

А. С. ЗЮЗИН

ИСТОЧНИКИ РЕФРАКЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В период изысканий под строительство крупных предприятий плановой геодезической основой служат пункты государственной триангуляции и полигонометрии. В процессе проектирования и составления генерального плана на территории промплощадки создается местная (локальная) плановая геодезическая основа в виде строительной сетки, ориентированной по главным осям основных сооружений.

Точность планового положения пунктов строительной сетки диктуется требованиями и допусками при последующих разбивках сооружений, а также съемках уже застроенной территории, как правило, в масштабе 1:500. При этих обстоятельствах ошибки взаимного положения координат пунктов основы не должны превышать $\pm 0,020$ м, то есть угловые и линейные измерения необходимо производить на уровне городской полигонометрии повышенной точности или I разряда, где средняя квадратическая ошибка угла составляет $m\beta = \pm 3-5''$ и предельная относительная невязка — 1:25 000—1:20 000. Практика показывает, что при производстве строительных работ значительная часть (60—70%) грунтовых пунктов строительной сетки уничтожается и при крупномасштабных (1:500, 1:1000 и 1:2000) геодезических съемках заводской территории в условиях действующих цехов и подразделений приходится заново развивать плановую опорную сеть такой же высокой точности.

В современных угломерных инструментах высокого качества инструментальные погрешности сведены практически до минимума. Однако на точность угловых измерений влияют внешние условия и в первую очередь боковая рефракция, появляющаяся вследствие преломления визирного луча в приземных слоях атмосферы. Особенно мешают аномальные источники рефракции, которые действуют непрерывно и односторонне и являются причиной систематических ошибок при измерении горизонтальных углов на пунктах заводской полигонометрии.

Крупные промышленные предприятия (особенно металлургические и коксохимические заводы) имеют так называемые «горячие» цеха: доменные, мартеновские, коксовые батареи и другие, вокруг которых образуются «теплые острова», круглосуточно излучающие тепло в прилегающие к ним слои атмосферы. Необходимо отметить, что при нагревании стен зданий солнечной радиацией горизонтальный температурный градиент изменяется в течение суток от нуля до какого-то максимума (в зависимости от высоты и азимута солнечных лучей). При этом нулевые периоды наступают сразу после восхода и перед заходом солнца (длительностью 2—3 ч). Результаты измерений горизонтальных углов в это время практически не имеют ошибок за боковую рефракцию. В то же время в приземном слое воздуха, прилегающего к стенам зданий горячих цехов, нулевых периодов, то есть периодов равновесия атмосферы, не бывает. Только при сильном ветре слои атмосферы перемешиваются и температурная разность уменьшается. Это приводит к снижению искажений углов боковой рефракцией.

Для выяснения количественной характеристики рефракционных искажений горизонтальных углов в вытянутых полигонометрических ходах, проложенных вдоль нагретых стен горячих цехов промышленных предприятий, мы проводили наблюдения (в октябре 1974 г.) на одном из коксовых заводов. На его территории был заложен экспериментальный полигон в виде двух

четыреугольников (рис. 1), одна сторона которых располагалась вдоль коксовых батарей в непосредственной близости от них. Так, сторона A_1B_1 первого четырехугольника проходила на расстоянии 7 м от стены, а A_2B_2 — 10,5 м. Общая сторона CD находилась далеко от коксовых батарей (за полосой дре-



Рис. 1. Экспериментальный полигон.

весных насаждений) и не была подвержена тепловому воздействию. Угловые измерения на пунктах производили в течение двух дней оптическим теодолитом Т-2 в пасмурную погоду, при слабом ветре (не более 2 м/с). Температуру воздуха определяли на высоте 1,5 м аспирационным психрометром Ассмана у стены основания коксовых печей (тока a) и на линии визирного луча теодолита (точка b) на расстоянии 30 м от станции наблюдения (рис. 2).

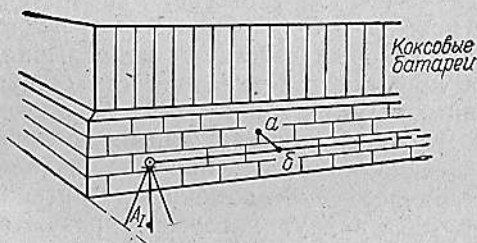


Рис. 2. Коксовая печь.

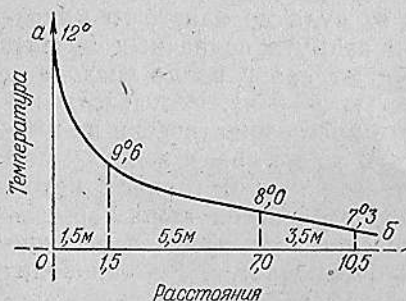


Рис. 3. Температурный профиль воздушной среды.

По условиям технологии температура в коксовых печах достигает 700°C , вследствие чего температура стен их основания всегда намного выше, чем прилегающего воздуха.

Детальные наблюдения, проведенные ранее [1], показали, что температурный профиль воздушной среды у нагретой стены имеет вид параболы (рис. 3).

На протяжении двух дней во время экспериментальных измерений температура воздуха на линии визирного луча в точке b была практически одинаковой и составляла 8°C , на линиях A_1B_1 и A_2B_2 — 7°C , а у стены в точке a — 12°C . Следует

отметить, что разность температуры в точках a и b на $2/3$ погашается на расстоянии 1,5 м от стены, а на 15—20 м тепловой эффект практически не распространяется.

Согласно теории боковой рефракции, световой луч, направляющийся из точки B к наблюдателю в точке A , пройдет рефракционное поле, расположенное вдоль нагретой стены, и

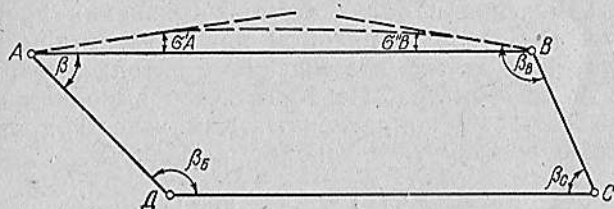


Рис. 4. Рефракционная кривая.

вместо прямой AB пойдет по кривой BKA (рис. 4). Рефракционная кривая должна быть направлена своей выпуклостью в сторону менее плотных слоев воздуха, то есть в сторону нагретой стены. Поскольку температурный градиент направлен по нормали к простиранию коксовых печей, а визирный луч параллелен им, то поправку в горизонтальные углы за боковую рефракцию определяют по формуле

$$\sigma'' = 10,9'' \frac{B}{T^2} s \frac{\partial T}{\partial x}. \quad (1)$$

Как видим (рис. 4), ошибки за боковую рефракцию $\sigma'' = \sigma_A'' + \sigma_B''$ в горизонтальных углах при точках A и B с положительным знаком полностью войдут в угловые невязки четырехугольников. Пользуясь формулой (1), определим ошибки за боковую рефракцию во время экспериментальных наблюдений. Средние значения температурных градиентов в горизонтальной плоскости, направленных по нормали к визирной линии, оказались: в первом полигоне по линии A_1B_1 — $\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{9,6^\circ - 8,0^\circ}{5,5} = 0,29^\circ/\text{м}$; во втором по линии A_2B_2 — $\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{9,6^\circ - 7,9^\circ}{9,0} = 0,26^\circ/\text{м}$.

Принимая барометрическое давление в пунктах наблюдений постоянным ($B=750$ мм), длину визирной линии округленно $S=290$ м и найденные выше горизонтальные температурные градиенты, получаем: $\sigma'' = 10,9'' \frac{750}{281^2} \cdot 290 \cdot 0,29 = 9,2''$

(для первого полигона) и $\sigma'' = 10,9'' \frac{750}{280,3^2} \cdot 290 \cdot 0,26 = 8,0''$ (для второго).

Температурные измерения воздуха показали, что метеорологическая обстановка в течение двух дней в период угловых измерений была постоянной. Тогда ошибки за боковую рефракцию на обоих пунктах можно принять одинаковыми и по знаку, и по величине, то есть общая ошибка в первом полигоне —

$$\sigma_1'' = \sigma_{A_1}'' + \sigma_{B_1}'' = +18''; \text{ во втором — } \sigma_2'' = \sigma_{A_2}'' + \sigma_{B_2}'' = +16''.$$

Угловые измерения в обоих четырехугольниках производили теодолитом Т-2 полным приемом при пятикратном наведении на марку и с двумя совмещениями штрихов барабаном микрометра. Из 10 отсчетов выводили среднее значение по каждому направлению. Как известно, среднюю квадратическую ошибку угла находят по формуле

$$m_\beta = \pm \sqrt{\frac{1}{p} \left(m_v^2 + \frac{m_o^2}{2} \right)},$$

где m_v — ошибка визирования; m_o — ошибка отсчета; p — количество приемов.

Принимая для оптического теодолита Т-2 $m_v = \pm 3,0''$ и $m_o = \pm 2,0''$, для угла из двух приемов получаем

$$m_\beta = \pm \sqrt{\frac{1}{2} \left(3,0'' + \frac{2,0''}{2} \right)} = \pm 2,3''.$$

С этим результатом довольно хорошо согласуется средняя квадратическая ошибка угла по колебаниям двойной коллимационной ошибки. Другие инструментальные ошибки (за наклон лимба, за наклон оси вращения трубы, коллимационная и т. д.) исключались, так как стороны углов были горизонтальными и измерения проводили при двух положениях вертикального круга.

Теперь можно определить допустимую угловую невязку для каждого четырехугольника * $f_{\text{доп}} = 3m_\beta \sqrt{2n} = 3 \cdot 2,3'' \cdot 2,8 = 19,3''$.

Как и следовало ожидать, практически угловые невязки в обоих четырехугольниках оказались недопустимыми: в первом полигоне $f_{\text{доп}}^I = +31,2''$, во втором — $f_{\text{доп}}^{II} = +34,4''$. После исключения поправки за боковую рефракцию: в первом полигоне $f^I = 31,2'' - 18'' = 13,2''$ и во втором — $f^{II} = 34,4'' - 16,0'' = 18,4''$, то есть в обоих случаях допустимы. Необходимо отметить, что наличие допустимой невязки в полигонометрическом ходе, проложенном вдоль нагретых стен, вовсе не свидетельствует об отсутствии искажения горизонтальных углов боковой рефракцией.

* Поскольку в четырехугольниках две стороны короткие, в формуле допустимой невязки взято удвоенное количество углов.

ЛИТЕРАТУРА

З ю з и н А. С. Боковая рефракция при измерении углов на пунктах городской полигонометрии. — «Геодезия и картография», 1956, № 6.

Работа поступила 23 декабря 1975 года.
