

GPS і всі-всі-всі

Зараз у світі розгорнуто чотири глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС). Незабаром вони почнуть конкурувати між собою.

Роки минають, а **GPS** залишається наймасовішою системою ГНСС і фактично синонімом самого поняття. GPS наразі проходить модернізацію: запускаються супутники нового покоління і створюється нова система управління. Російська система **ГЛОНАСС** теж проходить програму модернізації, хоча вона під питанням через санкції. Зате останнім часом нарешті запрацювали ще дві системи — європейська **Galileo** і китайська **BeiDou**.

Наш часопис вирішив з'ясувати, що всі ці системи являють собою на даний момент, який шлях пройшли за останні кілька років і чого від них можна очікувати після повноцінного розгортання.

ГНСС і Business Case

Для чого щось вигадувати, якщо є GPS? Можна сказати, що наявність однієї глобальної системи позиціонування робить інші надлишковими, адже користування GPS абсолютно безкоштовне, протоколи відкриті, а трекери і навігатори може випускати хто завгодно. Відповідно будь-яка альтернативна система — це дороге задоволення, яке ніколи не окупиться. Але так було б лише в ідеальному світі. Не можна забувати, що спочатку навігаційні системи створювалися військовими, цивільне ж застосування у них з'явилося пізніше; тому держави з претензіями на глобальну присутність створюють власні ГНСС, щоб не залежати від потенційного противника, а Індія і Японія створюють системи регіонального охоплення. Уряди просувають програми використання доморощених проектів в різних сферах, а встановлення обладнання своїх ГНСС на автомобілі в Росії, ЄС та Китаї є обов'язковим.

Окрім того, хоча ГНСС (поки що) в цілому несумісні, одночасне використання двох і більше підвищує точність навігації. Щоправда, системи позиціонування вже і самі по собі забезпечують досить високу точність. Наприклад, хоча на офіційному сайті GPS вказана заявлена середня похибка <7,8 м, на практиці вона набагато менша і може сягати субметрових величин. У ГЛОНАСС вона становить кілька метрів. Для підвищення точності створені системи корекції, які за допомогою наземних станцій та/або супутників дозволяють зменшити відхилення до сантиметрових величин, що важливо для таких застосувань, як точне землеробство чи управління рухом у місті. В Україні теж з 2011 року діє мережа еталонних станцій **System.NET**, що належить компанії **«Систем Солюшнс»**. Системи корекції можуть працювати з усіма існуючими ГНСС, хоча спочатку вони створювалися для підтримки GPS.

Коротка інформація стосовно чотирьох існуючих ГНСС наведена в **табл.**

Таблиця. Глобальні навігаційні супутникові системи

Система	Країна	Кількість справних супутників		Висота орбіти, км	Частоти цивільних сигналів, МГц
		Поточна	Планова		
BeiDou-3	Китай	21	30	21150	1575.42 1191.795 1268.52 2492.028
Galileo	ЄС	22	35	23222	1176.42 1207.14 1278.75 1575.42
GPS	США	31	48	20200	1545.42 1227.60 1176.45
ГЛОНАСС	Росія	24	32	19100	1602 1246 1600 1248 1202

Нове покоління GPS

Для забезпечення безперервного покриття GPS достатньо 24 апаратів, розташованих на 6 орбітах — по 4 супутники на кожній. У 2011 році були додані ще три позиції в рамках «розширеної конфігурації», на даний же момент сузір'я GPS налічує 31 супутник. До цього числа входять декілька модифікацій апаратів, які належать до другого та третього поколінь GPS. До «успадкованих» (Legacy) супутників належать єдиний позосталий сателіт серії Block IIA, що працює вже понад 25 років, і 11 апаратів Block IIR. Усі вони передають «успадкований» цивільний сигнал стандартної якості (C/A, Coarse/Acquisition) на частоті L1 (1545,42 МГц) для цивільних користувачів, а також сигнали військового призначення на частоті L2 (1 227 МГц).

Новіші типи супутників називаються «модернізованими» (Modernized) і використовують кілька додаткових сигналів, об'єднаних тією ж назвою. Сім апаратів типу Block IIR-M, які запускалися в 2000-х роках, транслюють L2C — другий цивільний сигнал на частоті L2. Використання обох цивільних сигналів дозволяє підвищити точність визначення координат завдяки вимірюванню і корегуванню іоносферної затримки. Без таких вимірювань GPS-приймач змушений або послуговуватися загальною моделлю, або отримувати уточнюючі дані від якоїсь системи диференціальної корекції (СДК). Згідно з офіційним сайтом GPS, власники двочастотних приймачів повинні отримати таку ж точність позиціонування, як і військові користувачі, або навіть вищу. Сигнал L2C на 2,3 дБ слабший за C/A, проте має на 2,7 дБ більшу ефективну потужність; завдяки цьому, а також більш високій частоті, він краще проникає крізь гілки дерев і навіть стіни будинків. Оскільки повідомлення L2 коротші і транслюються частіше, ніж L1, це забезпечує швидше виявлення сигналу.

Також апарати Block IIR-M передають другий сигнал військового призначення (M-код), який більш стійкий до глушіння і забезпечує надійніший прийом. M-код є автономним, тобто приймач може розрахувати своє положення лише на його основі (при використанні сигналу першого покоління P (Y) потрібно спершу прийняти C/A). Окрім того, M-код транслюється не лише всенаправленою, але і вузькоспрямованою антеною, що дозволяє формувати промені діаметром близько декількох сотень кілометрів з підвищеною потужністю.

Супутники Block IIF виводилися на орбіту з 2010 по 2016 роки, загалом їх 12. Головне нововведення — це третій цивільний сигнал L5, який призначений насамперед для транспорту і передається в смузі, виділеній ІТУ для повітряних радіонавігаційних служб. Сигнал має більш високу потужність і розширений спектр порівняно з L1 і L2. L5 може використовуватися як сам по собі, так і в поєднанні з іншими сигналами, забезпечуючи точність позиціонування субметрового рівня.

Третє покоління супутників GPS буде налічувати до 32 КА виробництва **Lockheed Martin**. Вони мають підвищений термін служби (15 років) і транслюють четвертий цивільний сигнал — L1C, що вперше забезпечить взаємодію з європейською системою позиціонування Galileo, потенційно — з ГЛОНАСС, BeiDou і регіональними навігаційними системами. Також утричі збільшена потужність військового M-сигналу. Новий атомний годинник має набагато більшу точність, ніж у попередніх апаратах. Крім того, в GPS третього покоління конструктивно не закладена функція вибіркової доступності (Selective Availability), тобто штучного загрублення навігаційного сигналу. Щоправда, вона і так була вимкнена ще в 2000 році згідно з указом президента Клінтона.

Lockheed Martin має побудувати десять апаратів початкової ітерації — Block IIIA. Перший з них, який отримав ім'я «Веспуччі», був виведений в космос у грудні минулого року ракетою Falcon 9. Наразі він проходить тестування, причому, за словами виробника, «показники роботи на орбіті перевершують очікування». Другий, під назвою «Магеллан» (рис. 1), мав стартувати 25 липня на ракеті Delta IV, але згодом запуск перенесли на серпень. Тим часом супутник номер три був підготовлений ще в травні і чекає тільки своєї ракети; четвертий, п'ятий і шостий зібрані і проходять випробування на Землі, сьомий і восьмий знаходяться в процесі складання.



Рис. 1. Другий супутник GPS Block IIIA готується до запуску

Подальшим розвитком угруповання GPS будуть апарати Block IIIF, які планується запускати з 2026 року. Контракт між ВПС США і Lockheed Martin на будівництво 22 супутників був укладений у вересні минулого року. Еволюція Block IIF у свою чергу ділиться на кілька технологічних етапів, кожен з яких додаватиме певну нову функціональність. Зокрема, передбачається пакет для пошуково-рятувальних операцій, який забезпечить визначення координат аварійних передавачів для швидкого пошуку людей, що зазнають лиха. Також супутники нестимуть лазерні відбивачі, які дозволять більш точно відстежувати КА (ця конструктивна риса вже є в ГЛОНАСС і Galileo). Для військових цілей буде додано можливість збільшення потужності M-сигналу для того чи іншого району, завдяки чому приймачі зможуть працювати вдвіть ближче до постановника перешкод, ніж нині.

На перспективу розглядаються ще кілька додаткових особливостей: перепрограмування сигналів у космосі (можна буде завантажувати нові сигнали з Землі і тоді транслювати їх користувачам); направлені міжсателітні канали, які дозволять підвищити точність завдяки частішим оновленням внутрішнього годинника і ефемерид супутників; підвищена стійкість для роботи в умовах активної протидії. Супутник-демонстратор під назвою NTS-3 планується запускати десь у 2022 році.

Наразі NASA розробляє навігаційний пристрій, який зможе приймати сигнали GPS в космічному просторі між Землею та Місяцем. Передбачається, що ця технологія буде застосовуватися на кораблях Orion, на навколomisячній станції Gateway, а також в американській місячній програмі «Артеміда». Історично навігація поблизу Місяця здійснюється за допомогою комунікаційної мережі NASA; пряме використання GPS дозволить звільнити канали зв'язку для їх прямого призначення.

Цікаво, що навесні цього року в складі Пентагону було створено Агентство з розробки космічних технологій (Space Development Agency, SDA). У липні агентство розмістило запит для потенційних підрядників, які повинні представити ідеї, як «швидко розробити і розгорнути космічну архітектуру наступного покоління, що враховує загрози і призначена для нейтралізації спроб практично рівних супротивників ускладнити чи заблокувати роботу наших космічних систем». Архітектура повинна містити сім рівнів, один з яких — навігаційний: планується створити альтернативну систему позиціонування і єдиного часу для середовищ, в яких GPS не працює. Пентагон запросив для SDA на 2020 фінансальний рік фінансування в розмірі \$149 млн.

ГЛОНАСС та його проблеми

Російська система важлива для України тому, що хоча РФ і дозволила транзит товарів своєю територією, але лише за умови, що вантажі будуть оснащуватися мітками ГЛОНАСС. Втім, це не проблема, враховуючи, що сучасні треки підтримують одразу декілька систем позиціонування.

Розгортання ГЛОНАСС почалося ще у 80-х роках минулого століття, і до 1995 року угруповання було доведено до оптимального розміру — 24 працюючих КА. Однак супутники

першого покоління довго «не жили», а грошей на підтримку угруповання не було, тому до початку нульових продовжували працювати тільки 6 КА, чого не вистачало для стійкого покриття навіть самої РФ. З новими інвестиціями в галузь угруповання почало рости за рахунок супутників другого покоління «Глонасс-М» і до кінця 2009 року знову налічувало 24 КА. Вся система, включно з наземним сегментом, була офіційно передана Міноборони РФ у 2015 році. Натепер угруповання ГЛОНАСС налічує 27 супутників, з яких 24 працюють, два знаходяться в резерві і ще один на етапі льотних випробувань.

На відміну від GPS, ГЛОНАСС передає як відкриті сигнали, так і закриті з підвищеною точністю. Супутники «Глонасс-М» транслюють по два відкритих і захищених навігаційних сигнали в діапазонах L1 і L2. Супутники «Глонасс-K1» і новіші із серії M також передають сигнали з кодовим розподілом (як в GPS) на частотах L3. В апаратах нового покоління «Глонасс-K2» будуть додані ще два відкритих і два шифрованих CDMA-сигнали L1 і L2. Використання нових сигналів повинно забезпечити іоносферне корегування (знову-таки, як в GPS) і зменшити помилку позиціонування до $<0,1$ м. На перспективу розглядаються варіанти модуляції, які забезпечать сумісність з сигналами GPS, Galileo і Beidou.

Виробництво супутників другого покоління було припинено у 2015 році, проте їх все ще продовжують відправляти в космос по 1–2 на рік — останній запуск відбувся наприкінці травня і був примітний тим, що в ракету «Союз» вдарилася блискавка. Подальша модернізація ГЛОНАСС пов'язана з супутниками серії K (рис 2). Вони мають модульну архітектуру, що дозволяє встановлювати або змінювати бортову апаратуру безпосередньо перед запуском. Це важливо тому, що КА можуть зберігатися на складі роками, а за цей час частина обладнання неодмінно застаріє. «Известия» писали, що в майбутньому це також дозволить надавати не тільки навігаційні повідомлення, але й іншу інформацію, таку як прогноз погоди або дорожня обстановка. Також супутники мають більш точні атомні годинники на основі пасивного водневого лазера і блоки збирання та ретрансляції системи пошуку і порятунку КОСПАС-САРСАТ.

Перші експериментальні супутники K1 були запуснені в 2011 і 2014 роках. Програма зіткнулася з труднощами після запровадження проти Росії санкцій, які унеможливили закупівлі радіаційно-стійкої електроніки (в K1 її було, за різними оцінками, 75–90%). Було оголошено курс на імпортозаміщення, а тим часом на заміну «Глонасс-М»



Рис. 2. Супутник серії «Глонасс-K», загальний вигляд

передбачалося запускати вже зібрані супутники K1 і ті два K2, компоненти для яких закупили ще до санкцій (імовірно, один з них повинен стартувати в кінці цього року — на початку 2020-го).

Що буде з наступними — поки питання. У червні стало відомо, що уряд РФ може взагалі заморозити виробництво супутників «Глонасс-K», оскільки комплектуючих немає, а оперативно виготовити російські аналоги не вдається. Це впливає з висновку Рахункової палати на проект поправок до федерального бюджету 2019 року. У зв'язку з неможливістю серійного виробництва КА, а також наземного сегмента управління з федеральної цільової програми підтримки та розвитку ГЛОНАСС заберуть майже 13 млн рублів. У той же час 7 млн будуть виділені додатково на інші витрати програми, частина з цих грошей піде на створення «страхового запасу електронної компонентної бази іноземного виробництва, в тому числі для виготовлення 11 космічних апаратів «Глонасс-K2».

Де вони збираються брати згадану компонентну базу? У липні російські ресурси писали, що «Роскосмос» запропонував засекретити закупівлі в ракетно-космічній галузі з метою боротьби із санкціями. У проекті закону так і зазначено, що поправки спрямовані на «запобігання заходам санкційного впливу з боку іноземних держав». Ймовірно, таким чином російське космічне відомство розраховує знайти спосіб отримати потрібну електроніку негласним шляхом або через третіх осіб.

Ще одна проблема пов'язана з ракетами: експлуатація носіїв «Протон» завершиться в 2023 році, «Ангара» все ще не літає, а «Союз» може вивести на орбіту лише один апарат. Варто відзначити, що маса «Глонасс-K2» становить 1,8 тонни (у GPS IIIA — 3,88 тонни). Російські джерела повідомляють, що в космічному агентстві ухвалено рішення робити апарати масою до 500 кг. Імовірно, на борту залишиться навігаційна апаратура, але не будуть підтримуватися додаткові можливості, такі як прийом і передача сигналів КОСПАС-САРСАТ.

На тлі усіх цих прикросців «Роскосмос» не відмовляється від доповнення ГЛОНАСС високоорбітальним сегментом «Глонасс-B». Він складатиметься з 6 КА на базі все тих же «Глонасс-K», запуск першого намічено на 2023 рік, а завершити розгортання планується до 2025-го, такі цифри в грудні минулого року озвучив перший заступник директора агентства Юрій Урлічич. Щоправда, на той момент проектування сегмента ще навіть не почалося, але за задумом він дозволить підвищити точність позиціонування в східній півкулі на 25% і забезпечити покриття в «міських каньйонах».

Galileo: вже ось-ось

Ще один багатостраждальний проект, європейська система Galileo, наближається до завершення. Ця суто цивільна альтернатива GPS мала запрацювати ще у 2008 році, але перші повнофункціональні супутники були відправлені на орбіту лише в 2011-му. Перше тестове позиціонування відбулося в 2013 році в нідерландській лабораторії ЄКА. В грудні

2016-го, коли угруповання нараховувало 18 супутників, було оголошено про початок першого етапу комерційної експлуатації Galileo (Initial Services), на той момент середня спостережувана похибка становила 8 м.

Перші супутники Galileo виводилися ракетами «Союз», з кінця 2018 року агентство запускає супутники власними носіями Ariane. Зараз сузір'я містить 22 апарати, ще два вийшли з ладу, а два мають статус «на тестуванні», хоча вони були просто виведені на некоректну орбіту (їх також планується долучити до працюючих). Остання партія з чотирьох КА вирушила в космос рік тому (рис. 3), що ознаменувало закінчення другого етапу розгортання Galileo. Наприкінці 2020 року заплановано запуск першого з 12 КА третьої серії (Batch 3), призначених частково для заміни найстаріших супутників, частково — про запас. Повністю завершене угруповання складатиметься з 24 працюючих КА і 6 резервних. При цьому в липні минулого року ЕКА уклало контракт з іспанською компанією GMV Aerospace and Defence на модернізацію системи управління, яка зможе підтримувати до 41 супутника.

На першому етапі Galileo надає три типи сервісів. Це відкрита служба (Open Service) — безкоштовні послуги позиціонування і точного часу, аналогічні GPS. Регульована служба загального користування (PRS) транслює шифрований сигнал, призначений для таких державних або авторизованих користувачів, як пожежники, швидка допомога, прикордонники, поліція тощо. PRS гарантує збереження обслуговування в умовах, коли стандартний навігаційний сигнал може деградувати, а також підвищену стійкість до зловмисного втручання (глушіння, спуфінг). Служба пошуку і рятування (SAR) доповнює міжнародну систему КОСПАС-САРСАТ, додаючи нову функцію — зворотний канал, по якому користувачі сповіщаються, що їхній тривожний сигнал отримано. Окрім того, за даними сайту, Galileo дозволить скоротити час пошуку до 10 хвилин, а локалізацію — до менше ніж 5 м.

Надалі планується ввести додаткові сервіси, що використовують нові сигнали — зокрема, комерційний (CS) і високоточного позиціонування (HAS), який забезпечить визначення координат з субметровою похибкою.

Що стосується застосування, то з 2018 року підтримка Galileo обов'язкова для всіх нових моделей легкових і малотоннажних вантажних автомобілів, що є необхідним для європейської системи сповіщення про дорожньо-транспортні пригоди eCall (у разі аварії автоматично надсилається виклик в службу 112 з координатами місця).

Крім двох запущених на витягнуту орбіту супутників, у Galileo були й інші технічні негаразди. У 2017 році відмовили шість водневих і три рубідієвих атомних годинники, причому чотири супутники втратили по два хронометри, хоча жоден апарат з ладу не вийшов (на борту кожного супутника Galileo є по два годинники кожного типу). Найсвіжіший і масштабний збій трапився, коли готувався цей матеріал; 11 липня все угруповання вийшло з ладу, і супутники перейшли в статус «не використовуються» (служби SAR це не торкнулося). Повідомлялося, що

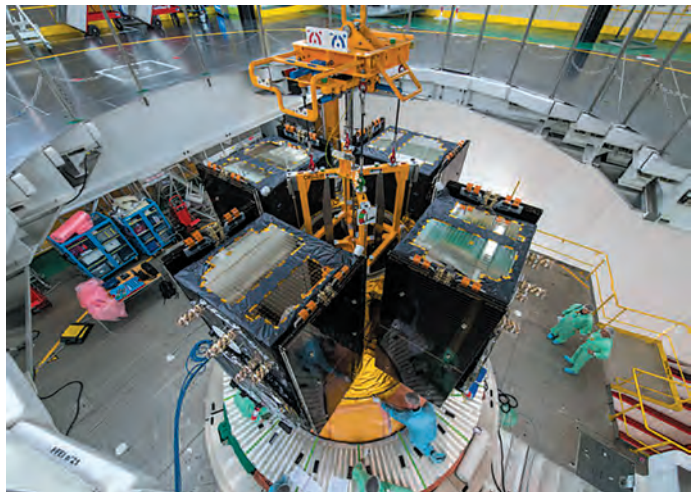


Рис. 3. Чотири супутники Galileo-FOC FM23-26 (Тара, Самюель, Анна та Еллен) перед стартом. Кожен названо ім'ям дитини, що виграла приз Єврокомісії з малювання супутників Galileo

причина в наземному сегменті, а конкретно в італійській станції точного часу. Послуги Galileo було відновлено лише за тиждень. Створено незалежну комісію, яка має розслідувати причини інциденту.

BeiDou: на світові простори

Особливість китайської системи BeiDou, інакше BDS, в тому, що її дві: BeiDou-2 складається з 15 супутників і обслуговує Азійсько-Тихоокеанський регіон, тоді як новостворена система BeiDou-3 призначена для глобального покриття (BeiDou-1 була експериментальною і закінчила роботу в 2012 році). На даний час працюють 39 супутників BeiDou, а саме 18 BDS-2 і 21 BDS-3.

Розгортання BeiDou-3 почалося у 2017 році, а в 2018-му Китай відправив у космос одразу 18 супутників, завершивши створення базової конфігурації. Після цього стало можливим надання послуг для країн, що беруть участь в ініціативі «Один пояс, один шлях». Наприклад, супутникова система вже використовувалася у низці будівельних проєктів у країнах Перської затоки, а навесні цього року в Тунісі відкрився китайсько-арабський центр BDS. У березні здійснив плавання перший корабель, оснащений приймачами BeiDou. Цей рейс з Шанхаю до Брунею був важливий як демонстрація можливостей системи для підтримки навігації в Південно-Китайському морі — важливої логістичної артерії, що нею Китай отримує нафту з Близького Сходу.

Супутники BeiDou-3 (рис. 4) важать близько тонни, оснащені рубідієвими і водневими атомними годинниками, лазерними рефлектометрами і обладнанням міжсателітного зв'язку для вимірювання відстаней між КА. У квітні і червні нинішнього року Китай відправив два апарати BeiDou-3 на похилу геосинхронну орбіту (IGSO), загалом же на нинішній рік заплановано 8–9 запусків. Розгортання планують завершити до 2020 року. Усього сегмент міститиме 35 КА.

Позаяк BeiDou-3 включає супутники як на кругових, так і на похилих орбітах, це забезпечує покращене покриття всередині будівель, в «міських каньйонах» і навіть під водою. В середньому похибка позиціонування для цивільного

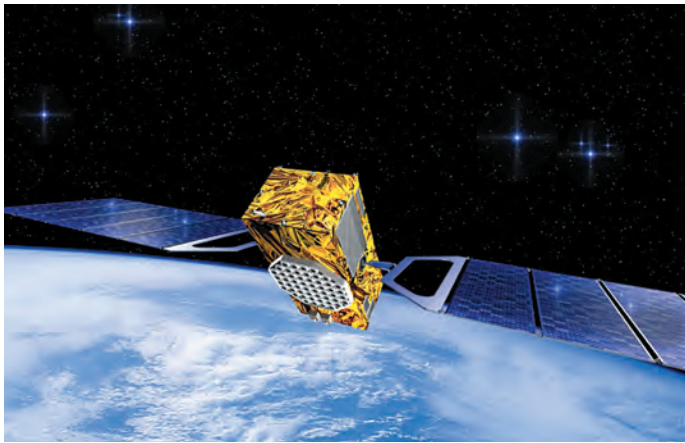


Рис. 4. BeiDou-3

застосування становить 2,5–5 м (у BeiDou-2 — 10 м). Як і в інших системах, точність може бути підвищена за допомогою диференційного коригування. Компанія **Qianxun SI** — спільне підприємство державної корпорації **Norinco** і торгового гіганта **Alibaba** — за допомогою більш ніж 2,2 тис. наземних станцій забезпечує похибку в межах 2–5 см, а час першого визначення місцезнаходження (time to first fix — FTT) на рівні 5 секунд. Сантиметрове позиціонування дозволяє визначати, якою смугою рухається автомобіль, що важливо для безпілотного транспорту. У Пекіні трекиери BeiDou стоять на автобусах, таксі і вантажівках, також це обладнання використовується в сервісах шерингу велосипедів, що полегшує їх пошук і стимулює користувачів паркуватися у призначених для того місцях. Серед інших застосувань — моніторинг тварин у дикій природі і контроль за стадами на пасовиськах.

Особливість BeiDou-3 — наявність функції двостороннього обміну текстовими повідомленнями. Наприклад, таким чином рибалки можуть передавати інформацію у відкритому морі, де немає стільникового покриття. Станом на початок року трекерами BDS було обладнано понад 40 тис. рибальських човнів.

Індія та Японія

Наостанок варто згадати про дві регіональні системи, які також розгорнуті в Південно-Східній Азії. По-перше, це «Індійська регіональна навігаційна система» (NAVIC, Navigation With Indian Constellation), формування якої завершилося у 2016 році. Система складається з 7 супутників на геосинхронній і геостаціонарних орбітах (рис. 5). Без проблем також не обійшлося: у 2017 році та ж хвороба, яка вразила хронометри Galileo, перекинулася на перший супутник індійської системи, який у підсумку вийшов з ладу через відмову всіх трьох рубідієвих годинників. Апарат, відправлений на заміну, було втрачено, бо не розкрився обтічник, але наступний успішно вийшов на орбіту в квітні 2018-го.

NAVIC забезпечує позиціонування з похибкою 10 м в самій Індії, а в регіоні Індійського океану (1500 км навколо субконтиненту) — в межах 20 м. Представники індійського космічного відомства зазначали, що реально спостерігається похибка на рівні 5 м. Також індійська система надає закритий



Рис. 5. Супутник системи NAVIC (Індія)

сервіс високоточного позиціонування, призначений у тому числі для військового застосування (наведення ракет). NAVIC забезпечує і одностороннє передавання текстових повідомлень (розсилання з центру управління — наприклад, система може оповістити рибалок про наближення циклону).

Подальший розвиток NAVIC передбачає збільшення угруповання до 11 КА і освоєння власного виробництва рубідієвих годинників. Розглядався і план створення глобальної системи позиціонування.

В Індії також є супутникова система диференційного коригування GPS під назвою **GAGAN**, що складається з трьох супутників, запущених в 2011–2015 роки. Вона призначена в основному для потреб цивільної авіації і забезпечує точність позиціонування в межах 3 м. Схожі системи є і в інших регіонах — зокрема, європейська **EGNOS**.

В Японії діє «Квазізенітна супутникова система» (QZSS), призначена для підвищення характеристик і поліпшення доступності сигналів GPS в «міських каньйонах» і в горах. З цією метою використовуються чотири супутники: один на геостаціонарній орбіті і три на високій еліптичній, здатні триматися понад 12 годин на день з кутом піднесення більше 60°, тобто практично в зеніті (звідси і назва). Завдяки цьому над Японією постійно «висить» мінімум один апарат. Покриття також охоплює прилеглі райони Азії і Океанії включно з Австралією.

Перший супутник QZSS під назвою Michibiki був виведений на орбіту ще в 2010 році, інші три — в 2017-му. Експлуатація системи почалася наприкінці 2018 року.

Підбиваючи підсумок, можна відзначити, що одна GPS — це добре, а чотири — ще краще. Це створює конкуренцію. Вже видно, як ГНСС намагаються переймати одна в одній корисні функції, приміром, рефлектори для кращого відстеження супутників і сервіс текстових повідомлень, схожі види модуляції. А крім того, вочевидь незабаром усі чотири системи адаптують єдиний тип відкритого сигналу, що забезпечить їх пряму взаємодію. Якщо декілька глобальних систем змагатимуться в точності визначення, надійності і доступності, користувач лише виграє.

Василь ТКАЧЕНКО, Мережі та Бізнес