

*Руденко Володимир Іванович  
Зінченко Михайло Олександрович  
Яковчук Олександр Вікторович  
Лазута Роман Романович*

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна*

## **МОДЕЛЬ СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*Метою статті є розроблення моделі системи супутникового зв'язку і передачі даних спеціального призначення для удосконалення військового зв'язку та підвищення бойової готовності Збройних Сил України в умовах сучасних викликів та загроз. Під час написання статті застосовано такі методи досліджень, як системний аналіз, порівняння, моделювання, систематизація та структурний синтез. Зазначений методологічний підхід дав змогу систематизувати і проаналізувати стан системи супутникового зв'язку й передачі даних. Крім того, на основі структурного синтезу, було розроблено графічну модель системи супутникового зв'язку і передачі даних для Збройних Сил України. Дослідження проводилися з урахуванням досвіду ведення війни з російською федерацією, аналізу існуючих систем супутникового зв'язку армій провідних країн світу та країн членів Північноатлантичного альянсу, новітніх досягнень інформаційних технологій у галузі зв'язку і тенденцій розвитку електронних комунікаційних мереж, яка є складовою частиною електронної комунікаційної мережі Збройних Сил України. Проведений аналіз основних публікацій та досліджень в області розвитку систем супутникового зв'язку спеціального призначення свідчить, що на сьогодні є низка наукових праць, в яких розглядаються системи супутникового зв'язку, які використовуються в Збройних Силах України, провідних країнах світу та країнах-членах Північноатлантичного альянсу. Проте ці роботи не враховують досвіду ведення війни в сучасних умовах з російською федерацією та досягнень новітніх технологій. Враховуючи зазначене, у статті проведено аналіз функціонування системи супутникового зв'язку та передачі даних спеціального призначення, акцентовано увагу на вплив засобів радіоелектронної боротьби противника на означену систему під час відсічі збройної агресії та визначено напрями розвитку військової системи супутникового зв'язку на ближню та подальшу перспективу. У роботі запропоновано модель системи супутникового зв'язку та передачі даних спеціального призначення Збройних Сил України, яка базується на оренді потоків (каналів) у основних підсистем супутникового зв'язку: геостационарної, низько- та середньої навколосеземних орбітах з використанням переносних станцій. Застосування такої моделі дасть змогу забезпечити високий та стабільний рівень сигналу над Україною, широкий спектр використовуваних частот, необхідну якість і швидкість передачі даних як на місці, так і під час руху, розвід- та завадозахищений супутниковий зв'язок з використанням новітніх інформаційно-комунікаційних технологій. Однак необхідно, щоб модель супутникової системи функціонувала у складі інтегрованої електронної комунікаційної мережі Збройних Сил України та взаємодіяла з компонентами об'єднаної системи зв'язку Північноатлантичного альянсу. Розроблення моделі системи супутникового зв'язку для військових користувачів може суттєво підвищити ефективність Збройних Сил України. Забезпечення стабільного, високошвидкісного і захищеного зв'язку в умовах військових конфліктів є критично важливим для координації операцій та передачі стратегічно важливої інформації. Запропонована модель може стати основою для розроблення спільних проєктів та міжнародного співробітництва в галузі військового зв'язку, сприяючи обміну технологічними рішеннями та підвищенню ефективності оборонно-призначених систем. Отже, результати дослідження мають практичну значущість для удосконалення військового зв'язку та підвищення бойової готовності Збройних Сил України в умовах сучасних викликів та загроз.*

***Ключові слова:** модель системи, супутниковий зв'язок, система супутникового зв'язку, космічні апарати, супутники, термінали, радіоелектронна боротьба, цифрові антени решітки.*

### **Вступ**

*Починаючи з 2014 року Збройні Сили (далі – відриві від основних сил, коли відсутня ЗС) України зіткнулися з труднощами із можливість розгортання повнофункціональної забезпечення зв'язку з підрозділами, що діють у польової системи зв'язку та/або неможливо*

організувати лінії прив'язки (доступу) до електронної комунікаційної мережі загального користування [1]. Швидка зміна обстановки та висока мобільність підрозділів унеможлилювали забезпечення зв'язку штатними засобами зв'язку. Отже, відсутність супутникового зв'язку є значущим недоліком у системі зв'язку ЗС України. Тому було прийнято рішення щодо оренди потоків (каналів) у операторів супутникового зв'язку [1] для забезпечення зв'язку військовим користувачам.

**Постановка проблеми.** На основі аналізу застосування існуючої системи супутникового зв'язку ЗС України під час відсічі збройної агресії російської федерації (далі – рф), досвіду армій провідних країн світу та країн членів Північноатлантичного альянсу (далі – НАТО), новітніх досягнень інформаційних технологій в галузі зв'язку і тенденцій розвитку електронних комунікаційних мереж ЗС України виникає потреба створення моделі системи супутникового зв'язку та передачі даних ЗС України. Ця система має бути мобільною складовою електронної комунікаційної мережі ЗС України, базуватися на оренді потоків (каналів) у операторів супутникового зв'язку із застосуванням наземних терміналів супутникового зв'язку (переносних, мобільних, повітряних, корабельних). Водночас необхідно, щоб перспективна система супутникового зв'язку також забезпечувала стійкий і безперебійний зв'язок для підрозділів ЗС України в умовах активного застосування противником засобів радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ).

У той же час, після невдалого виведення на навколоремну орбіту національного супутника зв'язку «Либідь» у 2018 році та супутника оптико-електронного спостереження Землі «Січ-2-30» в 2022 році [2] і суттєвого впливу засобів РЕБ рф на систему супутникового зв'язку ЗС України, можна зробити висновок, що система супутникового зв'язку України потребує значної модернізації та перебудови, а нормативні документи – доопрацювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Закон України «Про електронні комунікації» визначає правові та організаційні основи державної політики у сферах електронних комунікацій і радіочастотного спектра, а також права, обов'язки й відповідальність фізичних та юридичних осіб, які беруть участь у відповідній діяльності або користуються електронними комунікаційними послугами [1].

Розвиток космічної галузі в Україні та системи супутникового зв'язку ЗС України відбувається відповідно до наступних нормативних документів:

Закону України «Про космічну діяльність» від 15 листопада 1996 року № 502/96-ВР зі змінами [2];

Концепції Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2021–2025 роки, яка була схвалена розпорядженням

Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 року № 15-р [9]. Реалізація Концепції передбачає створення потужної системи дистанційного зондування Землі «Січ», Національної системи космічного зв'язку «Либідь», системи координатно-тимчасового і навігаційного забезпечення, системи здійснення контролю і проведення аналізу космічного простору;

Настанови «Супутниковий зв'язок Збройних Сил України СД 7.01.1.057» затвердженої в липні 2020 року та низки інших документів [3].

Тому, проведення досліджень стосовно розвитку системи супутникового зв'язку та передачі даних ЗС України, з урахуванням досвіду ведення війни з рф, аналізу існуючих систем супутникового зв'язку армій провідних країн світу та країн членів НАТО, оцінюванню новітніх досягнень інформаційних технологій у галузі зв'язку, а також розгляд тенденцій розвитку електронних комунікаційних мереж ЗС України, є важливим науковим завданням.

**Метою статті** є розроблення моделі системи супутникового зв'язку і передачі даних спеціального призначення для удосконалення військового зв'язку та підвищення бойової готовності Збройних Сил України в умовах сучасних викликів та загроз. Впровадження такої моделі дасть змогу інтегрованій електронній комунікаційній мережі ЗС України взаємодіяти з компонентами об'єднаної системи зв'язку Північноатлантичного альянсу.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Супутниковий зв'язок – один із видів космічного радіозв'язку, що базується на використанні штучних супутників Землі, на яких змонтовані ретранслятори. Супутниковий зв'язок здійснюється між земними станціями, що можуть бути як стаціонарними, так і мобільними [3]. Супутниковий зв'язок посідає особливе місце в системі військового зв'язку. Його основною перевагою є висока стійкість та оперативність встановлення зв'язку на необмеженій території.

Основне призначення системи супутникового зв'язку полягає в наданні органам військового управління на театрі військових дій або конкретній місцевості – надійних, захищених каналів зв'язку та передачі даних з угрупованнями збройних сил, з'єднаннями, частинами (підрозділами) і кожним солдатом.

Аналіз досвіду ведення війни рф свідчить, що в Україні ворог намагається заблокувати роботу всіх операторів електронних комунікацій (далі – операторів). Перед повномасштабним вторгненням військ рф, система супутникового зв'язку (далі – ССЗ) ЗС України, що базувалася на використанні ресурсу геостационарних супутників шляхом оренди потоків (каналів) у операторів супутникового зв'язку, також зазнала втручання з боку рф. Кібернетичним атакам з боку противника піддалися ССЗ Viasat Ka і Ku-діапазонів та

система супутникового зв'язку Iridium. Через це гостро виникла нагальна потреба в забезпеченні стійкого супутникового зв'язку на підставі застосування більш надійних і стійких до впливу засобів розвідки та РЕБ противника ССЗ ЗС України.

Після модернізації та вдосконалення ССЗ та передачі даних ЗС України складається з 3 (трьох) основних підсистем супутникового зв'язку:

високопродуктивної супутникової платформи Starlink (компанія-виробник SpaceX, США);

сервіс супутникового доступу до мережі Інтернет в Європі Tooway (компанія-виробник Eutelsat, Франція);

платформа супутникового доступу iDirect (компанія-виробник ST Engineering iDirect, Inc., США);

деяких інших систем, станцій, засобів супутникового зв'язку таких, як: KIT 9350 (компанія-виробник Iridium, США), L-TAC Slingshot (компанія-виробник Inmarsat, Великобританія), SATCUBE (компанія-виробник SATCUBE, Швеція), Iridium 9575A (компанія-виробник Iridium, США) тощо.

*Аналіз функціонування системи Starlink.* Після повномасштабного вторгнення РФ, відповідно до військово-політичного рішення США, з березня 2022 року Україні було надано доступ до супутникової платформи Starlink, яка використовує низьку навколосезну орбіту для надання широкопasmового Інтернету, здатного підтримувати потокову передачу, онлайн-сервіси, відеодзвінки у будь-якій точці планети.

З появою у ЗС України глобальної супутникової платформи Starlink, стан із забезпечення військ супутниковим зв'язком значно покращився. Ця система стала невід'ємною складовою військового управління ЗС України та використовується як основний засіб зв'язку між тактичними підрозділами під час наведення зброї, коригування вогнем артилерії, управління безпілотними літальними апаратами, а також для виконання військово-прикладних завдань.

Командування армії США у своїх аналітичних документах указує на позитивний досвід використання платформи Starlink в Україні та характеризує таку систему як єдину доступну на цей момент низькоорбітальну комерційну систему, здатну надавати послуги якісного високошвидкісного зв'язку як в Європі, так і в Африці [5].

У грудні 2022 року SpaceX опублікувала реліз про запуск на основі такої системи нової програми Starshield, орієнтованої винятково на військових замовників, спрямованих, насамперед, на забезпечення потреб ЗС США. В межах цієї програми передбачається розміщення на космічних апаратах (далі – КА) додаткового обладнання в інтересах військових споживачів:

апаратури дистанційного зондування Землі;

модулів радіозв'язку з високим рівнем криптозахисту;

модулів лазерного зв'язку для високошвидкісної і засекреченої передачі інформації між військовими супутниковими терміналами та Землею.

Наведені приклади військового використання платформи Starlink свідчать про те, що SpaceX вдалося створити універсальну супутникову систему зв'язку, яка є захищеною та надзвичайно стійкою до протидії засобам РЕБ противника. Отже, використовуючи передові технології та обладнання, в поєднанні зі значним практичним досвідом роботи як з космічними апаратами, так і з операціями на орбіті, Starlink надає надійний високошвидкісний Інтернет з малою затримкою сигналів для користувачів в усьому світі.

Супутникове угруповання використовує низькі орбіти (Low-earth Orbit) (далі – LEO) в межах від 400 км до 1500 км над поверхнею Землі. Обмеження по висоті введено через виклики, що можуть виникнути під час експлуатації КА. Використання висот нижчих за 400 км недоцільно внаслідок великих витрат пального під час маневрів у щільних шарах атмосфери. Висота понад 1500 км визначає межу, вище якої перебуває перший радіаційний пояс Ван Аллена, де робота електронних засобів стає неможливою без використання спеціальних систем захисту. Крім того, період обертання супутників становить 50-100 хв., водночас більшу частину часу, КА перебувають у тіні Землі. Часте перезарядження бортових акумуляторів (близько 5000 циклів на рік) становить ще один важливий аспект цих технічних викликів. LEO-супутники мають невелику тривалість експлуатації від 3 до 10 років. Для забезпечення постійного глобального зв'язку на орбіті потрібно мати не менше 48 КА. Однак платформа Starlink є раціональною, оскільки наземні супутникові термінали є мініатюрними й малопотужними та забезпечують високу якість передачі даних порівняно з ССЗ, що використовують середню навколосезну і геостаціонарну орбіти (МEO- і GEO-супутники).

Угруповання супутників Starlink складається з двох окремих супутникових мереж:

1. До середини 2024 року заплановано 4425 супутників Ku- та Ka-діапазонів, що будуть виведені на орбіту висотою 550 км.

2. До кінця 2024 року – 7518 супутників V-діапазону, що будуть виведені на орбіту висотою 340 км.

*Мережа супутників Ku- та Ka-діапазонів.*

Ku-діапазон частот відповідає сантиметровим довжинам хвиль та використовується, насамперед, супутниковим телебаченням. За визначенням Institute of Electrical and Electronics Engineers (далі – IEEE), цей діапазон відповідає частотам від 12 до 18 ГГц електромагнітного спектра (довжина хвиль від 2,5 до 1,67 см). У супутниковому зв'язку до цього діапазону також відносять частину X-діапазону, тому у даному випадку Ku-діапазон лежить між 10,7 та 18 ГГц [6].

Ka-діапазон частот відповідає сантиметровим і міліметровим довжинам хвиль та

використовується переважно для супутникового радіозв'язку та радіолокації. Цей діапазон відповідає частотам від 26,5 до 40 ГГц електромагнітного спектру (довжина хвиль від 1,13 до 0,75 см) [6]. Друга мережа супутників V-діапазону, називається «Сузір'ям V-діапазону».

З вересня 2021 року в космос запускаються КА типу Starlink v1.5. Основними технічними характеристиками таких апаратів є [5]:

- маса – 295 кг;
- швидкість передачі даних для кожного користувача – до 1 Гбіт/с;
- затримка сигналу – 25–30 мс;
- для маневрування в космосі обладнаний іонним двигуном на криптоні;
- антени – Ku-діапазону забезпечують надійну роботу в хмарну та дощову погоду, а Ka-діапазону забезпечують значно кращу пропускну здатність;
- передача інформації між супутниками здійснюється на частоті понад 10 ГГц за допомогою лазерного променя, який значно підвищує швидкість і стабільність сигналу;
- зв'язок із наземними станціями та терміналами користувачів здійснюється по радіо в Ku- та Ka-діапазонах на частоті 12 ГГц;
- живлення від сонячної панелі потужністю 3 кВт.

Після закінчення терміну експлуатації 100 % деталей супутників згорають в атмосфері.

Абонентський термінал Starlink-2 є наземним елементом глобальної супутникової платформи Starlink і призначений для підключення до Інтернету безпроводовим способом термінального обладнання користувачів [5]:

Комплект супутникового терміналу Starlink постачається зі всім обладнанням, що необхідне для підключення, термін розгортання становить лічені хвилини. Основні технічні характеристики терміналів Starlink наведені в табл. 1 [5].

Живлення терміналів забезпечується від мережі змінного струму  $U=220$  В. Супутник може перебувати у промені антени в інтервалі від 3 до 5 хв., після цього здійснюється перемикання на інший.

Порівняльний аналіз наведених у табл. 1 технічних характеристик дає змогу висвітлити головні відмінності між терміналами Starlink різних версій [5]: швидкість підключення до Інтернету до 150 Мбіт/с із затримкою сигналу 80-100 мс.

Зона покриття КА знаходиться в радіусі близько 900 км навколо наземних хабів (стаціонарних об'єктів на землі, що використовуються для обробки, маршрутизації або пересилання сигналів у телекомунікаційних або супутникових системах).

Система Starlink використовує протокол peer-to-peer (мережевий протокол, що забезпечує створення та функціонування мережі рівноправних вузлів та їх взаємодію). Основні переваги системи Starlink [5]:

- висока швидкість передачі даних (до 1 Гбіт/с);

низькі затримки сигналу (близькі до наземних ліній зв'язку);

забезпечення надійного зв'язку між КА;  
забезпечення швидкісного широкосмугового доступу до мережі Інтернет;

можливість забезпечення зв'язку під час руху;  
стійкість до впливу засобів РЕБ противника (досягається: багатошаровістю побудови, великою кількістю КА, наявністю резерву тощо);

незначна вартість 1 Мбіт/с швидкості передачі даних;

мінімізація космічного сміття через повне згорання КА малих габаритів у щільних шарах атмосфери;

надійне фінансування.

Основні недоліки системи Starlink:

з'єднання – більш схильне до збоїв;  
необхідність утримання на орбіті великої кількості КА;




короткий термін експлуатації КА;  
зниження якості послуг зв'язку зі збільшенням кількості абонентських терміналів;

вразливість для засобів РЕБ противника завдяки наявності GPS модуля;

перенасичення орбіти Землі.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики терміналів Starlink

Назва терміналу / зовнішній вигляд / характеристики	Starlink Kit v1	Starlink Kit v2	Starlink Premium Kit
			
1	2	3	4
Розміри, діаметр, см	58,9	50×30	51×51
Вага, кг	7,3	4,2	7,2
Висота, см	64,5	61	67,8
Діаметр щогли, см	3.6 (1.4")	3.4 (1.3")	3.4 (1.3")
Робоча температура	від -30°C до +50°C	від -30°C до +50°C	від -30°C до +50°C
Клас виконання	IP54	IP54	IP56
Технологія Wi-Fi	IEEE 802.11 a/b/g/n/ac. Dual	IEEE 802.11 a/b/g/n/ac. Dual	IEEE 802.11 a/b/g/n/ac. Dual
Підтримка WiFi	band 2.4/5GHz. 2*2 MU-MIMO	band 2.4/5GHz. 2*2 MU-MIMO	band 2.4/5GHz. 2*2 MU-MIMO
Безпека	WPA2/WPA3	WPA2/WPA3	WPA2/WPA3
Підтримка Ethernet	Ethernet-порт	Ethernet-адаптер прод. окремо	Ethernet-порт
Довжина кабелю між антеною та роутером, м	30	23 (іншої довжини продаються окремо)	25 (іншої довжини продаються окремо)
Вид антени	електронна фазована решітка		
Орієнтація	моторизоване самоорієнтування		
Поле зору	100°		
Середнє споживання електроенергії	50–75 Вт		
Налаштований для використання в приміщенні площею – до 185 м²			
Mesh	сумісний із (до) 12 вузлами Starlink Mesh		

Основні переваги абонентських терміналів [5]: швидкі у розгортанні та прості у налаштуванні – до 5 хв;

якісна технічна підтримка;

за належного інженерного обладнання стійкі до засобів РЕБ противника.

Основні недоліки абонентських терміналів:

постійне випромінювання Wi-Fi роутера та невеликий радіус його дії;

значна вартість наземного обладнання;

фіксована IP-адреса.

з'єднання – більш схильне до збоїв.

Із наведених основних технічних характеристик, переваг і недоліків низькоорбітального супутникового угруповання Starlink можна зробити висновки, що за необхідної кількості супутників на орбіті, система спроможна забезпечувати високу доступність, швидкість, надійність та високопродуктивний сервіс в будь-якому географічному місці Землі.

Система супутникового зв'язку Starlink позиціонується як система цивільного призначення, з можливістю її використання у військових цілях. В умовах протидії російській агресії зазначена система є дієвим інструментом забезпечення супутникового зв'язку та являється невід'ємною складовою електронної комунікаційної мережі ЗС України.

Одночасно з системою Starlink в ЗС України використовується сервіс супутникового доступу до мережі Інтернет Tooway, що є мережею VSAT (Very Small Aperture Terminal) і дослібно перекладається як «термінал з дуже малою апертурою» (антени) на базі геостационарних супутників-ретрансляторів [5].

Аналіз функціонування сервісу супутникового доступу Tooway Ka-діапазону. Супутниковий Інтернет Tooway – послуга, що надається оператором Eutelsat на території всієї Європи через супутник Ka-Sat 9A, який працює в Ka-діапазоні (20/30 ГГц) [6]. Ця система забезпечує стійкий зв'язок на усіх рівнях управління ЗС України з можливістю застосування апаратури криптографічного захисту. Крім того спеціальна система резервного зв'язку (супутник) Ka-Sat VSAT eTria – призначена для організації двостороннього супутникового зв'язку в Ka-діапазоні та забезпечує маршрутизацію трафіку з наданням сервісів передачі даних і відкритої телефонії.

Космічний апарат обладнаний чотирма багатоканальними антенами і транспордером й передає супутниковий Інтернет Tooway на наземні антени діаметром до 75 см. Супутник зв'язку формує 82 промені, 10 з яких доступні на території України. На один точковий промінь виділена смуга частот 237 МГц транспондера з пропускну здатністю 475 Мбіт/с на точку. Сонячна батарея забезпечує максимальну потужність до 16 кВт, із яких біля 14 кВт виділяється на корисне навантаження. Маса корисного навантаження становить близько 1000 кг. Час роботи на орбіті –

до 16 років. Орбіта – геостационарна. Використовується модем «SurfBeam 2» – із застосуванням передових технологій маніпуляції в прямому каналі (DVB-S2) і мультичастотним – TDMA методом доступу. Провайдером є компанія SkyLogic, що знаходиться в м. Туріні (Італія). Лінія зв'язку Ka-діапазону: «вниз» – (17,7–20,2) ГГц, «вгору» – (27,5–30,0) ГГц [6]. Основні технічні характеристики сервісу супутникового доступу до мережі Tooway наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Основні технічні характеристики системи Tooway

Оператор	Eutelsat
Основні складові	Модем I-IFL Передавач TRIA-1-IFL Антенa 0,77 м
Модем I-IFL	
Проміжна частота:	Передача – 300-800МГц RX Прийом – 1800-2300МГц TX
Живлення	110/220 В змінного струму
Споживана потужність	24 Вт
Середній час безвідмовної роботи	22 роки
Передавач TRIA-1-IFL	
Підсилювач	3 Вт
Діапазон частот:	Передача – 29,5...30 ГГц Прийом – 19,7...20,2 ГГц
Еквівалентна ізотропна випромінювана потужність (ЕВІП)	48,4 дБВт (29,75 ГГц)
Шумова температура	17,2 дБ/К (19,95 ГГц)
Електромагнітний перемикач поляризації (гарантований термін не менше 500 перемикань)	
Звуковий сигнал для юстирування антени	
Максимальна довжина кабелю	50 м
Вага	3,7 кг (в упаковці)
Середній час безвідмовної роботи	11 років
Антенa 0,77 м	
Коефіцієнт підсилення	Гапд = 44,2 дБі Гапм = 40,1 дБі

Характеризуючи викладене у табл. 2, слід зазначити, що комплект обладнання складається із зовнішнього елемента, що встановлюється поза приміщенням ODU (Out Door Unit) та внутрішнього елемента IDU (In Door Unit), що з'єднуються коаксіальним кабелем. До зовнішньої частини входять: спеціальна супутникова параболічна антенa виробництва ViaSat, зазвичай діаметром 60–75 см, кронштейн і приймально-передавальний конвертер. Антенa ViaSat SurfBeam дає змогу приймати як інтерактивні послуги в діапазоні Ka, так і ширококомвні послуги DTH (Direct-to-Home) в діапазоні Ku. У внутрішню частину входить супутниковий модем (RM4100N), що забезпечує інтерфейс Plug-and-Play Ethernet з DHCP [6]. До супутникового модему можна підключити Wi-Fi маршрутизатор для розгортання безпроводового доступу до Інтернету на пункті управління.

Супутниковий модем забезпечує [6]:

організацію супутникового каналу зв'язку в Ka-діапазоні швидкістю до 5 Мбіт/с;

кількість абонентів мережі відкритого телефонного зв'язку за протоколом SIP (Session Initiation Protocol) – до двох;

кількість робочих місць локальної обчислювальної мережі – до трьох автоматизованих робочих місць;

кодування аналогових сигналів телефонних апаратів у цифрові пакети за допомогою аудіокодеків G.711 alaw (основні) та G.729 A/B, G.723 (додаткові);

режим маскування – VPN (Virtual Private Network) тунель, IPSec;

підтримка протоколів динамічної маршрутизації;

аварійне скидання налаштувань маршрутизації; індикація електроживлення, активності NAND

(Not And) пам'яті та активності Ethernet-портів;

електроживлення: змінний струм – 220 В;

безвідмовну роботу за температури від –30°C до +50°C;

габарити: висота – 43 (1U), ширина – 482 (19”), корпус супутникового модему відповідає ступеню захисту IP44.

Застосування системи Tooway дає змогу забезпечити ефективні, захищені, інтерактивні лінії зв'язку високої якості з сотнями та навіть з десятками тисяч пунктів управління [6]. Супутники надають послуги у широкій зоні покриття, що відповідає розміру континенту. Віддалені термінали Tooway можуть забезпечувати двосторонній супутниковий зв'язок через мережу Інтернет.

За результатами аналізу функціонування сервісу супутникового доступу Tooway Авторами виокремлено такі його переваги:

- покриття території всієї України;
- незалежність від наземної інфраструктури;
- надійність роботи обладнання;
- висока швидкість і стабільність.

Також із системами Starlink та Tooway в ЗС України використовується платформа супутникового доступу iDirect, що призначена для організації двостороннього супутникового зв'язку в Ku-діапазоні: на прийом – (10,7–12,75) ГГц, на передачу – (12,75–14,5) ГГц та забезпечує маршрутизацію трафіку для передачі даних і голосу.

*Аналіз функціонування системи iDirect Ku-діапазону.* Управління роботою мережі здійснюється з Центральної станції. До складу системи також входять переносні та мобільні станції супутникового зв'язку [6]. Переносна станція супутникового зв'язку призначена для організації двостороннього супутникового зв'язку в Ku/Ка-діапазоні (залежно від типу прийомо-передавача) та забезпечує сервіс передачі даних.

- До складу переносної станції входять: захищений комунікаційний комплект ЗТК-1/С; супутниковий модем iDirect IQ; маршрутизатор Mikrotik RB750UP; аналоговий телефонний адаптер SPA-112; антена супутникового зв'язку типу AC-0,75 Ku;

передавач BUC, EXT KU-BAND, 6W, FINPUT;

приймач iDirect LNB, KU, DISEQC;

фідер коаксіальний F690BV cu-WB FinMark;

блок електроживлення з кабелем;

2 рюкзаки польові: для ЗТК-1/С та антени.

Мобільна станція супутникового зв'язку встановлюється на рухомі об'єкти iDirect IQ. Модемно-маршрутизуючий блок (далі – ММБ), «Мережа» призначений для організації двостороннього супутникового зв'язку в Ku/Ка-діапазоні (залежно від типу прийомо-передавача) та забезпечує сервіс передачі даних. ММБ «Мережа» використовується разом з антеною супутникового зв'язку AC-0,75 Ku [6].

Основні технічні характеристики платформи супутникового доступу до інтернет iDirect наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Основні технічні характеристики системи iDirect

Робоча температура	-20... +50 °C
Вхідна напруга	110...220 В змінного струму, 10-30 В постійного струму
Роз'єми Rx/Tx	Type F, RG6
Вхідний RF діапазон	950МГц – 2150МГц
Рівень вхідного сигналу	-65dBm... -25dBm
Вхідний/вихідний опір	75Ω
Швидкість передачі	~ до 10Мбіт/с
Інтерфейс FastEthernet RJ45	2
Клас захисту	IP-65
Характеристики супутникового каналу	
Прямий канал:	Стандарт передачі DVB-S2X
	256APSK/128APSK/64APSK/32APSK/16APSK/8APSK/QPSK
	Швидкість: до 10Мбіт/с
	FEC 1/2 2/3 3/4 3/5 4/5 5/6 7/9 23/36 25/45 32/45
	Можливість помилок: не більш 10 <sup>-7</sup>
Зворотній канал:	Стандарт передачі MF TDMA
	Automatic power control and rate adaptation
	Модуляція: 8PSK/QPSK/BPSK
	1/2 2/3 3/4 5/6 6/7
	Можливість помилок: не більш 10 <sup>-7</sup>

Наземні станції супутникового зв'язку iDirect Ku-діапазону використовують приймально-передавальні антени, діаметром від 0,62 до 1,8 м. Підсилення по виходу випромінювача, для рефлектора діаметром 0,75 м, становлять [6]:

- на прийом 35,6 дБ;
- на передачу 37,7 дБ.

Діапазон робочих температур – від –45 до +60 °C.

Після повномасштабного вторгнення рф система iDirect Ku-діапазону, що

використовується ЗС України періодично зазнає придушення з боку засобів РЕБ противника, наслідком чого є зниження рівня сигналів та швидкості передачі даних. Слід зазначити, що перебої зв'язку відбувалися внаслідок:

встановлення різних видів сторонніх радіозавод на транспондері геостационарного супутника зв'язку у частотному сегменті, виділеному для функціонування системи супутникового зв'язку Ku-діапазону ЗС України;

клонування терміналів супутникового зв'язку ЗТК 1/С, ММБ «Мережа».

За результатами аналізу функціонування існуючих супутникових систем доступу можна зробити такі висновки:

1. Термінали супутникового зв'язку Starlink достатньо стійкі до засобів РЕБ противника і дають змогу організувати високошвидкісні канали передачі даних на усіх рівнях управління ЗС України.

2. Супутникові системи доступу Tooway та iDirect забезпечують організацію ефективних, інтерактивних ліній зв'язку високої якості з віддаленими військовими користувачами різних рівнів, але через те, що вони зазнають постійного впливу від засобів РЕБ противника, тому на наш погляд, потрібно переглянути порядок використання таких систем в ЗС України.

*Напрями створення моделі системи супутникового зв'язку ЗС України.* Внаслідок суттєвого впливу засобів РЕБ рф на системи Tooway та iDirect і намагання завадити роботі системи Starlink, можна зробити висновок, що існуюча ССЗ ЗС України потребує значної модернізації та перебудови, оскільки діюча ССЗ не спроможна повністю забезпечити ЗС України надійним супутниковим зв'язком. Через це виникла нагальна потреба у створенні моделі системи супутникового зв'язку та передачі даних спеціального призначення (далі – ССЗ і ПД) спеціального призначення для удосконалення військового зв'язку та підвищення бойової готовності Збройних Сил України, основними вимогами до функціонування якої слід зазначити таке:

під час створення моделі ССЗ і ПД має враховуватися бойовий досвід набутий ЗС України під час відсічі збройної агресії з боку рф, переваги та недоліки існуючих систем супутникового зв'язку ЗС провідних країн світу та країн-членів НАТО;

покращення якості управління ЗС України – підвищити її гнучкість, надійність, живучість, здатність функціонувати в умовах застосування засобів розвідки та РЕБ противника;

забезпечення підтримки прийнятих рішень органами військового управління всіх рівнів шляхом збору, узагальнення та обробки різномірної інформації.

Під час розроблення моделі ССЗ і ПД спеціального призначення слід забезпечувати спроможність, оперативність, високу швидкість та

безпечність системи супутникового зв'язку та передачі даних.

На основі досвіду провідних країн світу зі створення військових систем супутникового зв'язку (далі – ВССЗ), можливостей вітчизняного оборонно-промислового комплексу, обмежених фінансових ресурсів України та впливу засобів РЕБ противника на існуючу ССЗ ЗС України, на наш погляд, розроблення системи супутникового зв'язку та передачі даних спеціального призначення для ЗС України потрібно проводити у два етапи:

перший – оренда потоків (каналів) у операторів супутникового зв'язку провідних країн світу;

другий – удосконалення Системи супутникового зв'язку ЗС України або створення Національної системи супутникового зв'язку та передачі даних, в якій для військових (спеціальних) користувачів виділяються потоки (канали).

Під час реформування існуючої ССЗ ЗС України необхідно застосовувати комплексний підхід, який би враховував не лише особливості побудови космічного сегменту, але й реалізацію наземного сегменту. На першому етапі потрібно вибрати оптимальне для умов України орбітальне угруповання КА, а потім розвивати наземний сегмент ССЗ і ПД.

ССЗ і ПД ЗС України має складатися з таких основних підсистем:

однієї системи на геостационарних супутниках; декількох систем на низьких або середніх навколоземних орбітах.

Для окремих видів і родів військ ЗС України можна використовувати інші системи та засоби супутникового зв'язку які вже згадувались раніше.

*Основні вимоги до орбітальних угруповань супутників ССЗ і ПД ЗС України.* Головними чинниками під час вибору міжнародних комерційних операторів (військових систем) супутникового зв'язку провідних країн світу для побудови ССЗ і ПД ЗС України слід вважати [3]:

вибір ССЗ яка має над Україною найбільш високий та стабільний рівень сигналу;

орбітальне угруповання КА має охоплювати різні орбіти обертання навколо Землі (геостационарну, середню та низьку навколоземну, еліптичну, нахилену, ненахилену);

використання широкого спектру частотно-орбітальних ресурсів L, S, C, X, Ku, K, Ka та V – діапазонів (від 30 МГц до 300 ГГц);

забезпечення розвід- та завадозахищеного супутникового зв'язку (застосування бортової обробки сигналів, адаптивної зміни форм діаграми спрямованості, обнуління перешкод та інші) між пунктами управління стратегічного, оперативного та тактичного рівнів управління ЗС України в умовах активного впливу засобів РЕБ противника;

забезпечення якості зв'язку та швидкості передачі даних з адекватною ціною за ресурс;

правильний вибір спеціалізованих антенних систем (гостронаправлених антен, антен з ЦАР



тощо);

використання модемів, що дають змогу підтримувати зв'язок під час руху;

застосування систем з принципово новими алгоритмами та методами передачі інформації як по лінії КА – Земля, так і по лінії КА – КА;

використання невеликих (переносних) параболічних антен діаметром до 1 м для наземних терміналів;

можливість резервування каналів зв'язку, утворених іншими засобами;

функціонування у складі інтегрованої електронної комунікаційної мережі ЗС України та взаємодії з компонентами об'єднаної системи зв'язку НАТО.

*Основні вимоги до систем зв'язку з використанням геостаціонарних супутників.* Застосування супутникових систем з використанням КА на геостаціонарних орбітах забезпечуватимуть безперервний цілодобовий зв'язок у глобальній зоні обслуговування з використанням ширококутових засобів зв'язку. Головним недоліком таких систем є значна затримка сигналу. Оскільки ці супутникові системи знаходяться в експлуатації декілька десятків років, тому на озброєнні рф перебувають значна кількість різних засобів розвідки, РЕБ та супутників, що мають можливість впливати на роботу КА.

Оренда потоків (каналів) може здійснюватися у операторів військових систем країн-членів НАТО та/або міжнародних комерційних структур провідних країн світу, угруповання КА яких, перебуває на геостаціонарних орбітах.

Для побудови ССЗ і ПД спеціального призначення для ЗС України також доцільно залучати ресурс військової системи супутникового зв'язку НАТО SATCOM, що використовує системи супутникового зв'язку WGS (Wideband Global Satcom, США); SKYNET-5 (Велика Британія); SYRACUSE-4 (Франція); SICRAL (Італія) та військових систем АЕНФ (Advanced Extremely High Frequency), MUOS (Mobile User Objective System), (США) та деяких інших союзників. Ці орендовані потоки (канали) потрібно використовувати переважно на стратегічному рівні управління приблизно для 30% військових користувачів вищих рівнів управління ЗС України.

Авторами статті виокремлені основні переваги ВССЗ:

висока стійкість та якість зв'язку;

захист від нападу у космосі, радіації та радіоелектронної розвідки;

захист конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу та зловмисних атак;

безпека та надійність систем зв'язку і інші.

Основні недоліки ВССЗ:

значна вартість потоків (каналів);

відносно не висока пропускна здатність;

використання технологій, що в багатьох аспектах відстають від сучасних комерційних

розробок.

Авторами статті виокремлені основні переваги комерційних систем:

відносно незначна вартість оренди потоків (каналів);

висока пропускна здатність;

мобільність наземних засобів;

використання технологій, що в багатьох аспектах випереджають військові розробки.

Основні недоліки наземних засобів комерційних систем:

відсутній захист від радіо- та радіотехнічної розвідки та впливу РЕБ противника;

наземне обладнання не передбачає використання у польових умовах;

деяке устаткування забезпечує роботу лише в опалювальних приміщеннях;

високочастотні кабелі, роз'єми не передбачають інтенсивної експлуатації;

використання антен з круговою (широкою) діаграмою спрямованості дає змогу противнику ставити завади засобами РЕБ;

необхідність додаткового облаштування антен абонентських терміналів;

залежність системи супутникового зв'язку від операторів (власників) надання послуг.

Існуючі ССЗ на геостаціонарних орбітах через низьку швидкість і велику затримку сигналу не спроможні задовольнити сучасні потреби з організації зв'язку та передачі даних у режимі реального часу та тенденції на постійне збільшення потоку інформації на одного військового користувача. Тому для підвищення надійності та гнучкості функціонування ССЗ і ПД ЗС України доцільно доповнити низькоорбітальними (середньоорбітальними) комерційними супутниковими системами провідних країн світу.

*Основні вимоги до систем зв'язку з використанням низькоорбітальних (середньоорбітальних) супутників.* За останній час швидкими темпами розвивається супутниковий зв'язок з використанням КА, що знаходяться на низьких орбітах. Через невелику віддаленість від поверхні Землі активно використовується ширококутовий доступ до мережі Інтернет, який до цього часу реалізовувався за допомогою наземних ліній зв'язку.

Розгортання угруповання LEO-супутників передбачає покриття швидкісним Інтернетом всієї площі Землі та забезпечує високу пропускну здатність, мобільність, значну перевагу за енергетичними характеристиками за нижчої вартості розгортання та обслуговування.

З огляду на означене, пропонується для компенсації обмеженого ресурсу орендувати потоки (канали) на конкурсній основі у декількох операторів низько- та/або середньоорбітальних міжнародних супутникових систем, зокрема, таких як: Starlink, OneWeb, Amazon Kuiper, Beidou, Telesat LEO, Eutelsat, Lightspeed та деяких інших. Орендовані потоки (канали) слід використовувати,



переважно, на тактичному рівні, а за потреби – на інших рівнях управління ЗС України.

Авторами статі виокремлено низку переваг та недоліків низькоорбітальних і середньоорбітальних систем. Основні переваги:

- значна швидкість передачі даних;
- малі затримки сигналу;
- можливість організації зв'язку під час руху;
- забезпечення швидкісного зв'язку між КА;
- відносна дешевизна послуг.

Основні недоліки:

- необхідність значної кількості супутників на орбіті;
- короткий термін експлуатації КА;

захарачення орбіти Землі.

Після вибору низькоорбітальної (середньоорбітальної) системи супутникового зв'язку й укладання договору з оператором на оренду потоків (каналів) для управління цією системою, створюється її наземний сегмент.

Склад, порядок управління і розгортання ССЗ і ПД ЗС України. Результати згаданого вище аналізу [7] функціонування існуючих систем супутникового зв'язку, зокрема, під час відсічі збройної агресії РФ, а також досвід провідних країн світу зі створення військових ССЗ, підтверджують необхідність створення нової моделі ССЗ і ПД ЗС України (рис. 1).

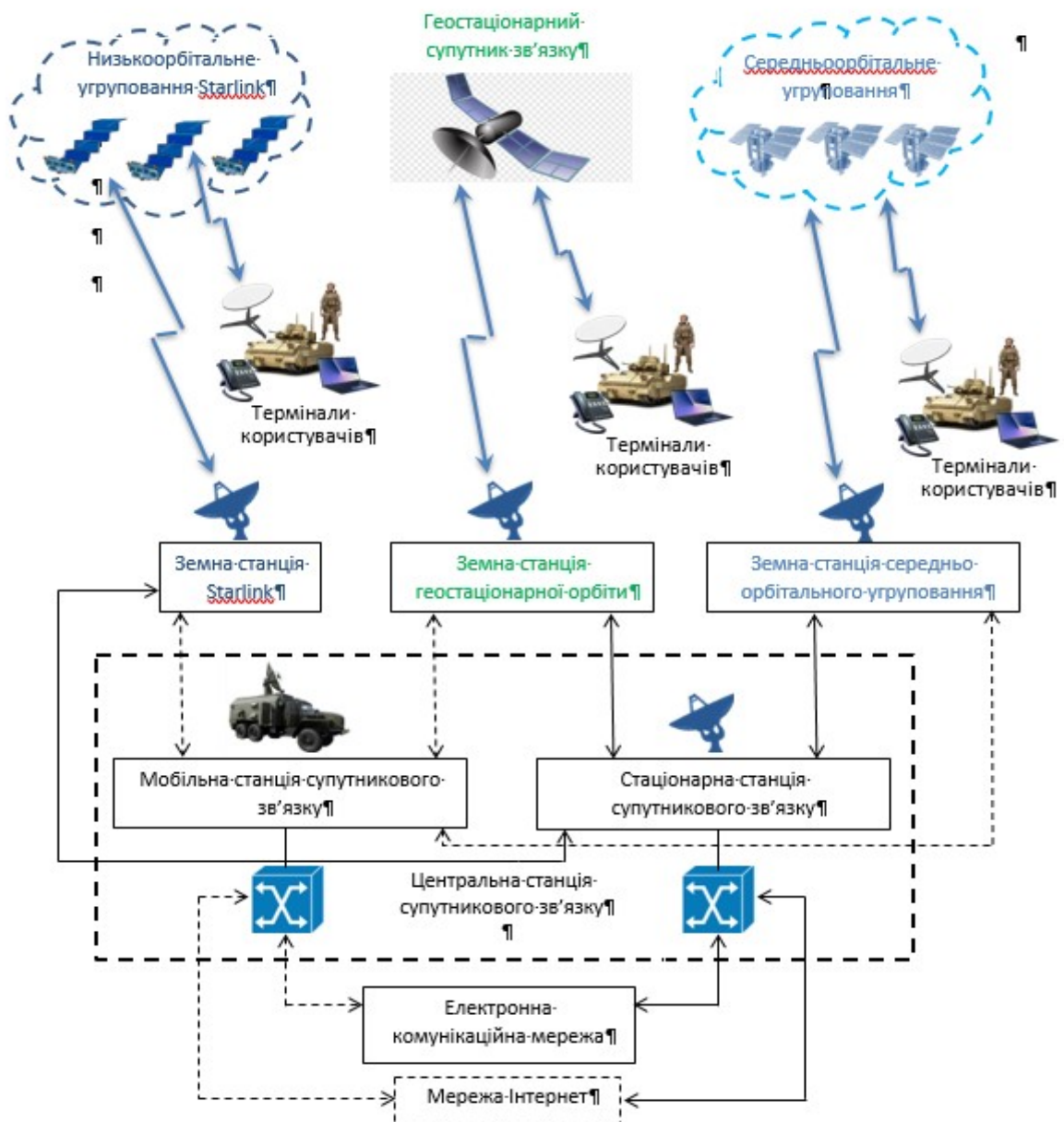


Рисунок 1 – Модель системи супутникового зв'язку та передачі даних

Охарактеризуємо склад ССЗ і ПД ЗС України, що візуалізована на рис. 1. Ця система має складатися з таких основних елементів [3]:

- низькоорбітальне угруповання Starlink,

середньоорбітальне та геостационарне угруповання супутників зв'язку;

- наземні станції угруповань;
- стаціонарні станції супутникового зв'язку;

мобільні та стаціонарні центральні станції супутникового зв'язку ЗС України;

мобільні станції супутникового зв'язку для встановлення на рухому базу для забезпечення зв'язку під час руху і зупинок;

переносні (перевізні) станції супутникового зв'язку;

повітряні (корабельні) станції супутникового зв'язку.

Основні аспекти, що мають бути враховані у процесі створення та функціонування ССЗ та ПД спеціального призначення:

частотно-орбітальний ресурс ССЗ та ПД будується на базі геостаціонарного, середньоорбітального та низькоорбітального угруповання супутників. На супутнику розміщується приймально-передавальний пристрій (транспондер, ретранслятор) з відповідними антенами. Такий супутник виконує функцію супутника-ретранслятора. Він приймає сигнал від земної станції, підсилює його і спрямовує на Землю. Важливими технічними характеристиками супутника є потужність бортових передавачів і кількість радіочастотних каналів (стволів або транспондерів) на ньому;

центральна станція супутникового зв'язку (стаціонарна, мобільна) ЗС України виконує функції центрального вузла всієї супутникової системи зв'язку ЗС України і забезпечує управління її роботою. Через таку станцію проходить з'єднання ССЗ і ПД з електронною комунікаційною мережею ЗС України та мережею Інтернет.

Така станція складається з [6]:

автоматизованого антенного поста (у складі антени, поворотного пристрою, системи автосупроводження, системи протиобледеніння);

приймально-передавального обладнання;

каналоутворюючого обладнання, що формує супутникові канали, стикає з наземними мережами зв'язку та модемним обладнанням;

автоматизованого робочого місця чергового системи супутникового зв'язку.

Мобільна станція супутникового зв'язку монтується на колісному шасі підвищеної прохідності. Приймально-передавальний пристрій виконує приймання та передачу даних між різними пристроями або системами.

Центральна станція (стаціонарна, мобільна) супутникового зв'язку виконує низку ключових завдань, що вміщують спостереження в реальному режимі часу за станом всіх елементів ССЗ і ПД, зміну її конфігурації, автоматичну інсталяцію й тестування станції супутникового зв'язку, що підключається вперше або повторно, а також зміну частоти або режиму роботи такої станції. Одним із важливих завдань є збір оперативних і статистичних даних про якість функціонування мережі супутникового зв'язку та використання її ресурсів. Центральна станція також відповідає за контроль якості супутникових каналів зв'язку та забезпечення автоматичного прийому всіх функцій

від стаціонарної до мобільної центральної станції й навпаки (за необхідності). Крім того, вона виконує реплікацію (синхронізацію бази даних про абонентів мережі супутникового зв'язку) бази даних з основної центральної станції на мобільну і координує роботу земних станцій в системі супутникового зв'язку.

Центральна станція (стаціонарна, мобільна) виконує такі ключові функції:

управління через NMS (Network Management System) сервер (WEB інтерфейс);

здійснює аутентифікацію земних станцій і керування множинним доступом;

відповідає за управління розподілом орендованого ресурсу;

управляє доступом станцій та за їх синхронізацію;

здійснює обробку та усунення помилок;

захищає команди управління земними станціями від несанкціонованого доступу та їхнього спотворення;

інтегрується з діючою системою супутникового зв'язку.

Автоматизоване робоче місце чергового системи супутникового зв'язку виконує комплекс завдань з управління та моніторингу ССЗ, забезпечуючи ефективність та надійність її функціонування. Серед його функцій варто виокремити:

управління конфігурацією та параметрами системи;

управління розподілом смуги частот;

управління доступом абонентських терміналів та їх синхронізацією;

управління заходами з відновлення зв'язку за його порушення;

автоматичне передавання функцій, за необхідності, до центральної (мобільної) станції супутникового зв'язку;

обмін оперативною інформацією (документами) у системі чергової служби;

збір та обробка інформації, у режимі реального часу, про стан елементів ССЗ і ПД (засобів, каналів, напрямків);

централізований моніторинг ССЗ і ПД (мережева активність, потужність прямого каналу, стійкість зворотного каналу, виявлення несправних елементів, використання супутникового ресурсу);

аналіз продуктивності ССЗ і ПД (трафік, дані про функціонування підсистем);

формування запитів на діагностування елементів системи;

збір, обробку, зберігання і візуальне відображення інформації про працездатність ССЗ і ПД (в текстовому, табличному, графічному форматах, у тому числі на фоні електронних карт місцевості);

формування звітів про функціонування ССЗ і ПД.

Земна станція в системі супутникового зв'язку виконує функції центрального вузла і забезпечує

управління роботою цієї системи, перерозподіляє її ресурс, виявляє несправності та з'єднується з наземними лініями зв'язку.

Термінали користувачів (мобільні, переносні, перевізні, повітряні, корабельні), зазвичай, містять антенно-фідерний пристрій, зовнішній радіочастотний блок і внутрішній блок (модем). Зовнішній блок являє собою невеликий за розміром приймально-передавальний пристрій. Внутрішній блок забезпечує сполучення супутникового каналу з термінальним обладнанням користувача [6].

Ураховуючи важливість різноманітності платформ для моделі ССЗ, слід розглянути характеристики мобільних, переносних і корабельних станцій супутникового зв'язку, що відіграють ключову роль у забезпеченні безперервного та гнучкого зв'язку в різних умовах і локаціях. Мобільні станції супутникового зв'язку забезпечують [3]:

швидкість передачі даних у прямому каналі не менше 36 Мбіт/с у зворотному не менше 2 Мбіт/с;  
можливість одночасної передачі даних і телефонії згідно інтернет-протоколу (Internet Protocol (далі – IP));

роботу у визначеному частотному діапазоні;  
прийом захищених команд управління від центральної станції;

підтримку передачі поточкових даних за протоколом IP v.4/v.6 зі швидкістю не менше 2 Мбіт/с (за запитом);

роботу з використанням інтерфейсів Ethernet 100Base-T;

можливість гнучких налаштувань якості сервісу для одночасної передачі даних і телефонії по протоколу IP.

Переносні станції супутникового зв'язку забезпечують:

можливість одночасної передачі даних і телефонії по протоколу IP;

підтримку інформаційного обміну за протоколом IP v.4/v.6 зі швидкістю не менше 370 кбіт/с з урахуванням даних та телефонії;

можливість гнучких налаштувань якості сервісу для одночасної передачі даних і телефонії по протоколу IP;

роботу з використанням інтерфейсів Ethernet 100Base-T.

Корабельні станції супутникового зв'язку забезпечують:

можливість одночасної передачі даних і телефонії по протоколу IP;

можливість передачі коротких текстових повідомлень;

підтримку інформаційного обміну за протоколом IP v.4/v.6 зі швидкістю не менше 370 кбіт/с з урахуванням даних та телефонії;

роботу з використанням інтерфейсів Ethernet 100Base-T;

можливість гнучких налаштувань якості сервісу для одночасної передачі даних і телефонії по протоколу IP.

Функціонування ССЗ і ПД передбачає такі елементи, як порядок управління і порядок розгортання. *Порядок управління ССЗ і ПД* здійснюється з єдиного центру управління – центру оперативно-технічного управління системою супутникового зв'язку (далі – ЦОТУ ССЗ і ПД), що забезпечує виконання таких функцій:

управління конфігурацією та характеристиками системи;

управління розподілом смуги частот;

управління доступом абонентських терміналів та їх синхронізація;

управління заходами зі встановлення зв'язку за його порушення;

управління розмежуванням доступу до ССЗ і ПД;

забезпечення кіберзахисту;

автоматичне передавання своїх функцій мобільній центральній станції, що має виконувати її функції.

Збір інформації про стан елементів системи в режимі реального часу та її обробка (засобів, каналів, напрямів) відбувається через [3]:

моніторинг ССЗ і ПД (мережеву активність, потужність прямого каналу, стійкість зворотного каналу, визначення несправних елементів, супутниковий ресурс, що використовується);

аналіз продуктивності ССЗ і ПД (трафіку, даних про функціонування підсистем);

діагностування елементів системи;

формування звітів про функціонування ССЗ і ПД.

*Порядок розгортання ССЗ і ПД* визначає етапи введення в експлуатацію ССЗ і ПД та здійснюється на конкурсній основі (з укладенням договорів). У його межах орендуються потоки (канали) як у військових систем країн-членів НАТО, так і у міжнародних комерційних операторів супутникового зв'язку провідних країн світу геостационарних, низьких та середніх навколосеземних орбітах для забезпечення зв'язку військовим користувачам. Водночас переобладнується Центральна станція (стаціонарна, мобільна) супутникового зв'язку і створюється (доукомплектується) штатний підрозділ, який буде її експлуатувати та керувати ССЗ і ПД. Організовується навчання особового складу для експлуатації Центральної станції, а також створюється комплексна система захисту інформації в ССЗ і ПД. Відбувається розгортання системи супутникового зв'язку ЗС України.

Рекомендовано українським підприємствам, що володіють виробничими можливостями для виготовлення супутникових терміналів, надавати пропозиції стосовно виробництва обладнання, яке відповідає встановленим технічним вимогам. У цих пропозиціях можуть бути вказані орієнтовані вартості, а також умови гарантійного та післягарантійного обслуговування [2].

Разом із використанням однієї системи на геостационарних супутниках і декількох систем на

низьких або середніх навколосезонних орбітах для окремих видів і родів військ ЗС України використовуються також інші перспективні системи й засоби супутникового зв'язку, зокрема, SATCUBE, L-TAC Slingshot, Harris RO A9695, Iridium 9575 A тощо.

У підрозділах ЗС України використовують переносний комплект терміналу супутникового зв'язку SATCUBE для резервування супутникових каналів передачі даних, а також для забезпечення комунікаційним ресурсом підрозділів на окремих напрямках на тактичному рівні управління. Термінал SATCUBE Ku-діапазону перевершує очікування кінцевих користувачів завдяки компактним розмірам «все в одному», високій пропускну здатності, гнучкості та простоті використання.

До складу комплексу входить [7] унікальна антена на плоскій панелі, підсилювач потужністю 50 Вт (BUC), а також вбудована система навігації (GPS, електронний компас, гіроскоп). Вага комплексу становить 8 кг, IP65. Доступ до мережі відбувається через Wi-Fi/Ethernet. Налаштування Wi-Fi здійснюється всього за 1 хв. Швидкість передачі даних до 20 Мбіт/с забезпечується через супутники HTS. Споживча потужність становить 130 Вт. Супутниковими модемами є iDirect IQ 200 та Newtec 2510 і UHP 210. Існує можливість вибору одного з двох супутників для роботи. Електроживлення здійснюється від джерел змінного струму 100-240 В. Час роботи батареї, під час передачі даних, триває 3 години. Діапазон робочих температур становить від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Система тактичного супутникового зв'язку L-TAC Slingshot являє собою пристрій супутникового зв'язку, що інтегрований з радіостанціями ультракороткохвильового діапазону L3 Harris (mil VHF та mil UHF) і забезпечує передачу голосу та даних як на місці, так і під час руху. ЗС України використовують такі пристрої супутникового зв'язку для забезпечення підрозділів голосовим симплексним зв'язком під час виконання специфічних завдань, де інші засоби не працюють.

До складу переносного комплексу входить [7]: кабель для підключення радіостанції до модему TNC-TNC (BNC-TNC); блок контролю та підключення до акумуляторної батареї; акумуляторні батареї; радіостанція; модем VHF (модем UHF); кабель для підключення модему до антени SMA-BNC; збірний антенний тримач; антена.

Портативна станція підсистеми тактичного супутникового зв'язку Harris RO A9695 – це портативна станція супутникового зв'язку, що працює через мережу супутників Iridium, а також комерційну систему глобального позиціонування (GPS). Забезпечує симплексний голосовий зв'язок без використання наземної інфраструктури з можливістю встановлення зв'язку на відстань від 120 до 410 км. Перевагами такої станції є [7]:

захищений потік даних (маршрути голосового трафіку не пересилаються через канали комерційних мереж, а також через комерційні шлюзи);

відсутня необхідність постійної реєстрації на базовій станції: (у багатьох випадках радіостанція дає запит на реєстрацію раз на добу. За необхідності період реєстрації можна збільшити до 30 діб);

високоєфективні засоби зв'язку: (усі абоненти, що знаходяться на каналі в межах одного променя чують один одного, зводячи до мінімуму проходження голосового трафіку по інфраструктурі провайдера);

оновлення ключів «повітрям» (шифрування без потреби);

надання радіостанції посадовим особам для програмування;

діапазон станції, що дає змогу двом пристроям «напрямку» зв'язатись між собою. Зона покриття променя супутника коливається від 160 до 410 км;

зв'язок під час руху (забезпечення зв'язку під час руху на автомобільній, морській та повітряній техніці).

Портативна станція супутникового зв'язку Iridium 9575A забезпечує: швидкий доступ до голосової пошти Iridium; двосторонній доступ до sms-сервісу і можливість відправлення коротких e-mail повідомлень; функціонування поштової скриньки для голосових, цифрових і текстових повідомлень. Швидкість передачі даних (факс-модемний зв'язок) становить 2,4 кбіт/сек. Існує можливість підключення до персонального комп'ютера за допомогою usb-кабелю. Наявний вбудований e-mail клієнт для текстових повідомлень розміром не більше 160 символів.

На конкурсній основі можна використовувати сучасні системи та засоби супутникового зв'язку таких виробників, як: Kymeta Corporation, Cobham Satcom та інших.

Запропонована у статті модель системи супутникового зв'язку та передачі даних для ЗС України, на наш погляд, спроможна забезпечити безперебійний, швидкісний супутниковий зв'язок на стратегічному, оперативному й тактичному рівнях управління ЗС України. Водночас, розроблена модель на основі оренди потоків (каналів), як у військових систем країн-членів НАТО, так і у міжнародних комерційних операторів супутникового зв'язку провідних країн світу, значною мірою залежатиме від позиції військово-політичного керівництва держав і власників цих систем. Тому, на наше глибоке переконання, Україні потрібно розвивати свій космічний потенціал, в якому особливу увагу надавати створенню Національної системи супутникового зв'язку та передачі даних.

На другому етапі реформування системи супутникового зв'язку ЗС України потрібно прийняти концепцію Державної програми створення системи космічної підтримки ЗС України (військової системи супутникового

зв'язку) або Національної системи супутникового зв'язку та передачі даних, у якій для військових користувачів виділяються потоки (канали) або частотно-орбітальний ресурс. На підставі такої концепції розвивати та удосконалювати діючу ССЗ ЗС України. Під час створення нової супутникової системи необхідно застосовувати: технологічний прогрес у матеріальних і виробничих можливостях, інтеграцію штучного інтелекту та державно-приватне партнерство.

Прийняття концепції є вкрай важливим завданням для забезпечення національної безпеки і оборони України та потребує розв'язання на державному рівні з максимальною концентрацією зусиль і ресурсів органів державної влади та промисловості України.

На думку авторів, новостворена ССЗ і ПД має забезпечувати:

розвід- та завадозахищений супутниковий зв'язок між пунктами управління стратегічного, оперативного та тактичного рівнів управління ЗС України в умовах активного впливу засобів РЕБ противника;

необхідну якість і швидкість супутникового зв'язку;

резервування каналів зв'язку, утворених іншими засобами;

функціонування у складі інтегрованої електронної комунікаційної мережі ЗС України та взаємодію з компонентами об'єднаної системи зв'язку НАТО.

### **Висновки й перспективи подальших досліджень**

У результаті проведеного дослідження авторами була розроблена модель системи

супутникового зв'язку та передачі даних спеціального призначення для Збройних Сил України з урахуванням досвіду ведення війни з російською федерацією, аналізу існуючих систем супутникового зв'язку армій провідних країн світу та країн-членів НАТО, новітніх досягнень інформаційних технологій в галузі зв'язку. До складу системи супутникового зв'язку та передачі даних Збройних Сил України увійдуть такі основні елементи:

орендований ресурс однієї системи на геостационарних орбітах та двох систем на низьких та середніх навколоземних орбітах;

центральна станція (стаціонарна, мобільна);

земні станції;

термінали користувачів.

Управління системою супутникового зв'язку Збройних Сил України має здійснюється з єдиного центру управління – центру оперативно-технічного управління системою супутникового зв'язку. Для окремих видів та родів військ Збройних Сил України можна використовувати інші системи і засоби супутникового зв'язку. Сформовані пропозиції доцільно врахувати під час формування оперативно-тактичних вимог до систем супутникового зв'язку Збройних Сил України.

Подальші напрями передбачають дослідження стосовно використання цифрових антенних решіток на терміналах космічних апаратів системи супутникового зв'язку для протидії засобам радіорозвідки та радіоелектронної боротьби противника.

### **Список бібліографічних посилань**

1. Про електронні комунікації: Закон України від 16.12.2020 № 1089-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-IX#Text> (дата звернення: 14.12.2023).  
2. Про космічну діяльність: Закон України від 15.11.1996 № 502/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/502/96-%D0%B2%D1%80#top> (дата звернення: 14.12.2023).  
3. Військова публікація: ВКДП 6-135(03).01. Настанова Супутниковий зв'язок. Затверджена наказом КВЗ та КБ ЗСУ від 24.12.2020. Київ: КВЗ та КБ ЗСУ, 2020, 36 с.  
4. Військова публікація: ВКП 6-00(01).01. Доктрина Зв'язок та інформаційні системи. Затверджена ГК ЗС України від 01.07.2020. Київ: ЦУЗ та ІС ГШ ЗСУ, 2020, 78 с.  
5. Гуржій П. М., Зарубенко А. О., Палівода В. С., Колодійчук Л. В. Методичні рекомендації з налаштування станції супутникового зв'язку Starlink. Київ : ВІП ім. Героїв Крут, 2023. 30 с.

6. Ніколаєнко Б. А., Пелешок Є. В. Сучасні супутникові системи зв'язку: навч. посіб. Київ: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 146 с.  
7. Шевченко Д. Г., Зінченко А. О., Розум І. Ю. Комплекси, системи та засоби військових телекомунікаційних мереж: навч. посіб. Київ.: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2019. 319 с.  
8. Білий О. А., Шолудько В. Г., Малих В. В., Гай Ю. І. Перспективи розвитку системи супутникового зв'язку ЗС України. *Збірник наукових праць ВІПІ*. 2018. Вип. 2. С. 6–15.  
9. Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2021–2025: Розпорядження Кабінету Міністрів України № 15-р від 13.01.2021. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15-2021-\(дата звернення: 14.12.2023\)](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15-2021-(дата звернення: 14.12.2023)).

## **PROCEDURE FOR CREATING OBJECTS OF SPECIAL PURPOSE ELECTRONIC COMMUNICATION NETWORKS**

*Rudenko Viktor  
Zinchenko Mykhailo  
Yakovchuk Oleksandr  
Lazuta Roman*

*Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Information Technologies, Kyiv, Ukraine*



**Formulation of the problem in general.** This article introduces a new perspective model for the satellite communication and data transmission system of the Armed Forces of Ukraine, utilizing research methods such as system analysis, comparison, classification, systematization, and structural synthesis. The research was conducted taking into account the experience of warfare with the Russian Federation, analyzing existing satellite communication systems of the armies of leading countries and North Atlantic Treaty Organization member states, recent achievements in communication-related information technologies, and trends in the development of electronic communication networks, which are integral components of the electronic communication network of the Armed Forces of Ukraine.

**Analysis of recent researches and publications.** The analysis of the main publications and studies in the field of development of special purpose satellite communication systems showed that today there are a number of scientific works, monographs and other publications on the analysis of the existing satellite communication system of the Armed Forces of Ukraine, the leading countries of the world and North Atlantic Treaty Organization member countries, however these works do not take into account the experience of waging war in modern conditions with the Russian Federation and the achievements of the latest technologies.

**Presenting the main material.** The paper develops and proposes a new model of a promising system of satellite communication and data transmission of the Armed Forces of Ukraine, which is based on the rental of streams (channels) in the main: geostationary, low- and medium-Earth orbits using portable stations.

**Elements of scientific novelty.** This article considers a new prospective model of the satellite communication and data transmission system of the Armed Forces of Ukraine, taking into account the experience of waging war with the Russian Federation, the analysis of the existing satellite communication systems of the armies of the leading countries of the world and North Atlantic Treaty Organization member countries, the latest achievements of information technologies in the field of communication connection and trends in the development of electronic communication networks as a component of the electronic communication network of the Armed Forces of Ukraine.

**Practical significance of the article.** As a result of the conducted research, a new model of a promising satellite communication and data transmission system of the Armed Forces of Ukraine was developed, which may be quite relevant during the repulsion of the armed aggression of the Russian Federation, since the main advantage of satellite communication is the high stability and promptness of establishing communication on unlimited territory.

**Conclusion and the perspectives of future researches.** A new model of a promising satellite communication and data transmission system of the Armed Forces of Ukraine was developed. Further directions include research into the use of digital antenna arrays at the Ka-terminals of a promising satellite communication system for countering the enemy's radio reconnaissance.

**Keywords:** satellite communication, satellite communication system, space vehicles, satellites, terminals, promising satellite communication system, digital antenna arrays.

## References

1. **On electronic communications** [online], (2020). Zakon Ukraine № 1089-IX, 16 December. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-IX#Text> [Accessed 14 December 2023].
2. **On space activity**: [online], (1996). Zakon Ukraine №. 502/96, 30 March. Available at: <https://www.kmu.gov.ua/npas/244173153> [Accessed 14 December 2023].
3. **Military publication**, (2020). Guideline Satellite Communication. Approved by the order of the SDO and the Design Bureau of the Armed Forces of Ukraine. VKDP 6-135(03).01. Kyiv: Design Bureau of the Armed Forces of Ukraine.
4. **Military publication**, (2020). Doctrine of Communications and Information Systems Doctrine. Approved by the Civil Code of the Armed Forces of Ukraine. Centralized Center for the of Ukraine. VKP 6-00(01). Kyiv: Design Bureau of the Defence and Information Systems of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine.
5. **Gurzhi, P. M., Zarubenko, A. O., Palivoda, V. S., Kolodychuk, L. V.**, (2023). *Methodical recommendations for setting up the Starlink satellite communication station*. Kyiv: Informatization Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after Heroes of Kruty.
6. **Nikolayenko, B. A., Peleshok, E. V.**, (2022). *Modern satellite communication systems*. Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute.
7. **Shevchenko, D. G., Zinchenko, A. O., Rozum, I. Y.**, (2019). *Complexes, systems and means of military telecommunication networks*. Kyiv: Ivan Chernyakhovsky National University.
8. **Bilyi, O. A., Sholudko, V. G., Malykh, V. V., Gai, Y. L.**, (2018). *Prospects for the development of the satellite communication system of the Armed Forces of Ukraine*. Kyiv: Collection of scientific works of VITI.
9. **On approval of the Concept of the National Target Scientific and Technical Space Program of Ukraine for 2021-2025** [online], (2021). Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 15-p, 13 January. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15-2021-%D1%80#Text> [Accessed: December 14, 2023].