

В. С. КЛОЧКО

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛЮСА НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПОЛЯРНЫМ ПЛАНИМЕТРОМ

Известно [3], что площадь фигуры, измеренная полярным планиметром, теоретически определяется уравнением

$$F = \frac{1}{2} a^2 \int_0^\delta d\delta + b \int_0^s ds + b \left(\frac{b}{2} + c \right) \int_0^\beta d\beta,$$

где δ, β — угловое перемещение полюсного и обводного рычагов; a, b — длина полюсного и обводного рычагов; c — расстояние на шарнир полюсного рычага до счетного ролика; s — дуга, на которую навертывается счетный ролик во время обвода фигуры.

Отсюда следует, что точность измерения площади зависит в частности от точности величин a и δ , то есть от степени нарушения постоянства длины полюсного рычага и положения полюса в процессе измерения.

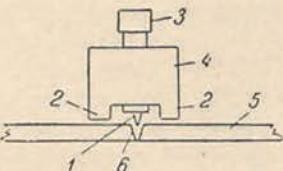
Полюсный рычаг планиметра, на одном конце которого имеется шарнирный выступ с головкой, а на другом — полярный выступ (рис. 1) в виде шпилля и грузика, весом около 60 г, имеющего два опорных выступа, образует вместе со шпилем и шарниром четырехпорную систему. Недостатком такого полюсного рычага является то, что его опорная система, образованная четырьмя точками, является механически неопределенной: при измерении одна из опорных точек может потерять механический контакт, в результате чего положение шпилля сместится относительно чертежа из-за неизбежного люфта между шпилем и заглублением в чертеже. Для изучения этого явления был поставлен эксперимент с соблюдением принципа исключения или же ослабления влияния на точность измерения других факторов, кроме изучаемых. Для этого площадь в 100 см² измеряли контрольной линеекой, что позволило, в частности, исключить ошибку обвода контура. К исследованию были приняты только те планиметры, верньеры которых, как показали ранее выполненные исследования [2], практически лишены систематической ошибки, связанной с неправильной длиной верньерной шкалы. Измерения проводились только вспомогательными счетными механизмами, точность которых практически не зависит от неравномерности нажатия руки оператора на рукоятку обводного рычага [3]. Для исключения ошибок за эксцентрикитет и деления счетного барабана цена деления планиметра принималась равной 0,1 см². При этом, как правило, начальный и конечный отсчеты располагаются вблизи одного и того же штриха барабана.

Влияние ошибки цены деления планиметра и относительной шероховатости бумаги также было исключено, так как результаты измерений выражались только в делениях планиметра, а измерения проводились на одном и том же листе ватманской бумаги, наклеенной на чертежную-

доску. Положение исходной точки на измеренном контуре удовлетворяло условию минимальной скорости вращения отсчетного барабана в этой точке при неизменной скорости движения обводной точки планиметра. Положение полюса определялось, исходя из условия минимального отклонения угла между рычагами от 90° . Каждое измерение площади производилось независимо от других измерений. Отсчеты по планиметру производились с точностью до 0,5 делений. Для устранения влияния параллакса на точность отсчета верньерная лупа устанавливалась точно над совпадающими штрихами. Кроме того, в процессе

Рис. 1. Полюс полярного планиметра:

1 — шпиль; 2 — опорный выступ; 3 — полюсный рычаг; 4 — грузик; 5 — чертеж; 6 — накол.



экспериментальных исследований соблюдалось условие плавности и равномерности обвода.

Изучаемыми факторами в эксперименте приняты ориентирование и наличие опорных выступов полюса, глубина погружения шпилля в основу чертежа и вес грузика полюса.

Таблица 1

Дисперсия при различном ориентировании опорных выступов

Операторы	Номер планиметра								Общее среднее значение	
	616		634		791		834			
	п. п.	пр.	п. п.	пр.	п. п.	пр.	п. п.	пр.		
Кизь	—	—	0,50	0,45	1,08	1,05	0,25	0,32	0,61	
			10	10	10	10	10	10	60	
Новицкий	0,20	0,25	0,40	0,51	0,90	1,00	—	—	0,54	
	10	10	10	10	10	10	—	—	10	
Тарасенко	0,25	0,40	0,48	0,33	1,02	1,10	0,70	0,90	0,50	
	10	10	10	10	10	10	10	10	80	
Клочко	0,35	0,36	0,33	0,30	0,91	1,10	0,60	0,57	0,52	
	20	20	40	40	20	20	20	20	200	
Попова	1,00	0,60	—	—	0,59	0,44	0,48	0,93	0,67	
	28	28	—	—	30	30	30	28	174	
Среднее значение	0,58	0,46	0,39	0,36	0,82	0,84	0,52	0,73	0,59	
	68	68	70	70	80	80	70	68	574	
Общее значение	0,52		0,38		0,83		0,62		138	
	136		140		160		138			

Примечание: п. п. — поперечное положение выступов; пр — продольное положение выступов.

В эксперименте принимало участие 5 операторов: автор, студенты ХИСИ: Кизь Г. Н., Новицкий С. П., Тарасенко Ю. Н. и лаборант Попова Н. Ориентирование опорных выступов (поперечное и продольное положение выступов) изучалось на четырех планиметрах ПП-2к, а глубина погружения шпилля в основу чертежа и изъятие опорных выступов — на трех планиметрах. Изъятие выступов было осуществлено путем замены обычного полюса видеоизмененным (рис. 2), вследствие чего взамен механически неопределенного четырехопорного полюсного рычага был получен механически определенный, имеющий три опорные точки: шпиль, опорный ролик и шарнир.

Влияние веса грузика изучалось на планиметре 634 с видоизмененным полюсом, на оправу которого, весом в 5 г, последовательно надевались грузики весом 10, 20, 40, 60 и 90 г.

В результате многократных измерений были получены дисперсии, сгруппированные в табл. 1 и 2 (в числителе дисперсия в квадратных делениях, в знаменателе — число измерений, из которых она получена).

Полученные результаты изучались по методу дисперсионного анализа с применением критерия Фишера, сущность которого заключается

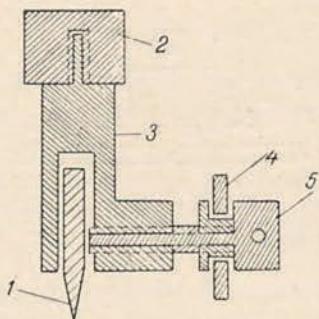


Рис. 2. Видоизмененный полюс планиметра:
1 — шпиль, 2 — полюсный рычаг, 3 — оправа, 4 — опорный ролик, 5 — закрепительный винт.

в том, что неравенство двух дисперсий $S_1^2 > S_2^2$, полученных соответственно из количества измерений n_1 и n_2 , считается значимым, если отношение $F_1 = S_1^2 : S_2^2$ превышает предел F_α , величина которого устанавливается статистическим путем в функции величин n_1 и n_2 и уровня значимости, величина которого принята $\alpha=0,05$.

Таблица 2

Дисперсия при изъятии опорных выступов
и различной глубине погружения шпилля

Глубина погружения, мм	Номер планиметра		
	616	634	791
0,13	0,37 25	0,13 60	0,27 30
1,1	0,29 27	0,15 100	0,34 29
Среднее значение	0,33 52	0,14 160	0,31 59

Сопоставление средних дисперсий, соответствующих поперечному и продольному расположению опорных выступов (см. табл. 1), показывает, что их отношение для различных инструментов соответственно равно 1,26; 1,08; 1,03 и 1,40 при $F_\alpha=1,49$; 1,48; 1,45 и 1,48, следовательно, ориентировка опорных выступов практически не оказывает влияния на точность измерения.

Сравнивая общую среднюю дисперсию, равную 0,59, со средними дисперсиями отдельных наблюдателей, получаем $F=1,03$; 1,09; 1,18; 1,13 и 1,13 при $F_\alpha=1,35$; 1,40; 1,35; 1,20 и 1,23, значит, влияние личного фактора на результат исследования также отсутствует.

Что же касается отдельных инструментов, то если сопоставлять ту же общую дисперсию 0,59 со средними дисперсиями, соответствующими этим инструментам, будем иметь $F=1,14$; 1,56; 1,40 и 1,05 при $F_\alpha=1,26$; 1,24; 1,24 и 1,24 применительно к планиметрам № 616, 634, 791 и 834. Таким образом, здесь имеет место влияние инструментального

фактора для некоторых планиметров, что можно объяснить различным качеством изготовления планиметров.

Наконец, изучение дисперсий, приведенных в табл. 2, показывает, что точность измерения практически не зависит от глубины погружения шпилля в основу чертежа, то есть для глубин 0,3 и 1,1 мм имеем соответственно для планиметра № 616 $F=1,12$; 1,12 при $F_\alpha=1,73$ и 1,80; для планиметра № 634 $F=1,08$ и 1,07 при $F_\alpha=1,46$ и 1,34 и для планиметра № 791 $F=1,14$ и 1,10 при $F_\alpha=1,74$ и 1,65.

Сопоставление средних дисперсий из табл. 2 с общими средними дисперсиями из табл. 1 планиметров № 616, 634 и 791 дает $F=1,57$; 2,71; 2,67 при $F_\alpha=1,50$; 131, 1,46. Это подтверждает высказанное предположение о том, что наличие двух опорных выступов понижает точность измерения. Известно, что при изготовлении любого инструмента необходимо стремиться к уменьшению частных ошибок и в особенности, если это не вызывает усложнения технологического порядка, что имеет место в отношении опорных выступов. Поэтому наличие этих выступов является определенным недостатком.

Кроме того, экспериментальные исследования на планиметре № 634 показали, что при изъятии опорных выступов полюсного грузика и при весе его 95; 63; 35; 25; 15 и 5 г дисперсия соответственно равна 0,09; 0,08; 0,09; 0,10; 0,09 и 0,09 (каждая дисперсия получена из 20 измерений). Отсюда следует, что полюсный грузик не оказывает влияния на точность измерения, следовательно, наличие грузика не является необходимым.

Таким образом, исследования показали, что опорные выступы ухудшают точность измерения, а ориентирование их, а также вес грузика и глубина погружения шпилля в основу чертежа, наоборот, не оказывает влияния на точность измерения планиметром.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клочко В. С., Червяк В. Н., Канивец Г. Д. Исследование механической ошибки полярного планиметра ПП-2К. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1969, вып. 8.
2. Клочко В. С. Исследование систематической ошибки верньеров полярного планиметра ПП-2К. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1972, вып. 15.
3. Чеботарев А. С. Геодезия, ч. I, М., Геодиздат, 1955.

Работа поступила 24 ноября 1972 года.
Рекомендована кафедрой геодезии Харьковского инженерно-строительного института.