

*Руденко Володимир Іванович
Зінченко Михайло Олександрович
Бондаренко Леонід Олександрович
Лазута Роман Романович*

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

ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТРОПОСФЕРНОГО ЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В складі електронної комунікаційної мережі ЗС України розглядається один із найважливіших її елементів – лінія електронних комунікаційних мереж (лінія зв'язку). За допомогою технічних засобів систем тропосферного, радіорелейного, радіо, проводового, оптичного чи інших електромагнітних систем, середовища розповсюдження електромагнітних сигналів створюється лінія зв'язку між технічними засобами електронних комунікацій, та/або кінцевим обладнанням. Тропосферний зв'язок, як один із родів зв'язку, має низку унікальних властивостей, які забезпечують йому належне застосування у військових системах управління.

Проведений аналіз основних публікацій та досліджень в області розвитку тропосферного зв'язку показав, що на даний час існує ряд статей та матеріалів стосовно застосування тропосферного зв'язку в ЗС України, але не існує узагальнених робіт, які б характеризували місце, стан та обгрунтовували структуру системи тропосферного зв'язку в електронній комунікаційній мережі ЗС України з точки зору використання сучасних цифрових технологій та нових методів забезпечення тропосферного зв'язку. Тому в статті проводиться аналіз сучасного стану, укомплектованості засобами, їх технічні характеристики та принципи побудови тропосферного зв'язку.

За результатами аналізу систем тропосферного зв'язку визначаються шляхи і напрямки, обгрунтовується її структура та робиться висновок, що тропосферний зв'язок, як складова електронної комунікаційної мережі ЗС України в майбутньому залишатиметься невід'ємною частиною глобальної інформаційної інфраструктури і буде розвиватись на базі комбінованих станцій, здатних працювати в тропосферному, супутниковому, або радіорелейному режимах в залежності від поставлених бойових завдань на стратегічному, оперативному та тактичному рівнях з використанням нових та інноваційних технологій.

***Ключові слова:** електронна комунікаційна мережа; радіозв'язок; тропосферний зв'язок; станції тропосферного зв'язку; лінії тропосферного зв'язку; супутниковий зв'язок; комбіновані станції.*

Вступ

Досвід ведення війни з Росією, бойових дій в Операції Об'єднаних Сил на сході України, участі військ зв'язку в миротворчих операціях та міжнародних військових навчань, показав необхідність приділяти особливу увагу розвитку електронної комунікаційної мережі ЗС України, як основи управління військами. Дане пояснення впливає з того, що електронна комунікаційна мережа (ЕКМ) не в повній мірі задовольняє управління військами, потребує впровадженню сучасних засобів зв'язку та перспективних апаратно-програмних засобів різного призначення, які базуються на передових комунікаційних технологіях. Без розвитку ЕКМ спеціального призначення, розширення номенклатури послуг, що надаються не можливо ефективно управляти військами.

Постановка проблеми. Аналіз існуючого стану електронної комунікаційної мережі

спеціального призначення (далі – ЕКМ СП) показав, що ЕКМ розвинена слабо та не спроможна в повній мірі самостійно забезпечити потреби в обміні всіма видами інформації (повідомленнями) в процесі управління військами. ЕКМ ще суттєво відстає в своєму розвитку від провідних країн світу і електронної комунікаційної мережі загального користування (ЕКМ ЗК) [1]. Для забезпечення потреб управління військами і зброєю в ЕКМ ЗК орендується близько 80% каналів, трактів і потоків, що суттєво знижує живучість, гнучкість та мобільність системи управління.

Власні канали (потoki) використовуються в основному в ЕКМ окремих органів управління військами та військових частин. В той же час стаціонарна компонента ЕКМ ЗК на протязі перших годин війни може бути пошкоджена, або виведена з ладу, тому необхідно особливу увагу

приділити розвитку мобільної компоненти ЕКМ СП. Принцип побудови взаємопов'язаних між собою стаціонарної та мобільної компоненти є принцип інтеграції в ЕКМ ЗС України. ЕКМ спеціального призначення повинна розвиватися із застосуванням передових технологій у сфері електронних комунікацій, які відповідають міжнародним стандартам, з урахуванням технологічної цілісності всіх мереж та засобів електронних комунікацій, підвищення мобільності, ефективності та сталості її функціонування. Таким чином, створення та впровадження в ЗС України нових комбінованих цифрових станцій тропосферного зв'язку із застосуванням новітніх комунікаційних технологій в значній мірі змінить структуру і принципи побудови ЕКМ ЗС України та виведе її на більш якісний рівень розвитку. Вирішення цієї наукової задачі і є метою дослідження даної статті.

Аналіз останніх публікацій та досліджень.

Закон [1] встановлює правову основу діяльності у сферах електронних комунікацій та радіочастотного спектра щодо надання та отримання електронних комунікаційних послуг, постачання та доступу до електронних комунікаційних мереж, забезпечення конкуренції на ринках електронних комунікацій, а також щодо користування радіочастотним спектром, ресурсами нумерації та захисту прав користувачів послуг.

Концепція [2] визначає основні засади та напрямки створення умов впровадження сервіс-орієнтованої архітектури, забезпечення розгортання відмовостійкої Електронної комунікаційної мережі ЗС України та надає опис функціоналу її основних елементів.

Доктрина [3] забезпечує загальне керівництво із застосування зв'язку та інформаційних систем у Збройних Силах України та інших складових сил оборони під час їх застосування та підготовки. Вона вводить термінологію в галузі зв'язку та інформаційних систем, сумісну із термінологією, прийнятою в НАТО, описує характеристики, архітектуру побудови зв'язку та інформаційних систем та їх функції і завдання. Даний документ визначає загальні положення із планування та застосування зв'язку та інформаційних систем.

Військовий стандарт [4] передбачений для застосування у Збройних Силах України. У цьому стандарті наведено українські терміни та визначення понять стосовно військового зв'язку, які застосовують під час розробки військових нормативних та керівних документів в галузі військового зв'язку.

В статті [5] розглядаються внутрішні і зовнішні дестабілізуючі фактори, які впливають на живучість, завадостійкість та надійність тропосферного зв'язку. Проводиться загальна характеристика станцій, які знаходяться на озброєнні ЗС України, указуються їх недоліки та визначаються перспективи розвитку тропосферного зв'язку в інтересах сил оборони

держави.

В роботі [6] проаналізовано недоліки існуючих вітчизняних мобільних засобів тропосферного зв'язку та сформульовані шляхи їх вдосконалення. Показано, що проблему розвитку військових систем цифрового тропосферного зв'язку необхідно вирішувати комплексно. Визначені напрямки вдосконалення мобільних засобів тропосферного зв'язку: створення станцій, що працюють за схемою «крапка – багатокрапка»; розробка комбінованих та малогабаритних цифрових тропосферно-радіорелейних станцій.

В статті [7] запропоновані нові технічні рішення, ключові технології і концепція побудови конкурентоздатних малогабаритних станцій тропосферного зв'язку нового покоління з високою пропускнуною спроможністю і захищеним радіодоступом до каналів зв'язку. Показано, що на їх основі в перспективі можна створити комбіновану станцію тропосферного і супутникового зв'язку.

В роботі [8] було досліджено стан, проблемні питання та напрямки подальшого розвитку вітчизняних тропосферних систем зв'язку. Автори розглядають технічні аспекти роботи тропосферних станцій в сучасних умовах та пропонують шляхи їх модернізації.

В виданні іноземних фахівців [9] висвітлюються окремі варіанти розвитку тропосферного зв'язку шляхом покращення їх технічних характеристик та будуються оптимізаційні моделі роботи тропосферних станцій.

Таким чином проведений аналіз основних публікацій показав, що на сьогоднішній день є ряд статей та матеріалів досліджень стану тропосферного зв'язку в ЗС України, але не існує узагальнених робіт, якіб всебічно розглядали місце, стан та визначали напрямки розвитку системи тропосферного зв'язку (ТРЗ) в ЕКМ ЗС України.

Метою статті є проведення досліджень та аналізу стану тропосферного зв'язку у ЗС України, аналізу розвитку систем ТРЗ у найбільш розвинених країнах світу та вибір і обґрунтування її структури з урахуванням застосування передових та інноваційних технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження

1. Місце тропосферного зв'язку в електронній комунікаційній мережі спеціального призначення.

Інформаційно-комунікаційна система спеціального призначення (далі – ІКС СП) є інтегрованою сукупністю електронних комунікаційних мереж, спеціальних електронних комунікаційних мереж (систем спеціального зв'язку), інформаційних систем, системи захисту інформації та кібербезпеки, системи управління ІКС СП, які у процесі обробки інформації діють як єдине ціле з метою надання стандартизованих

технічних (комунікаційних, базових, функціональних) сервісів користувачам.

ЕКМ СП є складовою частиною ІКС СП і являє собою сукупність програмних (програмно-технічних), технічних засобів електронних комунікацій та споруд, призначених для надання комунікаційних сервісів [2].

ЕКМ СП реалізує функції транспорту, кіберзахисту та централізованого управління комунікаційним обладнанням і складається з взаємопов'язаних між собою стаціонарної та мобільної компонентів, які виконують спільні завдання.

Електронна комунікаційна мережа ЗС України складається з:

- комунікаційних вузлів;
- ліній електронних комунікаційних мереж (ліній зв'язку);
- центрів управління ЕКМ.

Лінія електронних комунікаційних мереж (лінія зв'язку) – елемент інфраструктури електронної комунікаційної мережі, що створює середовище розповсюдження електромагнітних сигналів по радіо, провідних, оптичних чи інших електромагнітних системах між технічними засобами електронних комунікацій, призначеними для передавання та/або приймання електромагнітних сигналів, та/або кінцевим обладнанням [2].

Основним призначенням лінії ЕКМ є реалізація транспортної функції, тобто перенесення інформації, поданої у формі сигналу між кінцевим обладнанням.

Радіосегмент, як складова лінії ЕКМ представляє собою сукупність програмних (програмно-технічних), технічних засобів систем супутникового, тропосферного, радіорелейного зв'язку та радіозв'язку [2].

Тропосферний зв'язок – являється одним із видів радіозв'язку і здійснюється відбиттям та розсіюванням радіохвиль на неоднорідностях тропосфери між станціями, які знаходяться поза межами прямої видимості. [4].

Такі властивості тропосферного зв'язку як: фізико-географічні умови та відносно низький поверхневий рельєф в Україні; велика дальність; відносно значна швидкість передачі електромагнітних сигналів; висока економічна доцільність та ефективність ліній; скритність та захищеність; мобільність; незначна залежність якості передачі інформації від характеру бойових дій, погоди, геомагнітної активності, висотних ядерних вибухів – забезпечують йому належне місце серед інших родів зв'язку.

Тропосферний зв'язок знайшов широке застосування в регіонах із слаборозвинутою інфраструктурою, де обмежена швидкість є достатньою для забезпечення інформаційного обміну та в основному використовується на протяжних лініях зв'язку в малонаселених місцях: на морських просторах, пустельних,

лісових територіях, уздовж кордону і т.д.

Найбільшу популярність ТРЗ набуває в військових системах управління під час ведення сучасних бойових дій та в період надзвичайних ситуацій на стратегічному, оперативному та тактичному рівнях управління.

2. Структура лінії тропосферного зв'язку

Станції тропосферного зв'язку за своїм функціональним призначенням відносяться до каналотворюючих станцій та призначені для будівництва (розгортання) ліній (вісей, рокад, ліній прямого зв'язку між пунктами управління, ліній доступу (прив'язки)) та організації каналів передачі інформації по ним на стратегічному, оперативному та тактичному рівнях управління.

Станції ТРЗ можуть бути стаціонарними і мобільними.

Стаціонарні станції, як правило, розраховані для роботи на стаціонарних комунікаційних вузлах і розміщуються у фортифікаційних (технічних) спорудах.

Мобільні станції розраховані на автономну роботу в польових умовах і обладнуються на одній або кількох транспортних одиницях (контейнерному або переносному виконанні) та розміщуються на позиціях.

Лінії ТРЗ являють собою сукупність технічних засобів та середовища поширення сигналу для забезпечення тропосферного зв'язку.

Первинним елементом лінії є тропосферна станція. Вони існують у 3-х різновидах: кінцеві, вузлові, проміжні. Загальне пояснення побудови траси лінії ТРЗ наведено на рисунку 1.

Структура лінії ТРЗ повинна найбільш повно задовольняти поставленому завданню і включає станції ТРЗ, інтервали та ділянки. Одноінтервальна лінія складається з двох кінцевих станцій, а багатоінтервальна – крім кінцевих, має ще декілька проміжних (ретрансляційних, вузлових) станцій.

Кінцева станція – станція, яка встановлюється на кінцевому пункті лінії і здає канали передавання (групові тракти, потоки) на комунікаційний вузол.

Ретрансляційна станція – проміжна станція, яка забезпечує передачу сигналу високочастотного ствола транзитом, без відгалуження каналів передавання (групових трактів, потоків).

Вузлова станція – проміжна станція, на якій частина каналів (потоків) передавання відгалужується для здачі на опорний (допоміжний) комунікаційний вузол, а інші передаються по лінії ТРЗ транзитом (ретранслюються).

Інтервал лінії ТРЗ – це частина лінії ТРЗ між двома сусідніми станціями.

Ділянка лінії ТРЗ – це частина лінії ТРЗ, яка виділяється за організаційною або технічною ознакою. За організаційною ознакою лінії ТРЗ поділяються на ротні та батальйонні ділянки, а за технічною – на переприймальні ділянки.

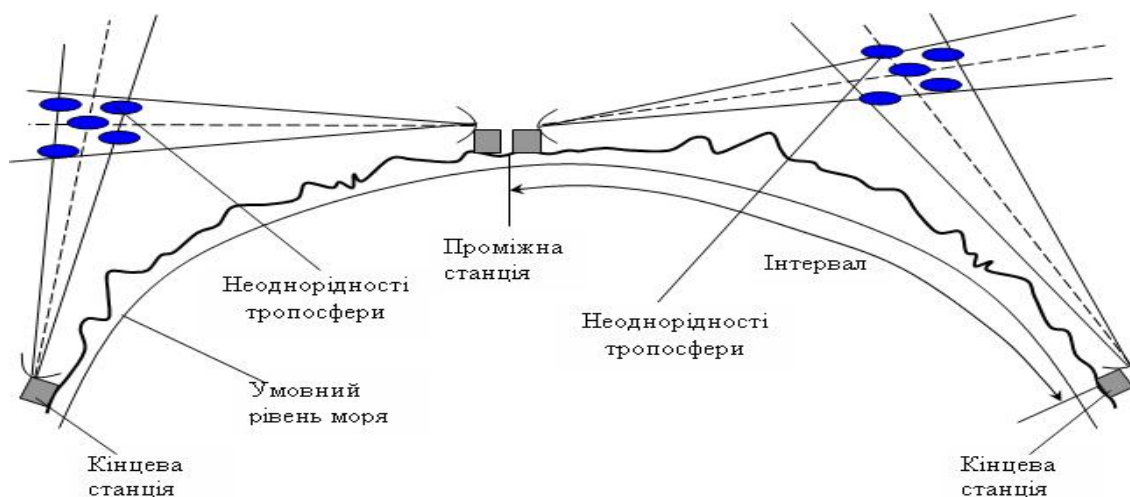


Рисунок 1. Загальне пояснення поняття лінії тропосферного зв'язку

Переприймальна ділянка – це ділянка між двома сусідніми станціями (кінцевими, вузловими), на яких здійснюється виділення каналів (потоків) передавання, групових трактів і радіосигналів.

Структура лінії ТРЗ повинна забезпечувати: розгортання лінії зв'язку в установлені терміни і її роботу з заданою якістю зв'язку; загальна протяжність не повинна перебільшувати максимальної протяжності лінії даної станції; утруднення противнику ведення радіорозвідки і створення радіозавод, потужність випромінювання в бік противника повинне бути мінімальним.

3. Стан тропосферного зв'язку

На постачанні ЗС України знаходяться станції тропосферного зв'язку: Р-417МУ, Р-423 1МУ та Р-412М. Дані станції є модифікаціями станцій ТРЗ колишнього Радянського Союзу Р-417, Р-423 і Р-412 А(Ф) та мають ряд суттєвих недоліків таких як: високі масо-габаритні та енергетичні показники, низьку мобільність та швидкість передачі інформації (не більше 2 Мбіт/с) та інші. Проаналізувавши головні недоліки та технічний стан даних станцій можна зробити висновки, що подальше використання їх недоцільне. Основні технічні характеристики даних станцій наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики тропосферних станцій

Характеристики	Типи станцій тропосферного зв'язку		
	Р-417 МУ	Р-423 1МУ	Р-412 М
Діапазон робочих частот, МГц	4435 – 4555 4630 – 4750	4435 – 4555 4630 – 4750	4438 – 4555 4630 – 4750
Потужність випромінювання передавача ($P_{пер[dBm]}$)	62 dBm (0,5 – 1,5 кВт)	62 dBm (0,5 – 1,5 кВт)	
Чутливість приймача, дБм	мінус 116	мінус 129	
Коефіцієнт підсилення прм/прд антен з горизонтальною поляризацією, дБ	до 39	до 39	
Кількість робочих частот	220	220	11 850
Тип модуляції (мультиплексування)	СМВ, ЧРК ЧМ, ДФРМ	СМВ, ОФТ, ДОФТ	
Швидкість передачі цифрової інформації, кбіт/с	512, 1024, 2048	512, 1024, 2048	до 48
Кількість аналогових/службових каналів, шт	30/2	30/2	6 або 12 в реж. ВН. УЩЛ.
Дальність для одного інтервалу, км	130 – 180	130 – 180	150 (ЧМ), 180 (ЧТ)
Протяжність лінії зв'язку, км	до 1500	до 1500	до 600
Протокол мережі доступу	G.703, Ethernet 10/100 Base-T	G.703, Ethernet 10/100 Base-T	
Вишина підняття антен, м	4,5	4,5	4,5

Розв'язання зазначених проблем можливо за рахунок заміни модернізованих станцій на більш сучасні засоби та комплекси ТРЗ. Дані станції з використанням цифрових технологій повинні стати невід'ємною складовою ЕКМ ЗС України.

Пройшла державні випробування та рекомендована до постановки на постачання станція Р-412 МУ, яка має ряд суттєвих переваг: швидкість передачі інформації збільшується до 80 Мбіт/с;

можливість забезпечення комбінованих режимів роботи – тропосферний, радіорелейний та супутниковий (при встановленні необхідного обладнання);

передачу (прийом), комутацію цифрових каналів між тропосферними, супутниковими, радіорелейними, проводовими лініями електронних комунікацій та лініями радіодоступу мобільних абонентів та інші.

на оперативному рівні управління – для організації прямих зв'язків, для доступу (прив'язки) комунікаційних вузлів пунктів управління (ПУ) до опорних комунікаційних вузлів, для розгортання окремих одно- або двоінтервальних ліній;

на тактичному рівні управління Сухопутних військ – для розгортання одноінтервальних ліній між комунікаційними вузлами ПУ елементів бойового порядку своїх і взаємодіючих військ, а також організації ліній доступу (прив'язки) до транспортних мереж електронної комунікаційної мережі загального користування;

в частинах і підрозділах видів збройних сил – для розгортання окремих одно- або двоінтервальних ліній між комунікаційними вузлами ПУ і системами озброєнь (об'єктами управління).

На стратегічному рівні, слід застосовувати станції ТРЗ для побудови (розгортання) ліній електронних комунікацій (вісей і рокад, ліній прямого зв'язку) між пунктами управління

Генерального штабу, видів, корпусів ЗС України та ліній доступу (прив'язки) до ЕКМ ЗК. На наш погляд, на базі апаратної машини А1 тропосферної станції Р-412 МУ (рис. 2) можна створити станцію з застосуванням ЦАР у поєднанні з принципом МІМО. Це дозволить вирішити задачу функціонування станції в умовах багатопроменевого поширення радіохвиль та пов'язаних з ним явищ, а також забезпечить високу (до 200 Мбіт/с) швидкість передачі інформації на значну відстань. Багатоантенну систему МІМО можна розглядати як станцію ТРЗ з декількома просторовими каналами, коли всі канали працюють в одній і тій же смузі частот, в один і той же час і поділяються за рахунок просторового рознесення шляхів поширення радіохвиль, а також випромінюваних і приймальних антен. Основною умовою застосування технології МІМО в тропосферних системах зв'язку є стаціонарність середовища поширення радіохвиль на заданому інтервалі часу.

Конструктивно антенні решітки МІМО можуть бути виконані у вигляді поверхні контейнера або кунга базової машини. Прототипом технічної реалізації технології ЦАР у перспективному засобі тропосферного зв'язку за принципом МІМО може бути французька станція (рис. 3).

Також відомі інші приклади практичного застосування просторового рознесення в тропосферних системах закордонного виробництва.



Рисунок 2. Апаратна машина А1 Р-412МУ

Максимальна реалізація можливостей технології МІМО при розгортанні тропосферних мереж зв'язку досягається у разі, коли в окремо взятій системі МІМО здійснюється обробка сигналів декількох аналогічних рознесених у просторі МІМО-систем, за принципом так званого розрахованого на багато користувачів варіанта МІМО (Multiuser МІМО). Таким чином впровадження даного варіанта, при побудові

мережі тропосферного зв'язку можна досягти суттєвої економії у кількості станцій, а застосування N-елементних ЦАР у перспективних тропосферних комплексах теоретично дає вигоду у збільшенні в NxM раз швидкості передачі інформації, зменшенні потужності випромінювання, підвищенні якості, стійкості та надійності зв'язку. Дана станція повинна працювати з станціями ТРЗ інших рівнів.



Рисунок 3. Станція тропосферного зв'язку (Франція)

На оперативному рівні, на наш погляд, слід застосовувати малогабаритний варіант станцій ТРЗ для забезпечення зв'язку на рівні “корпус-корпус” та “корпус-бригада” (рис. 4). Враховуючи досвід ведення бойових дій та діючих норм дальність лінії ТРЗ повинна становити до 70 ... 150 км. Швидкість передачі інформації повинна складати не менше 64 Мбіт/с. Оптимальна чисельність екіпажу з урахуванням забезпечення позмінної роботи – 2 чол (оператор, водій) та наявність комфортних місць для роботи і відпочинку.

Час розгортання (згортання) станції ТРЗ на позиції – 2 ... 3 хв і час, що відводиться на входження у зв'язок – не більше 2 хв.

Для реалізації просторового рознесення і функцій ретранслятора сигналів в тропосферній мережі у складі антенного поста мають бути дві незалежні антени. Під мережею тропосферного зв'язку тут розуміється одночасний зв'язок між трьома і більше кореспондентами з використанням тропосферних каналів поширення сигналів.



Варіант 1



Варіант 2

Рисунок 4. Варіанти (1, 2) мобільного комплексу супутникового зв'язку

На тактичному рівні, на наш погляд, слід застосовувати портативні (переносні) станції ТРЗ двох модифікацій (рис. 5).

Модифікація № 1. Дану станцію слід застосовувати для забезпечення зв'язку на рівні “батальйон-батальйон”, в окремих випадках “батальйон-рота”, а також для обміну інформації на рівні “підрозділ спецоперацій – штаб”. Вага комплексу виробу обмежується на рівні – 5...6 кг, можливості транспортування – повинні передбачати перевезення чи перенесення ТРС у рюкзаку однією людиною. Дана модифікація орієнтована насамперед на сеансну роботу, що під силу забезпечити одному оператору. Діаметр антени у розгорнутому вигляді – до 1 м. Дальність зв'язку (відповідно до тактичних норм) повинна складати до 70 км. Максимальна швидкість передачі інформації до 32 Мбіт/с. Час розгортання (згортання) – 2 ... 3 хв, витрати на входження у зв'язок не повинні перевищувати 2 хв.

Модифікація № 2. Дану станцію слід застосовувати на рівні “батальйон-бригада”. Вага комплексу станції ТРЗ даної модифікації може бути збільшена до 12 кг, можливості транспортування крім перевезення повинні забезпечувати перенесення у рюкзаках командою з 2 чол. Така чисельність розрахунку дозволяє забезпечити тривалий за часом зв'язок з допомогою позмінної роботи двох операторів. Діаметр антени у розгорнутому стані може бути збільшений до 1,5 м. Дальність зв'язку (відповідно до тактичних норм) повинна складати до 90 км. Швидкість передачі інформації повинна бути не менше 32 Мбіт/с. Час розгортання (згортання) – 2 ... 3 хв, витрати на входження у зв'язок не повинні перевищувати 2 хв. Час автономної роботи в режимі зв'язку має становити 8 ... 10 годин з розрахунку безперервної роботи в ночі з наступним підзарядженням акумуляторів у денний час доби від електричної мережі, або сонячних батарей.

Перспективні станції ТРЗ різних рівнів повинні забезпечувати:

сумісність по каналним інтерфейсам з каналотворюючим і комутаційним обладнанням цифрових комунікаційних мереж ЗС України та ЕКМ ЗК;

застосування завадостійких методів кодування і модуляції сигналів, використанні ширококутових сигналів і сучасної елементної бази;

покращення надійності, зменшення маси габаритних показників та кількості обслуговуючого персоналу;

модульність, що призводить до покращення умов ремонтоспроможності та дозволить допомогти автоматизації визначати несправність та заміну модуля, що вийшов з ладу;

розширення діапазону роботи за рахунок використання сантиметрового і міліметрових діапазонів хвиль;

можливість моніторингу і управління станцій та ліній електронних комунікацій на базі платформи TMN з використанням протоколу SNMP та відповідним програмним забезпеченням;

побудову на основі двох комутованих трансіверів із загальною антеною для роботи в тропосферному або супутниковому режимах та інші.



Варіант 1



Варіант 2



Варіант 3

Рисунок 5. Варіанти (1, 2, 3) переносних станцій тропосферного і супутникового зв'язку

Висновки та перспективи подальших досліджень

Створення системи тропосферного зв'язку на основі розробки нових малогабаритних комбінованих станцій тропосферного зв'язку набувають дедалі більшої актуальності. Для цього необхідно розробити ряд теоретичних досліджень, один з яких ґрунтується на понятті ентропії кількості інформації, що дозволяє проводити кількісний опис процесів передачі інформації, встановити загальні закономірності і визначити пропускну спроможність системи. Даний підхід головним чином зосереджений на кодуванні і декодуванні, розглянутих з найбільш загальних позицій. Цей напрямок обумовлює необхідність застосування математичного моделювання та чисельних алгоритмів при створенні та випробуванні обладнання ліній тропосферного зв'язку.

Таким чином, створення та впровадження в ЗС України нових мобільних (в контейнерному та переносному виконанні) комбінованих цифрових станцій ТРЗ здатних працювати в тропосферному, або в супутниковому режимах на різних рівнях управління з підвищенням швидкості передачі інформації, розвід- та завадозахищеності, із застосуванням нових та інноваційних технологій в значній мірі змінить структуру і принципи побудови ЕКМ ЗС України та введе її на більш якісний рівень розвитку.

Література

1. Закон України від 16.12.2020 року №1089-IX “Про електронні комунікації”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-IX#Text>.
2. Концепція побудови Електронної комунікаційної мережі Збройних Сил України затверджена Головнокомандувачем ЗС України від 2021р.
3. ВКП 6-00(01).01 Доктрина “Зв’язок та інформаційні системи” затверджена Головнокомандувачем ЗС України від 01.07.2020.
4. ВСТ 01.112.001-2006 Військовий зв’язок. Терміни та визначення.
5. Степаненко Є.О. Перспективи розвитку тропосферного зв’язку в інформаційно-телекомунікаційних системах спеціального призначення / Є.О. Степаненко, В.О. Димитраш, О.В. Димитраш, В.В. Кокошинський // НУОУ – К.: Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2021 – № 3 (42) – С. 71 – 78.
6. Почерняєв В.М. Стан і напрямки розвитку мобільних цифрових тропосферних систем зв’язку / В.М.

- Почерняєв, В.С. Повхліб // ОНАЗ, Київський коледж зв’язку – К.: Системи озброєння і військова техніка. – 2018 – № 2(54) – С. 51 – 60.
7. Ільченко М.Є. Напрямки створення тропосферних станцій нового покоління. / М.Є. Ільченко, Т.Н. Наритник, В.І. Слюсар // – К.: Цифрові технології. – 2014 – №16 – С. 8-18.
8. Масесов М. О. Перспективи застосування цифрового діаграмоутворення у станціях тропосферного зв’язку спеціального призначення / М. О. Масесов, І. Ю. Субач, Д. М. Руденко, О. В. Станович. // Збірник наукових праць ВІТІ ДУТ. – 2014. – №1. – С. 43–48.
9. Чандра Бхардвадж Шарат Характеристика та оцінка продуктивності типового каналу тропосферних зв’язків / Шарат Чандра Бхардвадж, Ейша Мадхвал, Б. С. Джасал // 2015 Друга міжнародна конференція з прогресу в обчислювальній техніці та комунікаційній техніці (ICACCE) – 2015, IEEE, Дехрадун, Індія. – С. 228-233. <https://doi.org/10.1109/ICACCE.2015.115>.

SELECTION AND JUSTIFICATION OF THE STRUCTURE OF THE SPECIAL PURPOSE
TROPOSPHERIC COMMUNICATION SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT THE APPLICATION
OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

*Volodymyr Rudenko
Michael Zinchenko
Leonid Bondarenko
Roman Lazuta*

Military Institute of Telecommunications and Informatization named after Heroes Krut, Kyiv, Ukraine

As part of the electronic communication network of the Armed Forces of Ukraine, one of its most important elements is considered - the line of electronic communication networks (communication line). With the help of technical means of tropospheric, radio relay, radio, wire, optical or other electromagnetic systems, the medium of propagation of electromagnetic signals, a communication line is created between technical means of electronic communications and/or end equipment. Tropospheric communication, as one of the types of communication, has a number of unique properties that ensure its proper use in military control systems.

The analysis of the main publications and studies in the field of tropospheric communication development showed that there are currently a number of articles and materials related to the use of tropospheric communication in the Armed Forces of Ukraine, but there are no generalized works that would characterize the location, state and structure of the system of tropospheric communication in the electronic communication network of the Armed Forces of Ukraine from the point of view of using modern digital technologies and new methods of providing tropospheric communication. Therefore, the article analyzes the state of the art, equipment availability, their technical characteristics, and the principles of building tropospheric communications.

According to the results of the analysis of the tropospheric communication system, the paths and directions are determined, its structure is substantiated, and the conclusion is made that tropospheric communication, as a component of the electronic communication network of the Armed Forces of Ukraine, will remain an integral part of the global information infrastructure in the future and will develop on the basis of combined stations, capable of operating in tropospheric, satellite, or radio relay modes depending on the assigned combat tasks at the strategic, operational, and tactical levels using new and innovative technologies.

***Key words:** electronic communication network; radio communication; tropospheric communication; tropospheric communication stations; tropospheric communication lines; satellite communication; combined stations.*

References

1. Law of Ukraine from 16.12.2020 №1089 - IX "About electronic communications". <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-IX#Text>.
2. Conception of construction of the Electronic of communication network of the Armed Forces of Ukraine is ratified by Commander-in-chief 3C Ukraine from 2021p.
3. Doctrine of "Copulas and informative systems" 6-00 (01).01 Doctrine of "Copulas and informative systems" ratified by Commander-in-chief 3C Ukraine from 01.07.2020.
4. Military standard 01.112.001-2006 Military connection. Terms and determinations.
5. **Stepanenko Ye.O.** Prospects of development of troposphere connection are in the інформаційно-телекомунікаційних systems of the special setting / of Ye.O. Stepanenko, V.O. Dymytrash, O.V. Dymytrash, V.V. Kokoshynskyi // NUOU - K.: Modern information technologies in the field of safety and defensive. - 2021 - № 3 (42) - p. 71 - 78.
6. **Pocherniaiev V.M.** State and directions of development of mobile digital troposphere communication / of V.M. Pocherniaiev, V.S. Povkhlid // ONAZ, Kyiv college of connection - K.: Systems of armament and military technique. - 2018 - № 2 (54) - p. 51 - 60.
7. **Ilchenko M.Ye.** Directions of creation of the troposphere stations of new generation. / M.Ye. Ilchenko, T.N. Narytnyk, V.I. Locksmith // - K.: Digital technologies. - 2014 - №16 - p. 8-18.
8. **Masesov M. O.** Prospects of application of digital діаграмоутворення in the stations of troposphere connection of the special setting / of M. O. Masesov, I. Yu. Subach, D. M. Rudenko, O. V. Stanovych. // Collection of scientific works of VITI DUT. - 2014. - №1. - p. 43-48.
9. **Chandra Bhardwaj Sharat.** Characterization and Performance Evaluation of a Typical Troposcatter Channel / Sharat Chandra Bhardwaj, Eisha Madhwal, B. S. Jassal // 2015 Second International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE) – 2015, IEEE, Dehradun, India. – P. 228-233. <https://doi.org/10.1109/ICACCE.2015.115>.