

ЛЕКЦІЯ 13. СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ

Супутникова система навігації (Global Navigation Satellite System – GNSS) – це комплексна електронно-технічна система, яка складається із наземного та космічного устаткування для визначення місця розташування (географічних координат і висоти) та параметрів руху (швидкості, напрямку руху і т. д.) наземних, водних і повітряних об'єктів.

У наш час працюють або у стані розгортання такі системи супутникової навігації:

- **GPS.** Належить Міністерству оборони США. Цей факт, на думку спеціалістів деяких держав, є її головним недоліком. Пристрої, які підтримують навігацію по GPS, є найпоширенішими у світі. Також відома під ранньою назвою NAVSTAR (NAVigation Satellite providing Time And Range – навігаційна система визначення часу і місця розташування).

- **ГЛОНАСС.** Належить міністерству оборони Росії. Система, за заявами розробників наземного обладнання, матиме деякі технічні переваги порівняно з GPS. Після 1996 р. угруповання її супутників скорочувалось і до 2002 р. практично припинило функціонувати. Лише у кінці 2011 р. система була повністю відновлена. Відзначається мала поширеність клієнтського обладнання. До 2025 р. передбачена глибока модернізація системи.

- **Бейдоу.** Це підсистема GNSS, яку розгортає Китай і яка призначена для використання тільки у цій країні. Особливість – невелика кількість супутників, що перебувають на геостаціонарних орбітах. У планах до 2020 р. – збільшити кількість супутників до 35, щоб система могла працювати як глобальна. Реалізацію програми розпочато у 2000 р. Перший супутник вийшов на орбіту в 2007 р.

- **Galileo.** Європейська система, що перебуває на етапі формування супутникового угруповання, яке заплановано повністю розгорнути до 2020 р.

- **IRNSS.** Індійська навігаційна супутникова система у стані розробки. Заплановано використання тільки в цій країні. Перший супутник був запущений у 2008 р.

Глобальна система позиціонування (GPS – Global Positioning System)

Історична довідка. Систему GPS розроблено в 1973 р. Міністерством оборони США, щоб забезпечити визначення місця розташування, синхронізацію часу й отримання навігаційних сигналів американськими військовими та цивільними користувачами у всьому світі. Супроводження (навігація) військових об'єктів було головним завданням цієї системи. Проте дослідження, виконані вченими Массачусетського технологічного інституту у 1976–1978 роках, показали можливість застосування GPS у геодезії, тобто в задачах, де потрібна висока (міліметрова) точність визначення координат. З того часу коло задач, де знаходить застосування GPS, значно розширилося, ставши таким самим буденним явищем, як комп'ютер чи мобільний телефон. Зокрема, GPS інтегрується з ними в комплексні високоінтелектуальні прилади.

Система передбачала виведення на стаціонарні орбіти не менше 24 супутників. Початкова вартість проекту сягала 12 млрд доларів. Перший супутник запущено у 1978 р., а повністю систему було розгорнуто лише у 1994 р. У 2000 р. рішенням президента США відключено так званий селективний доступ (Selective Availability, або S/A – штучне заниження точності визначення координат до 100 м), що підвищило точність звичайних GPS-приймачів до 5–15 м.

Структура GPS. GPS має три головні сегменти: управління, космічний і користувачів. Сегмент управління складається з головної станції контролю й управління, групи контрольних станцій і станцій зв'язку. Головна станція контролю й управління розташована разом з однією із контрольних станцій на авіабазі "Шривер" (Schriever Air Force Base) поблизу м. Колорадо-Спрингс (штат Колорадо). Контрольні станції та станції зв'язку розміщено на атолі Дієго-Гарсія (Індійський океан), на острові Вознесіння (Атлантичний океан), на Гавайських островах, атолі Кваджалейн (Тихий океан), мисі Канаверел (півострів Флорида). Контрольні станції ведуть спостереження за супутниками та здійснюють високоточне визначення до них відстаней. За цими даними головна станція визначає параметри орбіт, похибки бортових годинників, визначає коефіцієнти моделі іоносфери й формує повідомлення, які станції зв'язку передають на борт супутників. У 2005 р. систему

контрольних станцій розширено завдяки під'єднанню до системи станцій Національного агентства геопросторової розвідки США (National Geospatial-Intelligence Agency).

Космічний сегмент GPS представлений угрупованням із 24 супутників (може бути й більше), які рухаються по орбітах у шести площинах (по 4 супутники у кожній), нахилених до площини екватора під кутом 55° і повернутих одна до одної на 60° по довготі (рис. 54). Ексцентриситет орбіт становить від 0,02 до 0,001 – орбіти близькі до колових. Висота обертання супутників дорівнює приблизно 20 150 км, період обертання – 11 годин 58 хвилин.

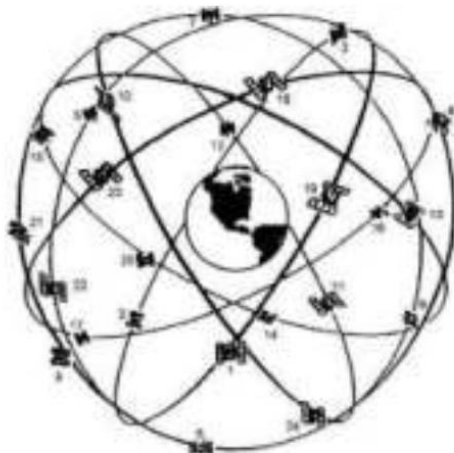


Рис. 54. Угруповання супутників системи GPS

Обертаючись навколо планети, супутники повторюють свою траєкторію і взаємне розташування щодоби та двічі на добу пролітають над контрольними станціями. Це дає змогу точно визначати їхнє просторове положення, висоту і швидкість. Відхилення від теоретичних орбіт, які виявляють контрольні станції, називають “похибками ефемерид”. Вони зазвичай незначні, зумовлені гравітаційним притяганням Місяця та Сонця. Після того, як одна із станцій стеження визначила положення супутника та розрахувала поправки до його орбіти, така оновлена інформація передається на супутник, замінюючи в пам’яті його бортового комп’ютера попередню інформацію. Параметри орбіт і швидкості польоту супутників підібрано таким чином, що у будь-якій точці на поверхні Землі в кожний момент часу GPS-приймач може отримувати сигнал від 5–8 супутників.

Кожний супутник GPS у неперервному режимі (кожні 30 секунд) передає навігаційні повідомлення, які містять його

індивідуальні віддалемірні коди (загальнодоступний цивільний С/А-код і захищений Р-код військового призначення), відомості про положення супутника на орбіті у певний час, положення решти супутників (альманах), стан бортових систем та іншу службову інформацію.

Сегмент користувачів складається з GPS-приймачів різних типів, які за сигналами від супутників визначають місце перебування та параметри руху (рис. 55).



Рис. 55. Обладнання сегменту GPS-користувачів:

- 1 – геодезичні приймачі; 2 – морські навігаційні приймачі;
- 3 – автомобільні GPS-навігатори; 4 – картографічні GPS-приймачі;
- 5 – засоби персональної навігації; 6 – прилади моніторингу

GPS-приймач може:

- визначати географічні координати місця перебування;
- обчислювати пройдену відстань, миттєву та середню швидкість, час прибуття у задану точку;
- рисувати на екрані маршрут переміщення;
- вести маршрутом до пункту призначення;
- обчислювати відстань між двома точками й азимут між ними;
- обчислювати схід-захід сонця у будь-якій точці світу на довільну дату і час та інше.

У сучасних комплектаціях персональні й автомобільні приймачі, крім базових навігаційних, мають широкий набір інших сервісних функцій, як можливість відтворення аудіо- та відеофайлів, прийому і передачі електронної пошти тощо.

GPS-приймачі використовують для навігації, визначення координат, часу поширення сигналу та інших досліджень. Для високоточних вимірювань у геодезії та геодинаміці використовують спеціалізовані двочастотні багатоканальні приймачі. Для навігації, моніторингу транспортних засобів і широкого кола інших подібних задач застосовують значно простіші та дешевші приймачі, здатні виконувати вимірювання тільки спостереженням за кодом сигналів.