

В. А. ИЛЬЯШЕНКО

## ОПЫТ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОПРАВОК ЗА БОКОВУЮ РЕФРАКЦИЮ ПО МЕТОДУ УРМАЕВА

Проф. Н. А. Урмаев в своей статье [2] указал путь получения поправок за боковую рефракцию в наблюдаемые направления пунктов триангуляции в случае однородного поля рефракции. При этом в качестве необходимых данных должен быть известен показатель преломления воздуха по любому контуру, являющемуся внешним для обрабатываемой сети триангуляции.

Нами была сделана попытка, используя наблюдения метеостанций, ближайших к пунктам сети триангуляции, вычислить и ввести поправки за боковую рефракцию в направления. С этой целью было подобрано звено старой (1938 г.) триангуляции I класса протяженностью около 200 км по меридиану, расположенному в равнинном степном районе, состоящее из 15 треугольников (17 пунктов). Привлечено восемь метеостанций, расположенных вблизи триангуляции, семь из которых образуют внешний контур, а восьмая находится в середине звена. Последнее обстоятельство позволило разбить всю территорию на несколько независимых многоугольников. Максимальная удаленность метеостанций от звена триангуляции 150 км.

Для каждой метеостанции вычислены показатели преломления на фактические даты наблюдений пунктов по среднесуточным значениям температуры и давления. Затем решалась задача Дирихле методом сеток [1] со сторонами квадратов 50 км, а внутри квадратов на схеме масштаба 1 : 500 000 строились изопикнии с их оцифровкой в единицах  $1 \cdot 10^{-7}$ . Когда из-за сложности конфигурации изопикний их невозможно было построить, производилось повторное решение задачи Дирихле тем же методом внутри квадрата  $50 \times 50$  км с частотой расположения узлов через 10 км.

Температура воздуха и атмосферное давление приведены к средней высоте визирных лучей звена триангуляции над уровнем моря. При этом использовались обычные градиенты температуры и давления, известные в метеорологии:  $-0,6$  на 100 м и  $-1$  мбар на 8 м высоты. Здесь необходимо отметить, что формулы для приведения температуры и давления по высоте весьма приближенные, но так как колебания превышений не превосходили 27 м, то их приближенность очень мало сказалась на изменении значений температуры и давления и наибольшие редукции были  $0,2$  и  $3,4$  мбар.

Работы производились на равнине с колебаниями отметок не более 30 м. Наблюдения были выполнены за один сезон, причем 80% всех наблюдений падает на ночное время. Некоторые пункты наблюдались в течение одних суток, максимальная продолжительность работы на одном пункте — пять суток. Высоты сигналов колебались от 18 до 30 м. Примерно на тех же высотах над уровнем моря, что и пункты триангуляции, были расположены метеостанции.

Анализ метеоданных показал, что на территории существует обширное поле боковой рефракции, почти однородное по своему характеру с ориентировкой вектора рефракции на северо-северо-восток. Использование средних значений температуры и давления за сутки или за несколько суток вполне оправдалось, так как показатель преломления воздуха определялся не по абсолютным значениям температуры и давления, а по их колебаниям в пространстве. Колебания же показателя преломления в подавляющем большинстве сохранялись в течение многих суток. После получения показателя преломления воздуха в узлах

сетки и нанесения изопокиний можно было считать, что сколько кривых пересечет сторону триангуляции, столько сотых долей секунды составит поправка в направление за боковую рефракцию. Это достигается упрощением формулы из [2]

$$\delta_{12} = -\frac{1}{2} \left( \frac{\partial \ln \mu}{\partial x} \right)_3 (y_2 - y_1) + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \ln \mu}{\partial y} \right)_3 (x_2 - x_1) \quad (1)$$

за счет подбора системы единиц, в результате чего (1) приобретает более простой вид

$$\delta'' = \frac{1}{2} \frac{\partial \mu}{\partial S} \cdot s \cdot \rho'' \quad (2)$$

Приступая к анализу результатов введения поправок за боковую рефракцию, отметим, что максимальная величина поправки в направлении равна  $0''{,}08$ ; в угол —  $0''{,}08$ ; влияние на невязки треугольников незначительно, а на ошибку Ферерро равно нулю, то есть поле боковой рефракции — однородно. Если же рассматривать действие поправок по ходовой линии, то оно очевидно систематическое, все поправки, кроме одной, действуют односторонне, и это суммарное влияние составляет по звену  $0''{,}44$ , то есть около 30% от свободного члена азимутального условия, равного  $1''{,}35$ .

Таким образом, метод Урмаева дает возможность ввести поправки за боковую рефракцию в направлениях в сетях триангуляции, которые были проложены ранее. Если учесть, что сейчас сеть метеостанций стала значительно гуще, а наблюдения температуры и давления на них выполняются не четыре, а восемь раз в сутки, то можно с полным основанием надеяться, что для триангуляции и полигонометрии последних лет эти поправки получим значительно точнее.

Преимуществом рассматриваемого метода является возможность определения перегибов визирного луча по стороне триангуляции, что совершенно невозможно при определении температуры и давления на концах сторон триангуляции. В нашем примере в двух случаях лучи визирования претерпевают перегибы, и поправки за боковую рефракцию оказываются равными 0.

В заключение отметим, что так как при уравнивании больших сетей триангуляции необходимо эффективно ослабить влияние систематических ошибок, то введению поправок за боковую рефракцию по методу Урмаева при этом может принадлежать не последняя роль.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Демидович Б. П. [и др.] Численные методы анализа. М., «Наука», 1967.
2. Урмаев Н. А. Основы теории стационарного поля боковой рефракции. — «Геодезия и картография», 1956, № 2.

Работа поступила 23 мая 1974 года. Рекомендована кафедрой теории математической обработки геодезических измерений Львовского политехнического института.