи транспортира. — Тр. МИИЗ, 1954, вып. 1, 4. Козлов М. А. Тахеограф для составления топопланов крупных масштабов. — Геодезия. Экспресс-информация (ЦНИИГАиК), 1982, вып. 5. 5. Кушнеренко П. М. Опыт изготовления тахеографа. — Колымка, 1982, № 1. 6. Литвинов Б. А., Лобачев В. М., Воронков Н. Н. Геодезическое инструментоведение. — М.: Недра, 1971. 7. Островский А. Д., Маслин Д. И., Гривенко В. Г. Геодезическое прибороведение. — Львов: Вища шк., 1983. 8. Сидоренко П. Г. Геодезические приборы. — М.: Д.: Оборонгиз, 1939. 9. Харнов Л. С. Геодезия. — М.: Госгесбуиздат, 1962. 10. Шитов В. В. А. с. 1 002 845 (СССР). Транспортир тахеометрический. — Опубл. в Б. И., 1983, № 9. 11. Szalai B. Vadañia dokladiñosi kartowaniá za romosa pañosñika vègipolowego NBI produkci PZO. — Przeglad geodezyczny, 1980, t. 54, N 8.

Статья поступила в редакцию 02.04.84