

УДК 621.396.946

DOI: 10.31673/2412-9070.2022.020306

С. Б. ГОРДІЄНКО, канд. техн. наук, доцент,  
Національна академія СБ України, Київ

## РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ ГЛОБАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ПЕРСОНАЛЬНОГО СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

*Інформаційна індустрія — це основна галузь сучасної економіки. Процеси інформатизації зумовлюють якісні зміни власне самого суспільства в бік набуття сталих ознак сучасного інформаційного суспільства, технологічною основою якого є глобальна інформаційна інфраструктура (ГІ).*

*ГІ забезпечує можливість вільного доступу до інформаційних ресурсів кожному жителю планети та надає набір комунікаційних послуг, які забезпечують відкриту множинність застосувань, охоплює всі види інформації та надає можливість її отримання в будь-якому місці, у будь-який час, за прийнятною ціною і з прийнятною якістю.*

*Створенню глобальної інформаційної інфраструктури сприяють побудова та ефективне функціонування наявних систем супутникового зв'язку. Супутниковий зв'язок, який є перспективною складовою сучасної інфраструктури кіберпростору, якісно змінює всю індустрію телекомунікацій та впливає на звичний устрій життя. Системи персонального супутникового зв'язку мають відчутні переваги порівняно із системами рухомого зв'язку. Нині прогнозується використання нових космічних апаратів із покращеними характеристиками, які надаватимуть практично весь спектр послуг супутникового зв'язку.*

*Лідером у створенні та реалізації спектра обслуговування системами космічного зв'язку є американське приватне підприємство, яке працює в галузі будівництва космічного транспорту — Exploration Technologies Corporation (SpaceX). Компанія також розробляє проєкт «Starlink» щодо побудови і запуску на певні орбіти сузір'я супутників зв'язку. Всього SpaceX має намір запустити близько 12 тис. супутників, що робить компанію найбільшим супутниковим оператором у світі. Утворена в такий спосіб нова система зв'язку зможе надавати доступ до широкопasmового (високошвидкісного) інтернету у віддалених від комунікацій місцях.*

*Щодо потенційних варіантів застосування Starlink, керівництво компанії «SpaceX» вказує на ризикований характер бізнесу широкопasmового супутникового зв'язку на низькій навколоземній орбіті і додає, що SpaceX планує використовувати свої супутники «Starlink» не тільки для забезпечення широкопasmового підімкнення до мережі «Інтернет» у віддалених районах Землі, а й для зв'язку на інших планетах.*

**Ключові слова:** інформатизація; глобальна інформаційна інфраструктура; система персонального супутникового зв'язку; Exploration Technologies Corporation (SpaceX); широкопasmовий інтернет; проєкт «Starlink».

### Вступ

Масове використання інформаційних та інфокомунікаційних технологій характеризує сучасний етап розвитку світової цивілізації. Однією з основних галузей нинішньої економіки є інформаційна індустрія. Процеси інформатизації в будь-яких сферах людської діяльності настільки масштабні та глибокі, що зумовлюють якісні зміни власне самого суспільства в бік набуття сталих ознак інформаційного загалу.

Технологічна основа інформаційної спільноти — це глобальна інформаційна інфраструктура (ГІ), яка має забезпечити можливість вільного доступу до інформаційних ресурсів кожного жителя планети [1].

До інформаційної інфраструктури належать сукупність баз даних, засобів оброблення інформації, взаємодіючих мереж зв'язку і терміналів користувача. Глобальна інформаційна інфраструктура пропонує користувачам набір комунікаційних послуг, які забезпечують відкриту множинність застосувань, охоплюють усі види інформації та надають можливість її отримання у будь-якому місці, в будь-який час, за прийнятною ціною та належною якістю [1].

Створенню ГІ сприяють конвергенція технологій, упроваджених у галузі інфокомунікацій, а також побудова та ефективне функціонування сучасних систем супутникового зв'язку, які можуть надавати доступ до широкопasmового (високошвидкісного) інтернету у віддалених від комунікацій місцях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині вся наукова спільнота провідних зарубіжних країн та фахівці вітчизняного сегмента сфери досліджень та використання космічних систем зв'язку однастайні щодо потреби в упровадженні та розвитку супутникових систем зв'язку, які забезпечують виконання різноманітних завдань: передавання даних, обмін інформацією, забезпечення персонального супутникового зв'язку. До того ж системи супутникового зв'язку сьогодні є значним сегментом допомоги в розв'язанні військово-стратегічних та тактичних завдань ЗСУ та вищого військового керівництва України щодо керування військами за умов протистояння державі-агресору РФ. Такі провідні фахівці в галузі вітчизняного сегмента інфокомунікаційних технологій, як Л. Беркман, В. Вишнівський, Г. Конахович, Г. Колченко, М. Климаш, О. Новіков, В. Каток, О. Манько,

© С. Б. Гордієнко, 2022

Б. Жураківський та ін., приділяють значну увагу персональному супутниковому зв'язку. За даними досліджень, кількість абонентів персонального супутникового зв'язку в XXI ст. зростає майже на порядок. Але якщо, наприклад, стільниковий радіотелефон є достатньо звичним для використання, то апарат персонального супутникового зв'язку (супутниковий термінал) поки що не достатньо розповсюджений. Однак аналіз розвитку подібних засобів зв'язку доводить, що вже сьогодні ми є свідками повсякденного використання систем персонального супутникового зв'язку (СПСЗ).

*Метою статті* є розгляд та аналіз актуальних питань розвитку глобальної інформаційної інфраструктури у вигляді її основного функціонального сегмента — системи персонального супутникового зв'язку.

### Основна частина

З огляду на реалії сьогодення ми спостерігаємо наближення часу повного об'єднання наземних та супутникових систем у єдину глобальну систему персонального зв'язку. Персональний зв'язок у глобальному масштабі забезпечить досяжність абонента в будь-якій точці світу завдяки набору його телефонного номера, який не залежатиме від місцеперебування абонента як на земній кулі, так і, за можливості, на інших планетах нашої зацікавленості.

Але перш ніж це стане сучасною реальністю, системи супутникового зв'язку мають успішно витримати випробування та підтвердити заявлені технічні характеристики й економічні показники в процесі комерційної експлуатації. Що ж стосується користувачів, то, аби зробити правильний вибір, їм доведеться навчитись добре орієнтуватись у безлічі пропозицій.

Супутниковий зв'язок якісно змінює всю індустрію телекомунікацій та впливає на звичний устрій життя. Він, раніше малодосяжний, стає все більш застосовним, відкриваючи нові можливості для освіти, науки, підприємництва та освоєння космічного простору.

Системи персонального супутникового зв'язку мають відчутні переваги порівняно із системами рухомого зв'язку. Наприклад, якщо споживач перебуває за межами зони обслуговування місцевих стільникових систем, супутниковий зв'язок відіграє ключову роль, оскільки він не має обмежень у прив'язці до конкретної місцевості Землі.

Залежно від виду послуг, що надаються, супутникові системи зв'язку можна поділити на три основних класи:

1) системи пакетного передавання даних (доставлення циркулярних повідомлень, автоматизованого збирання даних про стан різноманітних об'єктів, зокрема транспортних засобів тощо);

2) системи мовного (радіотелефонного) зв'язку;  
3) системи для визначення місцезнаходження (координат) користувачів.

В Україні супутникові системи досі не знайшли належного розвитку. Це зумовлено порівняно невеликою її територією і досить високою вартістю супутникових систем. Тому космічний супутниковий зв'язок в Україні базується здебільшого на зарубіжних космічних апаратах (КА). Тому в наш час потрібно пришвидшити реалізацію проєктів перспективних космічних групувань на основі супутників нового покоління вітчизняного виробництва та застосування.

Прогнозується використання нових космічних апаратів із покращеними характеристиками, які нададуть практично весь спектр послуг супутникового зв'язку. У нових КА передбачається застосування передових технологій, які дають можливість підвищити пропускну здатність бортових ретрансляційних комплексів із використанням перенацілювальних антен. Це дасть змогу використовувати КА безгермоконтейнерної конструкції та забезпечить орієнтацію і стабілізацію супутників на орбіті на рівні світових вимог.

Сьогодні лідером у створенні та реалізації спектра обслуговування системами космічного зв'язку є американське приватне підприємство, яке працює в галузі будівництва космічного транспорту — *Exploration Technologies Corporation (SpaceX)*, створене інженером і винахідником Ілоном Маском.

Усього SpaceX має намір запустити майже 12 тис. супутників, що робить компанію найбільшим супутниковим оператором у світі. Компанія також розробляє проєкт «Starlink» щодо побудови і запуску на певні орбіти сузір'я супутників зв'язку.

Першу партію тест-супутників «Starlink» запустили 24 травня 2019-го, другу (вже повнофункціональну) — у листопаді 2019-го. Дві партії супутників запускали в січні 2020 року, по одній — у лютому, березні, квітні того самого року. У червні та серпні запустили по дві партії супутників, а на початку вересня відбувся запуск 12-ї партії.

Станом на вересень 2022 року американська компанія «SpaceX» вивела на орбіту ще 52 мінісупутники для поповнення орбітального угруповання глобальної мережі інтернет-покриття системи «Starlink». Для SpaceX це вже був 45-й запуск. Усього компанія запустила понад 3400 супутників «Starlink». Отже, ми маємо наочну динаміку розвитку проєкту «Starlink» щодо побудови і запуску сузір'я супутників зв'язку, які доставлені на орбіту в межах розгортання глобальної мережі інтернет-покриття «Starlink».

*Starlink* — проєкт американської компанії «SpaceX» щодо розроблення недорогої та високопродуктивної супутникової платформи для виго-

товлення супутників зв'язку та запусків великої їх кількості (сузір'я) у космос. Утворена в такий спосіб нова система зв'язку зможе надавати доступ до ширококутного (високошвидкісного) інтернету у віддалених від комунікацій місцях. Першою компанія почала обслуговувати територію Канади та північ США (2020 рік). Глобальне покриття Землі очікувалось у 2021 році. Всупереч поширеній думці, доступ до такого інтернету напевно чи буде безкоштовним (принаймні доведеться придбати так званий термінал користувача), адже зароблені на цьому кошти Ілон Маск планує витратити на розроблення ракети «Starship» для польотів на Марс.

Відповідно до документів, поданих до Федеральної комісії зі зв'язку США, супутники в космосі спілкуватимуться між собою на частоті понад 10 ГГц за допомогою лазерного променя. Із наземними станціями та терміналами користувачів зв'язок здійснюватиметься в радіодіапазонах на частоті майже 12 ГГц.

Обіцяна швидкість передавання даних — 1 Гбіт/с для кожного споживача. Щоразу запуск 60 супутників має змогу забезпечити 1 терабіт пропускної здатності, що потенційно може підтримувати 40 000 користувачів, які одночасно передають контент високої якості. Зазвичай зв'язок із геостаціонарним супутником має мінімальну колову затримку сигналу (туди-назад) у 239 мс, але іноді вона може сягати і 600 мс. Супутники «Starlink» будуть обертатися на висоті в 1/30 цієї відстані, тому затримка сигналу становитиме лише 25...30 мс, що співмірно з кабельним або оптоволоконним зв'язком. SpaceX навіть намагається досягти значення в 10 мс. Система використовуватиме протокол peer-to-peer. Площа покриття одним супутником території Землі становитиме еліпс із головною віссю в 2120 км. Щоб надавати доступ до інтернету в певній країні, SpaceX має отримати дозвіл від місцевої влади на роботу на потрібних їм частотах.

На відміну від супутникового зв'язку через *Iridium satellite constellation*, сигнал від якого подається безпосередньо в телефон, система «Starlink» потребуватиме додаткового терміналу розміром із ноутбук, який відстежуватиме супутники за допомогою фазованої антенної решітки, котру рухатиме вбудований моторчик. За словами Маска, цей термінал буде «тонкий, плоский, округлий, схожий на НЛО на палиці». Установлювати його треба, спрямувавши в небо.

Для безпосереднього під'єднання до всесвітньої мережі SpaceX потребує встановлення сотень наземних станцій оброблення даних. Але ця кількість є незначною завдяки наявності багатьох супутників. Адже вони в разі відсутності поблизу від користувача такої станції за допомогою лазера

швидко передаватимуть одне одному інформацію, аж поки якийсь із супутників зможе «побачити» необхідну станцію. І саме це потрібно для малозаселених територій. Starlink надасть високошвидкісний ширококутний інтернет регіонам, в яких доступ був ненадійним, доволі дорогим або взагалі недоступним.

Нагадаємо, у серпні 2019 року у США протестували мережу супутникового інтернету від SpaceX. Як виявилось, мікросупутники «Starlink» від компанії «SpaceX» Ілона Маска роздають інтернет зі швидкістю до 60 Мбіт/с. Дослідження супутникового проекту продемонстрували, що середні показники достатньо високі для споживачьких цілей.

У листопаді 2020 року в Північній півкулі стартувало публічне бета-тестування супутникового інтернету «Starlink». Тестувальники, що живуть на півночі США та півдні Канади відзначають, що мережа добре працює навіть у негоду. Однак деякі користувачі зіткнулися з певними проблемами, через що у спільноті *Reddit Starlink* було проведено онлайн-зустріч з інженерами SpaceX, які відповіли на низку запитань.

Відповідаючи на запитання користувачів, представники SpaceX зазначили, що термінал, який забезпечує зв'язок зі Starlink, можна буде використовувати будь-де, навіть там, де зовсім немає адрес обслуговування. Але для початку потрібно буде розширити покриття мережі, і не тільки завдяки супутникам, а й запровадженню нового програмного забезпечення.

У відповідь на питання про потенційні варіанти застосування Starlink головна операційна директорка і президентка компанії «SpaceX» Гвінн Шотвелл вказала на ризикований характер бізнесу ширококутного супутникового зв'язку на низькій навколосемній орбіті і додала, що SpaceX планує використовувати свої супутники «Starlink» не тільки для забезпечення ширококутного під'єднання до інтернету у віддалених районах Землі, а й для зв'язку на Марсі.

Головним конкурентом Starlink є проект «OneWeb» із запуску 650 супутників. Також компанія «Samsung Electronics» має плани щодо 4600 сателітів. Amazon.com згідно з «Project Kuiper» хоче мати сузір'я з 3236 супутників.

Однак SpaceX має низку переваг, серед яких висока пропускна здатність Starlink, їх низька собівартість та найголовніше — можливість запуску на власних ракетах.

*OneWeb* — сузір'я супутників для забезпечення ширококутного (високошвидкісного) інтернет-зв'язку, яке планувала запусити на колову низьку навколосемну орбіту компанія «OneWeb». Було заплановано до підйому 648 сателітів, що повноцінно мали розпочати роботу в 2021 році.

OneWeb мала намір «охопити сотні мільйонів потенційних користувачів, які проживають у місцях, де немає доступу до високошвидкісного інтернету». Зважаючи на те, що робочі здатності перших сотень супутників були продані майбутнім клієнтам, OneWeb розглядала можливість істотно збільшити первинний план, додавши ще 5260 супутників.

У березні 2020 компанія заявила про банкрутство, посилаючись на кризу, спричинену пандемією коронавірусної хвороби 2019, хоча існує думка, що OneWeb не мала змоги далі продовжувати роботу через нестачу коштів.

Також варто згадати й про російський проєкт глобальної супутникової системи зв'язку «Ефір». Система «Ефір» складатиметься з 288 супутників із орбітою висотою 870 км і забезпечуватиме повне покриття сигналом поверхні Землі. Користувачам системи будуть доступні послуги телефонного зв'язку та доступу в інтернет, зокрема послуг зв'язку для «Інтернету речей», моніторингу транспорту і безпілотних апаратів. Розгортання системи планується до 2025 року. Попередня вартість проєкту 299 млрд руб. Російський проєкт покликаний конкурувати із системами глобального супутникового зв'язку «OneWeb» і «Starlink». Уперше про плани створити російську глобальну супутникову систему зв'язку стало відомо в листопаді 2017 року.

#### Висновки

Однією з основних галузей сучасної економіки є інформаційна індустрія. Процеси інформатизації в будь-яких сферах людської діяльності настільки масштабні та глибокі, що ведуть до якісних змін власне самого суспільства в бік набуття сталих ознак інформаційного суспільства.

Технологічною основою інформаційного суспільства є глобальна інформаційна інфраструктура, яка забезпечуватиме можливість вільного доступу до інформаційних ресурсів кожного жителя планети.

Глобальна інформаційна інфраструктура пропонує користувачам набір комунікаційних послуг, які гарантують відкриту множинність застосувань, охоплюють усі види інформації та надають можливість її отримання в будь-якому місці, у будь-який час, за прийнятною ціною і з прийнятною якістю.

Створенню глобальної інформаційної інфраструктури сприяє формування та ефективне функціонування сучасних систем супутникового зв'язку. Супутниковий зв'язок, який є перспективною складовою сучасної інфраструктури кіберпростору, якісно змінює всю індустрію телекомунікацій та впливає на звичний устрій життя. Системи персонального супутникового зв'язку мають відчутні переваги порівняно з системами рухомого зв'язку. Сьогодні прогнозується використання нових космічних апаратів із покращеними характеристиками, які нададуть практично весь спектр послуг супутникового зв'язку.

#### Список використаної літератури

1. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневецкий, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. Л. Шахнович. М.: Техносфера, 2005.
2. Ландэ Д. В., Снарский А. А., Безсуднов И. В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы. М.: Либроком (Editorial URSS), 2009. 264 с.

S. B. Gordienko

#### DEVELOPMENT OF A MODERN GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE BASED ON A PERSONAL SATELLITE COMMUNICATION SYSTEM

*The information industry is the main branch of the modern economy. The processes of informatization lead to qualitative changes in society itself in the direction of acquiring sustainable features of the modern information society, the technological basis of which is the global information infrastructure (GII).*

*GII provides free access to information resources to every inhabitant of the planet and provides a set of communication services that provide an open set of applications, covers all types of information and provides the opportunity to receive it anywhere, anytime, at an affordable price and at an affordable price quality.*

*The creation and operation of modern satellite communication systems contributes to the creation of a global information infrastructure. Satellite communications, which is a promising component of modern cyberspace infrastructure, is qualitatively changing the entire telecommunications industry and affecting the usual way of life. Personal satellite communication systems have significant advantages over mobile communication systems. Today, the use of new spacecraft with improved characteristics is expected, which will represent almost the entire range of satellite services.*

*According to documents submitted to the US Federal Communications Commission, satellites in space will «communicate» with each other at a frequency of more than 10 thousand GHz using a laser beam. Ground stations and user terminals will be communicated on 12 GHz radio bands. The promised data rate is 1 Gbps for each consumer. Regarding potential Starlink applications, SpaceX's management points to the risky nature of the low-bandwidth broadband satellite business and adds that SpaceX plans to use its Starlink satellites not only to provide broadband Internet connectivity in remote areas of the world, but also to connect on other planets.*

**Keywords:** informatization; global information infrastructure; personal satellite communication system; Exploration Technologies Corporation (SpaceX); broadband Internet; Starlink project.