



Рисунок 1. Схема водопровідної мережі з початковим напрямком потоку й витратою для наступного гідравлічного ув'язування

Таким чином, розглянутий спосіб дозволяє задавати в компактно-му вигляді інформацію для ЕОМ щодо конфігурації мережі і визначати значення початкових витрат у мережі, що задовольняють першому закону Кірхгофа.

Література:

1. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М. и др. Расчет водопроводных сетей: Учебное пособие для вузов – М.:Стройиздат.-1983.- 278 с.
2. Евдокимов А.Г., Дубровский В.В., Тевяшев А.Д. Потокораспределение в инженерных сетях – М.: Высшая школа. –1977.

УДК : 551.4.01 : 332.21

ЗАСТОСУВАННЯ GPS-ТЕХНОЛОГІЙ У ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННІ ТА КАДАСТРІ

П.В.МАЦКО – к. с.-г. н., доцент, Херсонський ДАУ

Під час виконання геодезичних робіт і кадастрових зйомок, а також землевпорядкування з інвентаризації земель населених пунктів та сільськогосподарського призначення виникає ряд важливих питань. Найбільш значними із них є визначення точних координат вихідних пунктів для створення і ведення автоматизованих систем державного

земельного кадастру [1]. Така інформаційна система потребує забезпечення високої точності первинних даних обліку кількості і якості земель, бонітування ґрунтів та економічної оцінки земель і розробки методів автоматизованого відображення даних за допомогою персональних комп'ютерів. Тут також передбачається використання міжнародного та вітчизняного досвіду автоматизації земельного кадастру з реєстрацією землеволодінь, землекористувань та об'єктів нерухомості для управління земельними ресурсами. Систематичне відображення в комп'ютерах зібраних і проаналізованих картографічних і цифрових даних про правовий природний та господарський стан земель посилює економічне стимулювання раціонального використання земель і збільшує ефективність капітальних вкладень на поліпшення та охорону земель [2].

Вирішення всіх цих питань є можливим лише за умови використання передових технологій: дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), глобальних супутникових навігаційних систем (GPS) та географічних інформаційних систем (ГІС). Найбільш важливі проблеми землевпорядкування та кадастру такі, як інвентаризація земель, ґрунтове картографування, моніторинг ґрунтів, визначення точних меж землеволодінь та землекористувань, що слугують обґрунтуванням розмірів плати за землю, можуть бути вирішені оперативно лише з використанням GPS-технологій.

У зв'язку з такою постановою питань і необхідністю підготовки відповідних спеціалістів у Херсонському державному аграрному університеті в 2002 році організована кафедра землевпорядкування та архітектурного проектування й відкрита спеціалізація "Землевпорядкування на меліорованих землях". Спільним Європейським проектом IB-JEP-22045-2001 "Земельна реформа та розвиток ринку землі в Україні" при Херсонському державному університеті створено Навчально-інформаційний центр з управління земельними ресурсами. У цих підрозділах передбачається вивчення курсу "Космічна геодезія", який висвітлює сутність застосування GPS-технологій в землевпорядкуванні та у кадастрових зйомках.

Зупинимось на деяких аспектах даної проблеми.

На сучасному етапі розвитку глобальних космічних навігаційних систем орбіти штучних супутників Землі, призначених для цієї мети, досягли 20 тисяч кілометрів, а кількість штучних супутників збільшилась до 24. Це дало можливість в будь-якій точці земної поверхні спостерігати одночасно не менше 4-х супутників, які мінімально необхідні для визначення координат наземного приймача, та вибрати їх оптимальну конфігурацію.

Нині у світі існують дві основні глобальні системи: американська GPS та російська – ГЛОНАСС. Вони почали розвиватись на початку 70-х років, як військові програми, з обмеженим доступом до режиму підвищеної точності.

GPS (Global Positioning System – глобальна система позиціонування) після відкриття для всіх користувачів у травні 2000 року режиму високої точності забезпечила можливість вимірів у "геодезичному" режимі, тобто з сантиметровою і навіть міліметровою точністю.

ГЛОНАСС (Глобальна Навігаційна Супутникова Система) почала штатно експлуатуватись з повним сузір'ям з 24 супутників наприкінці 1995р. У неї навігаційний режим підвищеної точності залишений для санкціонованих (військових) користувачів. Але як і в GPS, можливі виміри в геодезичному режимі з відповідними приймачами та програмним забезпеченням [3].

До теперішнього часу наша держава є основним власником фонду картографічних матеріалів. Тому розвиток ринку GPS в Україні підтримується державою. Основою нормативно-правової бази застосування GPS приймачів є постанова Кабінету Міністрів №2359 "Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84", прийнята 22 грудня 1999 року. У відповідності з цим документом проводиться переробка картографічних матеріалів згідно з вимогами Європейської співдружності, а також застосування нових методів збору й обробки геодезичних і картографічних даних [4].

Однією з провідних українських установ у галузі супутникових технологій є Державне підприємство "Орізон -Навігація" (м.Сміла, Черкаська область), яке вже понад 20 років займається розробкою і виробництвом апаратури споживачів супутникових навігаційних систем різноманітного призначення. Основним напрямом науково-технічної діяльності підприємства є створення унікальної двох системної ГЛОНАСС/GPS апаратури для високоточних визначень координат, часу та швидкості, яка відповідає останнім досягненням в галузі створення обладнання для GPS- технологій, у тому числі й для геодезичного призначення, з власним пакетом програмного забезпечення для післясеансної обробки інформації [5].

Розглянемо основні принципи будови і роботи систем електронної віддалеметрії, викладені професором Голубєвим А.М. в його роботі [3]. В основу вимірювання віддалі за допомогою електромагнітних хвиль у глобальних супутникових системах використовується, на відміну від наземних віддалемірів, метод з однократним проходженням сигналу уздовж вимірюваної лінії. Такий метод називають беззатпінним. При цьому визначається час τ – поширення сигналу, випромінюваного супутником і прийнятого наземною апаратурою за строго синхронізованими годинниками. За його значенням обчислюється відстань ρ між супутником і приймачем:

$$\rho = v \cdot \tau,$$

де v – середня швидкість поширення сигналу вздовж траси, знаходиться із співвідношення $v=c/n$, за швидкості світла у вакуумі $c=299792458$ м/с та показнику переломлення повітря n , який обчислюється після вимірювання температури, тиску і вологості повітря.

Для роботи системи GPS прийнята своя атомна шкала часу, яка позначається GPST. Вона була введена опівночі з 5 на 6 січня 1980 року, і цей час на 19 секунд менше шкали IAT (International Atomic Time – побудованого на квантових цезієвих стандартах частот). Системний час для ГЛОНАСС тісно пов'язаний із всесвітнім координованим часом UTC (Universal Time Coordinated) і має постійне додатне зміщення рівно на 3 години.

За своєю структурою системи GPS та ГЛОНАСС подібні і складаються з трьох секторів 1) космічний, 2) наземний – керування і контролю, 3) сектор користувача (див. рис.).

Космічний сектор – це сукупність супутників, що входять в систему, які називають сузір'ям або "орбітальним угрупованням". Кожен супутник обладнаний атомним еталоном частоти і апаратурою, що передає необхідні для вимірів радіосигнали. Останні вміщують навігаційне повідомлення з інформацією про положення супутника, мітку часу та різні виправлення. Окрім того, супутник має і радіоприймальний пристрій для команд із наземного комплексу керування і контролю. На ньому є рухова установка та системи орієнтації і стабілізації для корекції траєкторії руху за командами із Землі, а також панелі сонячних батарей живлення.

Як у GPS, так і в ГЛОНАСС повне сузір'я складається з 24 супутників, розташованих майже на кругових орбітах. У GPS вони розміщені в шести орбітальних площинах, розгорнутих через 60° , а в ГЛОНАСС – у трьох площинах через 120° , повний оберт супутника виконується за 12 годин.



Рисунок 1. Загальна структура глобальних супутникових систем

Сектор керування і контролю. Містить у собі станції спостереження, службу точного часу, головну станцію з обчислювальним центром і станції завантаження інформації на супутники. У GPS п'ять станцій спостереження рівномірно розподіленні по земній кулі. Отримана на цих станціях інформація про ефемериди орбіт та прогнозовані координати супутників передається за допомогою трьох завантажуючих станцій на супутники. Додатково існує ще ціла мережа спостерігаючих станцій, що не входить в систему керування і контролю, під управлінням Національної геодезичної служби (NGS) США та геодинамічна мережа (IGS).

Станції спостереження у ГЛОНАСС розташовані по території Росії. Вони обладнані радіолокаторами та лазерними віддалемірами, а супутники – відбивачами. Під Москвою розташований Центр керування системою (ЦКС), який включає в себе центральний синхронізатор часу з водневим стандартом частоти.

Сектор користувача містить в собі супутникові приймачі, число яких не обмежене, а також камеральний комплекс після вимірювальної обробки даних, яка виконується на основі польових спостережень.

Для надійного виконання вимірів на трасі "супутник-приймач" необхідно забезпечити взаємну пряму видимість між ними. Це можливо, коли мінімальна висота супутника над горизонтом, яку ще називають *маскою*, складає не менше 10° . Приймаючи таку маску супутника, радіус Землі $R = 6371$ км і висоту орбіти 20000 км, отримуємо довжину дуги радіовидимості з однієї точки Землі, що дорівнює близько 15000 км.

Глобальні супутникові системи працюють в двох основних режимах, що одержали назви кодових (навігаційних) та фазових (геодезичних) вимірів. При кодових вимірах визначається час поширення кодово-модульованого сигналу від супутника до приймача, а при фазових – вимірюється зміщення фази коливання несучої частоти за час поширення. Навігаційні виміри, або їх іще називають абсолютні визначення, дають меншу точність і забезпечують безпосереднє одержання абсолютних величин геоцентричних координат. Фазові ж, або відносні, виміри дають високу точність придатну для геодезичних цілей, але визначають не самі координати, а різниці однойменних координат двох точок, в яких встановленні одночасно працюючі приймачі.

Іноді в окремий (третій) режим виділяють інтегральний доплерівський рахунок, який здійснюється одночасно з режимом фазових вимірів. Він дозволяє отримувати швидкість зміни відстані до супутника та фіксувати моменти послідовних положень супутника [3].

Уже існує багато типів апаратури споживача, які розрізняються за своїм призначенням, можливостям та технічними характеристиками. Ведеться направлений процес до зменшення габаритів і покращення комплектності прийомних систем та програмного забезпечення. Геодезичний комплект апаратури включає в себе антену, приймач з контролером (спеціалізований комп'ютер), акумуляторні батареї і допоміжне обладнання (штатив і вішку для установки антени, рулетку та ін.). Су-

часні приймачі – багатоканальні, кожен з них відслідковує свій супутник. Каналів може бути від 4 до 12 і більше. За видами прийнятих і опрацьованих сигналів приймачі підрозділяються на :

- *кодові*, здатні працювати тільки з віддалемірними кодами;
- *кодово-фазові* одночастотні, що використовують віддалемірні коди і фазові виміри тільки на частоті L1;
- *кодово-фазові* двох частотні, що використовують віддалемірні коди і фазові виміри на частотах L1 і L2.

Двох частотні приймачі забезпечують найбільшу точність (помилка вимірів складає сантиметри і навіть міліметри). Але майже таку ж точність можна отримати і з одно частотними приймачами, завдяки застосуванню відносного методу вимірів і досконалої методики обробки даних.

Приймач має систему автоматизованого керування. Вона дозволяє виконувати пошук, захоплення, посилювання та поділ сигналів від різних супутників, обробляти потік інформації, показувати на дисплеї цікавлячі оператора дані, виконувати само діагностику приймача та ін.

При геодезичних режимах роботи приймача може розглядатись дві групи спостережень: статичні та кінематичні. У статичних, як і в кінематичних режимах, один з приймачів знаходиться на твердому пункті з відомими координатами, а інший – на обумовленому, але в статисти обидва приймачі нерухомі, а в кінематиці приймач, за яким визначається його місцеположення, переміщується (безупинно чи з зупинками).

Для створення точних і високоточних опорних геодезичних мереж застосовують статичний метод, як найбільш точний. Він потребує для виміру на пункті не менше 1,5 години. Для робіт, що не потребують такої точності можуть застосовуватись інші режими: *швидка статика* (спостереження на пункті 10-15 хвилин “за рекомендацією приймача”) ; *кінематика* (“stop and go”- “стій і йди” з ініціалізацією для визначення бази та рух по точках), або *кінематика в реальному часі* (Real Time Kinematics – RTK, з радіо модемами, що забезпечують передачу інформації між базовим та роверним приймачами і швидке та точне визначення координат точок спостережень).

Для нормального функціонування інформаційних систем земельного кадастру потрібна картографічна основа в цифровому вигляді з найсучаснішими даними. Однак, найбільш точну і актуальну інформацію можна отримати тільки при проведенні оперативної топографічної зйомки. Це потрібно для правових обороток із землею, а також робіт, пов'язаних з будівництвом і проектуванням, тощо.

Економічну ефективність та доцільність застосування GPS- технологій для цих робіт довели співробітники НВК “Бюро кадастру Таганрогу”, які використовували таке обладнання протягом 7 років [6]. Виконуючи конкретні роботи різного об'єму та кошторисної вартості такі, як: встановлення меж міста, топографічну зйомку на площі 12 га та інвентаризацію меж невеликих земельних ділянок, геодезисти провели по-

рівняльні економічні розрахунки. Вони показали, що при застосуванні GPS- технологій порівняно зі звичайною топографічною зйомкою, особливо на крупних об'єктах, в 4-5 разів зменшуються строки виконання робіт, в стільки ж разів збільшується питома величина вартості робіт в грошовому виразі за день на людину та на стільки ж економиться кількість трудовитрат і коштів.

У зв'язку з високою відпускнуою вартістю GPS приймачів та особливостями роботи в міських умовах автори рекомендують застосовувати комбінований метод зйомки; наприклад: при виносі проекту в натуру основні опорні точки знімаються геодезичними GPS приймачами, а всі інші роботи виконуються електронними тахеометрами.

Таким чином, для забезпечення оперативності представлення інформації під час землевпорядкування та кадастрових роботах з метою уточнення меж ділянок між різними землекористувачами і землевласниками, топографічних зйомках та виносі проектів в натуру доцільно застосовувати GPS-технології, які скорочують тривалість виконання робіт і забезпечують високу якість зйомки для подальшого цифрування топографічних матеріалів.

Література:

1. Ткаченко Л.В. Применение GPS приемников при решении задач геодезии и землеустройства – Тезисы докладов II-й научно-практической конференции 13-14 июня 2002г. //Применение GPS в Украине. – Харьков: ХАИ,- 2002. С. 12-14.
2. Ступен М.Г., Гулько Р.И., Музыка Н.М. Автоматизация ведения государственного земельного кадастра с использованием геоинформационных систем. - Тезисы докладов II-й научно-практической конференции 13-14 июня 2002г. // Применение GPS в Украине. – Харьков : ХАИ,- 2002. С. 112-116.
3. Голубев А.Н. Глобальные спутниковые навигационно-геодезические системы. - Учебное пособие. - М.: "Репрография", МИИГАиК,- 2001.-66с.
4. Горбунцов С. GPS в Украине: проблемы, тенденции, проекты. - Компьютерное обозрение № 42 .- 30 октября –2002.- С. 38-39.
5. Лук'яненко М., Кривов'яз А., Орел О. Можливості використання супутникової апаратури вітчизняного виробництва в геодезичних роботах. - Зб. наук. пр." Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва". - Львів: Ліга-Прес,- 2001. С. 74-78.
6. Неграфонтов С.А., Рудов А.И. Экономическая эффективность проведения топографических съемок с применением GPS приемников Trimble 4600 LS для целей градостроительного кадастра. - "Бюро кадастра Таганрога"- e – mail : Sales @ bkt. ttn.ru .