

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 528.28

А. А. АКУНЕИ

О ВЛИЯНИИ БОКОВОЙ РЕФРАКЦИИ НА ТОЧНОСТЬ АЗИМУТАЛЬНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Азимуты Лапласа в государственной геодезической сети СССР служат для контроля угловых измерений и ориентирования, а поэтому должны определяться с такой точностью, чтобы влияние ошибок их определения на невязки азимутальных условий было в четыре раза меньше влияния ошибок измерения углов [3].

Согласно требованиям [1], ошибка определения азимутов не должна превышать $\pm 0''{,}5$. Однако при оценке точности определения астрономических азимутов на пунктах Лапласа было обнаружено, что эти ошибки значительно превышают установленный предел и достигают $2''$ [4].

Точность определения астрономического азимута зависит от инструментальных и лично-инструментальных ошибок, а также ошибок, обусловленных влиянием внешней среды. В настоящее время имеются методы наблюдений, которые позволяют сводить до минимума влияние инструментальных погрешностей [1, 3, 4]. Влияние ошибок внешней среды является одним из источников погрешностей, препятствующих повышению точности геодезических измерений, в том числе и азимутальных определений. Сложность учета ошибок этого рода заключается в том, что состояние атмосферы, в котором проходит световой луч, непрерывно изменяется во времени и пространстве и зависит от множества факторов: состояния погоды, теплотехнических свойств подстилающей поверхности, высоты луча над поверхностью земли и др.

Влияние внешних условий на точность геодезических измерений освещено в трудах многих ученых-геодезистов. Однако проблема уменьшения ошибок, вызываемых влиянием атмосферы на точность геодезических определений, окончательно не решена.

Приведем результаты изучения влияния внешних условий на точность определения астрономического азимута. Полевые исследования проводились на одном из пунктов триангуляции учебного полигона Львовского политехнического института в 1962 г. и 1964 г. Полигон расположен во всхолмленном районе Прикарпатья. Наблюдения астрономического азимута проводили с пункта *A* на пункт *B*. Расстояние между пунктами 10,6 км. Профиль и полоса топокарты местности, над которой проходил визирный луч, показаны на рис. 1.

Астрономический азимут определялся по часовому углу Полярной. Наблюдения велись инструментом АУ2/10 с астрономического столба. Моменты наведения на Полярную фиксировались по звездному хронометру. Предварительно в лабораторных условиях была исследована пригодность инструмента для точных астрономических определений. В полевых условиях повторно определялся рен микроскоп-микрометров горизонтального круга.

Кроме того, на определяемом пункте *A* были проведены наблюдения по определению широты и долготы. Широта найдена по способу Талькотта, долгота по способу Цингера. Средние квадратические ошиб-

ки определения широты и долготы, вычисленные по внутренней сходимости, равны соответственно $\pm 0''{,}24$ и $\pm 0,019$.

Азимут земного предмета определяется по методике, изложенной в [1]. Однако, в отличие от указаний [1], наблюдения велись как в периоды спокойных изображений, так и при значительных колебаниях изображений земного предмета. Одновременно наблюдали метеорологические элементы: температуру, давление воздуха, скорость ветра и облачность.

Температура воздуха измерялась аспирационными психрометрами Асмана на высотах 1,5 м и 15 м на пункте А, давление anerоидом на высоте астрономического универсала. Облачность фиксировалась по четырехбальной системе; скорость ветра измерялась анемометром.

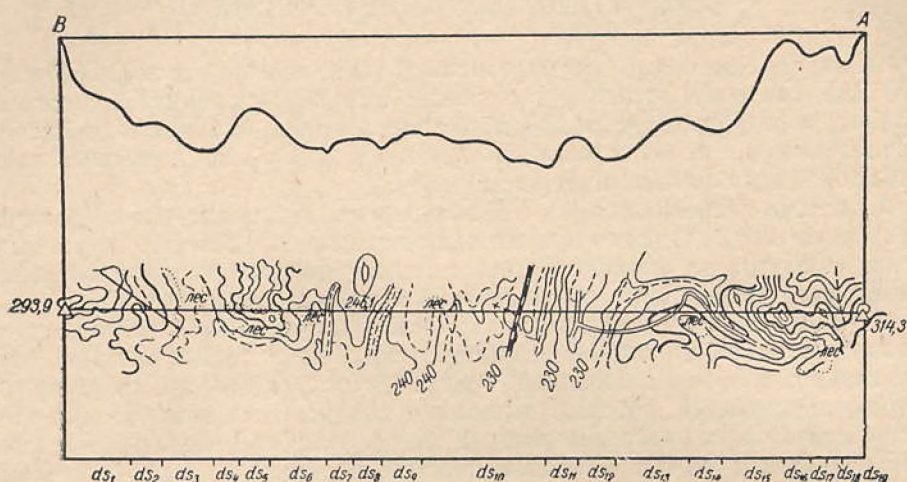


Рис. 1. Профиль и полоса карты по направлению определяемого азимута.

Остановимся на методике обработки вычисленных значений азимута. В первую очередь рассмотрим зависимость изменений значения азимута от вертикального градиента температуры. Этот ход показан на рис. 2. Как видно из графика, значение азимута плавно уменьшается с 19 час. до 5 час. утра. Аналогично увеличивается величина вертикального градиента температуры. Коэффициент корреляции равен 0,85. Он вычислен по формулам:

$$r = \frac{K}{\sigma_a \sigma_{gr}}; \quad (1)$$

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - a_0) \left(\frac{\Delta t_i}{\Delta h} - gr_0 \right)}{n - 1}, \quad (2)$$

где σ_a , σ_{gr} — средние квадратические ошибки определения азимута и градиента; a_i — отдельное значение азимута; $\frac{\Delta t_i}{\Delta h}$ — отдельное значение градиента температуры; a_0 , gr_0 — средние арифметические значения азимута и градиента.

Приведем значения азимута a по интервалам разности температур $t_{15} - t_{1,5}$, вертикального градиента температур, средняя квадратическая ошибка определения азимута из одного приема m , средняя квадратич-

ческая ошибка результата M и число приемов, из которых он определялся, n :

Интервал разности 15—1,5 м	gr	a	m	M	n
(+1,75)—(+1,25)	+0,099	8,45	$\pm 1,43$	$\pm 0,30$	24
(+1,25)—(+0,75)	+0,078	8,26	$\pm 1,35$	$\pm 0,36$	18
(+0,75)—(+0,25)	+0,039	7,95	$\pm 1,32$	$\pm 0,24$	30
(+0,25)—(-0,25)	+0,007	7,80	$\pm 1,03$	$\pm 0,39$	7
(-0,25)—(-0,75)	-0,049	7,33	$\pm 1,50$	$\pm 0,41$	13

Из данных видна та же зависимость азимута от $\frac{dT}{dh}$, что и на рис. 2, то есть существует тесная корреляционная связь между вертикальным градиентом температуры и величиной азимута. Последнее



дает возможность рассмотреть вопрос об исправлении результатов наблюдений азимутов поправками за боковую рефракцию.

Существует несколько методов, которые позволяют с той или иной точностью исправлять результаты наблюдений поправками за боковую рефракцию [2], [5]. В данном случае был использован метод [2], когда величина поправки за боковую рефракцию вычисляется по формуле:

$$\delta'' = -\frac{0'',2}{S} \gamma \Sigma, \quad (3)$$

где S — расстояние между пунктами наблюдений; γ — вертикальный градиент температуры; Σ — величина, характеризующая рефракционную опасность направления.

Величина Σ вычисляется по формуле:

$$\Sigma = \int_0^S S_i \operatorname{tg} \alpha_i \cos \nu_i dS_i, \quad (4)$$

здесь α_i — угол наклона к горизонту изотермических поверхностей на отрезке dS_i ; ν_i — угол между заданным направлением и линией пересечения горизонтальных и изотермических поверхностей на том же отрезке; S_i — расстояние от источника света до текущей точки; α_i и ν_i выбирают из выкопировки топографической карты (см. рис. 1).

Величина Σ вычисляется численным интегрированием и равна 384384 м^2 .

Анализируя приведенные ниже результаты, можно заметить, что дисперсия азимута после введения поправок значительно уменьшилась:

gr	$a_{выч}$	δ''	$a_{испр}$
+0,099	8,45	-0,72	7,73
+0,078	8,26	-0,57	7,69
+0,039	7,95	-0,28	7,67
+0,007	7,80	-0,05	7,75
-0,049	7,33	+0,35	7,68

Таким образом, из всего сказанного можно сделать следующие выводы:

1. Рефракционные искажения астрономического азимута значительно ослабляются, если наблюдения выполнять симметрично относительно моментов изотермии воздушных масс или вводить в измеренные азимуты поправки за боковую рефракцию.

2. При проектировании направлений под азимутальные определения следует выбирать направления с малыми значениями Σ . Значения Σ вычисляются по топографической карте. Малые значения Σ получим в тех случаях, если запроектированное направление пересекает горизонталь под углами близкими к 90° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Колупаев А. П., Мауерер В. Г., Старостин А. М. Практическое руководство по геодезической астрономии. — «Труды ЦНИИГАиК», 1962, вып. 148.
2. Островский А. Л. Геодезический метод определения поправок за рефракцию в азимуты на пунктах Лапласа. — ДАН УССР, 1967, № 3.
3. Старостин А. М. Исследования по вопросам повышения точности определения азимуты. — «Труды ЦНИИГАиК», 1959, вып. 124.
4. Старостин А. М. Исследование точности определения азимуты Лапласа. — «Труды ЦНИИГАиК», 1959, вып. 124.
5. Яковлев Н. В. К теории рефракции оптического луча при высокоточных геодезических измерениях разного состава. — «Геодезическая аэросъемка», 1969, № 3.

Работа поступила 12 февраля 1973 года.
Рекомендована кафедрой геодезии Львовского политехнического института.