

## ПЕРСПЕКТИВНІ ПІДХОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СИЛОВИХ СТРУКТУР

Лаврут О. О.

### ВСТУП

Локальні та воєнні конфлікти останніх десятиліть, які відбувалися в різних куточках нашої планети, свідчать про значне зростання динаміки зміни обстановки в зоні конфлікту та необхідність жорсткого виконання вимог щодо стійкого, безперервного, оперативного та скритого управління підрозділами під час виконання ними поставлених завдань. Виконання вказаних вимог неможливо без удосконалення системи зв'язку та інформаційних систем під час підготовки та виконання завдань за призначенням. Це потребує застосування різних сучасних інформаційних технологій та систем для досягнення інформаційної переваги в ситуації, що склалась. Поступово акцент у сучасних війнах все більше і більше зміщується в інформаційну площину, в якій здійснюється інтенсивне інформаційне протиборство під час ведення мережецентричних війн.

Війни та протистояння спалахують на тлі інших глобальних проблем людства і є своєрідним їх відлунням. Так, сучасна екологічна ситуація у світі – це екологічна криза, яка сьогодні проявляється масштабними пожежами, стихійними лихами, глобальною зміною клімату та загостренням проблеми доступу до природних ресурсів. У ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) як техногенного, так і природного походження важливим фактором, від якого залежить успішність рятувальних заходів, залишається час. Від часу, який буде витрачено на збір вихідних даних, аналіз ситуації, прийняття рішення щодо реагування та доведення інформації до виконавців (управління підрозділами), залежить надзвичайно багато. Цей процес ускладняються ще й тим, що для ліквідації наслідків НС можуть залучатися частини та підрозділи різних силових формувань (Національної гвардії України, поліції, Збройних Сил України), утворених відповідно до законів України. За таких умов дуже важливим є питання швидкого, узгодженого та ефективного управління всіма залученими силами в критичних умовах, що склалися.

В цьому аспекті зв'язок є основою управління в процесі обміну інформацією між пунктами управління та різними посадовими особами, що залучені до виконання завдань за призначенням.

Важливим моментом також залишається необхідність узгодження, ефективного управління мережевими ресурсами, оптимальний розподіл різнорідних потоків інформації по каналам зв'язку. Тобто зростає роль ефективного управління інформаційним обміном у телекомунікаційній мережі критичного призначення на всіх її рівнях (як по горизонталі, так і по вертикалі). Транспортною основою мереж критичного призначення є телекомунікаційні мережі (ТКМ) загального користування, які забезпечують обмін інформацією в інтересах всіх силових структур, що діють в зоні виконання завдань, незалежно від їх підпорядкування та задач, що виконуються. Важливою умовою ефективного функціонування інформаційно-телекомунікаційної мережі критичного призначення (ІТМ КП) є максимальна погодженість у вирішенні задач мережного рівня – маршрутизації, управлінні інтенсивністю трафіка тощо.

В цих умовах на перший план виходять питання швидкого та надійного доступу до мережі, збільшення кількості різноманітних сервісів, що надаються користувачам, вирішення задачі управління різнорідними потоками інформації із гарантованим забезпеченням показників якості в мережах з топологією, що швидко змінюється. Тому актуальним є питання розгляду перспективних тенденцій, підходів та можливих технологій побудови високошвидкісних та надійних систем управління силовими структурами України під час виконання різних завдань в умовах, що швидко змінюються.

## **1. Тенденції розвитку систем зв'язку та інформаційних систем силових структур України**

Рівень готовності підрозділів до виконання завдань за призначенням безпосередньо залежить від наявності новітнього озброєння військової техніки, але жодне озброєння чи техніка не зможуть забезпечити ефективного виконання поставлених завдань без своєчасного, достовірного та безпечного управління військами та озброєнням. Тому система зв'язку та інформаційних систем, яка на тактичному рівні є однією зі складових системи управління, повинна відповідати вимогам постійної готовності до забезпечення управління підрозділами, стійкості, мобільності, пропускної спроможності та розвідзахищеності, а також забезпечувати виконання вимог щодо своєчасності, достовірності та безпеки передачі всіх видів інформації.

Сучасні виклики, які зумовлені переходом провідних країн світу до концепції ведення мережецентричних війн, все більше і більше вимагають від особового складу опанування та впровадження новітніх засобів зв'язку і технологій, надання сервісів зв'язку для забезпечення функціонування єдиного інформаційного середовища як у ЗС України, так і в інших силових структурах та досягнення оперативної й технічної взаємосумісності з іншими складовими сил оборони та держав – членів НАТО<sup>1, 2, 3</sup>.

Загальний принцип залишається незмінним – основою управління військами є рішення командира. Воно повинно розроблятися виходячи з інформації, що отримується від різних джерел з використанням взаємосумісних мереж зв'язку та інформаційних систем. Але, якщо раніше мережі зв'язку складались з розрізнених систем, то на даний час для успішного ведення бою необхідно використовувати єдиний інформаційний простір, який повинен складатися з взаємосумісних інфокомунікаційних систем, які забезпечують захищений обмін інформацією між ними<sup>4</sup>.

Одним із головних напрямів розвитку системи зв'язку та інформаційних систем силових структур України є створення єдиного інформаційно-телекомунікаційного середовища на основі впровадження сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій, протоколів обміну інформацією, комплексів, систем та засобів зв'язку спеціального призначення, що дасть можливість забезпечити обмін усіма видами інформації між органами і пунктами

---

<sup>1</sup> Лаврут О.О., Климович О.К., Тарасюк М.Л., Антонюк О.Л. Стан та перспективи застосування сучасних технологій та засобів радіозв'язку в Збройних Силах України. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. Вип. 1(49). С. 42–49.

<sup>2</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К., Здоренко Ю.М. Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. Вип. 1 (34). С. 91–101 DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>.

<sup>3</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К. Перспективи розвитку автоматизованих систем управління тактичної ланки управління Сухопутних військ Збройних Сил України. *Системи обробки інформації*. 2014. Вип. 5 (121). С. 116–120.

<sup>4</sup> Настанова «Тактичний зв'язок» ВКДП 6-110(03).01. Затверджена Наказом Командування Військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України 24.12.2020 року. Київ. 2020. 54 с.

управління (всіх ланок) з відповідною пропускнуою спроможністю, достовірністю та надійністю<sup>5, 6</sup>.

У рамках реалізації положень керівних документів України ведеться активна робота щодо створення ефективної системи оперативного управління, зв'язку, розвідки та спостереження (**C4ISR, Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance**), яка б цілком відповідала стандартам НАТО, та забезпечення її інтеграції з Єдиною системою управління оборонними ресурсами (Defense resources management information system – DRMIS). Даний напрям розвитку визначений як пріоритетний «Візією Генерального штабу ЗС України щодо розвитку Збройних Сил України на найближчі 10 років»<sup>7, 8</sup>.

У ЗС України C4ISR створюватиметься відповідно до прийнятої у країнах НАТО мережецентричної концепції управління військами в ході виконання завдань за призначенням. Планується що буде створено національну телекомунікаційну мережу, модернізовано та переведено на сучасні цифрові технології системи спеціального зв'язку, відомчі інформаційно-комунікаційні мережі та системи зв'язку пунктів управління органів державної влади, а також створено автоматизовану систему C4ISR складових сил оборони, яка відповідає стандартам, доктринам і рекомендаціям НАТО, забезпечено її інтеграцію в систему управління оборонними ресурсами.

Варто зауважити, що розвиток засобів ураження, а також форм і способів ведення бойових дій супроводжувався відповідним розвитком автоматизованих систем управління (АСУ), які пройшли шлях створення від «C2» або «C2+» (Command and Control) до «C4» або «C4ISR». Принципово вони відрізняються саме ступенем автоматизації функцій системи управління.

Системи класу «C2» вирішують тільки задачі моніторингу та управління, то системам класу «C4I» притаманні вже завдання контролю та діагностики. Тобто, основною тенденцією розвитку АСУ

---

<sup>5</sup> Настанова «Інформаційні та автоматизовані системи управління» ВКДП 6-26(01).01. Затверджена Наказом Командувача Військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України 24.12.2020 року. Київ. 2020. 46 с.

<sup>6</sup> Доктрина «Військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України». ВКП 6-00(01).01. Затверджена Головнокомандувачем Збройних Сил України 09.02.2021 року. Київ. 2021. 53 с.

<sup>7</sup> «Візія Генерального штабу ЗС України щодо розвитку Збройних Сил України на найближчі 10 років». URL: <http://www.mil.gov.ua/news/2020/01/11/viziya-generalnogo-shtabu>.

<sup>8</sup> Про Стратегію воєнної безпеки України: Указ Президента України від 25 березня 2021 року № 121/2021 / URL: <https://www.president.gov.ua/documents/1212021-37661>.

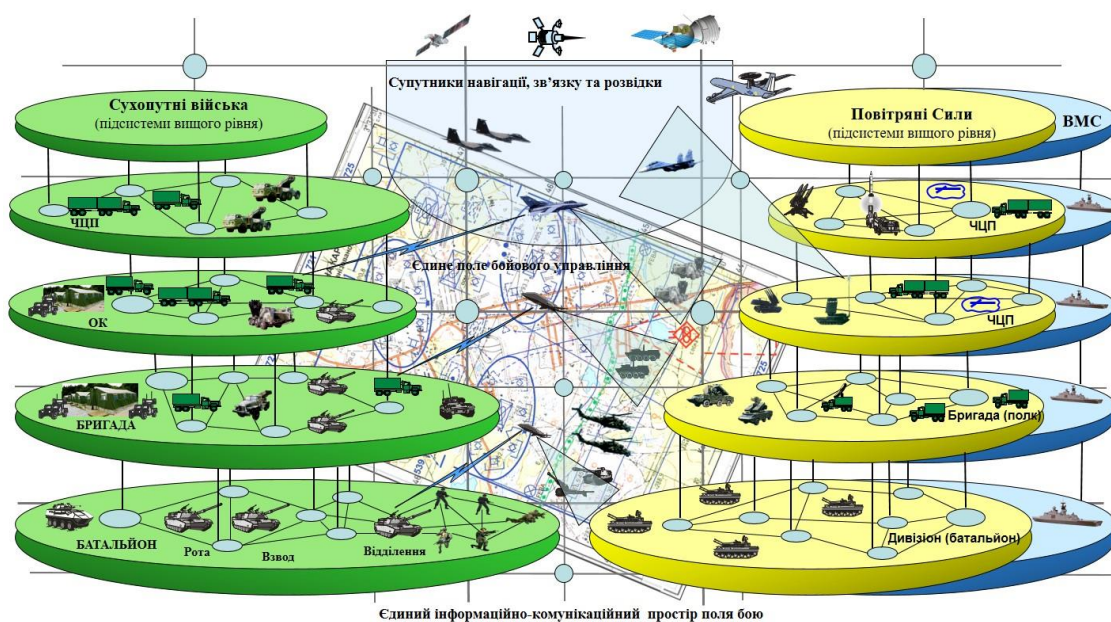
є їх інтелектуалізація. Цьому сприяло удосконалення існуючих та розробка перспективних систем зв'язку для ведення війн шостого покоління з метою створення систем передачі інформації у зоні бойових дій, яка є складовою глобальної системи оперативного управління. Крім того, відбувся перехід до створення сучасних глобальних систем зв'язку, які використовуються для формування безперервного інформаційного простору для командування, розвідки, засобів вогневого ураження.

Варіант узагальненої структури єдиного інфокомунікаційного простору наведена на рисунку 1.

В той же час система радіозв'язку на тактичному рівні може складатися із таких основних рівнів<sup>9</sup>:

1-й рівень – радіомережі мобільних абонентів (низового рівня управління) – військовослужбовець, БМП, танк, вертоліт та інші (розмірність сотні абонентів, динаміка змін топології дуже висока).

2-й рівень – мережі мобільних базових станцій, що утворює опорні мережі в різних географічних зонах виконання завдань. На даному рівні створюється мобільна високошвидкісна транспортна мережа, формуються зони радіодоступу мобільним абонентам та надає їм необхідні сервіси.



**Рис. 1. Структура єдиного інфокомунікаційного простору (варіант)**

<sup>9</sup> Настанова «Тактичний зв'язок» ВКДП 6-110(03).01. Затверджена Наказом Командування Військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України 24.12.2020 року. Київ. 2020. 54 с.

Розмірність мережі – десятки Мбіт/сек, динаміка змін топології – середня, можливий розподіл на підмережі (кожна МБС повинна обслуговувати до 200 військовослужбовців та 10-30 бойових машин).

3-й рівень – повітряна мережа літальних апаратів, яка забезпечує зв'язність між даними зонами. Даний рівень створює додаткову високошвидкісну транспортну мережу, формує зони радіодоступу мобільним абонентам та реалізовується на телекомунікаційних аероплатформах (безпілотних літальних апаратах, дронах тощо). Динаміка топології – може бути високою або низькою.

4-й рівень – може складати супутникова мережа.

Додатково може створюватись нульовий рівень – сенсорів.

Кожний наступний рівень зв'язку та інформаційних систем – забезпечує доступ мобільних абонентів та покращує якість обміну (надання відповідних сервісів). Кожен рівень мобільної компоненти має функціонувати у визначених їй смугах (номіналах) радіочастот<sup>10</sup>.

Перехід від одного виду бою до іншого, а також умови дій підрозділів на тактичному рівні не повинні викликати істотних змін в організації радіозв'язку.

Для забезпечення радіозв'язку на тактичному рівні всі підрозділи, як правило, повинні мати на озброєнні однотипні радіостанції. Застосування режиму **псевдовипадкової перебудови робочої частоти** (ППРЧ) та **технології MANET** в сучасних радіостанціях збільшує дальність радіозв'язку, розвід та завадозахищеність радіомереж, їх живучість.

Псевдовипадкова перебудова робочої частоти (FHSS – англ. Frequency-hopping spread spectrum) – метод передачі інформації по радіо, особливість якого полягає в частій зміні несучої частоти. Частота змінюється відповідно до псевдовипадкової послідовності чисел, відомої як відправнику, так і одержувачу. Метод підвищує перешкодозахищеність каналу зв'язку. ППРЧ-опція забезпечує ефективний захист від підслуховування, перешкод і радіопеленгації противником.

При роботі в режимі ППРЧ частоти зв'язку змінюється, залежно від діапазону, певну кількість разів на секунду у псевдовипадковому режимі, в широкому діапазоні частот. Ці швидкі зміни частоти запобігають несанкціонованому перехопленню повідомлень з боку

---

<sup>10</sup> Настанова «Тактичний зв'язок» ВКДП 6-110(03).01. Затверджена Наказом Командування Військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України 24.12.2020 року. Київ. 2020. 54 с.

противника, а широкий спектр стрибків унеможливорює постановку перешкод. ППРЧ підтримує режими цифрового голосу та обміну даними. Цифрове шифрування також може бути використано в режимі ППРЧ.

MANET (Mobile Ad hoc NETWORKS) мережі – радіомережі з випадковими мобільними абонентами, які реалізують повністю децентралізоване управління при відсутності базових станцій або опорних вузлів. Топологія – швидко змінюється з випадковим з'єднанням вузлів.

Але, силові структури це не лише Збройні Сили України. Сьогодні через глобальні зміни клімату кількість та масштаби надзвичайних ситуацій як в світі, так і в Україні постійно збільшуються. Через це, наприклад, професійні аварійно-рятувальні служби часто змушені залучати для ліквідації наслідків НС частини та підрозділи Збройних Сил України, інших військових формувань, утворених відповідно до законодавства України. Також ще більшої актуальності сьогодні набуває питання контролю ситуації на кордоні нашої країни підрозділами прикордонної служби. В таких критичних умовах ключове значення має швидке та ефективне управління всіма залученими підрозділами<sup>11</sup>.

Під час ліквідації НС окремі підрозділи можуть виконувати роботи на значних територіях, в умовах обмеженої видимості та природних перешкод (наприклад, в горах)<sup>12,13</sup>. Всі ці фактори впливають на організацію системи зв'язку та управління, і, тим самим, вимагають пошуку нових підходів та методів до організації цієї системи.

Сьогодні вже зроблені значні кроки з переоснащення силових структур сучасними засобами і комплексами зв'язку та телекомунікацій. Прийняті на озброєння та поставлені у війська

---

<sup>11</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В. Модель та метод управління трафіком в мережах зв'язку критичного призначення. *Prospects and priorities of research in science and technology: Collective monograph*. Vol. 2. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. P. 36-60. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-3>.

<sup>12</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К., Здоренко Ю.М. Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. Вип. 1 (34). С. 91–101 DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>.

<sup>13</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В. Модель та метод управління трафіком в мережах зв'язку критичного призначення. *Prospects and priorities of research in science and technology: Collective monograph*. Vol. 2. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. P. 36-60. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-3>.

десятки сучасних командно-штабних машин та комплексних апаратних зв'язку.

## 2. Засоби зв'язку та телекомунікацій силових структур України

Системи зв'язку та інформаційних систем Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту України, Збройних Сил України, Національної гвардії України, поліції мають стійку тенденцію до всебічного розвитку та переоснащення на новітні високотехнологічні засоби зв'язку та телекомунікацій з урахуванням досвіду провідних країн світу.

В підрозділах силових структур України використовуються засоби зв'язку як вітчизняного, так і іноземного виробництва: транкінгове обладнання Motorola, супутникові термінали Tooway, радіоререлейні станції, телекомунікаційні засоби, засоби радіозв'язку Harris, Aselsan, Elbit. Це дозволило реалізувати першочергові завдання щодо забезпечення зв'язку та створити цифрову систему захищеного зв'язку<sup>14,15,16,17</sup>; розгорнути систему супутникового зв'язку, систему цифрового транкінгового зв'язку; розпочати переобладнання апаратних зв'язку на цифрові засоби тощо.

*Характерні особливості, функції та можливості цифрових радіостанцій військового призначення.*

Сучасні радіостанції можуть передавати не тільки голосові повідомлення, але і обмінюватися даними, в тому числі зображеннями і відео, з досить великою швидкістю. Такий широкий функціонал забезпечується використанням технології **SDR** (Software-Defined Radio). Радіостанція з програмованими параметрами SDR відкриває нові горизонти можливостей в умовах бою. Принцип SDR технологій – злиття можливостей комп'ютера і радіостанції.

---

<sup>14</sup> Лаврут О.О., Климович О.К., Тарасюк М.Л., Антонюк О.Л. Стан та перспективи застосування сучасних технологій та засобів радіозв'язку в Збройних Силах України. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. Вип. 1(49). С. 42–49.

<sup>15</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К., Здоренко Ю.М. Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. Вип. 1 (34). С. 91–101 DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>.

<sup>16</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К. Перспективи розвитку автоматизованих систем управління тактичної ланки управління Сухопутних військ Збройних Сил України. *Системи обробки інформації*. 2014. Вип. 5 (121). С. 116-120.

<sup>17</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В. Модель та метод управління трафіком в мережах зв'язку критичного призначення. *Prospects and priorities of research in science and technology: Collective monograph*. Vol. 2. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. P. 36-60. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-3>.



Радіостанція з SDR, використовуючи кілька рівнів програмного забезпечення для виконання різних завдань, так само, як і настільний комп'ютер, може, наприклад, проводити обробку тексту, забезпечити перегляд Інтернет-ресурсів, а також управління базами даних залежно від уподобань користувача.

Операційна система SDR, яка використовується в США, називається комунікаційним програмним забезпеченням з відкритою архітектурою (SCA – Software Communications Architecture), і це дозволяє SDR-пристроєм обмінюватися інформацією один з одним. Шифрування сигналів є перепрограмованим і гнучким. Наприклад, можуть бути завантажені на SDR-радіостанцію алгоритми шифрування Single-Channel Ground and Airborne Radio System (SINCGARS), а також, якщо буде потрібно, може бути завантажене і інше програмне забезпечення.

SDR передбачає велику функціональну гнучкість, засновану на єдиній апаратній платформі. Дуже важливим є можливість використання однією апаратною платформою різних класів сучасного радіозв'язку: Soldier Radio Waveform (SRW), Wideband Networking Waveform (WNW), Mobile User Objective System (MUOS), Tactical Targeting Network Technology (TTNT), та інші, які будуть розроблені в майбутньому. Наприклад, SRW забезпечує підключення до мережі, а WNW підтримує далекий радіозв'язок.

#### Переваги SDR технології:

1) Ключовою перевагою SDR є взаємодія між засобами радіозв'язку попередніх поколінь і сучасними системами. Тобто забезпечення сумісної роботи та адаптації до спектру протоколів так, що в результаті можуть взаємодіяти різні моделі радіостанцій і мережі. *(Військовим системам зв'язку завжди була властива консервативність і оновлення парку засобів радіозв'язку в силових структурах, навіть в найрозвиненіших країнах, ніколи не зрівняється за своїми темпами з ринком сучасних мобільних телефонів і інших комунікаційних засобів. Це очевидно, адже ніякого прибутку, крім підвищення боєздатності, оснащення підрозділів більш сучасними радіозасобами не приносить. Тому важливо, щоб нові і старі системи могли працювати сумісно.)*

2) Поліпшений інтерфейс радіостанцій. Оператору не потрібно мати спеціальну освіту або проходити додаткове навчання, щоб користуватися пристроєм.

3) Новітні технології виконують свої завдання автоматично, не вимагаючи введення даних користувачем. *(Наприклад, станція може*

*виступати в якості ретранслятора, або брати участь у створенні бездротових мереж передачі даних під час руху. При цьому оператор про це нічого не знає і може використовувати станцію для зв'язку в будь-який момент.)*

4) Можливість отримання багатьох функцій і сервісів в одному компактному корпусі. (Наприклад, дані про військовослужбовців, які мають SDR-радіостанцію і вбудовані системи глобального позиціонування (GPS – *Global Positioning Systems*) можуть транслюватися в мережі так, що всі кореспонденти мережі, або, наприклад, тільки командир, можуть знати, і навіть бачити на реальній карті місцевості (при підключенні планшета або комп'ютера), де вони знаходяться. Така система може контролювати життєво важливі параметри людини за допомогою спеціальних датчиків і виконувати інші не менш важливі функції).

5) Реалізована можливість оперативної модернізації. Це продовжує життєвий цикл радіостанції, так як вона може бути пристосована до нових технологічних можливостей і сервісів просто через зміну програмного забезпечення.

Досвід застосування в силових структурах засобів радіозв'язку Harris свідчить, що перевагами використання цих радіостанцій є: забезпечення надійної роботи в радіонапрямку та в радіомережі як в телефонному режимі, так і в режимі передачі даних. Радіостанції мають покращену систему шифрування, забезпечують надійний зв'язок в робочому (розширеному) діапазоні частот. Режим псевдовипадкової перебудови робочої частоти (ППРЧ) забезпечує надійний захист від радіоелектронної протидії противника. Використання широкого діапазону частот від 30 МГц до 512 МГц дозволяє інтегрувати в одну радіостанцію наступні можливості: одноканальне тактичне радіо, вузькосмуговий та широкосмуговий режим роботи, автоматичну ретрансляцію та маршрутизацію інформації (MANET). GPS система забезпечує визначення місцеположення та автоматичну передачу цієї інформації в межах роботи даних радіостанцій. Вони можуть використовуватися в

переносному, мобільному (на автошасі) та стаціонарному варіантах<sup>18,19,20,21</sup>.

Як приклад наведемо більш повний перелік основних тактико-технічних характеристик (ТТХ) декількох з радіостанцій Harris.

RF-7850M-НН – портативна радіостанція VHF діапазону (30-512) МГц з потужністю 10 Вт, сумісна з Falcon II і Falcon III, розроблена для з'єднання до 192 кбіт/с і має вбудовані Ethernet, USB, RS-232, RS-485 і RNDIS інтерфейси, що забезпечує тактичний голосовий зв'язок і високошвидкісну передачу даних, а також дозволяє підключати велику кількість периферійних пристроїв.

Портативна радіостанція RF-7850M-НН забезпечує: високошвидкісну передачу даних, пряме підключення до тактичних периферійних пристроїв, програмне управління функціями радіостанції, одночасну передачу голосової інформації та даних, двомережевий напівдуплексний режим роботи, можливості вбудованого IP тактичного чату, автоматична чутливість до розмовного режиму пошепки.

Застосування портативної радіостанції RF-7850M-НН дозволяє отримувати відомості, які дають бійцям можливість мати більше інформації, отримувати з більш високою швидкістю, з важливими подробицями, що створюють інформаційну перевагу над противником в бойових умовах. Командири можуть отримувати в реальному часі ситуаційну інформацію, що дозволяє їм приймати більш швидкі і обґрунтовані рішення в залежності від бойовій ситуації.

---


<sup>18</sup> Лаврут О.О., Климович О.К., Тарасюк М.Л., Антонюк О.Л. Стан та перспективи застосування сучасних технологій та засобів радіозв'язку в Збройних Силах України. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. Вип. 1(49). С. 42–49.

<sup>19</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К., Здоренко Ю.М. Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. Вип. 1 (34). С. 91–101 DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>.

<sup>20</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К. Перспективи розвитку автоматизованих систем управління тактичної ланки управління Сухопутних військ Збройних Сил України. *Системи обробки інформації*. 2014. Вип. 5 (121). С. 116-120.

<sup>21</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В. Модель та метод управління трафіком в мережах зв'язку критичного призначення. *Prospects and priorities of research in science and technology: Collective monograph*. Vol. 2. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. P. 36-60. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-3>.

## Основні ТТХ портативної багатодіапазонної радіостанції Harris RF-7850M-НН

	Діапазон частот	30-512 МГц
	Заздалегідь підготовлені мережі	25 (13 виставляються перемикачем)
	Вихідна потужність	1, 2, 5, та до 10 Вт
	Коротка характеристика режимів роботи	1) ППРЧ: Quicklook 1А: 100 стрибків/с,; Quicklook 2. ТЛФ ( 300 стр/с ); Quicklook 3. ТЛФ ( 100, 300, 1000 стр/с); 2) TNW – до 64 станцій у мережі; 3) Фіксована частота (ФЧ).
	Заходи збільшення дальності зв'язку	Конфігурація ретранслятора з двох станцій; у режимі TNW одна зі станцій у мережі призначається повторювачем
	Передача даних	В режимі ППРЧ – до 64 кбіт/сек В режимі ФЧ – до 192 кбіт/сек
	Криптозахист	Citadel-128; Citadel-256; AES-128, AES-256
	GPS	Внутрішній
	Одночасне передавання даних та голосу; підтримка двох тангент; безпосереднє підключення до LAN та USB пристроїв	
	Габарити	74x246x61 мм
	Робоча температура	-20°C – +60°C
	Занурення у воду	до 5 м
	Вага, кг	0,68 без батареї; 0,91 з батареєю

Портативна радіостанція RF-7850M-НН сумісна з сімейством радіостанцій Harris Falcon II діапазонів ВЧ і НВЧ, а також з багатодіапазонними радіостанціями цього сімейства.

Розроблена для тактичної роботи з голосовою інформацією та даними, портативна радіостанція RF-7850M-НН забезпечує високошвидкісне з'єднання до 192 кбіт / с.


Інтегровані інтерфейси Ethernet, USB, RS-232, RS-485, і RNDIS дозволяють провести безпосереднє підключення і завантаження даних в радіостанцію від таких периферійних пристроїв, як цифрові камери і USB-пристрої зберігання інформації.

Сукупність усіх властивостей портативної радіостанції створюють можливість поширення зображень і великого об'єму файлів з інформацією без необхідності застосування обчислювальних терміналів, таких як ПК.

Портативна радіостанція RF-7850M-НН розроблена для підтримки системи управління боєм BMS / C4ISR, що використовує інтегрований GPS-приймач і Harris сигнали типу TNW. TNW – це сигнал, який базується на TDMA технології (часовий розподіл

каналів), що забезпечує до 64 користувачів та мережу для повідомлення термінових ситуативних даних. Крім того, мережі, які містять до 48 користувачів, мають додаткову перевагу у вигляді можливості одночасної передачі голосової інформації та даних.

### Основні ТТХ короткохвильової ранцевої радіостанції Harris RF-7800H-MP

	Призначення: забезпечення телефонного зв'язку та передачі даних у тактичній, оперативній та стратегічній ланках управління у радіомережах від командира бригади і вище .		
Діапазон робочих частот	1,5...59,9999 МГц		
Кількість каналів	75		
В діапазоні КХ (1,5 – 30 МГц):	USB (J3E-A1) – основний режим роботи; AME – (для зустрічної роботи з аналоговими засобами з АМ) CW( J2A); A1A (передача ключем у кодї Морзе).		
В діапазоні УКХ (20 – 60 МГц):	FM (F3E); (FSKпри передачі цифрової інформації)		
Безпека зв'язку	Citadel – 128; AES – 128; AES – 256		
Коротка характеристика режимів роботи	ППРЧ ( 8,9 стрибків/с ); фіксована частота; ALE – ( частотна адаптація 2-го покоління ) 3G – ( частотна адаптація 3-го покоління )		
Швидкість ПД (макс.)	120 кбіт/с при ширині каналу 24 кГц		
Потужність передавача, Вт	Низька (Low)	Середня (Medium )	Висока (High)
КХ: 1,5 – 29,9999 МГц	1	5	20
УКХ: 30 – 59, 9999 МГц	1	5	10
Занурення у воду	До 0,9 м		
Робоча температура, С	-40 С...+71 С		
Вага, кг	3,9		

Досвід використання радіостанцій Aselsan (Aselsan Elektronik Sanayi, Турція) говорить про те, що вони перекривають HF/VHF/UHF діапазони частот і виготовлені відповідно до вимог сухопутних, морських і військово-повітряних сил. Архітектура SDR дозволяє даним радіостанціям легко адаптуватися під різні тактичні задачі, змінювати частоти, модуляцію, застосовувати будь-які алгоритми

шифрування, гарантувати підвищену живучість проти засобів придушення радіосигналу. Це автомобільні радіостанції VRC-9661 (50 Вт), ранцеві радіостанції PRC-9661 (10 Вт), портативні PRC-9651 (5 Вт), персональні PRC-5712 (0,125 Вт) та апаратура внутрішнього зв'язку і комутації (АВЗК) ICS-6680.

Особливості та основні тактико-технічні характеристики: діапазон частот – 2-30 МГц і 30–512 МГц; Ad-Нос мережі; одночасна передача голосу і обмін даними в мережі; повний дуплекс; висока швидкість передачі даних (100 Кбіт в ширококутовій мережі); 16-14 Кбіт/с пропускна здатність в режимі ППРЧ; низька ймовірність перехоплення та виявлення; тактичний Інтернет; потужність різних модифікацій<sup>22,23,24,25</sup>.

Застосування радіостанції в режимі NBNR (відноситься до класу MANET) дозволяє проводити одночасно декілька сеансів зв'язку (передачі даних) на одному фізичному каналі. В такій мережі може бути до шести логічних мереж. Наприклад, можна планувати декілька взводних мереж в одній фізичній мережі роти.

Режим NBNR має функцію автоматичної ретрансляції, яка дозволяє двом кореспондентам зв'язатися між собою, використовуючи інші станції в якості ретрансляторів, якщо вони не можуть організувати канал між собою.

В режимі WBNR швидкість передачі даних зростає до 1 Мбіт/с (ППРЧ); швидкість ППРЧ – понад 1500 стрибків за секунду; організацію в мережі до 150 станцій; підтримка Ad Нос та TDMA, динамічний розподіл каналного ресурсу; до 10 стрибків для передачі даних та чотирьох стрибків для голосу в режимах як індивідуального, так і групового виклику.

Як приклад побудови мереж MANET можна навести принцип використання засобів військового зв'язку ASELNAN в режимі

---

<sup>22</sup> Лаврут О.О., Климович О.К., Тарасюк М.Л., Антонюк О.Л. Стан та перспективи застосування сучасних технологій та засобів радіозв'язку в Збройних Силах України. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. Вип. 1(49). С. 42–49.

<sup>23</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К., Здоренко Ю.М. Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. Вип. 1 (34). С. 91–101 DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>.

<sup>24</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К. Перспективи розвитку автоматизованих систем управління тактичної ланки управління Сухопутних військ Збройних Сил України. *Системи обробки інформації*. 2014. Вип. 5 (121). С. 116–120.

<sup>25</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В. Модель та метод управління трафіком в мережах зв'язку критичного призначення. *Prospects and priorities of research in science and technology: Collective monograph*. Vol. 2. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. P. 36-60. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-3>.

передачі голосу між мережами (рис. 2) та в режим міжмережевого шлюза (рис. 3.)<sup>26</sup>.



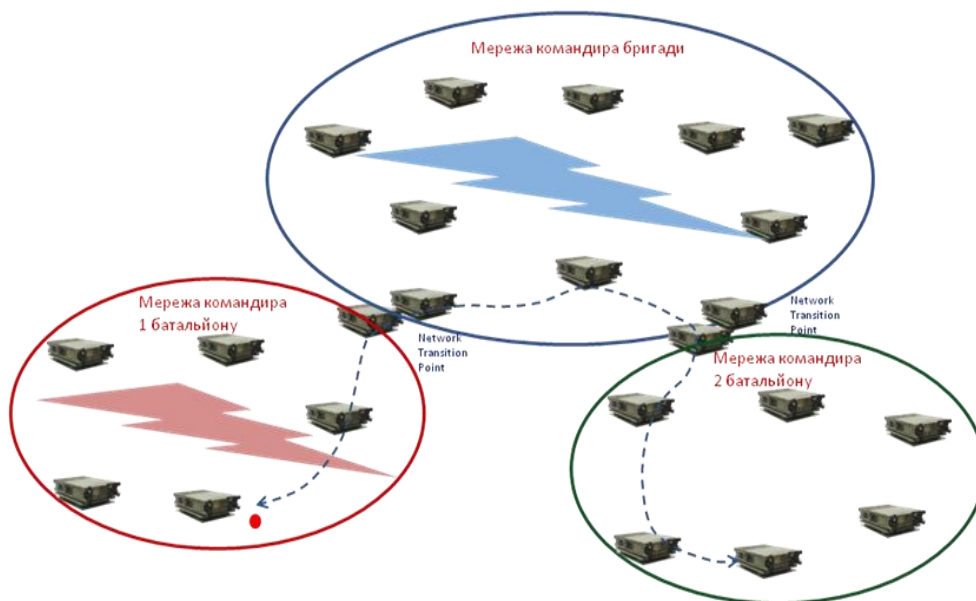
**Рис. 2. Передача голосу між мережами**

В даних режимах реалізовано передачу даних між декількома фізичними мережами за допомогою ретрансляційного пункту NTP (NETWORK TRANSITION POINT).

Достатня кількість радіостанцій ASELSAN в районі дозволить побудувати мережі передачі даних типу MANET (mobile ad-hoc network).

Застосування новітнього високотехнологічного обладнання зв'язку військового призначення (Harris, Aselsan, Elbit, телекомунікаційні засоби, широкосмугові радіорелейні станції) разом з використанням цивільних технологій і засобів (Tooway, Motorola) дає змогу відмовитись від застарілих і малоефективних принципів організації і забезпечення зв'язку та перейти до організації надання в інтересах пунктів управління якісних інформаційно-телекомунікаційних сервісів: IP-телефонія, відео– та аудіоконференція, швидкісна передача даних, криптографічний захист інформації, обмін електронними повідомленнями, тощо.

<sup>26</sup> Посібник з експлуатації радіостанції VRC 9651 компанії «ASELSAN» до організації самостійної роботи студентів із вивчення модуля «Військово-технічна підготовка» дисципліни «Військова підготовка» для громадян України, що навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу. Полтава. 2017. 59 с.



**Рис. 3. Режим міжмережевого шлюза**

**Кількість стрибків (ретрансляцій)  
для даних та голосу в різних режимах**

Режими	Дані		Голос	
	В одній фізичній мережі	Між фізичними мережами	В одній фізичній мережі	Між фізичними мережами
NBNR	до 3	до 3	можливо з IC-6680	
WBNR	до 10	не обмежено	до 4	можливо з IC-6680

Таким чином, сьогодні можна констатувати той факт, що силові структури України мають у своєму активі цілий арсенал сучасних цифрових засобів зв'язку та телекомунікацій, за допомогою яких можна будувати систему зв'язку та інформаційних систем на рівні C4ISR.

Однак, досі спостерігається тенденція застосування в різних силових підрозділах та структурах України різномірних засобів зв'язку, як військового, так і цивільного призначення. Тобто, засоби зв'язку та телекомунікацій, що використовуються Оперативно-рятувальною службою цивільного захисту України, Національною гвардією України, поліцією та Збройними Силами України потребують вирішення питання їх сумісності, надійності та забезпечення гарантованої якості під час виконання завдань з ліквідації надзвичайних ситуацій. В цих умовах необхідно вести пошук нових підходів до управління різномірним трафіком в інформаційно-телекомунікаційних мережах критичного призначення



(ІТМ КП), шляхів оптимізації розподілу ресурсів таких мереж з метою зменшення часу обміну інформацією між об'єктами мережі (пунктами управління) і, як наслідок, зменшення часу на прийняття рішення командиром в умовах, що швидко змінюються.

### **3. Інформаційна технологія управління інформаційним обміном в системі управління критичного призначення**

Управління інформаційним обміном в ІТМ КП припускає використання системних методів і алгоритмів управління трафіком (Traffic Engineering, TE), пов'язаних з оптимізацією робочих характеристик мережі, що включають технологію та наукові принципи моделювання, опису і управління трафіком для отримання необхідних робочих характеристик. TE включає набір взаємопов'язаних мережевих елементів, систему моніторингу стану мережі та набір засобів управління конфігурацією як відгук на поточний стан мережі, і дозволяє превентивно, використовуючи прогнозування стану та тенденцій розвитку трафіку, виконувати дії, що запобігають небажаним майбутнім станам. TE орієнтовано на мінімізацію втрат пакетів і затримок, оптимізацію пропускну здатності та узгодження найкращого рівня послуг. Смуга пропускання є критичним ресурсом сучасних ІТМ КП. Отже, центральною функцією TE є ефективне управління пропускну здатністю. В даний час в ІТМ КП використовуються різні методи TE. Більшість з них припускає можливість зовнішньої параметризації<sup>27</sup>.

Сьогодні інформаційні технології (ІТ) стали одним з найважливіших чинників, що впливають на ефективність управління підрозділами командирами різних рівнів. Надзвичайні ситуації, сучасні військові конфлікти характеризуються швидкою зміною обстановки. Саме тому необхідною умовою успіху стає доступ до актуальної, своєчасної, достовірної та добре структурованої інформації, яка в подальшому дасть можливість прийняти оптимальне рішення в умовах швидкозмінного середовища. Особливого значення набуває це питання в процесі управління ресурсами мереж зв'язку, а саме управління інформаційним обміном між різними посадовими особами на пунктах управління різного рангу.

Робота органів управління є інформаційно-аналітичним процесом, який відбувається у єдиному інформаційному просторі системи

---

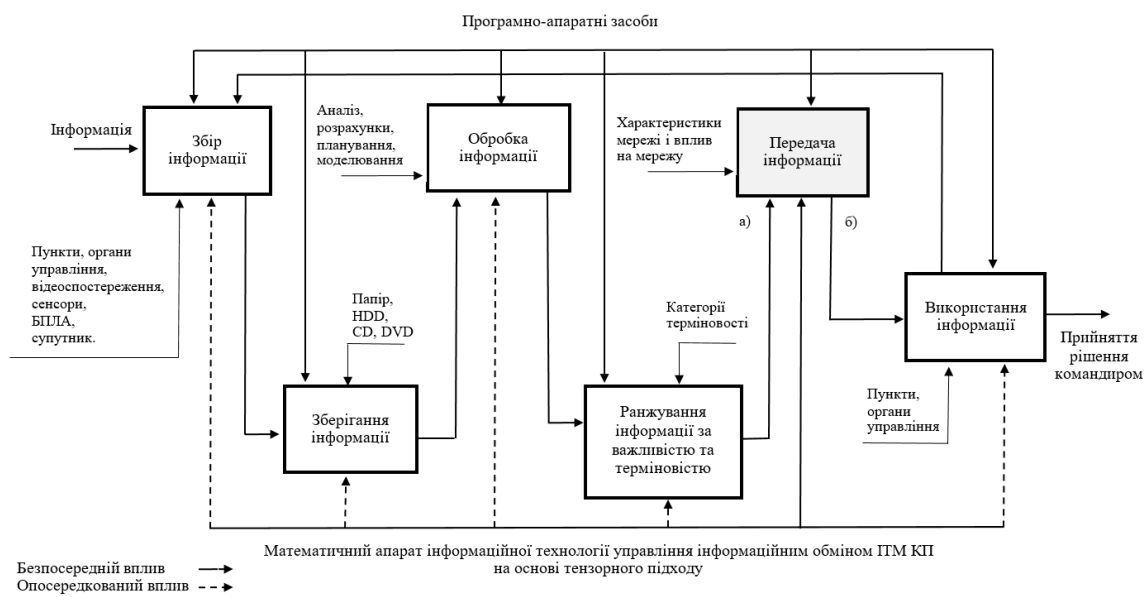
<sup>27</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Здоренко Ю.М., Колесник В.О. Модель та метод управління інформаційними потоками у телекомунікаційній мережі тактичної ланки управління. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2021. Вип. 1(40)/2021. С. 13–26. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-40-1-13-26>.

управління та спрямований на вирішення різнорідних завдань. Це стало можливим лише завдяки використанню новітнього високотехнологічного обладнання зв'язку та телекомунікації.

Виходячи з вищесказаного необхідно мати (розробити) інформаційну технологію управління інформаційним обміном в ІТМ КП, яка б забезпечувала виконання наступних основних операцій (процесів): збір, зберігання, оброблення, передавання та використання інформації з метою надання керівнику для прийняття рішення найбільш повної інформації в найкоротші терміни в ситуації, що швидко змінюється.

На рис. 4 показано перший рівень інформаційної технології управління інформаційним обміном в системі управління критичного призначення.

На пунктах управління на етапі збору інформації органи управління отримують інформацію від камер відеоспостереження, безпілотних літальних апаратів, супутників, органів управління вищого та нижчого рангів тощо.



**Рис. 4. Інформаційна технологія управління інформаційним обміном в інформаційно-телекомунікаційній мережі критичного призначення**

Інформація, що надходить, зберігається на вузлах зв'язку пунктів управління на папері, жорстких дисках та оптичних носіях у вигляді наказів, розпоряджень, директивних документів, донесень тощо.

Після отримання інформації на пунктах управління за допомогою програмно-апаратних засобів проводиться обробка, аналіз даної

інформації, необхідні розрахунки під час планування майбутніх дій. Проводиться моделювання варіантів запропонованих рішень та вибір найбільш оптимального. Формуються попередні розпорядження та відповідні вказівки.

Далі відбувається ранжування інформації (наказів, директивних документів, розпоряджень) за важливістю та терміновістю, після чого дана інформація передається по каналам зв'язку за допомогою різнотипних засобів (проводових, радіо, радіорелейних, тропосферних, супутникових).

На етапі передачі інформації засобами зв'язку (другий рівень інформаційної технології) відбувається запит на передачу (рис. 5). Саме на даному етапі ефективність управління мережевими ресурсами є головним чинником (важливим параметром є час доведення інформації із заданою швидкістю та ймовірністю доставки в будь-яких умовах обстановки). Після чого формуються вихідні дані для розрахунку мережі (проводиться моделювання інформаційно-телекомунікаційної мережі критичного призначення)<sup>28, 29, 30, 31, 32</sup>. моделюється топологія мережі відповідно до штатної структури підрозділу та взаємозв'язків з іншими підрозділами (старші, підпорядковані пункти управління, взаємодіючі та придані підрозділи), враховуються характеристики каналів зв'язку та елементів мережі (пропускні здатності, імовірності знищення (подавлення) каналів зв'язку та елементів мережі), враховуються вимоги до якості обслуговування, часу та ймовірності доставки даного повідомлення.

---

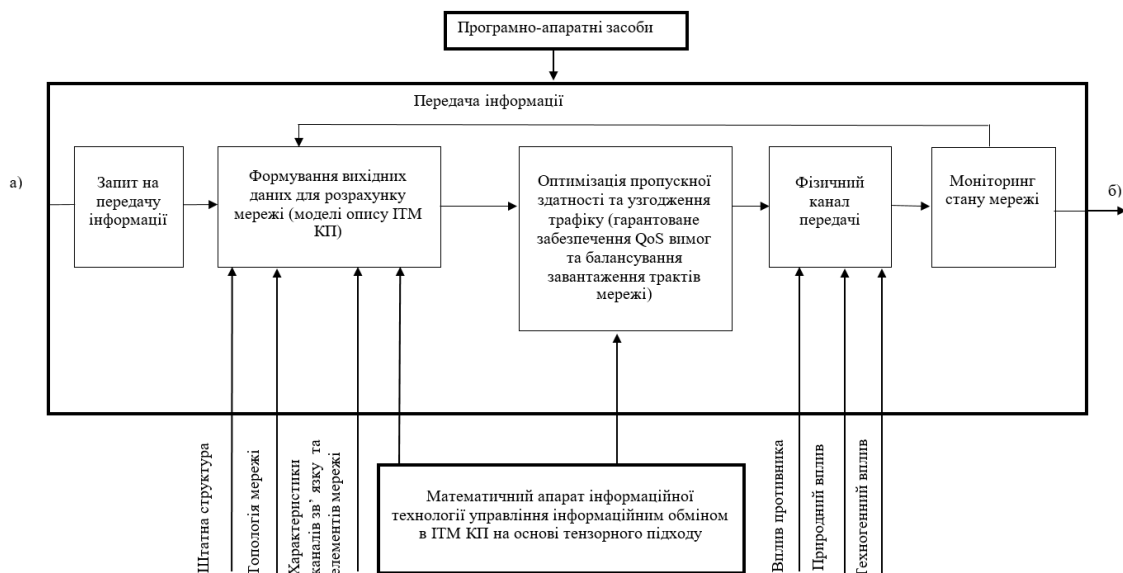
<sup>28</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В. Модель та метод управління трафіком в мережах зв'язку критичного призначення. *Prospects and priorities of research in science and technology: Collective monograph. Vol.2.* Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. P. 36-60. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-3>.

<sup>29</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Здоренко Ю.М., Колесник В.О. Модель та метод управління інформаційними потоками у телекомунікаційній мережі тактичної ланки управління. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони.* 2021. Вип. 1(40)/2021. С. 13–26. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-40-1-13-26>.

<sup>30</sup> Лаврут О.О., Блажко Л.М. Математичне моделювання процесів функціонування фрагменту мобільного компоненту системи зв'язку ЗС України. *Системи обробки інформації.* 2011. Вип. 8 (98). С. 170–174.

<sup>31</sup> Лаврут О.О., Стрюк О.Ю., Польщиків К.О. Тензор – можлива модель опису системи супутникового зв'язку як складного динамічного об'єкту. *Системи озброєння і військова техніка.* 2009. Вип. 4(20). С. 131-134.

<sup>32</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Мартиненко А.М. Описание системы спутниковой связи как сложного динамического объекта при помощи метода Крона. *Радиоелектронні і комп'ютерні системи.* 2010. № 7 (48). С. 251–256.



**Рис. 5. Інформаційна технологія управління інформаційним обміном в ІТМ КП (другий рівень)**

Під час оптимізації пропускної здатності та узгодження трафіку (гарантованого забезпечення QoS вимог та балансування завантаження трактів мережі) для проведення розрахунків пропонується використовувати розроблені моделі і методи управління інформаційним обміном <sup>33, 34, 35, 36, 37</sup> (математичний апарат інформаційної технології) в ІТМ КП на основі тензорного підходу:

<sup>33</sup> Лаврут О.О. Вибір критерію оцінювання якості управління потоками інформації у телекомунікаційній мережі мобільного компонента перспективної системи зв'язку ЗС України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2014. Вип. 3 (16). С. 113-115.

<sup>34</sup> Лаврут О.О. Метод динамічного управління потоками інформації з контролем якості передачі у телекомунікаційній мережі військового призначення. *Проблеми створення, випробовування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. 2015. Вип 10. С. 158–169.

<sup>35</sup> Лаврут О.О. Дослідження якості управління потоками інформації у моделі військової телекомунікаційної мережі представленої в тензорному вигляді. *Військово-технічний збірник*. 2015. Вип. 12/2015. С. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.12.2015.27-33>.

<sup>36</sup> Лаврут О.О. Метод управління потоками інформації у фрагменті мобільного компонента перспективної системи зв'язку в надзвичайних ситуаціях, що змінюються. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2012. № 1 (7). С. 94–101.

<sup>37</sup> Лаврут О.О. Динамічний метод управління потоками інформації у фрагменті мобільного компонента перспективної системи зв'язку в критичних умовах. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2012. № 6 (58). С. 202–207.

– модель та метод багатошляхової маршрутизації передачі команд управління між різними вузлами (елементами) інформаційно-телекомунікаційної мережі критичного призначення на основі тензорного підходу, в яких враховано потоковий характер трафіка;

– ймовірно-часову модель управління інформаційним обміном між різними вузлами інформаційно-телекомунікаційної мережі критичного призначення;

– багатопараметричну модель управління інформаційним обміном між елементами інформаційно-телекомунікаційної мережі критичного призначення, в якій враховується ієрархічність та блочність структури системи;

– метод динамічного управління інформаційним обміном між елементами інформаційно-телекомунікаційної мережі критичного призначення, який гарантовано забезпечує значення показників якості обслуговування вздовж кожного з розрахованих маршрутів.

Застосування даних моделей та методів дозволяє отримати оцінки параметрів управління, адекватні параметрам різнотипних трафіків користувачів, і передавати їх алгоритмам ТЕ, які входять до складу системних регуляторів пріоритетів і пропускної здатності. Це дозволить здійснити параметричну оптимізацію управління інформаційним обміном в ІТМ КП на рівні регулювання виділення потоків мережевих ресурсів у вузлах мережі.

Методи, задіяні при управлінні інформаційним обміном між елементами мережі критичного призначення, використовують комплекс розроблених математичних моделей, що враховують особливості різнотипних трафіків користувачів та дозволяють отримати моделі, адекватні реальним потокам із заданою точністю, одночасно враховуючи як функціональні, так і структурні параметри мережі. Дані моделі можуть бути використані і регулятором доступу ІТМ КП на етапі формування і модифікації параметрів віртуальних каналів.

Після проведення розрахунків інформація передається по фізичним каналам зв'язку. Під час обміну інформацією постійно ведеться моніторинг стану мережі. У випадку зміни стану мережі під впливом дій противника (подавлення ліній зв'язку, вогневого ураження та знищення засобів зв'язку, елементів мережі, пунктів управління), факторів природного та техногенного характеру, за допомогою математичного апарату інформаційної технології проводиться перерахунок з метою оптимального розподілу трафіку, що передається, з виконанням вимог до якості обслуговування.

Оновлену інформацію органи управління на пунктах управління різного рангу використовують для корегування відпрацьованих варіантів прийнятих рішень.

Використання запропонованої інформаційної технології управління інформаційним обміном в мережі критичного призначення дає змогу більш якісно вибрати необхідні параметри і характеристики інформаційних потоків між елементами мережі (пунктами управління), розробляти математичні моделі підсистеми передачі інформації з метою оптимального розподілу потоків в ІТМ КП для своєчасного доведення інформації із забезпеченням гарантованої якості в будь-яких умовах обстановки, що дозволить підвищити ефективність управління інформаційним обміном в ІТМ КП.

#### **4. 6G: технологія побудови майбутніх бездротових систем зв'язку та управління**

В умовах ліквідації надзвичайних ситуацій, запобігання виникнення або усунення нештатних (загрозливих) ситуацій на кордоні, окремі підрозділи можуть виконувати роботи на значних територіях в умовах обмеженої видимості та природних перешкод (наприклад, в горах, болотяній або лісовій місцевості). Всі ці фактори впливають на організацію системи зв'язку та управління, і, тим самим, вимагають постійного пошуку нових підходів та методів до побудови, організації та розгортання цієї системи<sup>38,39</sup>.

Як вже відмічалось, сьогодні одним з нових найбільш перспективних напрямів розвитку у сфері інформаційно-телекомунікаційних мереж зв'язку є застосування мобільних радіомереж (MR), що відносяться до класу MANET. В свою чергу розширення можливостей щодо передачі інформації в MR можна досягати шляхом використання мобільних вузлів на базі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) (рис. 6). Безпілотні літальні апарати

---

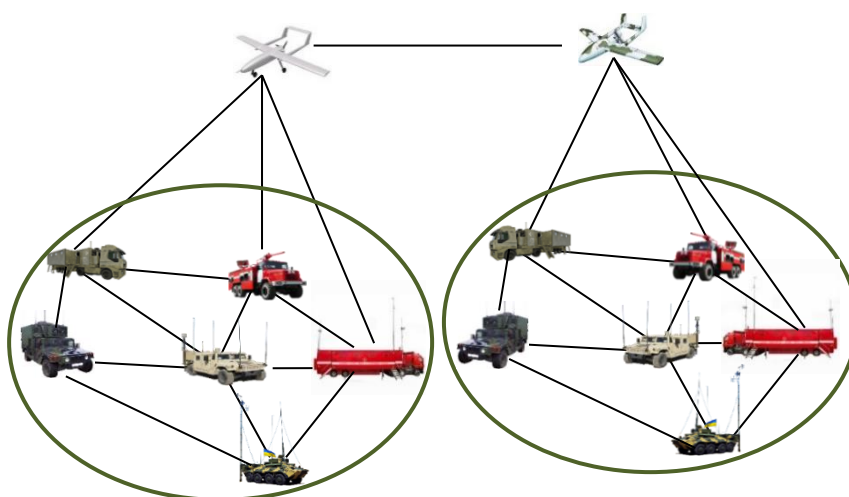
<sup>38</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К., Здоренко Ю.М. Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. Вип. 1 (34). С. 91–101 DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>.

<sup>39</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В. Модель та метод управління трафіком в мережах зв'язку критичного призначення. *Prospects and priorities of research in science and technology: Collective monograph*. Vol. 2. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. Р. 36-60. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-3>.

можуть застосовуватись для створення бездротових самоорганізованих мереж Flying Ad-hoc networks (FANET)<sup>40</sup>.

В таких складних системах широкий спектр пристроїв та обладнання може об'єднуватись в мережі шляхом мережевої архітектури бездротових динамічних децентралізованих мереж. Особливістю таких мереж є те, що їх топологія та маршрути передачі даних від вузла-джерела (відеокамера або датчика на борту БПЛА) до вузла-отримувача (комп'ютера наземної станції або рухомого об'єкта) піддається швидким та частим змінам.

Особливістю таких бездротових самоорганізованих мереж як MANET та FANET є швидка зміна їх топології, і, як наслідок, зміна маршрутів передачі даних від вузла-джерела до вузла-отримувача. Тому важливою задачею є пошук нових методів та підходів до управління мережевими ресурсами в бездротових самоорганізованих мережах<sup>41</sup>.



**Рис. 6. Варіант побудови інформаційно-телекомунікаційної мережі критичного призначення з використанням БПЛА в якості ретрансляторів**

<sup>40</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Опалинський В.Б. Перспективи використання БПЛА в інформаційно-телекомунікаційних мережах критичного призначення. *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»*: Conference proceedings, March 12–13, 2021. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2021. PP. 40-44. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-046-9-9>.

<sup>41</sup> Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Опалинський В.Б. Перспективи використання БПЛА в інформаційно-телекомунікаційних мережах критичного призначення. *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»*: Conference proceedings, March 12–13, 2021. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2021. PP. 40-44. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-046-9-9>.

В цілому, нові підходи, методи та технології, розвиток інфокомунікацій призвели до появи такої **концепції як інтернет речей**. Інтернет речей (англ. *Internet of Things, IoT*) – концепція мережі, що складається із взаємопов'язаних фізичних пристроїв, які мають вбудовані датчики, а також програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати передачу та обмін даними між фізичним світом і комп'ютерними системами в автоматичному режимі за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку. Окрім датчиків, мережа може мати виконавчі пристрої, вбудовані у фізичні об'єкти та пов'язані між собою через дротові чи бездротові мережі. Під час побудови системи оперативного управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR) велика увага буде приділятися створенню бездротових мереж, що самоорганізуються, саме таких як MANET та FANET.

Сучасні технології розвиваються дуже швидко. Наприклад, технологія мобільного зв'язку розвивається до нового покоління за кожні 10 років, в той час як послуги мобільного зв'язку кожні 20 років зазнавали серйозних змін. Ми сьогодні широко використовуємо технологію третього покоління – 3G (в тому числі і в радіостанціях військового зв'язку Harris), що дозволяє будь-кому користуватися послугами голосового зв'язку, передачі даних та передачі мультимедійної інформації, наприклад картинки, музика та відео. У четвертому поколінні (4G) зв'язок із високою швидкістю передачі даних понад 100 Мбіт/с було досягнуто за допомогою технології LTE (Long Term Evolution), що призвело до появи різноманітних мультимедійних комунікаційних послуг. **4G технологія** продовжувала розвиватися у формі LTE-Advanced і тепер досягла максимуму швидкості передачі даних понад 1 Гбіт/с. Подальший технічний прогрес зробив реальністю появу п'ятого покоління (5G). Японська компанія DoCoMo запровадила комерційну послугу 5G, використовуючи свою систему мобільного зв'язку 5G 25 березня 2020 року<sup>42</sup>.

**Технологія 5G** характеризується високою швидкістю передачі даних, високою пропускну здатністю, низькою затримкою і збільшеною кількістю підключень. Завдяки таким характеристикам 5G очікується покращення рівня послуги мультимедійного зв'язку у порівнянні з попередніми поколіннями, включаючи 4G. Дана технологія стане фундаментальною, у взаємозв'язку з розвитком технології штучного інтелекту (ШІ) та інтернету речей (IoT, Internet of

---

<sup>42</sup> В Японії рассказали, когда запустят сети 6G. 29.01.2020. URL: <https://newsmir.info/1970600>.



Things). 5G дозволить перейти від зв'язку між пристроями, такими як телефонні апарати, до зв'язку між машинами. Це забезпечить не лише голосову і цифрову комунікацію, але й обміни великими масивами даних у реальному часі, який характерний для «Інтернету речей», телемедицини, управління «розумними містами», а також роботи автономних автомобілів. Фактично 5G – це перше покоління мобільних пристроїв системи зв'язку, які можуть підтримувати високочастотні діапазони вище 10 ГГц.

Сьогодні в провідних країнах світу відбувається активне впровадження мобільних мереж п'ятого покоління за технологією 5G. Ще у 2018 році були проведені успішні експерименти, пов'язані з розповсюдженням радіохвиль на частотах до 150 ГГц, а також визначена максимально можлива теоретична швидкість передачі даних для 5G на рівні 20 Гбіт/с<sup>43, 44</sup>. В кінці жовтня 2019 року, 50 операторів мобільного зв'язку запустили комерційні сервіси 5G в 27 країнах.

Вважається, що 5G вирішуватиме деякі з багатьох соціальних проблем і потреб суспільства, буде надано широкий спектр рішень, таких як дистанційна робота, дистанційне керування, телемедицина, дистанційна освіта та автономна робота різного обладнання, в тому числі автомобілів через комунікаційні мережі з високою швидкістю передачі даних і низькою затримкою.

Очевидно, що в майбутньому буде надзвичайно важливо використовувати ці нові технічні можливості для командування і управління, зв'язку, а також в інших цілях. Без зв'язку 5G буде важко повною мірою використовувати великі обсяги даних, штучний інтелект і хмарні комп'ютерні технології на полі бою та під час ліквідації надзвичайних ситуацій<sup>45</sup>.

Водночас Японія до 2030 року розраховує розпочати експлуатацію мобільних мереж шостого покоління **6G**. В офіційних документах компанії NTT DoCoMo йдеться, що в майбутньому телекомунікаційна галузь переходитиме на використання частот більш ніж 100 ГГц. Сервіси шостого покоління будуть мати затримки менш ніж 1 мс. На площі в один квадратний кілометр одночасно зможуть знаходитись

---

<sup>43</sup> В Японії рассказали, когда запустят сети 6G. 29.01.2020. URL: <https://newsmir.info/1970600>

<sup>44</sup> 5G Evolution and 6G. January 2022 (Version 4.0). URL: [https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper\\_6g/DOC\\_OMO\\_6G\\_White\\_PaperEN\\_v4.0.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOC_OMO_6G_White_PaperEN_v4.0.pdf)

<sup>45</sup> НАТО і завдання 5G 30.09.2020 URL: <https://www.nato.int/docu/review/uk/articles/2020/09/30/nato-zavdannya-5g/index.html>

більш ніж 10 мільйонів різних пристроїв, які використовують 6G-підключення. При цьому мережі 6G будуть забезпечувати пропускну здатність до 100 Гбіт/с при більш надійному з'єднанні порівняно з мережами попередніх поколінь. Забезпечувати їх роботу будуть засоби штучного інтелекту.

**Технологія 6G** матиме наступні переваги:

1. Висока швидкість і пропускну здатність. Під час впровадження 6G будуть реалізовані надзвичайно висока швидкість і високопродуктивність зв'язку (мова йде про реалізацію швидкості зв'язку понад 100 Гбіт/с і пропускну здатності, яка буде збільшена в понад 100 разів відносно попереднього покоління, з одночасним підключенням великої кількості користувачів).

2. Значне розширення покриття. Впровадження 6G розширить сфери діяльності людей і речей та створить нові галузі промисловості. Наприклад, логістичні послуги, такі як доставка додому за допомогою дронів. Ймовірно також застосування технології у майбутніх польотах в космос та організацію зв'язку з підводними об'єктами.

3. Надзвичайно низькі енергоспоживання та зниження витрат. Реалізація 6G в майбутньому планує розвиток технології електропостачання з використанням радіо сигналу і технологію зниження енергоспоживання пристрою, тим самим, можна очікувати що зарядка портативного терміналу стане взагалі непотрібною.

4. Надзвичайно низькі затримка. Планується досягнення затримки 1 мс (час реакції нервової системи людини становить приблизно 20 мс). Тим самим, мережа зможе реагувати швидше, ніж нервова система людини. Враховуючи ці цифри, можна буде розширити органи чуття людини в мережі, підключивши до неї інформацію про мозок і тіло.

5. Надзвичайно надійний зв'язок. Коли бездротовий зв'язок використовується для військових, рятувальних чи промислових цілей, його надійність повинна бути дуже високою. В майбутньому при значному збільшенні застосування роботів і дронів та реалізація більш широкого радіопокриття на повітря, море і космос, надійність зв'язку буде мати велике значення. Очікується, що 6G забезпечить більший рівень надійності, ніж 5G. Якщо в 5G реалізація надійного зв'язку досягає 99,9999%, то в 6G планується покращення на один порядок 99,99999%.

6. Можливість підключення великої кількості елементів мережі. Планується, що в майбутньому буде використовуватись велика кількість пристроїв, які зможуть спілкуватись між собою в реальному часі. Це світ, в якому всі речі, такі як транспортне обладнання,

включаючи автомобіль, будівельне обладнання, верстат, камера спостереження, різні датчики пов'язані з кіберпростором, і це буде вимагати підключення пристроїв в 10 разів більше ніж розраховано для технології 5G. Для 6G це буде 10 мільйонів пристроїв на квадратний кілометр.

Розробники позиціонують впровадження нової технології наступним чином. Наша повсякденна діяльність буде розширена в просторі – на багатоповерхівки, дрони, літаючі машини, літаки, кораблі і навіть космос. Потреби в різних сенсорних мережах, безпілотних заводах і безпілотні будівельні майданчики вимагатимуть покриття зв'язку навіть у середовищі, де неможливе існування людини. Як наслідок, усі території необхідно буде охопити послугами зв'язку, будь то земля, небо, море чи космос<sup>46, 47</sup>.

Передача та обробка великого обсягу інформації між кіберпростором і фізичним простором дозволить тісніше співпрацювати цим двом областям. З рештою, кіберпростір і фізичний простір будуть об'єднані в один домен. Для людей кіберпростір зможе підтримувати людське мислення та діяльність у режимі реального часу через переносні пристрої або мікропристрої, що прикріплені до тіла людини або пов'язані з мозком (можливі інші технології). Всі речі будуть співпрацювати з кіберпростором.

Ця технологія дозволить об'єднати різноманітні віртуальні суспільства, де різні речі та люди можуть взаємодіяти між собою та виходити за рамки реального світу. Віртуальний простір дозволить людям розширити свій потенціал і можливості.

Також планується, що нові типи сенсорної інформації стануть доступними для передачі в мережі, це дасть можливість досягти обміну інформацією, що передає реалістичне відчуття присутності чи атмосфери тобто створення «шостого почуття» за допомогою багатосарової інформації в середовищі віртуальної реальності. З точки зору підключення відчуття, ми зможемо відчуті потенціал «багатосенсорного спілкування». Мультисенсорне спілкування має намір використовувати не тільки звичайні слухові (голос) і зорові (відео) відчуття, а й тактильні, смакові та нюхові відчуття п'яти

---

<sup>46</sup> В Японії рассказали, когда запустят сети 6G. 29.01.2020. URL: <https://newsmir.info/1970600>

<sup>47</sup> 5G Evolution and 6G. January 2022 (Version 4.0). URL: [https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper\\_6g/DOC\\_OMO\\_6G\\_White\\_PaperEN\\_v4.0.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOC_OMO_6G_White_PaperEN_v4.0.pdf)

почуттів, а також враження, які ми отримуємо від місця або речі, включаючи атмосферу і фізіологічні відчуття<sup>48, 49</sup>.

Використання даної технології дозволить побудувати та реалізувати надійні високошвидкісні мережі зв'язку критичного призначення. Розширити можливості системи C4ISR. Використання віртуального простору розширить можливості підрозділів в питаннях підготовки, тренування, моделювання і планування майбутніх дій, обміну великими об'ємами інформації в реальному масштабі часу, дозволить розпочати широке використання роботизованої техніки під час виконання завдань за призначенням.

## **ВИСНОВКИ**

Сьогодні у силових структурах України ведеться активна робота щодо створення ефективної системи оперативного управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR) з метою здійснення управління підрозділами в єдиному інфокомунікаційному просторі. В той же час відбувається активне переоснащення підрозділів на цифрові засоби і комплекси зв'язку, які побудовані за сучасними технологіями. Використання даних засобів дозволяє створювати захищені мережі, в тому числі бездротові (MANET).

Сьогодні наявність в різних силових підрозділах різнотипних засобів зв'язку та телекомунікацій потребує вирішення питання їх сумісності, надійності та забезпечення гарантованої якості під час виконання завдань за призначенням. Відповідно, актуальним напрямом досліджень є аналіз сучасних методів і технологій побудови високошвидкісних та надійних систем управління силовими структурами України під час виконання ними завдань в умовах, що швидко змінюються, а також пошук нових підходів до управління різномірним трафіком в інформаційно-телекомунікаційній мережі критичного призначення.

Запропоновано інформаційну технологію управління інформаційним обміном в мережі критичного призначення, яка дає змогу більш якісно вибирати необхідні параметри та характеристики інформаційних потоків між елементами мережі (пунктами управління), що дозволяє оптимально розподіляти їх в ІТМ КП та

---

<sup>48</sup> В Японії рассказали, когда запустят сети 6G. 29.01.2020. URL: <https://newsmir.info/1970600>

<sup>49</sup> 5G Evolution and 6G. January 2022 (Version 4.0). URL: [https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper\\_6g/DOC\\_OMO\\_6G\\_White\\_PaperEN\\_v4.0.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOC_OMO_6G_White_PaperEN_v4.0.pdf)

своєчасно доводити інформацію із забезпеченням гарантованої якості в будь-яких умовах обстановки. В рамках інформаційної технології на етапі оптимізації пропускної здатності та узгодження трафіку (гарантованого забезпечення QoS вимог та балансування завантаження трактів мережі) пропонується використовувати розроблені моделі і методи управління інформаційним обміном на основі тензорного підходу, що в свою чергу, дозволить підвищити ефективність управління інформаційним обміном в ІТМ КП.

Показано, що використання технологій 5G та 6G дозволить будувати надійні високошвидкісні мережі зв'язку критичного призначення, розширить можливості підрозділів силових структур в питаннях їх підготовки, тренування та застосування під час виконання завдань за призначенням.

Таким чином, використовуючи сучасні методи та технології для створення систем управління критичного призначення, можна постійно підтримувати високий рівень готовності силових структур до виконання завдань за призначенням.

## **АНОТАЦІЯ**

В роботі проводиться аналіз тенденцій розвитку систем зв'язку та управління силових структур України. Показано, що одним із головних напрямів

розвитку є створення єдиного інформаційно-комунікаційного середовища на основі впровадження сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій прикладом якої може бути система оперативного управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR).

Показано, що розвиток системи зв'язку та управління силових структур України має стійку тенденцію до всебічного розвитку, модернізації і переоснащення засобами, які побудовані на сучасних цифрових технологіях.

Розглядається інформаційна технологія управління інформаційним обміном в системі управління критичного призначення. Показано, що використання запропонованої технології та розроблених моделей і методів управління інформаційним обміном в мережі критичного призначення дає змогу більш якісно вибирати необхідні параметри інформаційних потоків між елементами мережі для своєчасного доведення інформації із забезпеченням гарантованої якості в будь-яких умовах обстановки, що дозволить підвищити ефективність системи управління в цілому.

Проведено аналіз розвитку та можливостей мобільних бездротових мереж. Показано, що використання технологій 5G та 6G дозволить будувати надійні високошвидкісні мережі зв'язку критичного призначення і, відповідно, підтримувати високий рівень готовності силових структур України до виконання завдань за призначенням.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лаврут О.О., Климович О.К., Тарасюк М.Л., Антонюк О.Л. Стан та перспективи застосування сучасних технологій та засобів радіозв'язку в Збройних Силах України. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. Вип. 1(49). С. 42–49.

2. Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К., Здоренко Ю.М. Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. Вип. 1 (34). С. 91–101 DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>.

3. Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Климович О.К. Перспективи розвитку автоматизованих систем управління тактичної ланки управління Сухопутних військ Збройних Сил України. *Системи обробки інформації*. 2014. Вип. 5 (121). С. 116–120.

4. Настанова «Тактичний зв'язок» ВКДП 6-110(03).01. Затверджена Наказом Командування Військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України 24.12.2020 року. Київ. 2020. 54 с.

5. Настанова «Інформаційні та автоматизовані системи управління» ВКДП 6-26(01).01. Затверджена Наказом Командувача Військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України 24.12.2020 року. Київ. 2020. 46 с.

6. Доктрина «Військ зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України». ВКП 6-00(01).01. Затверджена Головнокомандувачем Збройних Сил України 09.02.2021 року. Київ. 2021. 53 с.

7. «Візія Генерального штабу ЗС України щодо розвитку Збройних Сил України на найближчі 10 років». URL: <https://www.mil.gov.ua/special/news.html?article=55107>. (Дата звернення 04.02.2022).

8. Про Стратегію воєнної безпеки України: Указ Президента України від 25 березня 2021 року № 121/2021. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/1212021-37661> (Дата звернення 04.02.2022).

9. Лаврут О.О., Лаврут Т.В. Модель та метод управління трафіком в мережах зв'язку критичного призначення. *Prospects and priorities of*

*research in science and technology: Collective monograph*. Vol. 2. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. P. 36–60. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-3>.

10. Посібник з експлуатації радіостанції VRC 9651 компанії «ASELSAN» до організації самостійної роботи студентів із вивчення модуля «Військово-технічна підготовка» дисципліни «Військова підготовка» для громадян України, що навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу. Полтава. 2017. 59 с.

11. Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Здоренко Ю.М., Колесник В.О. Модель та метод управління інформаційними потоками у телекомунікаційній мережі тактичної ланки управління. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2021. Вип. 1(40)/2021. С. 13–26. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-40-1-13-26>.

12. Лаврут О.О., Блажко Л.М. Математичне моделювання процесів функціонування фрагменту мобільного компоненту системи зв'язку ЗС України. *Системи обробки інформації*. 2011. Вип. 8 (98). С. 170–174.

13. Лаврут О.О., Стрюк О.Ю., Польщиков К.О. Тензор – можлива модель опису системи супутникового зв'язку як складного динамічного об'єкту. *Системи озброєння і військова техніка*. 2009. Вип. 4(20). С. 131–134.

14. Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Мартиненко А.М. Описание системы спутниковой связи как сложного динамического объекта при помощи метода Крона. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2010. № 7 (48). С. 251–256.

15. Лаврут О.О. Вибір критерію оцінювання якості управління потоками інформації у телекомунікаційній мережі мобільного компоненту перспективної системи зв'язку ЗС України. *Наука і техніка Повітряних сил Збройних Сил України*. 2014. Вип. 3 (16). С. 113–115.

16. Лаврут О.О. Метод динамічного управління потоками інформації з контролем якості передачі у телекомунікаційній мережі військового призначення. *Проблеми створення, випробовування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. 2015. Вип. 10. С. 158–169.

17. Лаврут О.О. Дослідження якості управління потоками інформації у моделі військової телекомунікаційної мережі представленої в тензорному вигляді. *Військово-технічний збірник*. 2015. Вип. 12/2015. С. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.12.2015.27-33>.

18. Лаврут О.О. Метод управління потоками інформації у фрагменті мобільного компонента перспективної системи зв'язку в надзвичайних ситуаціях, що змінюються. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2012. № 1 (7). С. 94–101.

19. Лаврут О.О. Динамічний метод управління потоками інформації у фрагменті мобільного компонента перспективної системи зв'язку в критичних умовах. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2012. № 6 (58). С. 202–207.

20. Лаврут О.О., Лаврут Т.В., Опалинський В.Б. Перспективи використання БПЛА в інформаційно-телекомунікаційних мережах критичного призначення. *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»*: Conference proceedings, March 12–13, 2021. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2021. PP. 40-44. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-046-9-9>.

21. В Японии рассказали, когда запустят сети 6G. 29.01.2020. URL: <https://newsmir.info/1970600> (Дата звернення 04.02.2022).

22. 5G Evolution and 6G. January 2022 (Version 4.0). URL: [https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper\\_6g/DOCOMO\\_6G\\_White\\_PaperEN\\_v4.0.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOCOMO_6G_White_PaperEN_v4.0.pdf) (Дата звернення 04.02.2022).

23. НАТО і завдання 5G 30.09.2020 URL: <https://www.nato.int/docu/review/uk/articles/2020/09/30/nato-zavdannya-5g/index.html> (Дата звернення 04.02.2022).

**Information about the author:**

**Lavrut Oleksandr Oleksandrovych,**

Doctor of Engineering Sciences, Professor,

Professor at the Department of Tactics

Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy

32, Heroes of Maidan str., Lviv, 79026, Ukraine