

Станіслав ЖЕЛТЯНИК,
провідний інженер гідрографічного відділу
ФДУ «Севастопольська філія Держгідрографії
ім. Л.І. Мітіна»

Використання GPS-апаратури геодезичного класу точності «Trimble-5700» при визначенні координат антен контрольно-коригуючої станції Одеського маяка

При написанні цієї статті використано матеріали польових робіт із визначення координат антен контрольно-коригуючої станції (далі ККС) Одеського маяка, проведених групою фахівців ФДУ «Севастопольська філія Держгідрографії ім. Л.І. Мітіна» у період з 10 по 17 березня 2004 року.

Згідно з поставленим завданням необхідно було визначити координати фазових центрів антен ККС Одеського маяка у системі координат WGS-84.

Ця робота була типовою, оскільки дві попередні з аналогічними завданнями по визначенню координат фазових центрів антен ККС маяків Єні-Кале і Зміїний проводилися за подібною методикою. Досвід організації попередніх робіт дозволив обчислити очікувані часові затрати і оптимізувати перелік планованих заходів.

У ході робіт було використано GPS-комплекс геодезичного класу точності «Trimble-5700», теодоліт ЗТ2КП, світловіддалемір СТ5 і сталева рулетка 50 м.

Методика виконання польових робіт у частині, що стосується GPS-спостережень, є такою:

- необхідно провести рекогносцирування району робіт для визначення робочих пунктів розміщення GPS-станцій (рис. 1);
- виконати статичні спостереження для розвитку опорної знімальної мережі, бо саме вони дозволяють отримувати результати з максимально можливою для GPS-апаратури точністю;
- провести GPS-калібрування району робіт у статичному режимі для перетворення даних, отриманих за допомогою GPS-приймачів, із системи координат СК-42 у систему координат WGS-84. У нашому випадку розвиток мережі і калібрування району робіт виконуються одночасно;
- витримати надмірність вимірів для забезпечення точності як між пунктами мережі, так і на кожному пункті окремо;
- здійснити польовий контроль якості отриманих GPS-даних. За результатами первинної обробки матеріалів спостережень планують хід подальших польових робіт і роблять висновки про якість і достатність відібраних для постобробки матеріалів.

У ході рекогносцирування було проведено попереднє оцінювання оптимальності розміщення станцій, яке виявило, що місцевість району робіт є далекою від ідеальної, наявність антенного поля та інших перешкод, що перекривають кут огляду антени, дозволяє характеризувати зазначений район як складний.

У результаті точки розміщення було вибрано з урахуванням мінімізації перешкод для функціонування GPS-апаратури і забезпечення зручності прокладення полігонометричного ходу від пункту з відомими координатами у системі СК-42. Виконання цього завдання вимагало зв'язати та оптимізувати отримання GPS-даних із даними наземних геодезичних вимірів. Схема розміщення GPS-станцій забезпечувала надмірність вимірів.

Проведемо короткий порівняльний аналіз особливостей даної роботи і деяких проблем, що виникають при статичній зйомці високоточним GPS-устаткуванням.

На початку робіт координати фазових центрів визначалися класичними геодезичними методами у системі координат СК-42, бо система кріплень антени «Zephyr» і «Zephyr Geodetic» комплексу «Trimble-5700» не дозволяла встановити їх на обраних об'єктах (стійках антен ККС) з необхідною точністю. Безпосередньо для отримання параметрів трансформації систем координат СК-42 – WGS-84 було створено знімальну мережу з п'яти пунктів (рис. 1). Мережа складалася з основного робочого трикутника – пунктів «Т-2», «Т-3», «Т-5», «ККСц» і допоміжного пункту «Т-4».

Для визначення робочих пунктів мережі у координатній системі WGS-84 передача координат по вектору здійснювалася за допомогою двох GPS-станцій «Trimble-5700». Передача координат проводилася від GPS-пункту «Одеса-фундаментальний» із відомими WGS-координатами на робочі пункти знімальної мережі. Зйомка з GPS-апаратурою виконувалася переважно у статичному режимі.

Центрування антени GPS-приймача і вимір висоти антени над пунктами виконувалися з точністю до 1 мм.

Як показує ряд попередніх робіт, закріплення антени над деякими робочими об'єктами дозволяє говорити не про точну проекцію фазового центра антени на відшукувану точку, а про влучення цієї проекції у

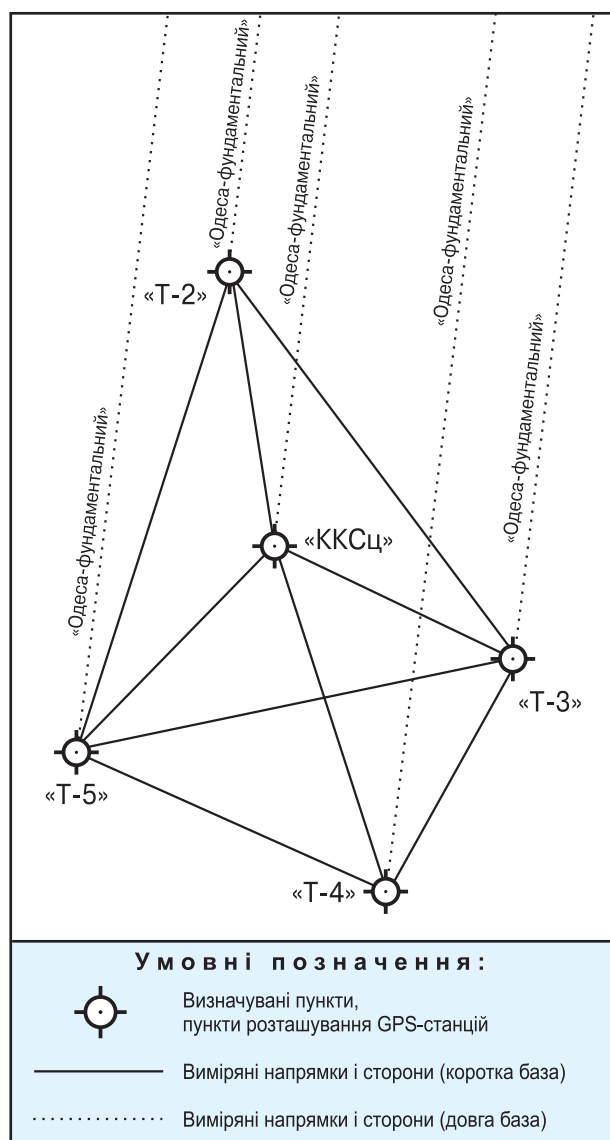


Рис 1. Схема GPS-спостережень у районі мису Великий Фонтан

визначену рівновіддалену від точки область. Це саме стосується і забезпечення паралельності тарілки антени відносно горизонтальної площини. І якщо величину похибки при допустимому відхиленні проекції фазового центра в горизонтальній площині можна обчислити на базі наявної Інструкції (принаймні, у випадку з «Trimble-5700»), то оцінити «непаралельність» складніше.

Проблема в цьому випадку полягає у невизначеності величини зміщення фазового центра як у горизонтальній, так і у вертикальній областях. Через те, що умови зйомки не завжди дозволяють повною мірою застосовувати стандартні методи контролю, можливе використання деяких додаткових засобів. До них належать гнучкий водний рівень і візуальне звіряння площини антени з лінією обрїю. Останній спосіб можна застосовувати лише як допоміжний.

З урахуванням робочого часу, витраченого на виконання геодезичних вимірів, ускладнених несприятливими погодними умовами, попередні роботи з вибору сполучних пунктів GPS-мережі, що розвивається, і визначення їх у координатній системі СК-42 було виконано протягом 3 робочих днів. Ліміт часу виключив можливість детального планування робіт із використанням прикладних програм «Quickplan» чи «Planning» із пакета програмного забезпечення «Trimble Geomatics Office». Було використано принцип: максимум спостережень за робочий день, результати будуть оцінюватися й бракуватися потім.

Як показали підсумки виконаних польових робіт, цей підхід цілком себе виправдав: спостереження на точках були рівнозначними. Якість польових матеріалів GPS-зйомки було забезпечено як класом апаратури, так і подвійним перекриттям нормативних вимог щодо статичної зйомки.

Нормативні державні документи із проведення статичної GPS-зйомки рекомендують здійснювати зйомку на визначуваній базовій лінії протягом однієї години. Враховуючи наявний досвід, польові роботи велися саме таким чином.

При проведенні щоденних спостережень по трьох базових лініях було забезпечено оптимальні для даних умов якісно-часові співвідношення, а саме: зйомка на кожній базовій лінії тривала 2 години при односекундному періоді запису GPS-даних. За розрахунками, усе це повинно було гарантувати якість зібраної статистичної інформації.

До моменту закінчення робіт було проведено 13 сесій спостережень загальною тривалістю 26 годин. Набраний на 5 пунктах знімальної мережі обсяг «сирих» GPS-даних дозволив обчислити параметри трансформації між координатними системами СК-42 і WGS-84.

Результати статичної зйомки і спостережень у режимі кінематики показали, що складність району робіт проявила себе лише при кінематичній зйомці. Нереалізованою залишилася оцінка якості зйомки у режимі «Stop and Go». Причиною цього стало вибраковування за точністю ряду даних, отриманих на антенах ККС. При цьому передачу координат здійснювали по довгій базі з WGS-пункту «Одеса-фундаментальний». Виконання такої послідовної передачі координат по довгій базі (20 км), плюс координат з пунктів «Т2», «Т3», «Т4», «Т5», «ККСц» на антени ККС – по короткій базі (до 300 м) дозволило б оцінити при постобробці точність зйомки координат у режимі «Stop and Go» при значно віддаленій опорній GPS-станції. Але за попередньою оцінкою матеріалів необхідності у проведенні повторної сесії кінематичної зйомки не виникло. Остаточну обробку отриманих даних було виконано тільки за результатами статичної GPS-зйомки.

Проведена робота забезпечила якісне виконання поставленого завдання – визначення координат антен ККС.

Спираючись на її результати, можна зробити такі висновки:

- для підвищення якості зйомки у статичному режимі за наявності ряду факторів, що призводять до зниження точності, рекомендуємо проводити не годинну, а двогодинну сесію з одnoseкундною частотою запису даних, які надходять;

- при проведенні високоточної кінематичної зйомки велике значення має попереднє планування робіт із використанням супутнього програмного забезпечення.

Короткий перелік понять і скорочень, використаних у статті

Базова лінія – обмірюваний тривимірний вектор, що з'єднує дві закріплені на місцевості точки з відомими координатами. У GPS-зйомці – це обміряна з високою точністю відстань між парю GPS-приймачів за наявності у них спільного часу зйомки. Період перекриття записаних GPS-даних повинен відповідати апаратному мінімуму часу, необхідному для обробки.

Диференціальний режим – режим, що підвищує точність GPS-даних, що збираються. При цьому дані, що їх одержує «базова» GPS-станція, розташована на точці з відомими координатами, використовують для визначення похибок, які мають місце у супутниковому сигналі. Далі інформація з «базової» станції обробляється разом з даними рухомого приймача, що дозволяє усувати похибки у супутниковому сигналі, який надходить на рухому GPS-станцію, і підвищити точність визначення місця рухомого приймача.

Калібрування району робіт – GPS-спостереження, виконані для забезпечення зв'язку геоцентричної системи WGS-84 із локальним референц-еліпсоїдом. Реалізується калібрування району робіт створенням GPS-мережі на пунктах з відомими локальними координатами. Необхідним мінімумом для створення знімальної мережі є 4 пункти. На основі отриманих даних калібрування району обчислюють параметри переходу із системи WGS-84 у локальну координатну систему.

Кінематична зйомка – процес набирання неопрацьованих GPS-даних у русі, при цьому, як правило, другим GPS-приймачем одночасно здійснюється набирання даних у статичному положенні на пункті з відомими координатами. Спостереження на другому пункті використовують для наступної, при постобробці, передачі координат – уточнення положення відшукуваних знімальних точок.

Кінематичну зйомку в «Trimble-5700» реалізовано у двох варіантах: у режимі безупинної кінематики та у режимі «Stop and Go». Основна різниця полягає в тому, що при безупинній кінематиці запис даних ведуть безперервно із заданою періодичністю від початку і до кінця зйомки, а у режимі «Stop and Go» – лише при коротких зупинках на визначуваних пунктах за командою оператора.

ККС – контрольно-коригуюча станція, у нашому конкретному випадку базова станція ДГЛОНАСС/DGPS, що виробляє і передає диференціальну поправку з метою забезпечення точності визначення координат споживачів у зоні дії ККС до 1–5 метрів.

Статична зйомка – набирання GPS-приймачем у статичному положенні неопрацьованих GPS-даних із тривалою фіксацією GPS-антени на обумовленому пункті, при цьому, як правило, другим GPS-приймачем одночасно здійснюється набирання даних у такому ж режимі на пункті з відомими координатами для наступної, при постобробці, передачі координат – уточнення положення відшукуваного пункту.

Фазовий центр антени – умовний центр антени, до якого вимірюється псевдодальність від фазового центра GPS-супутника. Фазовий центр може не збігатися з фізичним центром антени.

З метою стандартизації виробники GPS-апаратури зв'язують положення фазового центра з визначеною фізичною точкою антени. Це стає можливим у результаті усереднення зміщень фазового центра через фізичні характеристики антени й розташування GPS-супутників.

GPS – «Global Positioning System» (загальна система позиціонування), супутникова система позиціонування (США) призначена для планового і висотного визначення координат споживача.

Система GPS містить у собі три сегменти.

Перший сегмент – підсистема наземного контролю і управління, що складається з мережі наземних станцій і забезпечує супутники службовою інформацією.

Другий сегмент – підсистема сузір'я супутників.

Третій сегмент – підсистема апаратури користувачів, яка забезпечує безпосередній вимір навігаційних параметрів і вирішення завдань по обчисленню координат визначуваних об'єктів. Зазвичай до її складу входять антенний блок і приймач, але залежно від характеру поставлених завдань компонування може бути як моноблочним (антена плюс приймач в одному комплекті), так і з використанням ряду додаткового устаткування (ПЕОМ, контролери) та різноманітного програмного забезпечення.

Література

1. «Trimble Geomatics Office». Руководство пользователя программного обеспечения «TGO». Том 1-2, 2001 г.
2. «Trimble Geomatics Office – Wave Baseline Processing». Руководство пользователя «TGO». Модуль обработки базовых линий, 2001 г.
3. «Trimble Geomatics Office – Network Adjustment». Руководство пользователя «TGO». Модуль уравнивания сети, 2001 г.
4. Глаголев В.А. «Спутниковое навигационно-геодезическое обеспечение геолого-геофизических исследований». – СПб., Вирг-рудгеофизика, 2000 г.
5. «Топографо-геодезична та картографічна діяльність». Законодавчі та нормативні акти. Частина 1. – Київ, Укргеодезкартографія, 2000 р.