

Исходные данные

№ор-ра	Пс...°	По...°	Дс, мили	До, мили
1 - П	180.1	180.8	12.0	12.3
2 - П	33.2	31.8	22.1	21.5
3 - П	243.4	244.0	16.7	16.0

Счислимые координаты: $\varphi_c = 23^\circ 42.4' N$
 $\lambda_c = 123^\circ 32.1' E$

Аналитическое решение

Промежуточные результаты расчёта сведём в таблицу, где $\Delta U = U_o - U_c$;

$$m_D = \pm 0.01 D_o; \quad g_D = 1; \quad \tau_D = \Pi_c \pm 180^\circ;$$

$$m_{\Pi} = \pm 0.8^\circ; \quad g_{\Pi} = 57.3/D_c; \quad \tau_{\Pi} = \Pi_c - 90^\circ.$$

№ ориентира – U	1 - П	2 - П	3 - П		
ΔU	0.7	-1.4	0.6		
m_U	± 0.8	± 0.8	± 0.8		
g	4.775	2.593	3.431		
τ	90.1	303.2	153.4		
$a = \cos \tau$	-0.002	0.548	-0.894		
$b = \sin \tau$	1.000	-0.837	0.448		
$l = -\Delta U/g$	-0.147	0.540	-0.175		
$s = a + b + l$	0.851	0.251	-0.621		
$P_{\text{ин}} = (g/m_U)^2$	35.626	10.506	18.393		
раа	-0.000	3.155	14.700	[раа]	17.855
раб	-0.071	-4.819	-7.367	[раб]	-12.257
рал	0.010	3.109	2.878	[рал]	5.997
рас	-0.061	1.445	10.211	[рас]	11.595
рбб	35.626	7.360	3.692	[рбб]	46.678
рбл	-5.237	-4.749	-1.442	[рбл]	-11.428
рбс	30.318	-2.207	-5.117	[рбс]	22.994

Контроль результатов расчёта даёт:

$$[раа] + [раб] + [рал] = [рас] = 17.855 + (-12.257) + 5.997 = 11.595$$

$$[раб] + [рбб] + [рбл] = [рбс] = (-12.257) + 46.678 + (-11.428) = 22.993$$

Результаты могут отличаться на 0.001 - 0.002 за счёт погрешностей округления чисел.

Запишем систему нормальных уравнений с рассчитанными коэффициентами:

$$17.855 \Delta\varphi - 12.257 \Delta W = -5.997$$

$$-12.257 \Delta\varphi + 46.678 \Delta W = 11.428$$

Рассчитаем определители системы уравнений:

$$D = 17.855 \cdot 46.678 - (-12.257)^2 = 683.20;$$

$$D_r = (-11.428) \cdot (-12.257) - 5.997 \cdot 46.678 = -139.85;$$

$$D_w = 5.997 \cdot (-12.257) - (-11.428) \cdot 17.855 = 130.54;$$

$$\Delta\varphi = \frac{-139.85}{683.20} = -0.205 \approx 0.2' (S);$$

$$\Delta W = \frac{130.54}{683.20} = 0.191;$$

$$\Delta\lambda = \frac{0.191}{0.916} = 0.209 \approx 0.2' (E).$$

φ_c	$23^\circ 42.4' N$	λ_c	$123^\circ 32.1' E$
$\Delta\varphi$	$0.2' S$	$\Delta\lambda$	$0.2' E$
φ_0	$23^\circ 42.2' N$	λ_0	$123^\circ 32.3' E$

Рассчитаем вспомогательную величину q и параметры эллипса погрешностей:

$$q = \sqrt{(17.855 - 46.678)^2 + 4 \cdot (-12.257)^2} = 37.838;$$

$$a = \sqrt{\frac{17.855 + 46.678 + 37.838}{2 \cdot 683.20}} = 0.274 \approx 0.27 \text{ мили};$$

$$b = \sqrt{\frac{17.855 + 46.678 - 37.838}{2 \cdot 683.20}} = 0.140 \approx 0.14 \text{ мили};$$

$$\operatorname{tg} 2T_a = \frac{2 \cdot (-12.257)}{17.855 - 46.678} = +0.851;$$

$$\sin 2T_a = -\frac{2 \cdot (-12.257)}{37.838} = +0.648;$$

$$\cos 2T_a = -\frac{17.855 - 46.678}{37.838} = +0.762.$$

Следовательно угол $2T_a$ лежит в 1-ой четверти.

$$\operatorname{arctg} 2T_a = 40.398^\circ, \text{ т.е.}$$

$$2T_a = 40.398^\circ \approx 40.4^\circ, \quad T_a = 20.2^\circ \approx 20.2^\circ.$$

Графоаналитическое решение

Промежуточные результаты расчёта занесём в таблицу.

№ ор-ра	ΔU	g	τ	Δn	ij	$\Delta\tau / \theta$	m_U	$m_{\text{пл}}$	$P_{\text{пл}}$	2τ	P_{ij}
1 – II	0.7	4.775	90.1	0.1	1 – 2	213.1° 33.1°	±0.8	±0.168	35.431	180.2	110.66 3
2 – II	– 1.4	2.593	303.2	– 0.5	1 – 3	63.3° 63.3°	±0.8	±0.309	10.473	246.4	520.87 9
3 – II	0.6	3.431	153.4	0.2	2 – 3	149.8° 30.2°	±0.8	±0.233	18.42	306.8	48.813

$$\Sigma P_{\text{пл}} = 64.324 \quad \Sigma P_{ij} = 680.35$$

Рассчитаем веса вершин фигуры погрешностей P_{ij} :

$$P_{12} = P_1 \cdot P_2 \cdot \sin^2 \theta = 35.431 \cdot 10.473 \cdot \sin^2 33.1^\circ = 110.663,$$

$$P_{13} = P_1 \cdot P_3 \cdot \sin^2 \theta = 35.431 \cdot 18.42 \cdot \sin^2 63.3^\circ = 520.879,$$

$$P_{23} = P_2 \cdot P_3 \cdot \sin^2 \theta = 10.473 \cdot 18.42 \cdot \sin^2 30.2^\circ = 48.813.$$

По параметрам τ и Δn выполним прокладку линий положения в масштабе 1 см = 0.5 миля и проверим значения углов θ между линиями положения (см. ПРИЛОЖЕНИЕ №1).

Снимем с прокладки приращения координат в принятом масштабе.

$$\Delta\varphi_{12} = -0.8'; \quad \Delta W_{12} = 0.1';$$

$$\Delta\varphi_{13} = -0.2'; \quad \Delta W_{13} = 0.1';$$

$$\Delta\varphi_{23} = 0.1'; \quad \Delta W_{23} = 0.7'.$$

Рассчитаем вероятнейшие координаты:

$$\Delta\varphi = \frac{110.663 \cdot (-0.8) + 520.879 \cdot (-0.2) + 48.813 \cdot 0.1}{110.663 + 520.879 + 110.663} = \frac{-187.82}{680.355} = -0.276 \approx -0.3'(S);$$

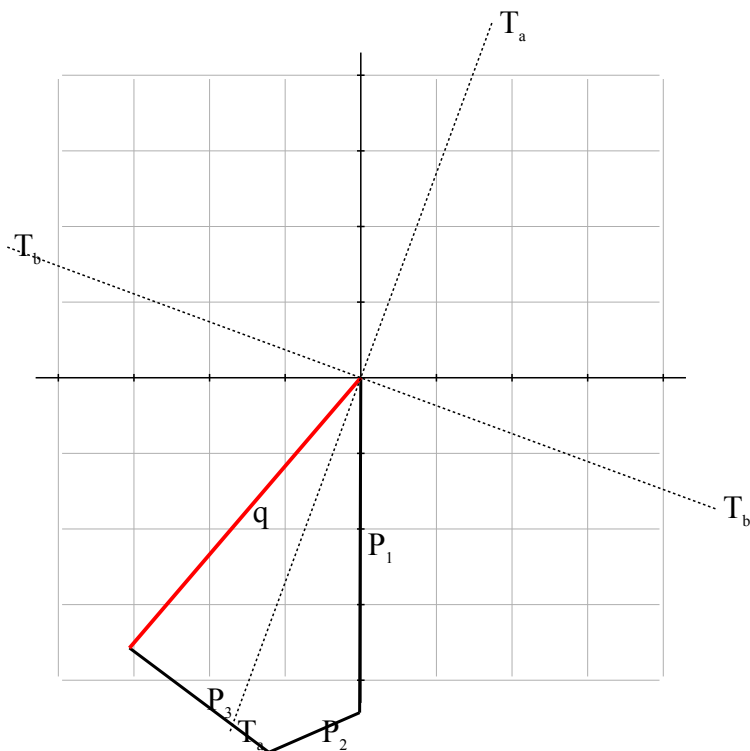
$$\Delta W = \frac{110.663 \cdot 0.1 + 520.879 \cdot 0.1 + 48.813 \cdot 0.7}{110.663 + 520.879 + 110.663} = \frac{97.323}{680.355} = 0.143'(E);$$

$$\Delta\lambda = \frac{0.143}{0.916} = 0.156 \approx 0.2'(E).$$

φ_c	23°42.4'N	λ_c	123°32.1'E
$\Delta\varphi$	0.3'S	$\Delta\lambda$	0.2'E
φ_o	23°42.1'N	λ_o	123°32.3'E

Нанесём на рисунок наблюдаемую точку по полученным приращениям координат $\Delta\varphi$ и ΔW . Для оценки точности полученного вероятнейшего места все необходимые данные для расчёта имеются в приведённой выше таблице.

Построим "полигон весов", последовательно складывая векторы длиной $P_{\text{пл}}$, направленные под углами 2τ . Строим "полигон весов" в произвольном масштабе, в данном случае 1 см = 8 ед. веса.



Снятая с рисунка величина замыкающего вектора $q = 4.7 \text{ см} = 37.6 \text{ ед. веса}$.

Построим биссектрису угла между вектором q и направлением на N . В результате получим направление малой полуоси эллипса погрешностей T_b . Перпендикулярно T_b проведём направление большой полуоси T_a и снимем транспортиром угол между полученным направлением T_a и N . В нашем примере он равен: $T_a = 20^\circ$.

Рассчитаем веса эквивалентных линий положения:

$$P_{\max} = \frac{1}{2} (\Sigma P_{\text{ли}} + q) = \frac{1}{2} (64.324 + 37.6) = 50.962;$$

$$P_{\min} = \frac{1}{2} (\Sigma P_{\text{ли}} - q) = \frac{1}{2} (64.324 - 37.6) = 13.362.$$

Вычислим полуоси эллипса погрешностей:

$$a = \frac{1}{\sqrt{P_{\min}}} = \frac{1}{\sqrt{13.362}} = \pm 0.27 \text{ мили};$$

$$b = \frac{1}{\sqrt{P_{\max}}} = \frac{1}{\sqrt{50.962}} = \pm 0.14 \text{ мили}.$$

Нанесём эллипс погрешностей на рисунок, где выполнена прокладка линий положения. Построим его в принятом масштабе $1 \text{ см} = 0.5 \text{ мили}$ в месте расположения обсервованной точки, ориентируя направление T_a относительно N .

ПРОКЛАДКА ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ

(масштаб 1 см = 0.5 миль)

