

Я. М. КОСТЕЦКАЯ

О МНОГОСТУПЕНЧАТОМ СПОСОБЕ РЕШЕНИЯ МНОГОЗНАЧНОСТИ ПРИ СВЕТО- И РАДИОДАЛЬНОМЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

В учебниках по радиогеодезическим и электрооптическим измерениям многоступенчатый способ решения многозначности описан довольно сложно [1, 3]. Мы предлагаем более простое изложение этого способа.

В фазовых дальномерах длина измеряемой линии определяется по формуле

$$D = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \cdot \frac{v}{2f}, \quad (1)$$

где $\Delta\varphi = \varphi_{\text{п}} - \varphi_{\text{отр}}$ — разность фаз прямого и отраженного сигналов; v — скорость распространения сигнала; f — измерительная частота; D — измеряемая линия.

Измерительная частота в большинстве свето- и радиодальномеров не меньше 10 Мгц. Поэтому длина измеряемой линии во много раз больше полдлины волны измерительной частоты

$$D \gg \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f},$$

где λ — длина волны измерительной частоты. Из этого следует, что разность фаз $\Delta\varphi$ будет всегда содержать целое число N периодов, то есть

$$\Delta\varphi = N \cdot 2\pi + \Delta, \quad (2)$$

где Δ — дробная часть периода.

С помощью фазометров, которые имеются в фазовых дальномерах, можно определить разность фаз только в пределах одного периода. Следовательно, в результате измерений находим только дробную часть Δ , а целое число периодов N остается неизвестным.

Для определения числа N , то есть решения многозначности многоступенчатым способом, в дальномерах имеется несколько постоянных частот, на которых измеряется разность фаз. Предположим, что в дальномере имеются четыре измерительные частоты: f_1 , f_2 , f_3 и f_4 . Они подобраны так, что $f_1 > f_2 > f_3 > f_4$ и

$$\frac{f_1}{f_2} = k, \quad \frac{f_1}{f_3} = l, \quad \frac{f_1}{f_4} = m,$$

где k , l и m — целые числа и l — в целое число раз больше k , а m — в целое число раз больше l . Например, в теллуromетрах

$$\frac{f_1}{f_2} = k = 10, \quad \frac{f_1}{f_3} = l = 100, \quad \frac{f_1}{f_4} = m = 1000.$$

Подставим в (1) значение разности фаз (2) и после преобразования получим

$$D = (N + \delta) \frac{\lambda_1}{2}, \quad (3)$$

где $\delta = \frac{\Delta}{2\pi}$.

Измерив разности фаз на первой частоте f_1 , будем иметь

$$D = N_1 \frac{\lambda_1}{2} + \delta \frac{\lambda_1}{2}, \quad (3a)$$

где N_1 — результат измерения разности фаз на частоте f_1 , в долях периода. Число N_1 можно представить так:

$$N_1 = am + bl + ck + d, \quad (4)$$

где $a=0, 1, 2, 3, \dots$, $b=0, 1, 2, \dots, \frac{m}{l}$, $c=0, 1, 2, \dots, \frac{l}{k}$, $d=0, 1, 2, \dots, (k-1)$.

Для теллуromетра равенство (4) имеет вид

$$N_1 = a \times 1\,000 + b \times 100 + c \times 10 + d,$$

а коэффициенты a, b, c и d могут быть целыми числами от 0 до 9.

Учитывая (4), равенство (3a) можно записать как

$$D = (am + bl + ck + d) \frac{\lambda_1}{2} + \delta_1 \frac{\lambda_1}{2}. \quad (3'a)$$

Измерив эту же линию на частоте f_2 , получим

$$D = N_2 \frac{\lambda_2}{2} + \delta_2 \frac{\lambda_2}{2},$$

или

$$D = N_2 \frac{\lambda_1}{2} k + \delta_2 \frac{\lambda_2}{2}. \quad (3б)$$

Сравнивая равенства (3a) и (3б), видим, что число N_2 будет в k раз меньше N_1 . При этом следует помнить, что N_2 — целое число, то есть дробную часть, которая получается при делении, следует отбросить. Значит

$$N_2 = \frac{am}{k} + \frac{bl}{k} + c.$$

Член $\frac{d}{k} < 1$, и мы им должны пренебречь. Теперь равенство (3б) запишем так:

$$D = \left(\frac{am}{k} + \frac{bl}{k} + c \right) \frac{\lambda_1}{2} k + \delta_2 \frac{\lambda_2}{2},$$

или

$$D = (am + bl + ck) \frac{\lambda_1}{2} + \delta_2 \frac{\lambda_2}{2}. \quad (3'б)$$

Вычитая из (3'а) (3'б), получаем

$$d \frac{\lambda_1}{2} + \delta_1 \frac{\lambda_1}{2} = \delta_2 \frac{\lambda_2}{2}.$$

Отсюда

$$d = \frac{\delta_2 \frac{\lambda_2}{2} - \delta_1 \frac{\lambda_1}{2}}{\frac{\lambda_1}{2}}. \quad (5)$$

Таким образом, в результате измерения линии на частоте f_2 мы смогли определить цифру d в числе N_1 . В теллурометре по результатам измерений на частоте f_2 определяем число единиц в N_1 .

Аналогичным методом по результатам измерений на частоте f_3 можно определить цифру c в N_1 , а по результатам измерений на частоте f_4 — цифру b .

Для определения цифры a пользуются приближенным значением измеряемой линии $D_{\text{пр}}$. Эта цифра равна числу полных уложений в измеряемой линии полудлин волн частоты f_4 . Поэтому $D_{\text{пр}}$ необходимо знать с ошибкой не больше $\frac{\lambda_4}{4}$. И

$$a = \frac{D_{\text{пр}}}{\frac{\lambda_4}{2}}. \quad (6)$$

Получаемую цифру a округляют до ближайшего целого.

На основании изложенного можно сделать вывод, что для решения многозначности необходимо, чтобы в дальномерах измерительные частоты сильно отличались между собой. Например, при $k=10$, $l=100$, $m=1000$ и $f_1=10000$ кгц будем иметь $f_2=1000$ кгц, $f_3=100$ кгц и $f_4=10$ кгц. Это невыгодно. Обычно вместо таких измерительных частот используются другие, более близкие. Последнее возможно благодаря тому, что разность отсчетов по фазометру, получаемых на частотах f_i и f_k , эквивалентна отсчету при измерении той же линии на частоте $|f_i - f_k|$ [2]. Таким образом, вместо того, чтобы измерять линию на частоте f_2 , можно измерить ее на частотах f_1 и $f'_2 = f_1 - f_2$. Разность отсчетов по фазометру, полученных на этих частотах, будет равна отсчету, который получился бы на частоте f_2 . Поэтому вместо приведенных выше значений измерительных частот при $k=10$, $l=100$, $m=1000$ в дальномерах используются такие значения измерительных частот: $f_1=10000$ кгц, $f'_2=9000$ кгц, $f'_3=9900$ кгц и $f'_4=9990$ кгц. Такая замена частот совершенно не влияет на сущность многоступенчатого способа решения многозначности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Величко В. А. [и др.]. Фазовые способы измерения расстояний в геодезии. М., Воениздат, 1963.
2. Генике А. А. Геодезические фазовые радиодальномеры. — Тр. ЦНИИГАиК, вып. 164. М., 1963.
3. Проворов К. Л. Радиогодезия. М., «Недра», 1965.

Работа поступила в редколлегию 1 декабря 1971 года. Рекомендована кафедрой инженерной геодезии Львовского ордена Ленина политехнического института.