

Starlink у ВІЙСЬКУ

та інші новини низькоорбітального Інтернету



Зараз іде обкатка новітньої системи зв'язку на полі бою, але супутниковий Інтернет ще не запрацював на повну потужність.

Минуло більше року відтоді, як Starlink увійшов у життя українців. Супутниковий Інтернет Ілона Маска виявився незамінним і на фронті, і на звільнених територіях. Щоправда, були й проблеми: SpaceX обмежувала роботу терміналів, а неоднозначні заяви самого Маска дратують українців; проте слід зважати на те, що Starlink використовується у не властивих для нього режимах, а повноцінного аналога не існує.

Сузір'я Starlink між тим розвивається далі, і вже почались запуски сателітів другого покоління. Інший великий гравець, OneWeb, нарешті закінчив розгортання першої черги власного сузір'я, і вже дві компанії мають на орбіті супутники, які повинні забезпечити зв'язок безпосередньо через телефон користувача.

«МТБ» традиційно розглядає, що відбулось у галузі низькоорбітального Інтернету за минулий рік.

Скандальний Starlink

Стосовно Starlink маємо певну дихотомію. З одного боку, українці зневажають персонально Ілона Маска за його непрохану миротворчість і ретвіти всякої маячні. З іншого боку, зв'язок Starlink став уже настільки звичним і незамінним, особливо на фронті, що будь-які натяки на його обмеження викликають нервозність.

Ця історія почалась у жовтні минулого року, коли Маск запропонував «мирний план», чомусь дуже схожий на побажання Кремля; у відповідь інший ексцентрик, тодішній посол України в Німеччині Андрій Мельник нецензурно вилаяв його у Твіттері,

після чого Маск оголосив, що більше не може надавати сервіс безкоштовно, і закликав Пентагон заплатити, на закиди додавши, що лишень іде туди, куди його послали.

Обґрунтував тим, що компанія мусить виробляти, запускати, обслуговувати і замінювати супутники і наземні станції, платити телеком-операторам за вихід в Інтернет, а на додачу боротися з кібератаками і глушінням. Написав: «SpaceX не просить відшкодувати минулі збитки, але й не може нескінченно фінансувати існуючу систему і ще й надсилати кілька тисяч нових терміналів, які можуть споживати у 100 разів більше трафіку, ніж типове домогосподарство». (Що могло й бути правдою, з огляду на те, як на деокупованих територіях на один Starlink «чіпляли» цілі села).

Ще додав, що Starlink досі навіть не вийшов на самоокупність.

За інформацією CNN, що SpaceX іще у вересні відправила до Пентагону листа, у якому повідомляла, що більше не в змозі фінансувати Starlink у поточному обсязі, передбачаючи, що до кінця року чек сягне \$120 млн, а в наступні 12 місяців — \$400 млн. На той час в Україну було доправлено 20 тис. терміналів, з яких, за даними SpaceX, 85% повністю або частково профінансували партнери, зокрема 9 тис. закупила Польща, 1700 — США, а решту — інші країни, НДО і волонтери. Проте ці партнери покривали лише 30% витрат за зв'язок, які в екстремальних випадках сягали \$4500 в місяць на термінал.

Вже за два дні після скандалу Маск заявив, що SpaceX відкликала заявку на фінансування. «До дідька... Хай навіть **SpaceX** зазнає збитків, поки інші компанії отримують мільярди доларів платників податків, ми просто будемо далі безкоштовно фінансувати уряд України», — написав він.

«Перш ніж Міноборони навіть відповіло, я повідомив Михайлові Федорову, що SpaceX не вимкне Starlink, навіть якщо Міноборони відмовиться фінансувати», — додав Маск 24 жовтня. З іншого боку, видання Politico писало, що в Пентагоні все одно обговорювали можливість фінансування Starlink, оскільки не мали певності, що на Маска можна покласти у цьому відношенні. А один з чиновників оборонного відомства сказав CNN: «В цій будівлі кожен розуміє, що зрештою ми будемо платити».

20 грудня Михайло Федоров повідомив Bloomberg, що Україна домовилась з SpaceX про постачання ще 10 тис. терміналів, про що він говорив безпосередньо з Маском, і той знову запевнив його в підтримці нашої країни. Фінансування мали взяти на себе деякі європейські держави, сказав пан Федоров, додавши, що «станом на зараз фінансові питання вирішені».

Наступна інформаційна бомба вибухнула на початку лютого, коли президентка SpaceX Гвінн Шотвелл заявила, що Україна перетворила Starlink на зброю, чого компанія не передбачала, надаючи термінали. «Ми знаємо, що військові використовують їх для зв'язку, і це нормально. Але ми ніколи не мали таких намірів, щоб їх використовували в наступальних цілях», — сказала вона, додавши, що компанія вжила заходів, аби обмежити це.

Що малося на увазі під «наступальними цілями? На світлинах з фронту ми бачили антени Starlink на військовій техніці, на великому безпілотнику, на морських дронах, які атакували російські кораблі восени. Проте Михайло Федоров знову заспокоїв, розповівши «Українській Правді», що проблем з роботою терміналів не спостерігається, просто за кілька місяців до того відбулися зміни у функціонуванні географічного обмеження зон роботи — geofencing. Financial Times ще у жовтні писала, що під час боїв на Харківщині українські військові стикалися з «катастрофічною» втратою зв'язку під час просування на територію, окуповану Росією.

Те, що проблема є, і не лише для України, визнав у березні глава Космічного командування США генерал Джеймс Дікінсон. Відповідаючи на запитання сенатора Марка Келлі на засіданні комітету зі Збройних сил, він сказав, що потрібно наперед встановити чіткі правила, коли армія під час війни використовує цивільні сервіси.

Остання на цей момент інформація така. У березні вже віце-прем'єр Михайло Федоров розповів DW, що в Україні налічується 42 тис. терміналів Starlink, і держава нічого за них не платить: фінансово допомагають партнери, Україна отримує спеціальну ціну. 1 червня Reuters повідомив, що Пентагон уклав зі SpaceX контракт на закупівлю супутникового зв'язку для України. Умови контракту не розголошуються «з міркувань операційної безпеки і критичної природи таких систем».

Боротьба за зв'язок

Від самої появи в Україні Starlink росіянам він дуже не подобається. Якийсь депутат закликав знищувати супутники, а пропагандист Соловйов назвав Маска мілітаристом і військовим злочинцем. («Куди не кинь, усюди клин», — прокоментував мільярдер). Кібератаки почалися ще в березні минулого року, але тоді SpaceX швидко знайшла протидію; ця історія набула великого розголосу. Проте сказати, що Starlink невразливий, не можна. Росіяни працюють у двох напрямках: виявлення терміналу для ураження місця його розташування і придушення зв'язку засобами РЕБ.

У грудні 2022 року сайт Notebookcheck.net писав про розроблений Сестрорецьким інструментальним заводом радар під назвою «Борщевік», який, за заявою виробника, здатен «виявляти та визначати розташування терміналів Starlink у секторі радіусом 180° на відстані до 10 км». Втім, пізніше з'ясувалось, що радар визначає не сам Starlink, а його маршрутизатор Wi-Fi. Росіяни мали «у наступні місяці» почати випробування нової техніки, але відтоді про неї не чути.

У квітні нинішнього року Washington Post писала з посиланням на документи Пентагону, які витекли в Інтернет зусиллями Джека Тейшейри, що росіяни «кілька місяців» тестували в Україні систему РЕБ «Тобол-1». Аналітики визначили три місця, де проходили випробування, з центром в районі Бахмута. Експеримент мав тривати 25 днів, але від його початку і до витоку даних минуло три місяці, і в документах знову-таки нема інформації, чи росіяни досягли бажаного результату.

У березні американський сайт Defence One опублікував матеріал про те, що українські бійці на передовій наражаються на небезпеку при використанні Starlink, бо росіяни швидко вихоповують розташування «тарілки» — імовірно, шляхом сканування ефіру на предмет підозрілих передач. Окрім того, вони використовують глушилки для придушення або погіршення сигналу. Боєць з позивним «Професор», оператор дрона, розповів, що глушіння почалось «два місяці тому» (тобто десь у січні), і його інтенсивність різна. «В одному місці все чудово, в іншому взагалі не працює», — сказав Професор, додавши, що інколи глушіння може тривати цілий день.

Іноді зв'язок вдається налагодити, розташувачи термінал у ямі. Це дозволяє захистити його від глушіння GPS, оскільки блокуючий сигнал доволі слабкий. Проте є й проблеми, не пов'язані з GPS; один командир повідомив Defense One, що у січні висхідний канал деградував до такої міри, що були можливі лише текстові повідомлення, а термінал довше відшукував супутники. Причиною цього могли більш досконалі системи РЕБ, які росіяни притягли під Бахмут. Гарна новина в тому, що таких систем не дуже багато, і ЗСУ їх час від часу знищують.

У травні SpaceX додала у програмний пакет Starlink опцію відключення позиціонування по GPS, що дозволяє терміналу використовувати попередню прив'язку. Також ще в жовтні минулого року сайт TechCrunch писав, що група Теда Хемфріса з університету Остіна, дослідивши сигнали Starlink, виявила, що супутникова система може працювати як сама собі GPS, це потребує лише певної модифікації ПО.

Тим часом наші бійці використовують і фізичне маскування антен; є готові чохла з камуфляжної тканини, яка не глушить сигнал. (рис. 1).



Рис. 1. Маскувальний чохол для антени Starlink. Фото з Prom.ua

До використання Starlink в Україні, які загалом до ходу російської війни, уважно приглядається Китай. Журналісти Reuters, переглянувши понад 100 статей у 20 китайських журналах, зауважили, що місцевий ВПК вивчає вплив американської зброї та технологій в контексті можливого вторгнення на Тайвань. «Чудова робота супутників "Starlink" у цьому російсько-українському конфлікті, безперечно, спонукає США та західні країни активно використовувати "Starlink"» у можливих бойових діях в Азії, йдеться в одній зі статей. Її автори також вважають, що потрібно «терміново» знайти способи збивати супутники Starlink або виводити їх з ладу. Financial Times з посиланням на витік з Пентагону писала, що Китай схильється до кібератак типу спуфінгу, які дозволять захоплювати контроль над супутниками.

Starlink нового покоління

Між тим SpaceX продовжує збільшувати супутникове угруповання, причому вже не тільки першого покоління, але й другого. У грудні Федеральна комісія зі зв'язку США (FCC) надала компанії дозвіл на запуск перших 7500 супутників Starlink V2 (з запланованих 30 тис.).

Взагалі-то Starlink V2 мав виводити на орбіту Starship, але його розробка затягується. Перша спроба орбітального польоту закінчилась лише частковим успіхом: ракета змогла злетіти, але не відбулось розділення ступенів (до речі, трансляція з бортових камер йшла через Starlink, тим самим було поставлено рекорд системи за швидкістю руху і висотою). Ілон Маск ще торік розповідав, що на такий випадок розробляються супутники «V2 mini», які зможе підняти ракета Falcon 9, і ось у лютому перша партія таких КА вирушила в космос (рис. 2).



Рис. 2. Супутники Starlink V2 mini готуються до старту (фото SpaceX)

Супутники V2 mini мають потужнішу фазовану антенну решітку і забезпечують у 4 рази більшу пропускну здатність, ніж попереднє покоління. Також вони мають нові іонні двигуни, які працюють на аргоні. Раніше SpaceX вже зробила одну міні-революцію у даній царині, перейшовши з традиційного для двигунів на базі ефекту Холла ксенону на більш доступний криптон. Аргон — третій найбільш поширений газ у земній атмосфері і тому дуже дешевий. Ще однією причиною модернізації могла стати російська війна, адже раніше Україна була одним з найбільших світових виробників криптонону.

За даними ресурсу SpaceFlightNow, нові супутники мають масу приблизно 800 кг — утричі більше за КА попереднього покоління. Також вони більш габаритні: 4,1 метри в ширину. На відміну від супутників попереднього покоління, які мають одну сонячну панель, V2 mini мають дві з розмахом у 30 метрів.

Для зменшення яскравості нових супутників використано вже випробувану діелектричну дзеркальну плівку, яка відбиває сонячне світло в протилежний від Землі бік,

а також чорну фарбу нового складу, яка забезпечує низьке альbedo. SpaceX обіцяє поділитися обома технологіями, за невелику ціну, з іншими операторами, які розгортають великі супутникові сузір'я.

23 червня у космос вирушила чергова партія з 56 супутників V1.5, і загальне число запущених КА першого покоління перетнуло позначку в 4 тис. За підрахунками астронома Джонатана Макдауелла і без урахування нової партії, станом на 23 червня на робочих орбітах перебували 3352 супутники. Апаратів другого покоління запущено 627, з них вже працюють 336.

Ще одним важливим нововведенням стала послуга глобального роумінгу. У лютому компанія розіслала окремим абонентам листи з пропозицією випробувати її за ціною у \$200 на місяць (порівняно з \$110 у звичайному тарифі). Послуга базується на використанні міжсупутникових лазерних зв'язків. Журнал PCMag зауважив, що принаймні двоє людей, які отримали листи, живуть у країнах, де Starlink ще не працює — зокрема, один у Гренландії. Попри підвищену ціну, обидва оплатили сервіс. А масовий запуск послуги відбувся у березні.

У липні минулого року SpaceX ввела послугу Starlink Maritime, розраховану на комерційні кораблі, яхти і нафтовидобувні платформи. Обладнання коштує \$10 тис., а місячний тариф — \$5 тис., але й очікувана швидкість — у межах 100–350 Мбіт/с. Перші термінали було встановлено на круїзних лайнерах оператора Royal Caribbean.

На початку травня Starlink налічував півтора мільйона абонентів у світі і генерував виручку у розмірі понад \$140 млн на місяць. За прогнозами Гвінн Шотвелл, цього році він має вийти на прибутковість..

OneWeb: перше сузір'я готове

У наразі основного конкурента Starlink, консорціуму OneWeb, було дві головні новини. У липні минулого року Eutelsat і OneWeb анонсували своє злиття шляхом обміну акцій таким чином, щоб обом сторонам належало по 50% об'єднаної компанії. Завершення злиття очікується влітку цього року. На момент підписання угоди ВВС зазначало, що для OneWeb угода дозволить залучити кошти для розбудови і підтримання супутникового угруповання, друга ітерація якого налічуватиме 7 тис. КА. Eutelsat же отримує можливість диверсифікувати бізнес, вийшовши на ринок супутникового зв'язку (зокрема, для літаків, суден і віддалених користувачів), який, за оцінками CEO компанії Єви Бернеке, у 2030 році сягне \$16 млрд.

На відміну від SpaceX, OneWeb працює через дистриб'юторів — наземних телеком-операторів. Компанія має контракти по всьому світу, хоча її сузір'я наразі задіяне лише на кілька відсотків пропускної здатності.

25 березня індійська ракета LVM3 вивела на орбіту останні 36 супутників OneWeb першого сузір'я. Разом

SPACEX І АСТРОНОМИ

К олі компанія Ілона Маска почала у товарних кількостях запускати свої супутники, це не на жарт стривожило астрономічне співтовариство. SpaceX пішла назустріч і вжила кроків для зменшення яскравості КА (козирки, фарбування в чорний колір, зміна нахилу), проте результат виявився недостатнім. Але, здається, прогрес усе ж таки є.

У січні Національна наукова фундація США (NSF) оприлюднила комюніке, у якому йшлося про укладання зі SpaceX угоди про координацію дій. SpaceX зобов'язалася продовжувати дотримання рекомендацій NSF та інших профільних об'єднань, зокрема Всесвітнього астрономічного союзу, для зменшення яскравості своїх супутників до 7-ї зоряної величини або слабше, зокрема шляхом зміни конструкції, маневрування і підтримання висоти орбіти до 700 км. Супутники другого покоління вже мають діелектричну дзеркальну плівку, вкриті новою чорною фарбою, яка зменшує яскравість і відблиски. Аналіз впливу лазерних міжсупутникових лінків показав, що вони не становлять небезпеки наземним телескопам з адаптивною оптикою.

Що стосується радіоастрономії, то SpaceX здійснює координацію з обсерваторіями, зокрема щодо уникнення їх засвічування під час спостережень. Вже проведено кілька тестів, і плануються нові. А через значний попит на супутниковий Інтернет у віддалених громадах, деякі з котрих розташовані поблизу радіотелескопів, започатковано пілотну програму випробувань впливу терміналів Starlink на роботу таких телескопів.

воно налічує 618 КА. Для його побудови знадобилося 18 запусків, останні з яких було здійснено індійськими ракетами і Falcon 9. Це ключовий етап, який дає можливість до запуску сервісу на різних ринках. У грудні минулого року OneWeb замовив у компанії Hughes 10 тис. терміналів для корпоративних і державних замовників (рис. 3). Термінали для суден розробляє інший підрядник — компанія Kymeta.

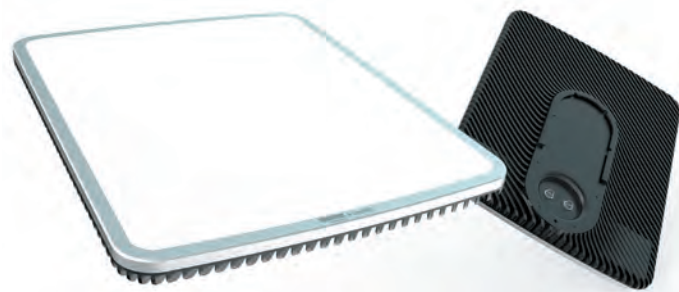


Рис. 3. Термінали OneWeb виробництва Hughes

У травні 2023 року OneWeb уклав угоду зі шведською компанією Arctic Space Technologies, оператором наземної інфраструктури, щодо спорудження «гіпермасштабної» наземної станції для «забезпечення зв'язком користувачів з різних галузей, у тому числі судноплавної та авіаційної, і надання рішень для транспортування трафіку 4G і 5G».

У квітні OneWeb уклав угоду з британським урядом щодо тестового проекту підключення користувачів на Шетландських островах і о. Ланді за участі наземних операторів BT і Clarus. У червні підписано угоду з австралійським оператором Telstra — OneWeb буде транспортувати трафік «сотень» базових станцій у віддалених районах країни.

Kuiper готується до польоту

Два тестові супутники Amazon, Kuiper 1 і Kuiper 2, мають вирушити в космос десь у цьому році. Це буде перший випробувальний політ нової ракети Vulcan Centaur від ULA, де основним вантажем буде місячний лендер Peregrine. У жовтні минулого року Amazon, анонсувавши цю місію, також оголосила про початок «наращування виробничих потужностей» зі збирання повноцінних супутників, перші з яких полетять ракетою Atlas V від ULA.

Atlas V буде незабаром знято з виробництва. Торік Amazon підписала контракти на 92 запуски з компаніями Arianespace, Blue Origin та ULA, що повинно забезпечити виведення на орбіту усіх 3236 запланованих супутників. Щоправда, з законтракованими носіями теж не все ясно, бо початок їхньої експлуатації постійно переноситься. Пандемія вдарила по всіх трьох виробниках. Найдалі просунувся ULA, який у червні провів вогневе випробування першого ступеня «Вулкана», але, за даними журналістів, залишаються проблеми з другим. Дебют New Glenn від Blue Origin прогнозується не раніше 2024 року, а строки першого запуску Ariane 6 наразі не відомі.

У лютому Міжнародне бюро FCC схвалило план Amazon щодо зменшення космічного сміття. Це було умовою, яку висунуло відомство у 2020 році, коли дало попередню згоду на розгортання сузір'я. Такі розгляди є відкритими і завжди супроводжуються письмовими скаргами конкурентів. Як повідомляє Ars Technica, комісія відхилила зауваження SpaceX, яка вимагала обмежити кількість супутників і називала схему зведення КА з орбіти непередбачуваною; FCC додала у примітці, що кількість супутників другого покоління, на яке сама SpaceX отримала дозвіл раніше, удесятеро більша за сузір'я Amazon.

Супутник — телефон

На завершення, як завше, дещо про те, як справи у компаній, які працюють над прямим супутниковим зв'язком без спеціальних терміналів. Минулого року до них доєдналась SpaceX,



Рис. 4. Випробування 4G через супутник BlueWalker 3 (джерело: BusinessWire)

яка планує надавати такий сервіс через повноцінні супутники V2 спільно з наземним оператором T-Mobile (використовуючи його частоти).

У березні FCC запропонувала створити регуляторні рамки, які мають допомогти супутниковим компаніям і мобільним операторам «скористатись постановням космічних сервісів для підключення смартфонів користувачів у віддалених районах і там, де покриття недостатнє або відсутнє». Якщо такий документ буде затверджено, супутниковий оператор зможе обслуговувати абонентів мобільного оператора, коли тим знадобиться зв'язок у віддаленому районі. Для початку йдеться про вихід на аварійно-рятувальні служби шляхом дзвінка або текстового повідомлення.

Компанія Lynk Global, яка є піонером у цій царині, вже має на орбіті три супутники і нарешті запустила перший комерційний сервіс. 21 червня оголошено, що компанія PNCC з Палау — острівної держави у Мікронезії — першою у світі впровадила технологію sat2phone від Lynk для своїх абонентів.

У квітні Lynk уклала угоди Telecel Group, власником оператора Vodafone Ghana, щодо надання послуг прямого зв'язку у Гані, а також з канадським оператором Rogers Communications, де сервіс повинен запрацювати починаючи

з 2024 року (аналогічну угоду укладено з SpaceX).

Наразі Lynk має понад 30 контрактів з різними операторами і провела демонстрації у понад 40 країнах.

Нарешті, ще одна компанія з цього сегменту, AST SpaceMobile, у листопаді минулого року відправила в космос свій тестовий супутник BlueWalker 3. Цей велетень має площу у 64,3 м² і має одразу забезпечити не передачу есемесок, а й повноцінний зв'язок.

У квітні компанія повідомила про здійснення телефонного дзвінка через космос на немодифікований смартфон Samsung Galaxy S22. Абоненти знаходились у Техасі і в Японії. А в червні AST оголосила про успішне передавання даних за технологією 4G на швидкості 10,3 Мбіт/с (рис. 4). Випробування проходили на Гавайях з використанням стандартних смартфонів і радіомережі (RAN) від Nokia., зокрема здійснювались і відеодзвінки. Наступним етапом має стати випробування 5G. AST має угоди з 35 мобільними операторами, сукупна абонентська база яких складає приблизно 2 млн.

Тож, можливо, колись доживемо до часів, коли супутниковий Інтернет буде у кожного в телефоні.

Василь ТКАЧЕНКО, МТБ