венство расстояний фиксируют регистрирующие приборы *16* и *10* соответственно. Перемещения катушек *5* и *18* щупа отсчитываются по шкалам *2*. Отсчеты по шкалам за поворот щупа на 180° позволяют судить о форме поперечного сечения. Перемещения катушек, отсчитываемые по шкалам при определенном шаге угла поворота щупа, дают возможность по известным математическим зависимостям найти центр тяжести контурной кривой поперечного сечения, а также его координаты в системе координат, заданной двумя положениями щупа [3, 4].

Наличие индуктивных катушек на щупе и стойке, из которых формируются три индуктивных датчика, позволяет находить центры поперечных сечений бесконтактным способом без удаления футеровки. Это повышает производительность процесса контроля. Например, для определения формы зафутерованного корпуса вращающейся печи длиной 50 м во время ремонта необходимо установить стойку не менее чем в девяти сечениях. Для удаления футеровки в четырех местах каждого сечения требуется не менее трех рабочих смен. Использование для этой цели предлагаемой методики и устройства позволяет избежать затрат времени на удаление футеровки. Так как футеровочный материал немагнитный, точность определения положения корпуса вращающейся печи предлагаемым устройством не снижается по сравнению с существующими.

1. *Апенко М. И., Араев И. П., Афанасьев В. А. и др.* Оптические приборы в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1974. — 238 с. 2. *Костич Б. Е., Гипп Б. Н.* Кругломер для контроля формы отверстий диаметром до 4000 мм. — Измерительная техника, 1976, № 2, с. 50—52. 3. *Кузьо И. В., Микольский Ю. Н., Шевченко Т. Г.* Современные методы контроля установки оборудования. — Львов: Вища шк., 1982. — 143 с. 4. *Микольский Ю. Н., Ханжонков Ю. С.* О методе проверки прямолинейности корпуса вращающейся печи. — Цветные металлы, 1972, № 10, с. 36—41. 5. *Рубинов А. Д.* Контроль больших размеров в машиностроении. — Л.: Машиностроение, 1982. — 120 с.

Статья поступила в редколлегию 20. 04. 85

УДК 528.235

Г. А. ШЕХОВЦОВ

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКРУЖНОСТИ СТАНДАРТОВ

Предлагаем методику и результаты моделирования корреляции координат узловой точки [1, 2] (применительно к различного типа геодезическим засечкам) с использованием новой геометрической интерпретации погрешности положения точки на плоскости в виде окружности стандартов.

Под окружностью стандартов понимается окружность, диаметр которой равен сумме малой B_0 и большой A_0 полуосей эллипса

ошибок (рис. 1, *а, б*). Точка O_1 является центром этой окружности, а точка O делит ее диаметр на две части B_0 и A_0. Если известен дирекционный угол φ_0 большой оси эллипса, то, проведя под углом $2\varphi_0$ к диаметру окружности линию h_1h_2, получаем направление оси X. Противоположное направление будет соответствовать оси Y. Тогда отрезки $Oh_1=\sigma_x$, $Oh_2=\sigma_y$ — стандарты по осям координат, а $\sin(1+2)=r_{xy}$ — теоретическое значение коэффициента корреляции, характеризующего связь между сдвигами определяемого

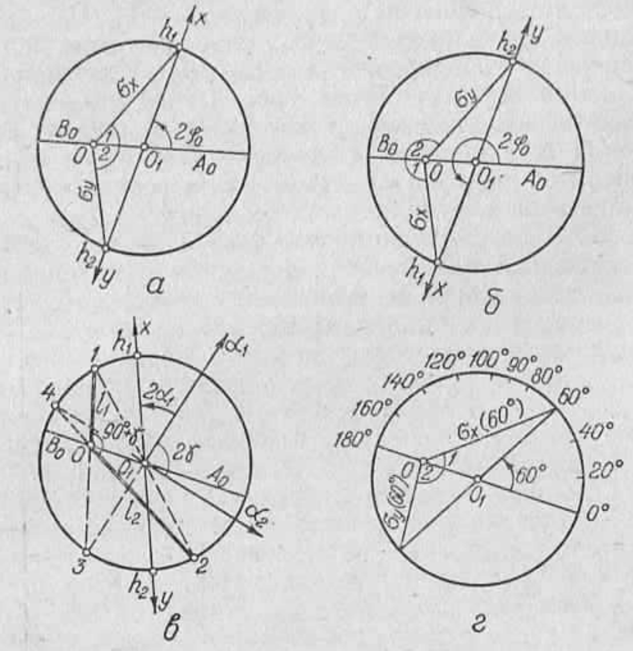

Рис. 1. Окружность стандартов.

пункта по осям координат. Аналогичным образом можно найти стандарты по любым двум взаимно перпендикулярным направлениям φ и $(\varphi\pm90)°$ и соответствующий им коэффициент корреляции.

Эти свойства окружности стандартов выявлены при работе с опытным образцом прибора, предназначенного для построения подеры эллипса погрешностей [3]. В этом приборе имеются градуированный базис, поворотный номограммный диск и два переставных фиксатора, помещенные в прорези шатунов двух шарнирных параллелограммов. Для оценки точности простой (однократной) засечки фиксаторы должны быть закреплены на расстояниях l_1 и l_2 от оси вращения диска, а базис установлен на отсчет угломерной шкалы, равный $90°+\gamma$ (здесь γ — острый угол засечки или его дополнение до 180°, если угол засечки тупой). При вращении диска точка пересечения шатунов параллелограммов опишет на нем окружность стандартов. Значения l_1 и l_2 зависят от типа засечки и от точности измерения ее угловых и линейных элементов, и для таких засечек, как прямая угловая, азимутальная, обратная угловая, комбинированная, линейная и линейно-угловая, они вычисляются по формулам, приведенным в описании к [3]. Учитывая конструктивные особенности прибора, первоначально предназначавшегося лишь для построения подеры эллипса, необходимо в дальнейшем при построении окружности стандартов в качестве l_1 и l_2 использовать значения, подсчитанные по формулам [3], но поделенные на $\sin\gamma$.

Окружность стандартов можно также получить и ориентировать относительно координатных осей путем элементарных геометрических построений. Для этого (рис. 1, *в*) проводим две линии $O—1=l_1$ и $O—2=l_2$, угол между которыми составляет $90°+\gamma$. Поделив отрезок $1—2$ пополам, получаем точку O_1 — центр окружности стандартов радиуса $O_1—1=O_1—2$. Проведя через точки O и O_1 диаметр этой окружности, имеем значения B_0 и A_0. Продолжив отрезки $1—O$ и $2—O$ до пересечения в точках 3 и 4 с окружностью и проведя линии $3—O_1$ и $4—O_1$, получают два направления угловой засечки α_1 и α_2, угол между которыми составляет 2γ. Теперь достаточно от направления, например $3—O_1$, отложить против хода часовой стрелки удвоенный дирекционный угол $2\alpha_1$ и провести линию h_1h_2, которая зафиксирует положение координатных осей X и Y. В случае линейной засечки направления α_1 и α_2 на схеме (рис. 1, *в*) следует изменить на 180°, тогда точки h_1 и h_2 поменяются местами так же, как и оси X и Y.

Отметим, во-первых, что здесь и далее речь идет об однократных засечках. Однако изложенные выше правила можно применять для анализа и многократных засечек после их эквивалентной замены на однократные по методике [4]. Во-вторых, если при построениях увеличить или уменьшить длины отрезков l_1 и l_2 в некоторое число раз, то в такое же число раз увеличатся или уменьшатся все линейные элементы окружности стандартов. При этом масштаб построений не влияет на значения ее угловых элементов, например, на значение коэффициента корреляции.

Целью наших исследований являлось следующее:

1. Графическое определение стандартов σ_x и σ_y при различных соотношениях l_1 и l_2, различных значениях γ и φ_0 и сравнение их с теоретическими значениями.
2. Исследование зависимости коэффициента корреляции от соотношения l_1 и l_2, угла засечки γ и ориентировки большой оси A_0 относительно оси X, а также сравнение коэффициентов корреляции, полученных графически, с теоретическими их значениями.
3. Определение степени влияния коэффициента корреляции на значение стандарта положения пункта (на радиальную ошибку).

Рассматривались модели засечек с углами $\gamma=10$, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90°. Каждая модель исследовалась при различных соотношениях точностей угловых и линейных измерений $K=l_1:l_2=5:10$, $5:6$, $5:5$, $5:4$, $5:3$ и $5:2$ (размерность чисел в сантиметрах). Такой выбор γ, K и абсолютных значений l_1 и l_2

обусловлен задачей получения более полной картины, удобством пользования прибором [3] и его габаритами. Причем для различного вида засечек K выражается следующими соотношениями:

прямая угловая, азимутальная или комбинированная засечки:

$$K=\frac{m_{s_2}\,q_1}{m_{\alpha_1}\,q_2}; \tag{1}$$

обратная угловая засечка:

$$K=\frac{m_{\beta_2}\,q_{\beta_1}}{m_{\beta_1}\,q_{\beta_2}}; \tag{2}$$

линейная засечка:

$$K=\frac{m_{s_2}}{m_{s_1}}; \tag{3}$$

линейно-угловая засечка:

$$K=\frac{m_{\alpha_2}\,m_{s_2}\sqrt{m_{\alpha_1}^2-q_1^2\,m_{s_1}^2}}{m_{\alpha_1}\,m_{s_1}\sqrt{m_{\alpha_2}^2-q_2^2\,m_{s_2}^2}}. \tag{4}$$

В этих формулах $m_{\alpha,\,\beta,\,s}$ — средние квадратические ошибки измеренных направлений α_i, углов β_i или длин сторон s_i засечки, а $q_{i,\,\beta\,i}$ — градиенты направлений или углов.

Для указанных моделей засечек были построены 54 окружности стандартов. По ним (рис. 1, *г*) для различных значений $2\varphi_0=20$, 40, 60, 80, 90, 100, 120, 140 и 160° определялись графически с точностью до 0,1 мм 432 значения σ_x и 432 значения σ_y. Значения $2\varphi_0$ в пределах 180...360° не фигурируют потому, что здесь σ_x переходят в σ_y, а σ_y переходят в σ_x, уже найденные для $2\varphi_0=0\ldots180°$. Затем по формулам

$$\sigma_x^2=\frac{l_2^2}{2}\left(K^2+1+\cos 2\varphi_0\sqrt{K^4+2K^2\cos 2\gamma+1\cos^2_{\gamma}+1}\right),$$

$$\sigma_y^2=\frac{l_2^2}{2}\left(K^2+1-\cos 2\varphi_0\sqrt{K^4+2K^2\cos 2\gamma+1\cos^2_{\gamma}+1}\right) \tag{5}$$

подсчитаны теоретические значения стандартов. По разностям между измеренными графически и вычисленными значениями σ_x и σ_y подсчитывались средние квадратические ошибки m_{σ_x} и m_{σ_y}, характеризующие точность графических определений, которые для каждого конкретного случая представлены в табл. 1, где также показаны пределы изменения σ_x (или σ_y) и средние относительные ошибки.

Из табл. 1 видно, что средние квадратические ошибки m_{σ_x} и m_{σ_y} одинаковы и находятся в пределах 0,1...0,6 мм или в среднем изменяются от 0,46 до 0,19 мм в зависимости от соотношения $l_1:l_2$, а средняя относительная ошибка находится в пределах 1:140...1:172. Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что графический способ определения стандартов σ_x и σ_y практически дает те же результаты, что и аналитический, поэтому окружность стандартов может служить в качестве надежного критерия оценки точности положения точки на плоскости.

Для всех моделей засечек измерены 432 значения углов ($1+2$) и найдены их синусы, которые соответствуют коэффициентам r_{xy} корреляции (рис. 1, *г*). По этим данным построены графики зависимости r_{xy} от углов γ и $2\varphi_0$ для каждого соотношения $l_1 : l_2$,

Таблица 1

Средние квадратические ошибки графического определения стандартов, мм

γ,...°	$l_1:l_2$											
	5:10		5:6		5:5		5:4		5:3		5:2	
	m_{σ_x}	m_{σ_y}	m_{σ_x}	m_{σ_y}	m_{σ_x}	m_{σ_y}	m_{σ_x}	m_{σ_y}	m_{σ_x}	m_{σ_y}	m_{σ_x}	m_{σ_y}
10	0,22	0,22	0,30	0,30	0,35	0,35	0,41	0,38	0,26	0,27	0,16	0,15
20	0,38	0,38	0,32	0,32	0,29	0,29	0,12	0,20	0,26	0,25	0,14	1,14
30	0,48	0,48	0,23	0,24	0,21	0,20	0,12	0,13	0,32	0,30	0,14	0,14
40	0,33	0,33	0,25	0,25	0,15	0,18	0,21	0,21	0,23	0,21	0,20	0,20
50	0,53	0,53	0,23	0,23	0,41	0,42	0,22	0,23	0,29	0,28	0,18	0,18
60	0,50	0,50	0,28	0,29	0,32	0,32	0,19	0,16	0,18	0,18	0,22	0,22
70	0,55	0,55	0,44	0,42	0,30	0,29	0,28	0,25	0,08	0,15	0,16	0,16
80	0,55	0,55	0,34	0,34	0,34	0,34	0,17	0,17	0,13	0,09	0,23	0,23
90	0,46	0,47	0,22	0,23	0,25	0,25	0,13	0,13	0,17	0,17	0,35	0,35
Средние	0,46		0,30		0,30		0,22		0,22		0,19	
Пределы изменения σ_x (σ_y)	24,5—109,6		15,0—77,5		14,0—69,8		12,5—63,3		11,1—57,0		9,8—53,0	
Средняя относительная ошибка	1 : 146		1 : 154		1 : 140		1 : 172		1 : 154		1 : 165	

представленные на рис. 2. Кривые приведены для углов $\gamma=10$, 30, 50, 70 и 90° и напоминают собой синусоиду. Каждая кривая, как и всякая синусоида, пересекает ось абсцисс в точках 0,180 и 360°, а в точках 90 и 270° она имеет соответственно максимум и минимум. Изучение этих графиков позволяет констатировать:

1. Коэффициент корреляции существенно зависит от дирекционного угла большой оси эллипса, причем он положителен, если $2\varphi_0$ находится в пределах 0...180° и отрицателен, если $2\varphi_0>180°$.

2. Если $2\varphi_0=90$ или 270°, то коэффициент корреляции будет иметь максимальное по абсолютной величине значение для данной окружности стандартов. В случае $2\varphi_0=0$ или 180° значения стандартов совпадают с большой и малой полуосями эллипса, а коэффициент корреляции равен нулю, что подтверждает известное положение о взаимной независимости полуосей эллипса.

3. При изменении $2\varphi_0$ от 0 до 180° коэффициент корреляции приобретает два одинаковых положительных значения для углов

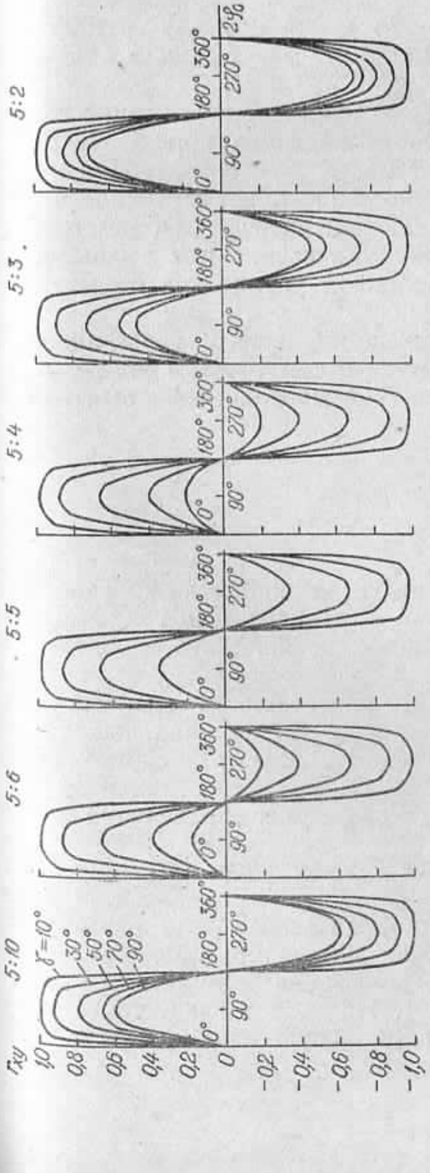

Рис. 2. Графики зависимости коэффициента корреляции от γ и $2\varphi_0$ для различных соотношений $l_1 : l_2$.

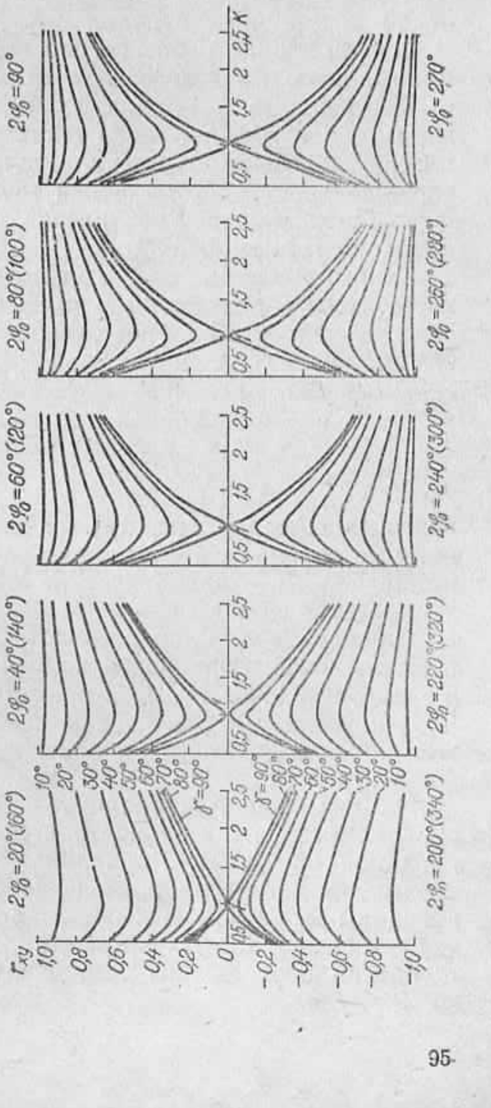

Рис. 3. Графики зависимости коэффициента корреляции от соотношения K для различных γ и $2\varphi_0$.

$2\varphi_{0i}$ и $(180°-2\varphi_{0i})$. При изменении $2\varphi_0$ от 180 до 360° коэффициент корреляции приобретает два одинаковых отрицательных значения для углов $2\varphi_{0j}$ и $(180+360°-2\varphi_{0j})$.

Для большей наглядности построены графики зависимости коэффициента корреляции от K для различных γ и $2\varphi_0$, представленные на рис. 3. Эти графики позволяют сделать следующие выводы:

1. Величина угла засечки γ оказывает существенное влияние на значение коэффициента корреляции. Например, с увеличением угла засечки r_{xy} уменьшается по абсолютной величине, и наоборот. При этом, чем меньше угол засечки, тем меньше изменение r_{xy} в зависимости от $2\varphi_0$. Так, для $\gamma=10°$ значение r_{xy} практически не изменяется при любых $2\varphi_0$ и K, в то время как для $\gamma=90°$ эти изменения (при $K=2{,}5$ и $2\varphi_0=90$ или 270°) могут быть в пределах от 0,0 до $\pm 0{,}7$ по сравнению с $K=1{,}0$.

2. При прочих равных условиях коэффициент корреляции имеет минимальное по абсолютной величине значение при $K=1$. Если $\gamma=90°$, $K=1$, то $r_{xy}=0{,}0$, т. е. имеет место случай изотропии и инвариантности относительно систем координат, когда эллипс и его подера трансформируются в круг, а эксцентриситет OO_1 (см. рис. 1) окружности стандартов равен нулю. Увеличение или уменьшение K по сравнению с $K=1$ влечет за собой увеличение по модулю коэффициента корреляции.

Таким образом, для получения наименьшего коэффициента корреляции r_{xy} необходимо стремиться к тому, чтобы угол γ простой засечки или засечки эквивалентной многократной был равен 90°, а $K=1$.

По формуле

$$r_{xy}=\frac{(A_0^2-B_0^2)\sin 2\varphi_0}{2\sigma_x\sigma_y} \qquad (6)$$

подсчитаны теоретические значения коэффициента корреляции, которые сравнивали с их значениями, определенными графическим путем. Средние квадратические ошибки графического определения r_{xy} представлены в табл. 2.

Данные табл. 2 показывают, что погрешность графического определения коэффициента корреляции ничтожно мала, находится в пределах 0,000 ... 0,017 и практически не зависит от соотношения $l_1 : l_2$ и углов γ и $2\varphi_0$. Следовательно, окружность стандартов может служить доступным и надежным средством определения коэффициента корреляции.

На практике для сравнительных оценок точности положения определяемых пунктов часто пользуются кругом радиуса M (радиальной ошибкой). Радиальная ошибка продолжает оставаться предметом дискуссии в геодезической литературе [5]. На возникающие при ее использовании противоречивые результаты указывают многие работы, например [6]. На наш взгляд, такие противоречия обусловлены тем, что радиальную ошибку вычисляют по формуле

$$M_1=\sqrt{\sigma_x^2+\sigma_y^2}=\sqrt{l_1^2+l_2^2}\,, \qquad (7)$$

совершенно не учитывая при этом форму эллипсов ошибок определяемых пунктов и их ориентировку относительно координатных осей. Формула (7) справедлива лишь тогда, когда направление осей эллипса ошибок совпадает с направлением координатных осей. В любом другом случае погрешности определения координат пунктов являются корреляционно зависимыми, поэтому формула радиальной ошибки должна включать член, содержащий коэффициент корреляции

$$M_2=\sqrt{\sigma_x^2+\sigma_y^2+2r_{xy}\sigma_x\sigma_y}\,, \qquad (8)$$

причем (8) с учетом (5), (6) можно представить в виде

$$M_2=l_2\sqrt{K^2+1+\sin 2\varphi_0\sqrt{K^4+2K^2\cos 2\gamma+1}}\,. \qquad (9)$$

Таблица 2

Средние квадратические ошибки графического определения коэффициента корреляции

γ...°	$l_1:l_2$ (K)					
	5:10 (0,5)	5:6 (0,833)	5:5 (1,0)	5:4 (1,25)	5:3 (1,667)	5:2 (2,5)
10	0,004	0,003	0,002	0,006	0,004	0,003
20	0,004	0,012	0,013	0,005	0,004	0,008
30	0,013	0,007	0,003	0,002	0,007	0,011
40	0,004	0,007	0,004	0,008	0,004	0,005
50	0,006	0,005	0,017	0,010	0,005	0,009
60	0,003	0,003	0,008	0,014	0,004	0,006
70	0,009	0,005	0,004	0,004	0,008	0,008
80	0,003	0,006	0,003	0,006	0,005	0,006
90	0,004	0,006	0,000	0,008	0,008	0,008
Средние	0,006	0,006	0,008	0,008	0,006	0,007

По формулам (7) и (9) подсчитаны 432 значения радиальной ошибки без учета и с учетом коэффициента корреляции. Причем значения радиальной ошибки M_1 не зависят от углов γ и $2\varphi_0$, а зависят только от l_1 и l_2. Получается, что две засечки, у которых одинаковы l_1 и l_2, но у одной $\gamma=10°$, а у другой $\gamma=90°$, дадут одну и ту же M_1, следовательно, они равнозначны, что на самом деле не так.

На рис. 4 представлены графики зависимости радиальной ошибки M_2 для трех значений $2\varphi_0$ и для $\gamma=10$ и 90°, которых достаточно для того, чтобы проследить закономерности ее изменения. На графиках пунктирной линией показан характер изменения радиальной ошибки M_1 в зависимости от K. Анализ этих графиков позволяет отметить следующее:

1. Изменение угла засечки γ вызывает изменение радиальной ошибки M_2, причем при прочих равных условиях наибольшие изменения соответствуют $K=1$.

2. Для $K=1$ и $\gamma=90°$ радиальные ошибки M_1 и M_2 равны между собой и не зависят от угла $2\varphi_0$. При этом при $K>1$ значение M_2 остается практически постоянным и не зависит от K.

3. Изменение угла $2\varphi_0$ существенно влияет на значение M_2, и это влияние достигает своего максимума при $2\varphi_0=90$ или $270°$.

В результате проведенных исследований можно сделать вы-

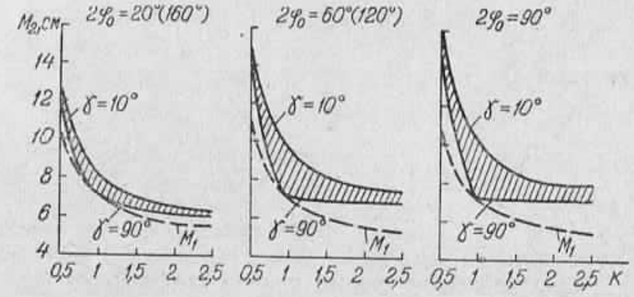

Рис. 4. Графики зависимости M_2 от углов γ и $2\varphi_0$ для различных K.

вод, что окружность стандартов является простым, надежным, доступным и информативным критерием оценки точности геодезически определяемых пунктов, источником получения и одним из способов хранения большого объема полезной информации. На ее основе можно создать простые устройства, позволяющие механизировать и автоматизировать оценку точности положения геодезических пунктов с применением теории погрешностей зависимых измерений.

1. *Большаков В. Д., Маркузе Ю. И.* Городская полигонометрия. — М.: Недра, 1979. — 303 с. 2. *Киселев М. И.* О влиянии способа угловой привязки и соотношения точностей угловых и линейных измерений на корреляцию координат узлового пункта полигонометрической сети. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1975, вып. 3, с. 27—33. 3. *Шеховцов Г. А.* А. с. 971 680 (СССР). Прибор для построения подеры эллипса погрешностей. — Опубл. в Б. И., 1982, № 41, с. 88. 4. *Шеховцов Г. А.* Метод замены многократных геодезических засечек на эквивалентные им простые. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1983, вып. 37, с. 108—116. 5. *Шеховцов Г. А.* О критериях оценки точности и оптимизации засечек. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1984, вып. 2, с. 17—22. 6. *Никифоров Б. И.* О радиальной ошибке места. — Геодезия и картография, 1983, № 7, с. 18—21.

Статья поступила в редколлегию 21. 03. 85

УДК 528.9(075.8)

И. Н. ГУДЗ

О НАЗВАНИЯХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ

В процессе пользования картой все надписи на ней, в том числе и названия географических объектов, выполняют важную информационную роль. Поэтому любое название, нанесенное на карту, должно быть правильно понято и легко найдено на карте, ибо, как отмечает К. А. Салищев, «карта с неправильными или неточными названиями — это справочник с ошибочными данными» [9, с. 100].

Здесь кратко затронем вопрос о написании на топографических планах и картах названий некоторых населенных пунктов и в первую очередь железнодорожных станций (ЖДС) и остановочных пунктов (ОП), расположенных на территории западных областей УССР.

Как известно, эта часть территории некоторое время входила в состав польского государства. Понятно, что на всех картах, во всех справочниках и официальных документах того времени названия населенных пунктов, в том числе ЖДС и ОП, приводились на польском языке. Следует отметить, что на определенной части этих областей польский язык употреблялся в качестве второго государственного и ранее, т. е. когда эта территория находилась под владычеством Австро-Венгрии. Так, на картах и в документах того времени употреблялись такие названия, как Kąty, Przewłoczna, Stronibaby, Zakomarze, Zadwórze (названия сел в теперешнем Бусском районе Львовской области), Skwarzawa, Biały Kamień (названия населенных пунктов в теперешнем Золочевском районе этой же области), Barszczowice, Pełtew, Żółkiew и др. (названия ЖДС и ОП Львовской железной дороги).

С 1939 г. в справочниках административно-территориального деления этих областей все населенные пункты получили названия, которые в основном были правильно оттранскрибированы как на национальный, так и на русский языки, т. е. так, как их произносило местное население. Так, приведенные выше названия произносились и писались как *Кути* (*Куты*), *Переволочна, Сторонибаби* (*Сторонибабы*), *Закомар'є* (*Закомарье*), *Задвір'я* (*Задворье*), *Скваp'ява* (*Скварява*), *Білий Камінь* (*Белый Камень*), *Борщовичі* (*Борщовичи*), *Полтва, Жовква* (*Жолкев*)*.

* В скобках даны названия на русском языке; если скобок нет, то названия пишутся и читаются одинаково.