

В. С. КЛОЧКО

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ ВЕРНЬЕРОВ ПОЛЯРНОГО ПЛАНИМЕТРА ПП-2К

Точность измерения площади полярным планиметром зависит от многих факторов, одним из которых является точность отсчета по верньеру счетного механизма. Согласно исследованиям, проведенным А. В. Масловым [1], средняя квадратическая ошибка  $m_0$  измерения площади, обусловленная точностью отсчета по верньеру, равна 0,42 деления планиметра. Эта величина отражает влияние, главным образом, случайных факторов, что, в частности, имеет место, когда число  $n'$  делений шкалы верньера равно теоретическому значению  $n$ , то есть при  $n'=n=10$ . Тогда отсчет по верньеру равен  $kt$  или  $k$  в делениях планиметра, где  $t$  — точность верньера и  $k$  — номер совпадающего штриха. Если же  $n' \neq 10$ , точность верньера будет  $t' = \frac{10}{n'}$ , а отсчет по верньеру  $kt' = k \frac{10}{n'}$ . Таким образом, если  $t' \neq t$  при измерении не учитывается, то результат измерений будет искажен систематической ошибкой отсчета, имеющей вид

$$\Delta = k \left( 1 - \frac{10}{n'} \right).$$

Эта ошибка является переменной и достигает наибольшего значения по модулю при  $k=n'-1$ , то есть

$$\Delta_{\max} = (n' - 1) \left( 1 - \frac{10}{n'} \right). \quad (1)$$

Отсюда следует, что точность измерения планиметром весьма чувствительна к возможному отклонению практической точности верньера от теоретического значения. Так, например, при  $n'=n \pm 1$  ошибка  $\Delta_{\max}$  будет в два раза превышать среднюю квадратическую ошибку, полученную А. В. Масловым. Для исследования этой ошибки мы произвели специальный эксперимент<sup>1</sup>. Для этого был применен метод статистической выборки из генеральной совокупности планиметров ПП-2К объемом в 326 экземпляров (от № 616 до № 941). Объем выборки принят равным десяти приборам. Исследование выполнялось по одной и той же программе, которая сводилась к определению величины  $n'$  путем совмещения нулевого штриха верньера с соответствующим штрихом счетного барабана и нахождению номера совпадающего конечного штриха верньера. Эта величина определялась с точностью до 0,5 деления. Поскольку такие исследования не предусмотрены при изготовлении планиметров, так как шкала верньера не имеет дополнительных штрихов,

<sup>1</sup> В проведении эксперимента принимали участие студенты Харьковского инженерно-строительного института А. М. Головки, А. С. Жихарев.

то они были нанесены нами в процессе работы с планиметром. Для повышения точности расчета и исключения периодических ошибок делений счетного барабана величину  $n'$  определяли десять раз (соответственно при оборотах барабана на 0,1; 0,2 и т. д.), а для устранения возможного влияния параллакса при отсчете по верньеру верньерную лупу каждый раз тщательно центрировали над совпадающим штрихом. На основании полученных значений  $n_i$  была вычислена средняя величина  $\bar{n}$  и дисперсия  $s^2$  по формулам

$$\bar{n} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} n_i, \quad s^2 = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^{10} (n_i - \bar{n})^2.$$

Полученные результаты приведены ниже в таблице.

Результаты исследования систематической ошибки планиметра ПП-2К

№ планиметра	Наблюдатели						$\bar{n}$	$\Delta_{\max}$
	Головко		Жихарева		Клочко			
616	8,8	0,7	8,2	0,12	8,8	0,18	8,6	-1,3
	9,6	0,11	10,6	0,28	10,1	0,10	10,1	+0,1
634	9,5	0,17	9,4	0,24	9,5	0,22	9,5	-0,4
	9,8	0,11	9,3	0,18	9,2	0,07	9,4	-0,5
714	9,2	0,07	8,8	0,07	8,7	0,12	8,9	-0,9
	9,1	0,32	9,3	0,23	8,8	0,23	9,1	-0,8
791	9,3	0,34	9,0	0,41	8,8	0,23	9,0	-0,9
	9,6	0,1	10,1	0,21	10,0	0,24	9,9	-0,1
792	10,1	0,10	10,2	0,06	10,2	0,07	10,2	+0,2
	9,2	0,51	8,6	0,13	8,7	0,07	8,8	-1,1
803	9,6	0,11	9,7	0,17	9,5	0,11	9,6	-0,4
	9,4	0,19	9,2	0,06	9,1	0,07	9,2	-0,8
834	9,6	0,19	9,7	0,34	9,6	0,13	9,6	-0,4
	9,4	0,24	9,5	0,17	9,4	0,16	9,4	-0,5
851	8,8	0,12	8,5	0,11	8,4	0,16	8,4	-1,4
	9,4	0,17	8,8	0,06	8,9	0,10	9,0	-0,9
892	8,2	0,23	8,4	0,19	8,2	0,23	8,3	-1,5
	11,0	0,17	10,9	0,11	11,2	0,11	11,0	+0,9
941	9,4	0,32	9,2	0,24	9,0	0,11	9,2	-0,7
	10,3	0,06	10,7	0,23	10,9	0,10	10,6	+0,5
	0,18		0,18		0,14			

В приведенной таблице верхние строки соответствуют основным счетным механизмам, а нижние — вспомогательным.

В результате отдельных дисперсий, характеризующих точность наблюдений, получены общие дисперсии (согласно результатам А. М. Головки —  $s^2=0,18$ , А. С. Жихарева —  $s^2=0,18$  и В. С. Клочки —  $s^2=0,14$ ). Эти данные свидетельствуют о том, что точность исследования, выполненного тремя наблюдателями, практически одинакова. На основании этого средние значения  $\bar{n}$ , полученные каждым наблюдателем, были в свою очередь осреднены, в результате чего были получены величины  $\bar{n}$  (8-й столбец таблицы), характеризующиеся средней квадратической ошибкой

$$m_n = \frac{s}{\sqrt{\bar{n}}} = \sqrt{\frac{(0,18 + 0,18 + 0,14) : 3}{30}} = 0,07.$$

На основании величин  $\bar{n}$  по формуле (1) вычислены максимальные ошибки (9-й столбец таблицы), анализ которых показывает, что

только у 6 верньеров из 20 исследованных систематическая ошибка не превышает величины средней квадратической ошибки отсчета, то есть 0,4 деления планиметра. Что же касается остальных верньеров, то у них систематическая ошибка в несколько раз (у некоторых в четыре раза) превышает ошибку в 0,4 деления. Поскольку изучаемая статистическая выборка представляет совокупность в 326 планиметров, можно утверждать, что отмеченное выше явление свойственно всем планиметрам данной совокупности. Наличие такой систематической ошибки является совершенно неоправданным явлением, так как исследование верньеров практически никем не производится и, значит, поправки в отсчет для исключения систематической ошибки не вводятся. Применение способа повторений может только до некоторой степени ослабить, но не исключить систематическую ошибку. Наконец, наличие этой ошибки может свести на нет роль верньера, поскольку отсчет, взятый непосредственно по индексу, будет точнее отсчета, взятого по такому верньеру.

Для существенного уменьшения величины систематической ошибки целесообразно поставить условие перед заводом-изготовителем в отношении соблюдения соответствующего допуска. Определять величину этого допуска можно или на основе принципа ничтожного влияния или же исходя из принципа равного влияния систематической ошибки на случайную ошибку отсчета по верньеру. Первый путь, очевидно, невозможен, поскольку при этом потребовалось бы, чтобы максимальная систематическая ошибка не превышала величину примерно 0,2 делений планиметра. Более реальным является второй путь. Притом, если будем исходить из принципа равного влияния систематической ошибки, то получим  $\Delta_{\max} = 0,4$  деления, что соответствует допуску  $n' = 10 \pm 0,5$  деления.

Таким образом, с целью предотвращения недопустимого значения систематической ошибки верньера планиметра, вызванной неправильной длиной верньерной шкалы, в заводских условиях должен соблюдаться допуск: отклонение практического числа делений верньера относительно 10 не должно превышать  $\pm 0,5$  деления планиметра.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Маслов. Способы и точность определения площадей. Геодезиздат, М., 1955.

Работа поступила  
13 декабря 1969 г.