

УДК 629.783; 528.001

М. Д. Черемшинський

Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, Київ

GPS-технології в геодезичній практиці. Досвід та перспективи розвитку

Розглянуто досвід співпраці країн Європи у побудові геодезичних мереж та створення нової системи відліку із застосуванням GPS-технологій. Запропоновано заходи щодо модернізації Державної геодезичної мережі України.

В 1980-х рр. розпочалось широкомасштабне використання космічних технологій в геодезії, картографії, геодинаміці, навігації та інших галузях. Науково-технічний прогрес та досягнення науки в галузі космонавтики, створення нових засобів зв'язку, мініатюризація комп'ютерної техніки дозволяють значно покращити характеристики радіонавігаційних систем та створити нове покоління багатоцільових супутникових радіонавігаційних систем, таких як GPS Navstar (Глобальна система визначення місцезнаходження Навстар) у Сполучених Штатах Америки та система ГЛОНАСС в Радянському Союзі. В геодезії та навігації найбільш широке застосування знайшла система GPS Navstar (в подальшому GPS). Система ГЛОНАСС у зв'язку з відсутністю надійних приймачів для сегменту користувача, закритістю системи та технічними проблемами в космічному сегменті майже не застосовується для геодезичних робіт, тому нижче розглядатиметься вплив на розвиток геодезії технологій, побудованих на основі системи GPS [8].

Впровадження GPS привело до революційних змін у практиці і теорії побудови геодезичних мереж. Фахівці в галузі геодезії стали учасниками процесу переходу за незначний проміжок часу від двовимірної до тривимірної та чотиривимірної геодезії [12]. Динаміка цих змін може бути проілюстрована на прикладі створення високоточної геодезичної мережі та геодезичної системи відліку для Європейського континенту.

Широковідома геодезична система координат для Західної Європи ED50 (European Datum 1950) була створена зразу після Другої світової війни на основі даних наземних вимірів. Середня точність отрима-

ної системи координат, яка базувалась на Міжнародному еліпсоїді Хейфорда (Hayford), становила кілька метрів (до десяти) [10]. Для покращення точності системи координат ED50 Міжнародною асоціацією геодезії (IAG) утворюється спеціальна постійна комісія RETrig (Reseaux Europeens de la Triangulation), яка працює досить тривалий час над цим питанням. Нарешті, в 1987 р. на Генеральній асамблеї Міжнародної асоціації геодезії у Ванкувері (Канада) були представлені результати 30-річної роботи зі створення уніфікованої Європейської геодезичної мережі та системи координат. Була створена двовимірна Європейська система координат ED87 (European Datum 1987). Референц-еліпсоїд та орієнтування системи ED87 були вибрані ідентичними попередній системі координат, але для фінального розв'язання системи було включено деякі дані супутникових спостережень. Середня похибка системи координат для всієї території не перевищувала 2 м. Незважаючи на значні переваги цієї системи координат, рішення ED87 запізнилось майже на 10 років. В кінці 1980 рр. у практику геодезичних робіт впроваджуються GPS-технології, які забезпечують значно точніші результати та потребують набагато менших витрат часу і ресурсів.

Процеси інтеграції країн Європи, розвиток інформаційних мереж, широке застосування Географічних інформаційних систем (GIS), впровадження GPS для навігації, програми геодинамічних досліджень вимагають створення нової високоточної системи координат, яка б базувалась на даних космічної геодезії. Впроваджена Картографічним агентством Міністерства оборони США Світова си-

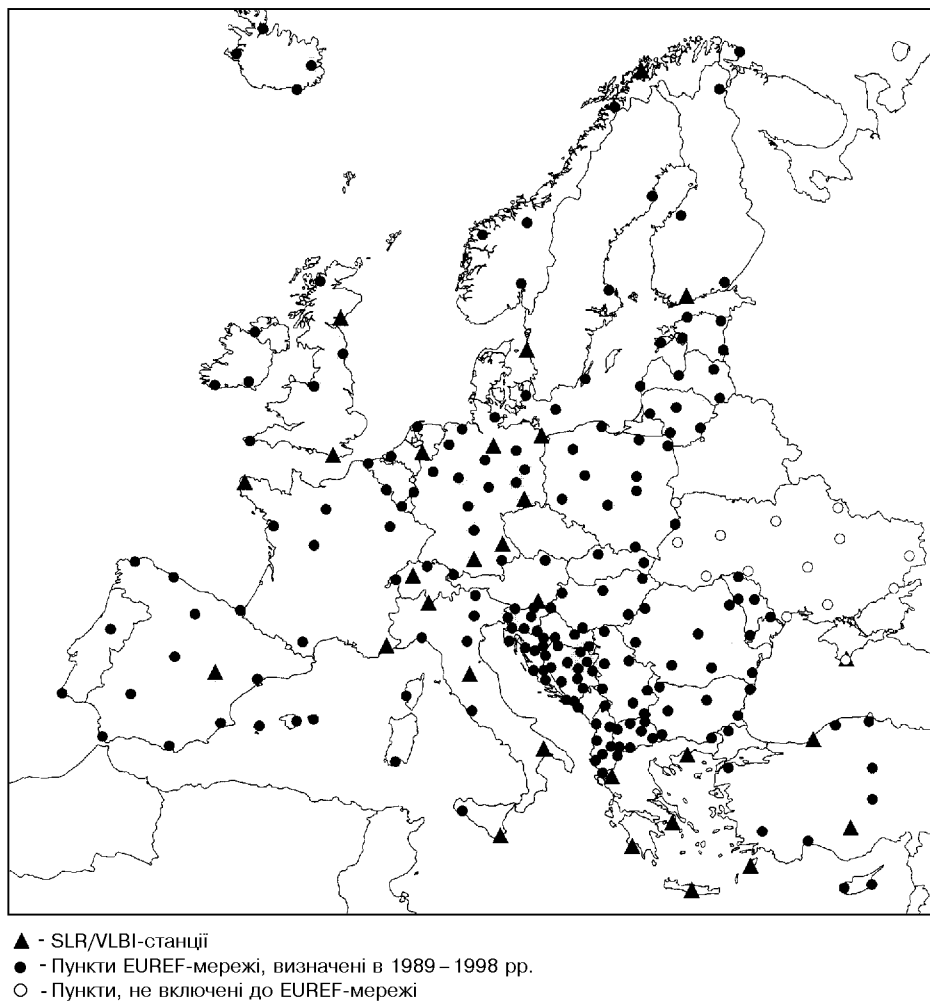


Рис. 1. Картограма EUREF мережі станом на 1998 р.

стема координат 1984 року (WGS84), яка базується в основному на даних доплерівських спостережень і досягає абсолютної точності близько одного метра, широко застосовується, але не забезпечує вимог користувачів для особливо точних геодезичних вимірювань, у зв'язку з відносно низькою (близько 1–2 м) стабільністю системи.

Виходячи з цього, у 1987 р. на згаданій Генеральній асамблеї IAG було прийнято рішення про визначення та встановлення нової геодезичної системи відліку та створення тривимірної геодезичної мережі для території Європи на основі застосування космічних технологій, яка б відповідала вимогам часу та забезпечувала широкий спектр користувачів високоточними геодезичними даними. Для реалізації цієї ідеї створюється спеціальна підкомісія Міжнародної асоціації геодезії для Європи — EUREF (European Reference Frame). Головними

завданнями підкомісії EUREF є:

- створення та підтримка на відповідному рівні Європейської геодезичної системи відліку;
- створення Європейської мережі постійних GPS-станцій;
- створення уніфікованої Європейської висотної мережі.

Необхідність поліпшення геодезичної мережі Європи визнається всіма геодезичними службами континенту. Тому у вересні 1987 р. на пленарному засіданні Європейського комітету геодезичних служб CERCO (Comite Europeen des Responsables de la Cartographie Officielle) в Афінах, утворюється спеціальна Робоча група VIII (WG VIII) (тепер робоча група «Геодезія»), головним завданням якої визначається розробка стратегії практичного застосування можливостей GPS-технологій для геодезії і картографії.

За глобальну основу для створення системи відліку для Європи було запропоновано прийняти Міжнародну земну систему відліку (ITRF), яка щорічно уточнюється Міжнародною Службою Обертання Землі (IERS) за результатами комбінованої обробки даних спостережень методами лазерної локації супутників та інтерферометрії з наддовгими базами SLR/VLBI. Середня абсолютна точність глобальних моделей системи відліку, які будуються IERS, становить 1—3 см.

Спільним рішенням Підкомісії EUREF та WG VII в основу створення Європейської системи відліку було взято 35 європейських SLR/VLBI-пунктів, які є частиною реалізації ITRF, і базовий набір геоцентричних координат яких на епоху 1989.0 утворює Європейську земну систему відліку ETRF89.

Звичайно, 35 пунктів SLR/VLBI для всієї території Західної Європи (16 країн загальною площею близько 3.5 млн кв. км) було явно недостатньо для забезпечення переходу до єдиної високоточної системи координат. Тому в жовтні 1988 р. EUREF прийнято рішення щодо проведення згущення європейської мережі на основі застосування GPS-технологій. Проектом створення нової мережі передбачається, що середні відстані між пунктами геодезичної мережі згущення становитимуть 300—500 км. Запропонована мережа згущення складається з 92 пунктів (від 3 до 15 пунктів в залежності від країни), включаючи 21 SLR/VLBI-станцію.

Вже у 1989 р. була проведена найунікальніша кампанія геодезичних спостережень в історії геодезії за охопленою територією, результатами та надзвичайно короткими термінами робіт. Кампанія спостережень EUREF-GPS, в якій було задіяно 62 двочастотних геодезичних GPS-приймачі, проводилася за спеціально розробленою методикою у два етапи. Перший — 16—21 травня 1989 р. (62 станції спостережень), другий — 23—28 травня 1989 р. (55 станцій спостережень). Абсолютна похибка положень пунктів мережі з урахуванням похибок SLR/VLBI-станцій склала 30—40 мм для горизонтальних складових та 50—60 мм — для вертикальної. У 1990 р. EUREF-мережа поширюється на північний захід Європи до Ісландії, Шпіцбергена та Гренландії. У 1991 р. проводиться уточнення мережі, і отриманий список координат пунктів приймається як поточна реалізація ETRF89 під назвою EUREF-89 [10].

Демократичні зміни в країнах Центральної та Східної Європи, зростаючі економічні зв'язки та процеси інтеграції цих країн до Європейського союзу вимагають розширення уніфікованої геодезичної мережі на схід Європи. Геодезичні служби

країн Центральної та Східної Європи приймають рішення про приєднання до EUREF та впровадження для території цих країн ETRF як основної геодезичної системи відліку. Так, в 1991 році GPS-кампанії по програмі EUREF за технічної підтримки геодезичних служб країн Західної Європи проводять Чехія, Словаччина, Угорщина; в 1992—1994 рр. — Польща, Болгарія, Литва, Латвія, Естонія, Румунія, Словенія, Хорватія та Туреччина. Всі спостереження проводяться за спеціальною 5-денною програмою спостережень, яка включає одночасні спостереження на нових пунктах мережі та пунктах, визначених в EUREF89, які приймаються за вихідні. До кінця 1994 р. практично протягом шести років з початку реалізації проекту була створена нова геодезична мережа та єдина система координат сантиметрової точності для всієї Європи (рис. 1).

За станом на 1999 р. з проведенням кампанії GPS-спостережень за програмою EUREF в Молдові було завершено створення уніфікованої високоточної геодезичної мережі для всієї Європи та опубліковані для використання геодезичні координати пунктів мережі. В загальному EUREF-мережа включає близько 240 пунктів, або від 2 до 15 пунктів для кожної країни в залежності від її розмірів та розташування. До 2001 р. більшість країн Європи завершили програми згущення державних геодезичних мереж та прийняли ETRF89 як основну геодезичну систему відліку.

Для прикладу згущення EUREF-мережі приведемо досвід Угорщини. В 1991 р. в рамках EUREF-кампанії в Угорщині було визначено п'ять пунктів. Майже зразу після закінчення цієї кампанії 1991 р. було визначено додатково 19 GPS-пунктів, які склали основу нової геодезичної мережі країни. Національна геодезична GPS-мережа Угорщини, яка була запроектована для задоволення потреб земельної реформи, землеустрою, картографування території тощо, включає 1154 пункти, які рівномірно покривають всю територію країни при середній відстані між пунктами 10 км. Всі GPS-спостереження пунктів мережі згущення були проведені всього за 41 робочий день в три етапи (три блоки мережі — східний, центральний та західний) протягом 1995—1997 рр. дев'ятьма бригадами спостерігачів [4]. В результаті обробки матеріалів спостережень отримана геодезична мережа сантиметрової точності, яка задовольняє вимоги практично всіх користувачів.

В рамках реалізації програми EUREF до 2000 р. в Європі створена також EUREF-мережа перманентних GPS-станцій (EUREF Permanent Network), яка включає більше 100 станцій. Кожна країна

створює свою мережу перманентних станцій в залежності від власних потреб, і тільки окремі з них включаються до мережі EUREF. Так, з 21 перманентної станції шведської геодезичної мережі SWEPOS тільки п'ять станцій включено до мережі EUREF, з 11 перманентних станцій Норвезької мережі SATREF — шість станцій, з 20 перманентних станцій геодезичної мережі Німеччини — 10 станцій і т. п. [6]. Для включення в мережу EUREF до перманентних станцій ставляться такі вимоги:

- станції мають бути встановленими з дотриманням вимог та стандартів IGS;
- дані спостережень мають надаватись до Постійного бюро перманентної мережі та бути відкритими для всіх країн учасників EUREF;
- дані спостережень мають проходити обробку в одному із центрів системи обробки даних.

В систему обробки даних EUREF входять: Глобальний центр обробки даних в Географічному інституті Франції в Парижі (IGN), Регіональний центр обробки даних в Федеральному управлінні геодезії і картографії Німеччини у Франкфурті-на-Майні (BKG), шість локальних центрів обробки в

Італії, Нідерландах, Фінляндії, Австрії, Швеції та Бельгії а також Центральне бюро Перманентної GPS-мережі в Бельгії [5].

Головною метою встановлення мережі перманентних станцій є підтримка ETRS89 та забезпечення високоточними даними геодинамічних спостережень, моніторингу рівня морів, метеорологічні дослідження тощо. Близько 50 % перманентних станцій EUREF входять до мережі Міжнародної геодинамічної служби (IGS). Результати спостереження на перманентних станціях раз на добу передаються для обробки обчислювальні центри системи обробки даних. Близько 36 перманентних станцій передають дані спостережень для обробки погодинно. Контроль діяльності мережі перманентних станцій здійснюється Бельгійською Королівською обсерваторією, де знаходиться Центральне бюро Перманентної мережі. Картограма розміщення перманентних станцій приведена на рис. 2.

До EUREF приєдналися всі країни Європи, за винятком Російської Федерації та Білорусі. Дещо інша ситуація з питання приєднання до EUREF склалась в Україні. В 1995 р. з ініціативи Головного управління геодезії, картографії та кадастру (Укр-

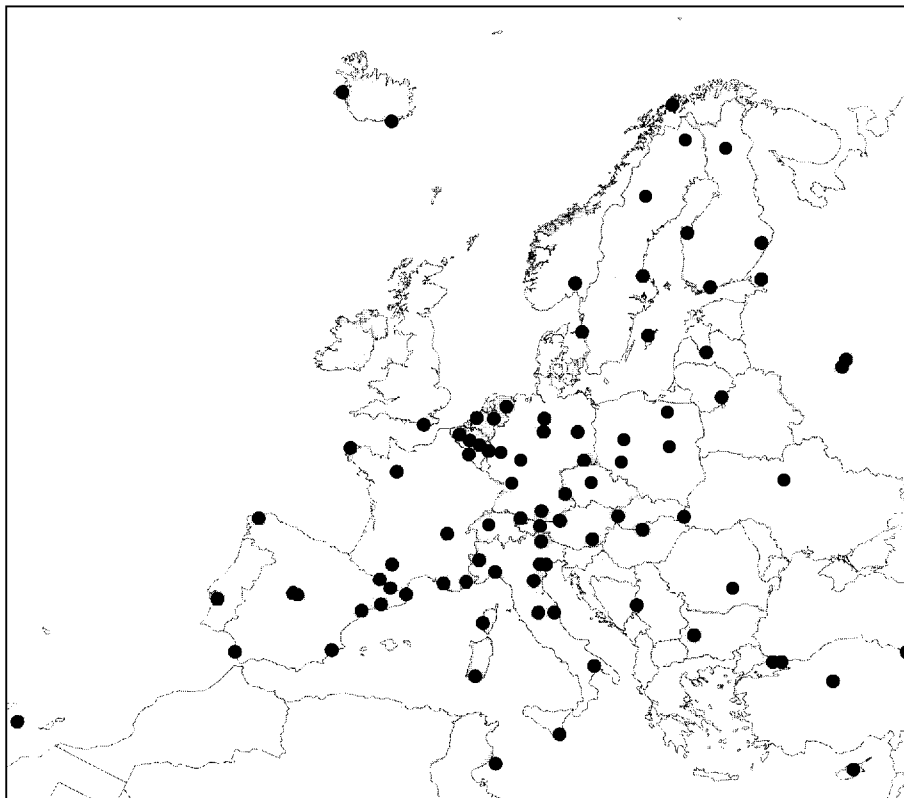


Рис. 2. Картограма розміщення перманентних станцій EUREF [5]

геодезкартографії) та технічної підтримки Інституту прикладної геодезії (IfAG) з Франкфурта-на-Майні (Німеччина) було організовано проведення кампанії зі створення GPS-мережі. У відповідності з загальноприйнятою для EUREF методикою планувалось провести п'ятиденні спостереження на 15 спеціально побудованих пунктах з середніми відстанями між ними близько 200—300 км. На жаль, завершити спостереження згідно з планом не вдалось з причини деяких організаційних прорахунків та нерозуміння окремими державними органами і спеціалістами важливості цього питання та необхідності виконання такого проєкту для України як одного з практичних кроків в реалізації політики інтеграції до Європейського співтовариства. Питання створення EUREF-мережі було розблоковано тільки в 2000 році, після прийняття Постанови Кабінету Міністрів України від 22.12.99 року № 2359 «Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84».

GPS-технології широко використовуються також для створення висотних мереж. Технічною робочою групою Підкомісії EUREF в 1994—1997 рр. проводилась підготовка для організації проєкту з створення Європейської висотної вихідної GPS-мережі EUVN (European Vertical GPS Reference Network). Найважливішими науковими та практичними цілями [9] створення такої мережі є:

- встановлення єдиної системи висот та вихідних дат для Європи;
- прив'язка і зв'язок всіх футштоків та моніторинг абсолютного рівня морів та їхні варіації;
- вибір та встановлення єдиного вихідного пункту висотної мережі;
- створення Європейської висотної кінематичної мережі.

EUVN-мережа включає 195 пунктів, зокрема 79 EUREF-пунктів, 53 вузлових пункти нівелірних мереж в різних країнах і 63 футштоки. В період 21—29 травня 1997 р. на всіх пунктах мережі були виконанні одночасні спостереження за спеціальною програмою із застосуванням двочастотних геодезичних GPS-приймачів. В Україні до EUVN-мережі включено чотири пункти — Симеїз, Миколаїв, Київ та Ужгород, висоти яких визначені з нівелювання першого класу. Обробка результатів спостережень, виконаних українськими фахівцями у відповідності з методикою EUVN, проведена обчислювальними центрами EUREF, і таким чином Україна приєдналась до Європейської висотної мережі. Картограма розміщення пунктів EUVN-мережі приведена на рис. 3.

Наприкінці 1999 р. спеціальною комісією CERCO

— MEGRIN (Multipurpose European Ground Related Network) на вимогу Європейської комісії було організовано круглий стіл з питань Вихідних геодезичних дат для Європи [11]. В засіданні круглого столу взяли участь експерти від Генерального директорату інформаційного суспільства ЄС, Європейського комітету зі статистики (EUROSTAT), Європейської організації з безпеки аеронавігації (EUROCONTROL), EUREF, CERCO, Технічного комітету 211 Міжнародної організації зі стандартизації (ISO/TC211) та ін. Круглий стіл рекомендував Європейській комісії прийняти ETRS89 як геодезичну систему координат для Європи і EUVN — як систему висот та рекомендувати прийняття цих систем всіма країнами членами ЄС. Рекомендовано також відкрито опублікувати для використання параметри зв'язку між національними системами координат та ETRS89 з точністю до 1—2 м, а також вказати наявність точніших параметрів переходу та офіційні джерела інформації з цих питань.

Таким чином, за 10 років у Європі створено та прийнято для використання нову систему координат та висот і високоточну планову та висотну мережі на найвищому сучасному рівні точності. Нова мережа охоплює територію площею близько 5 млн км², а відстань між крайніми точками мережі складає 4.9 тис. км з півночі на південь та 5.5 тис. км з заходу на схід. Таке досягнення стало можливим тільки завдяки застосуванню GPS-технологій, які практично не мають технічних обмежень для ефективного використання для створення геодезичних мереж. Основним обмеженням для застосування GPS-технологій можуть бути лише економічні, організаційні або адміністративні проблеми.

Початок застосування GPS-технологій в геодезичній практиці в Україні можна віднести до 1993 р., коли представники геодезичної служби України вперше взяли участь в засіданні EUREF, яке проходило в Будапешті. На цьому засіданні було представлено також нарис концепції проєкту модернізації геодезичної мережі України з застосуванням GPS-технологій та співробітництва з європейськими країнами в цих питаннях [7]. В тому ж році Українським аерогеодезичним підприємством були закуплені перші GPS-приймачі «Trimble 4000». Комплект складався з двох геодезичних двочастотних приймачів «Trimble 4000 SSE», які були використані для спостережень на пунктах Львів та Ужгород в рамках кампанії Геодинаміка Карпат (GEODUC). Протягом 1994 р. проводилась розробка проєкту та підготовка до спостережень Фундаментальної GPS-мережі, яка включала 15 заново побудованих фундаментальних пунктів (переважно в аеропортах та астрономічних обсерва-

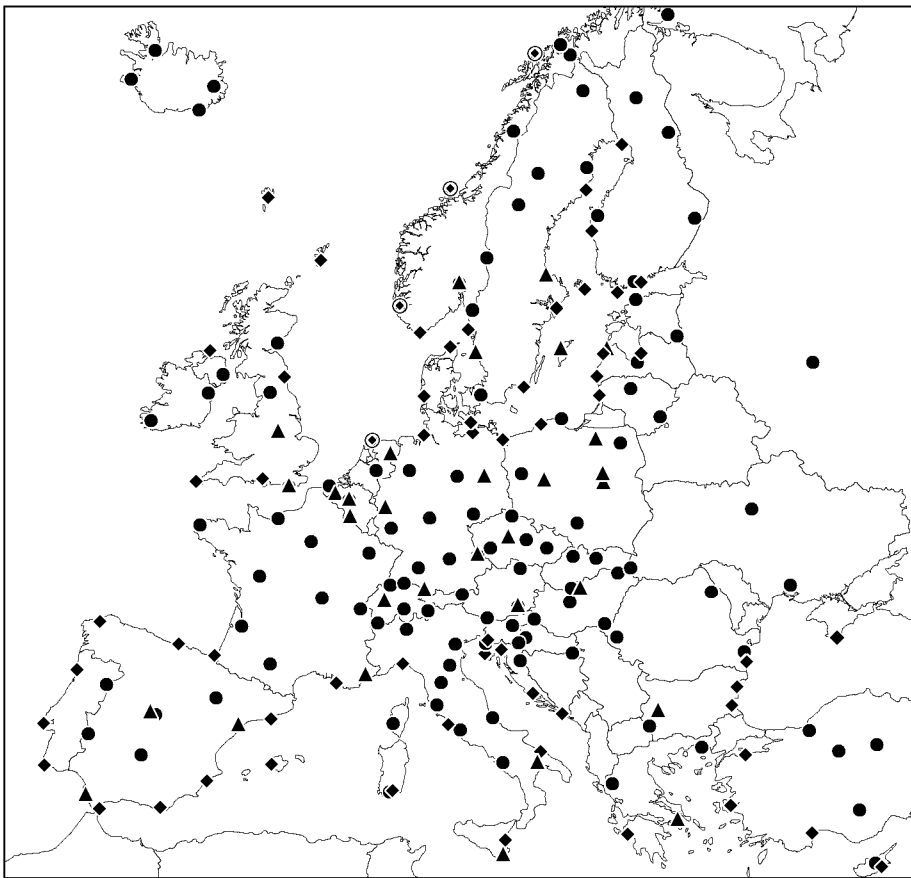


Рис. 3. Картограма розміщення пунктів Європейської висотної мережі EUVN

- ▲ - Перманентні GPS-станції EUREF
- ⊙ - Перманентні GPS-станції, суміщені з мареографами (рівнемірними постами)
- ◆ - Мареографи, включені до мережі
- - Пункти нівелірних мереж та пункти EUREF, включені до мережі

торіях). Передбачалось, що ця мережа буде інтегрована до EUREF. У зв'язку з відсутністю на той час в Україні необхідної кількості геодезичних GPS-приймачів кампанію спостережень планувалось провести за технічної підтримки Інституту прикладної геодезії з Німеччини, який, як один із центрів обробки даних, погодився надати відповідну кількість приймачів та допомогу в проведенні спостережень і обробки даних. Як відзначалось раніше, повністю завершити кампанію спостережень не вдалось. Незважаючи на це, підприємства геодезичної служби продовжували нарощувати зусилля із впровадження GPS в геодезичну практику. Були придбані додаткові комплекти геодезичних приймачів та проведені додаткові вимірювання на окремих пунктах Фундаментальної мережі, необхідні для завершення спостережень 1995 р. Обробка результатів спостережень проводилась фахівцями та науковцями Науково-дослідного інституту гео-

дезії та картографії і Державного університету «Львівська політехніка» в два етапи [2]. На першому етапі, в 1996 р., Фундаментальна мережа була обчислена як вільна, з одним вихідним пунктом Симеїз. У 1998 р. для контролю якості Фундаментальної GPS-мережі України проведено повторне обчислення та врівноваження мережі. Для цього використано результати спостережень на 19 пунктах мережі, в тому числі 14 пунктів Фундаментальної GPS-мережі України та п'яти Перманентних станцій EUREF-мережі, розташованих в інших країнах (Грац, Йозефослав, Метсахові, Потсдам та Ветцель), які служили вихідними пунктами. За результатами обробки даних спостережень отримані такі характеристики Фундаментальної GPS-мережі України [11]:

- середня квадратична похибка взаємного положення пунктів мережі — 2—5 мм;
- середня квадратична похибка узгодження з за-

гальноземною системою ITRF93 на епоху 1995.47 складає 5—8 мм.

— загальна похибка мережі менше 10 мм.

Із завершенням в 1998 р. обробки результатів спостережень в Україні була побудована високоточна багатопільова геодезична мережа субсантиметрової точності, координати пунктів якої отримані в загальноземній системі координат. Створена в короткі терміни Фундаментальна GPS-мережа має для України велике наукове та практичне значення. Без такої мережі неможливе виконання робіт зі сертифікації міжнародних аеропортів згідно з вимогами ІКАО, яка зараз проводиться в Україні, геодинамічні спостереження, покращення характеристик традиційної мережі тощо.

Як показала практика, система координат, що застосовується в Україні з 40 рр. минулого століття (точність 1—2 м) та Державна геодезична мережа, побудована традиційними методами у 1950—1980 рр., вже не можуть задовольнити зростаючі вимоги користувачів, особливо з точки зору широкого застосування GPS-технологій в різних галузях науки і виробництва (навігація, геологія, земельна реформа тощо). В зв'язку з цим перед країною стоять важливі питання — створення Національної системи відліку та модернізації Державної геодезичної мережі. Вирішення цих питань пов'язано із значними фінансовими та матеріальними витратами, тому вони потребують наукового обґрунтування та зваженого підходу, який опирається на міжнародний досвід та співпрацю з іншими країнами. Науково-технічна Програма створення національної системи відліку розробляється геодезичною службою України з залученням провідних вчених та фахівців в цій галузі. На наш погляд, така програма повинна базуватись виключно на застосуванні сучасних технологій та разом з іншими включати такі заходи:

- повторне спостереження пунктів Фундаментальної геодезичної мережі за програмою EUREF;
- прив'язка пунктів Державної геодезичної мережі I та II класів до пунктів Фундаментальної геодезичної мережі для оцінки точності існуючої мережі та обчислення параметрів зв'язку іншими системами координат;
- оцінка точності Державної геодезичної мережі та обчислення точних параметрів зв'язку державної системи координат з Європейською та Міжнародною системами;
- створення мережі постійних станцій та включення деяких з них до EUREF;
- модернізація Державної висотної мережі та вивір системи висот для України;

- модернізація Державної гравіметричної мережі;
- побудова моделі геоїда субдециметрової точності для території України;
- згущення пунктів Фундаментальної геодезичної мережі до густоти один пункт на 100 км² (побудова GPS-мережі I класу точності із 6000 нових пунктів для забезпечення потреб народного господарства);
- згущення Державної геодезичної мережі до густоти одного пункту на 10—15 км² (середня відстань між пунктами 5—6 км);
- впровадження засобів та методів Диференціальних GPS-вимірів (DGPS) та RTK.

Окремі з вище приведених заходів вже реалізуються підприємствами геодезичної служби країни. В 2000 р. після довготривалого підготовчого періоду Українським державним аерогеодезичним підприємством реалізовано проект прив'язки 48 пунктів Державної геодезичної мережі до пунктів Фундаментальної геодезичної мережі. В липні 2001 р. завершена програма повторних спостережень 15 пунктів Фундаментальної геодезичної GPS-мережі. Науково-дослідним інститутом геодезії та картографії проводиться обробка результатів спостережень. Встановлено чотири постійних станцій та планується встановлення ще восьми постійних станцій, які управлятимуться в основному Головною астрономічною обсерваторією та геодезичною службою України [3]. Картограма розміщення пунктів Фундаментальної геодезичної GPS-мережі наведена на рис. 4.



Рис. 4. Картограма розміщення пунктів фундаментальної GPS-мережі України

Для ефективного вирішення завдань земельної реформи, розвідки корисних копалин, демаркації державного кордону України, проектування та будівництва трансєвропейських магістралей, охорони навколишнього середовища тощо необхідне створення нової геодезичної GPS-мережі. Виходячи з досвіду Угорщини та інших країн Європи для створення мережі, що включає приблизно 6000 пунктів, які рівномірно покриватимуть територію країни (при середніх відстанях між пунктами близько 10 км), необхідно витратити близько 300 робочих днів для 10 бригад, оснащених GPS-приймачами. Виконання таких робіт можливе тільки при відповідному стабільному фінансуванні з державного бюджету.

GPS-технології широко застосовуються також в інженерній геодезії для створення спеціальних високоточних геодезичних мереж для моніторингу стану великих промислових споруд та конструкцій. Значний інтерес представляє досвід створення високоточної геодезичної мережі першої черги геодинамічного полігону Чорнобильської АЕС [1]. Спеціальна геодезична мережа створена в 1996 р. на промисловому майданчику ЧАЕС для спостережень за деформаціями об'єкту «Укриття» та прилеглих споруд і включає 13 пунктів. Мінімальна довжина сторони мережі складає 0.22 км, максимальна — 3.2 км, середня — 1.3 км. Всього в мережі виміряно 77 векторів. Спостереження виконані чотирма одночастотними GPS-приймачами «Trimble 4600» сесіями тривалістю 3 год. Середня квадратична похибка визначення сторони мережі, отримана в результаті її врівноваження, склала 1.4 мм. З початку створення мережі проведено ще вісім циклів спостережень за аналогічною методикою, які підтвердили як стабільність пунктів мережі, так і високу точність отриманих результатів вимірювань, що досягаються з застосуванням GPS-технологій. Порівняння результатів вимірювань, отриманих в різних циклах спостережень, показали, що різниця між значеннями виміряних векторів знаходиться в межах 0.4—2.2 мм по довжині та 0.008—0.64" по азимуту. Досвід створення згаданої мережі, а також досвід застосування GPS-технології для спостереження за висотними будівлями показує високі можливості цього методу з точки зору досягнення надзвичайно високої точності вимірювань в стислі терміни, що неможливо досягти традиційними методами.

Космічні технології визначення місцезнаходження знаходять своє застосування в різних галузях економіки та активно розвиваються, і за оцінками експертів ринок цих технологій складає десятки мільярдів доларів США. Європейським співтова-

ристом впроваджується проект створення глобальної навігаційної системи, в США розгорнута широка програма модернізації GPS, тому для України є надзвичайно важливим визначити власну політику в цих питаннях. За традицією політика в галузі використання супутникових радіонавігаційних технологій відображається в так званому Радіонавігаційному плані країни. Виходячи з того, що геодезична мережа та геодезична система відліку є основою для побудови систем навігації та застосування радіонавігаційних технологій в інших галузях, наведені заходи з визначення національної системи відліку повинні увійти складовою частиною до Державного радіонавігаційного плану, який повинен стати основним документом для визначення політики України в галузі застосування супутникових радіонавігаційних технологій.

Тут наведено тільки деякі приклади застосування GPS-технологій в геодезії. Можливості технологій визначення місцезнаходження об'єктів, особливо в поєднанні з можливостями ГІС-технологій, надзвичайно широкі. Тому об'єднання зусиль всіх спеціалістів у цій галузі для вироблення спільної стратегії та координації і узгодження дій — необхідна умова, виконання якої дозволить користувачам в Україні відчувати найближчим часом усі переваги сучасних технологій.

Список скорочень

GPS NAVSTAR — Global Positioning System Navstar
 IAG — International Association of Geodesy
 ED87 — European Datum 1987
 GIS — Geographic Information Systems
 US DMA — United States Defense Mapping Agency
 WGS84 — World Geodetic System 1984
 EUREF — European Reference Frame
 CERCOC — Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle (fr.)
 WGVIII — Working Group VIII (renew Working Group «Geodesy»)
 ITRF — International Terrestrial Reference Frame
 IERS — International Earth Rotation Service
 SLR/VLBI — Satellite Laser Ranging/Very Long Baseline Interferometry
 ETRF89 — European Terrestrial Reference Frame 1989
 IfAG — Institute of Applied Geodesy
 EUVN — European Vertical GPS Reference Network
 MEGRIN — Multipurpose European Ground Related Network

1. Баран П. І., Бондар А. Л., Романишин П. О. та ін. Перший досвід і проблеми використання GPS-методу в інженерно-геодезичній практиці // Вісник геодезії та картографії.— 1998.
2. Кучер О., Абрикосов О., Марченко А. Контроль качества фундаментальной GPS-сети Украины // Научно-технический симпозиум Геомониторинг-99. Моршин 13-16.11.1999. — Львів, 1999.—С 10—14.
3. Хода О. Українська мережа перманентних GPS-станцій // Научно-технический симпозиум Геомониторинг-99. Моршин

- 13-16.11.1999. — Львів, 1999.—С. 19—21.
4. Adam J. et al. The report of Hungary on EUREF Related Activities in 1997—1998. Euref publication 7/1. BKG. Farnkfurt am Main, 1999.—P. 176—180.
 5. Bruyninx C. The EUREF Permanent GPS Network and the Network — Activities May 1996 — May 1997 and future plans // Report of the Symp. of the IAG Subcommittee for Europe (EUREF) held in Sofia, 4—7 June 1997. — Munchen: Bavarian Academy of Science, 1997.—P. 39—49.
 6. Bruyninx C. Overview of the EUREF Permanent Network and the Network coordination Activities // Report of the Symp. of the IAG Subcommittee for Europe (EUREF) held in Tromso, 22—24 June 2000. — Munchen: Bavarian Academy of Science, 2000.—P. 24—31.
 7. Cheremshynsky M. Some Activities of Geodetic Service of Ukraine related to Establishing of Modern Reference Frame // Report of the Symp. of the IAG Subcommittee for Europe (EUREF) held in Budapest, 17—19 May 1993. — Munchen: Bavarian Academy of Science, 2000.—P. 178—180.
 8. Daly P., Riley S., Raby P. GLONASS Status and Initial C/A and P code Ranging test. — University of Sydney and University of Leeds, 1992.
 9. Ihdle J. et al. The concept of the European Vertical GPS Network (EUVN). EUREF publication 7/II. BKG. — Frankfurt am Main, 1999.—P. 11—21.
 10. Seeger H. EUREF a Modern Geodetic Approach to establish an All-European Reference System // Proc. of Belgo-European Seminar «New Surveyors» Wegimont, 24-25.03.1993.
 11. Spatial Reference System for Europe // Proc. and Recommendation of Workshop held in Marne - La Vallee, 29—30.11.1999. European Commission. European Commission Joint Research Center, 2000.
 12. Zelinsky J. EUREF: Application of GPS for Geodesy. Polish Academy of Science. Civil GPS Service interface Committee. 6-th European Meeting. — Warsaw, 1997.
-
- GPS-TECHNOLOGY IN GEODETIC PRACTICE.
EXPERIENCE AND PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT**
- M.D.Cheremshyns'kyi**
- The experience of European countries cooperation to construction of geodetic networks and new reference frame establishment based on GPS-technologies application is discussed. The measures for modernization of the Ukrainian State Geodetic Network are proposed.