

Винахід відноситься до геодезичних вимірів, а, конкретно, до способів визначення планових координат точок на земній поверхні.

Відомий спосіб визначення планових координат точок на земній поверхні полягає у тому, що проводять польове рекогносцирування місцевості, позначають на місцевості точки геодезичної мережі, визначають оптимальну схему вимірів максимальної інформативності, формують оптимально необхідні сесії вимірів, встановлюють системи GPS у точках мережі, виконують виміри і визначають положення точок на земній поверхні (Спосіб визначення положення точок на земній поверхні. Деклараційний патент на винахід 42431. Україна, МПК G01C5/00/К.Третяк (Україна) - N2001021169; заявлено 19.02.2001; опубл. 15.10.2001, бюл.№9, 5ст.).

Однак, на точність визначення планових координат точок на земній поверхні системами GPS впливають різноманітні фактори, а, зокрема, інструментальні похибки GPS-приймачів. Результати високоточних вимірів, виконаних GPS-приймачами, спотворюються у результаті того, що фазовий центр супутникової антени не збігається з її віссю обертання. Величина розбіжності може сягати кількох міліметрів. Тому у прецизійних GPS-вимірюваннях субміліметрової точності такі величини спотворень необхідно враховувати. Інструкції експлуатації GPS-приймачів рекомендують під час вимірів орієнтувати мітку антен приймачів у північному напрямку. Проте, орієнтування антен приймачів може виключити похибку за зсув фазових центрів антен лише у тому випадку, коли величини ексцентриситету як лінійного, так і кутового, є тотожними для всіх антен, які одночасно беруть участь у вимірах, тобто, кожна з антен має той самий ексцентриситет, а його максимальна величина однаково орієнтована відносно мітки антени. У спеціальній літературі відсутня інформація про технологію корекції положення фазового центра у заводських умовах. Тим не менше, виготовити ці антени так, щоб вони мали тотожні величини лінійного та кутового ексцентриситету технологічно не доцільно, а, скоріше, неможливо. Простіше звести ексцентриситет до нуля. Але антени, що експлуатуються, зазвичай, мають до того ж і різний ексцентриситет. Отже, уникнути ексцентриситету технологічно неможливо. А орієнтація антен мітками на північ не дає можливості уникнути впливу зсуву фазових центрів антен на точність вимірів.

В основу винаходу поставлене завдання вдосконалити спосіб визначення планових координат точок на земній поверхні, в якому для кожної з антен визначають лінійну та кутову величини ексцентриситету, які враховують під час визначення планового положення точок на земній поверхні, що дає можливість підвищити точність вимірів.

Поставлене завдання вирішують тим, що у способі визначення планових координат точок на земній поверхні, який заключається у тому, що проводять польове рекогносцирування місцевості, позначають на місцевості точки геодезичної мережі, визначають оптимальну схему вимірів максимальної інформативності, формують оптимально необхідні сесії вимірів, встановлюють системи GPS у точках мережі, виконують виміри і визначають положення точок на земній поверхні, згідно з винаходом, перед визначенням положення точок на земній поверхні встановлюють антени приймачів GPS на невеликій віддалі одна від одної, вибирають одну з них референсною, повертають інші антени у положення, рівномірно рознесені по колу, в кожному з положень антени виконують вимірювання, на основі яких визначають лінійну і кутову величини ексцентриситету фазового центру кожної антени, які враховують під час визначення планового положення точок на земній поверхні.

Введення поправок за ексцентриситет кожної з антен дозволяє підвищити точність визначення планових координат точок на земній поверхні. З'являється можливість виконувати прецизійні GPS-виміри, досягаючи субміліметрової точності.

Спосіб визначення планових координат точок на земній поверхні здійснюють таким чином. Проводять польове рекогносцирування місцевості. З цією метою виїжджають на місце, де розташована мережа. У разі необхідності, коли це мережа новостворювана, позначають на місцевості точки мережі. Визначають координати точок мережі та інформативність кожного вектора вимірів. Визначають оптимальну схему вимірів максимальної інформативності вилученням максимальної кількості вимірів мінімальної інформативності. За допомогою ефективності сесії  $E$  для конкретної мережі добирають оптимальну кількість приймачів та мінімізують ряд послідовних сесій. Процес вилучення сесій з ряду послідовних сесій завершується коли  $m_{\text{реал}} \geq m_{\text{доп}}$ , де  $m_{\text{реал}}$  - значення похибки визначення координат в оптимальній моделі мережі,  $m_{\text{доп}}$  - допустима похибка визначення координат точки, задана у вихідних даних. Якщо  $m_{\text{реал}} > m_{\text{доп}}$ , остання вилучена сесія повертається в ряд послідовних сесій, тобто формують оптимально необхідні сесії вимірів. Встановлюють системи GPS послідовно у визначених точках мережі. Точки, у яких потрібно розташовувати системи GPS, визначені при формуванні оптимально необхідних сесій вимірів. Проводять виміри згідно інструкцій. Наприклад, центрують антени приймачів над точками мережі, які закріплені реперами, калібрують приймачі і т.д. Одержані результати вимірів заносять у комп'ютер і згідно програми визначають положення точок на земній поверхні.

Перед визначенням положення точок на земній поверхні встановлюють антени приймачів GPS на невеликій віддалі одна від одної, яка не перевищує, наприклад, 10м. Вибирають одну з них референсною, тобто нерухомою, відносно якої ведуть вимірювання. Повертають інші антени у положення, рівномірно рознесені по колу, лишаючи підставки антен нерухомими. Антену повертають за ходом годинникової стрілки на певні кути, рівномірно рознесені по колу, величина яких вкладається у  $2\pi$  ціле число разів, наприклад,  $20^\circ, 45^\circ$  і т.д. Величину кута повороту антени вибирають у залежності від величини зсуву фазового центру. З метою визначення азимуту ексцентриситету фазового центру орієнтацію антени за міткою у північному напрямку виконують, наприклад, за допомогою бусолі.

Коли фазовий центр антени не збігається з її віссю обертання, з'являється зсув фазового центру, або ексцентриситет. Під час повороту антени, що має зсув фазового центру, на кут  $2\pi$  фазовий центр опише коло, радіус якого дорівнює максимальній лінійній величині ексцентриситету. В кожному з положень антени виконують вимірювання, необхідні для визначення планових координат точок на земній поверхні з обов'язковим замиканням на початкове положення. Сукупність таких вимірів складає один прийом. Для виконання другого прийому антену повертають, встановлюючи у ті ж самі положення, проти ходу годинникової стрілки.

Дані вимірів опрацьовують програмними пакетами фірм виробників GPS-апаратури і з обов'язковим суміщенням початкової та кінцевої точок. У результаті одержують координати точок кола, описаного фазовим

У табл.2 наведено результати визначення ексцентриситету фазового центру антени AT-302 LEICA вісьмома прийомами. У стовпчиках (2) та (8) табл.2 приведені результати визначених лінійної  $e_{onm}$  та кутової  $\Theta^\circ$  величин

ексцентриситету відповідно. Середньовагові значення лінійної  $e_{осм}$  та кутової  $\Theta_{осм}$  величин ексцентриситету знаходять згідно залежностей

Таблиця 2

Результати визначення ексцентриситету фазового центра антени GPS-приймача вісьмома прийомми

№№ приймів	$e_{онм_i}$ (мм)	$m_e$ (мм)	$p_e$	$e_{онм_i} p_e$	$v_e$ (мм)	$p_{vv}$	$\Theta^0$	$m_\Theta^0$	$p_\Theta$	$\Theta \cdot p_\Theta$	$v_\Theta^0$	$p_{vv}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	4,7	1,7	0,35	1,63	-0,93	0,30	114	33	0,0009	0,10	-1,65	0,00
2	5,3	1,5	0,44	2,36	-0,33	0,05	110	51	0,0004	0,04	-5,65	0,01
3	5	2,1	0,23	1,13	-0,63	0,09	119	22	0,0021	0,25	3,35	0,02
4	5,9	1,5	0,44	2,62	0,27	0,03	113	30	0,0011	0,13	-2,65	0,01
5	6,6	1,5	0,44	2,93	0,97	0,42	118	72	0,0002	0,02	2,35	0,00
6	7,1	1,8	0,31	2,19	1,47	0,67	109	21	0,0023	0,25	-6,65	0,10
7	4,4	1,5	0,44	1,96	-1,23	0,67	131	32	0,0010	0,13	15,35	0,23
8	6,7	2,7	0,14	0,92	1,07	0,16	114	49	0,0004	0,05	-1,65	0,00
$\Sigma$			2,80	15,74		2,38			0,0083	0,96		0,38
$e_{осм}=5,7\text{мм}$				$M_e=0,4\text{мм}$			$\Theta_{осм}=116^\circ$				$M_\Theta = 3^\circ$	

$$e_{осм} = \frac{\sum_{i=1}^k p_{e_i} \cdot e_{онм_i}}{\sum_{i=1}^k p_{e_i}} \quad \Theta_{осм} = \frac{\sum_{i=1}^m p_{\Theta_i} \cdot \Theta_i}{\sum_{i=1}^m p_{\Theta_i}} \quad (7)$$

де:  $k$ - кількість виконаних прийомів;  $p_e = \frac{1}{m_e^2}$ ,  $p_\Theta = \frac{1}{m_\Theta^2}$  - ваги результатів визначень з окремих прийомів.

Обчислення  $e_{осм}$  і  $\Theta_{осм}$  приведено у стовпчиках (4, 5, 10, 11). В останньому рядку таблиці 2 приведено остаточні значення лінійної та кутової величини ексцентриситету  $e_{осм}=5,7\text{мм}$  та  $\Theta_{осм}=116^\circ$ .

Середні квадратичні похибки остаточних значень ексцентриситету обчислюються за залежностями

$$M_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k p_{e_i} v_{e_i}^2}{(k-1) \cdot \sum_{i=1}^k p_{e_i}}} \quad M_\Theta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m p_{\Theta_i} v_{\Theta_i}^2}{(m-1) \cdot \sum_{i=1}^m p_{\Theta_i}}} \quad (8)$$

де:  $v_{e_i} = e_{онм_i} - e_{осм}$ ,  $v_{\Theta_i} = \Theta_{онм_i} - \Theta_{осм}$ .

Результати обчислення  $M_e$  і  $M_\Theta$ , приведені у стовпчиках (6, 7, 12, 13). Середні квадратичні похибки визначення  $e_{осм}$  і  $\Theta_{осм}$  з восьми прийомів такі  $M_e=0,4\text{мм}$  і  $M_\Theta=3^\circ$ . Очевидно, що величини ексцентриситету фазового центра досить суттєві, тому їх необхідно враховувати під час прецизійних GPS-визначень.

Це підвищить точність визначення планових координат точок на земній поверхні.

