

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО
ПРОСТОРУ

Кваліфікаційна наукова праця на
правах рукопису

КОЗЛОВ ОЛЕКСІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 623.618

ДИСЕРТАЦІЯ

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ІНТЕГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ
СИСТЕМ НА БАЗІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПЛАТФОРМИ

122 – «Комп’ютерні науки»
Галузь знань 12 – Інформаційні технології
Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О.С. Козлов

Наукові керівники:

Довгий С.О., академік НАН України, доктор фізико-математичних наук,
професор

Копійка О.В., член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук,
професор

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Козлов О.С. Моделі та методи інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки», галузь знань 12 – Інформаційні технології. – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, Київ, 2025

Враховуючи російське вторгнення в Україну 24 лютого 2022 року, для забезпечення нагальних потреб ведення бойових дій для захисту суверенітету України, важливим питанням стало розвиток єдиного інформаційно-комунікаційного простору Збройних сил України (ЗСУ) для забезпечення швидкоплинності збору різноманітних даних, мобільності, підвищення рівня живучості та витривалості, здатності до оперативного розгортання та негайного застосування сил та засобів в умовах бойових дій.

Дана робота вирішує актуальну науково-практичну задачу є інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи, яка забезпечує автоматизацію управлінських процесів інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення C4ISR.

В дисертаційній роботі досягнуто підвищення ефективності функціонування інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення за рахунок надання їм властивості інформаційної платформи, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування (C4ISR).

Розроблено математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення, яка складається із: структури управлінських процесів; структури сервісів; інформаційної структури; інтеграційної структури та базується на п'яти основних принципах: загальна інформаційна модель; загальна телекомунікаційна інфраструктура; чітко встановлені інтерфейси; незалежність управлінських процесів від сервісів; розподілена система з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

Розроблено модель інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення рівня C4ISR, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування.

Розроблено концепцію інформаційної платформи, яка забезпечує побудову сучасної інфраструктури на основі конвергенції інформаційно-комунікаційних систем для розв'язання задач підвищення ефективності функціонування систем спеціального призначення, що надає можливість забезпечити якісний і повсюдний доступ клієнтів до ІТ-сервісів та служб.

Розроблено модель систему польового зв'язку тактичної ланки, яка побудована за принципом гетерогенних клієнтів у вигляді командно-штабних машин, які дозволяють забезпечити передачу інформації навіть в умовах апріорної невизначеності, а мережа в цьому випадку є самокерованою та адаптованою.

Розроблено метод синтезу комунікаційної інфраструктури, яка отримує конвергентні властивості для надання персоналізованих послуг кінцевому користувачу, який базується на запропонованих моделях і методах та дозволяє клієнту реалізувати принцип самоконфігурації послуг та отримувати увесь спектр сучасних конвергентних інформаційно-комунікаційних послуг з узгодженою якістю (QoS).

Розроблено модель побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки призначену для автоматизації процесів планування та управління підрозділами, а також для збирання розвідувальної інформації, її накопичення, обробки, аналізу, підтримки прийняття рішення відповідними командирами тактичної ланки щодо засобів ураження з метою підвищення ефективності виконання бойових завдань.

Розроблено модель стеку технологій, яка враховує використання самокерованих адаптованих мереж, програмного забезпечення здатного до самоналаштування та інтеграцію усіх компонентів з використанням інформаційної платформи.

Удосконалено метод оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу, який відрізняється від інших введенням оригінальної цільової функції, яка змінюється в залежності від сценарію управлінських процесів та дозволяє поєднувати інформаційно-комунікаційні системи в єдиний обчислювальний процес для знаходження оптимального рішення для розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

Розроблена технологія для безпроводових систем передачі даних, яка забезпечує сталу достовірність передачі інформації в радіоканалі в умовах апіорної невизначеності, яка використовує метод псевдовипадкового перевлаштування робочої частоти на моделі багатофазного OFDM модулятора FHSS у поєднанні з SDR. Обрана комбінація багатофазної модуляції та частотного стрибка дозволяє не тільки ефективно передавати інформацію, але і забезпечує високий рівень стійкості до перешкод та перехоплення, що дало змогу використовувати технологію в системах спеціального призначення.

Ключові слова: інформаційна платформа, інформаційно-комунікаційні системи спеціального призначення, гетерогенний клієнт, безпроводові системи передачі даних, псевдовипадкове перевлаштування робочої частоти.

ABSTRACT

Kozlov O.S. Models and methods of integrating information and communication systems based on an information platform. – Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the field of 122 – Computer Science, branch of knowledge 12 – Information Technology. – Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2025

Given the Russian invasion of Ukraine on 24 February 2022, in order to meet the urgent needs of conducting combat operations to protect Ukraine's sovereignty, it has become important to develop a unified information and communication space for the Armed Forces of Ukraine (AFU) to ensure the rapid collection of various data, mobility, increased survivability and endurance, and the ability to rapidly deploy and immediately use forces and means in combat conditions.

This work solves the urgent scientific and practical task of integrating information and communication systems based on an information platform that automates the management processes of special-purpose C4ISR information and communication systems.

The dissertation achieves an increase in the efficiency of special-purpose information and communication systems by providing them with the properties of an information platform that creates an information and management space for a complex system that combines various technologies to ensure effective command, control, communications, computerisation, reconnaissance, surveillance and reconnaissance (C4ISR).

A mathematical model for the integration of special-purpose information and communication systems has been developed, consisting of: a management process structure; a service structure; an information structure; an integration structure and is based on five basic principles: a common information model; a common telecommunications infrastructure; clearly defined interfaces; independence of management processes from services; a distributed system with loose connections between its components.

A model of an information platform for special-purpose information and communication systems of the C4ISR level has been developed, providing an information and management space for a complex system that combines various technologies to ensure effective command, control, communications, computerisation, intelligence, surveillance and reconnaissance.

A concept for an information platform has been developed that provides for the construction of a modern infrastructure based on the convergence of information and communication systems to solve the problems of improving the efficiency of special-purpose systems, which makes it possible to provide high-quality and widespread access for customers to IT services.

A model of a tactical field communication system has been developed, which is built on the principle of heterogeneous clients in the form of command and staff vehicles, which allow information to be transmitted even in conditions of a priori uncertainty, and the network in this case is self-managed and adaptable.

A method has been developed for synthesising a communication infrastructure that obtains convergent properties to provide personalised services to the end user, based on the proposed models and methods, allowing the client to implement the principle of self-configuration of services and obtain the full range of modern convergent information and communication services with agreed quality (QoS).

A model for building an automated control system for tactical units has been developed. It is designed to automate the processes of planning and managing units, as well as to collect, accumulate, process and analyse intelligence information, and to support decision-making by the relevant tactical commanders regarding the use of weapons in order to increase the effectiveness of combat missions.

A technology stack model has been developed that takes into account the use of self-managed adapted networks, self-configuring software, and the integration of all components using an information platform.

A method has been developed for optimising sequential processes between services of different information communication systems with a decomposable nature has been developed, which differs from others in the introduction of an original objective function

that varies depending on the management process scenario and allows information and communication systems to be combined into a single computing process to find the optimal solution for a distributed system with loose connections between its components.

A technology has been developed for wireless data transmission systems that ensures stable reliability of information transmission in a radio channel under conditions of a priori uncertainty, using the method of pseudo-random reorganisation of the operating frequency on a model of a multiphase OFDM FHSS modulator in combination with SDR. The selected combination of multiphase modulation and frequency hopping not only allows for efficient information transmission, but also provides a high level of resistance to interference and interception, which has made it possible to use the technology in special-purpose systems.

Keywords: information platform, special-purpose information and communication systems, heterogeneous client, wireless data transmission systems, pseudo-random operating frequency reorganisation.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Dovgiy, S., Kopiika, O., & Kozlov, O. Architectures for the information systems, network resources, and network services. Proceedings of the Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems, Kyiv, Ukraine, 2021, CEUR Workshop Proceedings, 3187, pp. 293–301. <https://ceur-ws.org/Vol-3187/short9.pdf>, ISSN 16130073.
2. Globa, L., Dovgiy, S., Kopiika, O., & Kozlov, O. Approach to building uniform information platform for the national automated ecological information and analytical system, CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3021, pp. 53–65. https://www.researchgate.net/publication/365518000_Approach_to_Uniform_Platform_Development_for_the_Ecology_Digital_Environment_of_Ukraine, ISSN 16130073.
3. Dovgiy, S., Kopiika, O., Kozlov, O. & Lytvynenko, A. Features of Message Transport Service in Automated Special-Purpose Systems. Book: Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 809, Information and Communication Technologies and Sustainable Development, 2023, pp. 119-132. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3_8, ISSN 23673370
4. Globa, L., Dovgiy, S., Kopiika, O., Kozlov, O. Multi-Criteria Optimisation for Building it Management Model within a Company, Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT, 2023, 11(1), ICAIIT 2023, 188637, C. 161–169, ISSN 21998876
5. Globa, L., Dovgiy, S., Kopiika, O. & Kozlov, O. Approach to Uniform Platform Development for the Ecology Digital Environment of Ukraine. Book: Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 548, Progress in Advanced Information and Communication Technology and Systems, 2023, 83–100 DOI : 10.1007/978-3-031-16368-5_4, ISSN 23673370
6. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Синтез інформаційно-телекомунікаційних мереж автоматизованих систем екологічної безпеки з

- метою отримання найбільшої завадостійкості при заданій ефективності, Екологічна безпека, 2021, № 4 (40), С. 5-16, ISSN 2411-4049.
7. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. , Литвиненко, А.О. Інформаційні технології ІТ-сервісів архітектури додатків, Екологічна безпека., 2023, № 3 (47), С. 75-93, ISSN 2411-4049.
 8. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Інформаційні технології елементів архітектури управління ІТ-інфраструктурою, Екологічна безпека, 2022, № 4 (44), С. 91-113, ISSN 2411-4049.
 9. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Передача інформації в автоматизованих системах спеціального призначення, Екологічна безпека, 2023, № 1 (45), С. 76-90
 10. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Розробка засобів захищеного зв'язку для автоматизованих систем управління військовими підрозділами тактичного рівня, Колективна монографія за матеріалами ХХІ Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2022, С. 138-140
 11. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С., Ковальчук, Ю.П. Сервіс транспорту повідомлень в автоматизованих системах управління тактичної ланки, Колективна монографія за матеріалами ХХІ Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2022, С. 140-143
 12. Dovgiy, S., Kopyika, O., Kozlov, O., Lytvynenko, A. Formation of a network service for territorially dispersed. IT infrastructure facilities, Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення. Колективна монографія за матеріалами ХХІІ Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2023. С. 79-80, ISBN 978-617-7854-58-5
 13. Dovgiy, S., Kopyika, O., Kozlov, O., Lytvynenko, A. Architecture of IT infrastructure software applications. IT infrastructure facilities. Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення. Колективна монографія за матеріалами ХХІІ Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2023. С. 81-82, ISBN 978-617-7854-58-5

14. Довгий, С.О., Козлов, О.С., Копійка, О.В., Яременко А.А. Використання гетерогенних телекомунікаційних мереж спеціального призначення, Колективна монографія за матеріалами XXIII Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 12-13 листопада 2024 р.), За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2024, С. 67-69, DOI: 10.37321, ISBN 978-617-8335-33-

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	13
ВСТУП	17
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ ТА ЗАСОБІВ ЩОДО ПОБУДОВИ КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ	27
1.1 Аналіз спроможностей сучасних засобів РЕБ збройних сил Російської Федерації	27
1.2 Приклади реалізації системи зв'язку тактичної ланки управління військами	31
1.2.1 Приклади реалізації системи зв'язку тактичної ланки управління військами в США	31
1.2.2 Приклади реалізації системи зв'язку тактичної ланки управління військами в Республіка Польща	38
1.3 Досвід ТОВ «Телекарт прилад» щодо забезпечення зв'язком підрозділів тактичної ланки ЗСУ	51
Висновки по розділу 1:	67
РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ	69
2.1 Аналіз сучасного стану й перспектив розвитку систем зв'язку тактичної ланки	69
2.3 Автоматизована система зв'язку тактичної ланки	73
2.4. Призначення автоматизованої системи управління тактичної ланки.	78
2.4 Метод інтеграції мереж	82
Висновки за розділом 2	88
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ	91
3.1 Аналіз існуючих підходів до побудови інформаційно-комунікаційних систем	91
3.2 Основні принципи побудови автоматизованої системи управління тактичної ланки	92
3.3 Структура та архітектури АСУ ТЛ	104
3.4 Загальна структура формування інформаційної моделі функціонування АСУ ТР	115
3.5 Принципи побудови інформаційної платформ	117
3.6 Математичний опис елементів інформаційної платформи	119
3.7 Визначення проблеми побудови інформаційної платформи	121

3.8 Удосконалення методу оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем	122
Висновки по розділу 3:	132
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ПРИЙМАЛЬНОЇ ТА ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ LIMENET-MICRO ЗА ДОПОМОГОЮ LIME SUITE	135
4.1. Аналіз та проектування системи передачі сигналу засобами SDR на основі модуляцій різних типів	135
4.2. Дослідження можливостей передачі сигналу засобами SDR із використанням псевдовипадкової перестройки робочої частоти (ППРЧ)	150
4.3. Проектування системи захищеної передачі сигналу на основі моделі багатофазного OFDM модулятора FHSS (ППРЧ)	159
Висновки по розділу 4	172
ВИСНОВКИ	175
Перелік використаних джерел	178
Акти впровадження	185

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Збройних сил України (ЗСУ)

НАТО (North Atlantic Treaty Organization)

C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)

Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T)

Сполучені штати Америки (США)

Командно-штабні машини (КШМ)

Комплексні апаратні зв'язку (КАЗ)

Послуги з узгодженою якістю (QoS)

Радіoeлектронна боротьба (РЕБ)

Мобільний комплекс радіoeлектронної боротьби (МКРЕБ)

Безпілотні літальні апарати (БПЛА)

Радіолокаційна станція (РЛС)

Коротко хвильові (КХ)

Ультра-коротко хвильові (УКХ)

Стандарт НАТО (STANAG)

Протиповітряна оборона (ППО)

Department of Defense Information Network (DODIN)

Defense Information Systems Network (DISN)

Командний пункт (КП)

Пункт управління (ПУ)

Штучний супутник Землі (ШСЗ)

Командно-штабні машини (КШМ)

Центр управління мережею та безпекою (NOSC)

Комплексна апаратна зв'язку (КАЗ)

Soldier Network Extension (SNE)

Tactical Message System (TMS)

Army Key Management System (AKMS)

Радіoeлектронна розвідка (РЕР)

Автоматизована система управління військами (АСУВ)
Advanced Encryption Standard (AES)
Global Positioning System (GPS)
Комплексна апаратна зв'язку доступу (RWLC-10/T)
Автоматизована система управління (АСУ)
Автоматизоване робоче місце (АРМ)
Програмне забезпечення (ПЗ)
Software-defined networking (SDN)
Федеративна мережа місій (FMN)
Єдина автоматизована система управління (ЄАСУ)
Апаратура внутрішнього зв'язку (АВЗК)
Headquarter Management System (HMS)
Battlefield Management System (BMS)
Комплекс засобів зв'язку та автоматизації (КЗЗА)
Комплексна апаратна зв'язку (TCN)
Центр управління мережею та безпекою (NOSC)
Ортогонально-частотне мультиплексування (OFDM)
Засоби радіозв'язку (ЗРЗ)
Псевдовипадкова перебудова робочих частот (ППРЧ)
Безпроводові засоби передачі даних (БЗПД)
Автоматизована система зв'язку тактичної ланки (АСЗ ТЛ)
Система зв'язку (СЗ)
Автоматизована система управління тактичної ланки (АСУ ТЛ)
Інформаційні системи (ІС)
Інформаційно-комунікаційні системи (ІКС)
Органу військового управління (ОВУ)
Інформаційно-розрахункові задачі (ІРЗ)
Командир бригади (Кбр)
Начальник штабу бригади (Ншт НШ)
Начальник розвідки (НР)

Оперативний підрозділ штабу (ОПШ)
Офіцери оперативного підрозділу штабу (ООПШт)
Заступники командира (ЗК)
Підрозділи штабу (ПШт)
Начальник оперативного підрозділу (НОП)
Начальники родів військ і служб (НРВіС)
Начальники структурних підрозділів штабу (НСПШт)
Командири підпорядкованих підрозділів (КПП)
Начальники оперативних груп штабів (НОГШ, ІВФ,ПрО)
Начальник зв'язку (НЗв)
Командир артилерійської групи (КАГр)
Начальники підрозділів (НП)
Начальник спеціальних військ (НСВ)
Артилерії (начальника артилерії), начальників ГБУ авіацією, інженерної і РХБз служб (НА,НГБУА,НІС,НРХБзС)
Начальник підрозділу охорони державної таємниці і захисту інформації (НП ОДТ)
Заступник командира з озброєння та техніки (ЗКОіТ)
Заступник командира з тилу (ЗКТ)
Командир батальйону (Кб)
Начальник штабу батальйону (Ншт)
Заступник командира батальйону (Зкб)
Штаб (Шт)
Помічник начальника штабу з розвідки (ПНШР)
Службові особи штабу за напрямками діяльності (СОШНД)
Dismounted Soldiers System (DSS)
комплексів засобів автоматизації (КЗА)
Розгортання плану (РП)
Бойові накази (БН)
Розпорядження (РЖ)
Цілевказання (ЦВ)

Запит ресурсів (ЗР)

Розвідка (РД)

Символіки (СМ)

Маршрути (МТ)

Картина поля бою (події) (ПІСП)

Картина поля бою (об'єкти) (ПІСО)

Оцінка операцій (ОО)

Пропозиції рішень (ПР)

Бази даних (БД)

Application Programming Interface (API)

ВСТУП

Актуальність теми. Враховуючи російське вторгнення в Україну 24 лютого 2022 року, для забезпечення нагальних потреб ведення бойових дій для захисту суверенітету України, важливим питанням стало розвиток єдиного інформаційно-комунікаційного простору Збройних сил України (ЗСУ) для забезпечення швидкоплинності збору різноманітних даних, мобільності, підвищення рівня живучості та витривалості, здатності до оперативного розгортання та негайного застосування сил та засобів в умовах бойових дій.

Стратегія національної безпеки України (затверджена Указом Президента України №392/2020 від 14.09.2020) [1], Стратегія воєнної безпеки України (затверджена Указом Президента України № 121/2021 від 25.3.2021) [2], Стратегічний оборонний бюлетень України (затверджений Указом Президента України №473/2021 від 20.08.2021) [3] передбачають одним із пріоритетних завдань – створення системи та засобів військового призначення для здійснення структурних та функціональних змін в тактичній ланці управління, яке направлене насамперед на підвищення ефективності ЗСУ.

Важливим напрямком реалізації поставлених завдань є впровадження в діяльність органів управління та військ сучасних інформаційних технологій, адаптація найкращих практик та стандартів провідних країн – членів НАТО (North Atlantic Treaty Organization) та комплексна автоматизація процесів бойового управління, зв'язку, розвідки та спостереження C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) [4].

Стратегічна концепція [5] НАТО, яка ухвалена главами держав і урядів на Мадридському саміті НАТО 29 червня 2022 року, визначає цілі Альянсу. Основним завданням є гарантування колективної оборони держав-членів від усіх загроз з усіх напрямків. Одним із основоположних завдань НАТО є цифрова трансформація НАТО, запровадження новітніх технологій, вдосконалення комп'ютерних мереж та інфраструктури тощо.

Лідером в побудові сучасних автоматизованих систем зв'язку тактичної ланки є США за рахунок розвитку системи польового зв'язку тактичної ланки Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T) [6]. Система WIN-T є базовою програмою Сухопутних сил США зі створення інтегрованої мережі зв'язку та бойового управління для підрозділів оперативно-тактичної ланки під час пересування та здійснення маневрів.

Системами зв'язку WIN-T «Тип-2» забезпечені 7 дивізійних штабів і 13 бригад. Крім того, такі системи постачаються для потреб американських підрозділів в Іраку, а раніше вони перебували на озброєнні піхотних підрозділів США в Афганістані.

Сьогодні американське оборонне відомство продовжує реалізувати та покращувати систему польового зв'язку оперативно-тактичної ланки WIN-T.

Згідно з прогнозами американських експертів, протягом наступних десяти років на розвиток та постачання системи WIN-T буде виділено майже \$10 млрд. При цьому можна очікувати, що протягом кількох найближчих років більша частина фінансування піде на закупівлю обладнання виробництва General Dynamics, а не на модернізацію вже працюючих систем, а General Dynamics і надалі вдасться зберегти свою провідну роль як інтегратора технологій, хоча за неї доведеться боротися з іншими претендентами.

На сайті General Dynamics розміщена інформація про те, що Армія США отримала схвалення на повномасштабне виробництво системи Warfighter Information Network — Tactical (WIN-T) Increment 2. Розроблений і створений компанією General Dynamics, WIN-T Increment 2 надає командирам і солдатам безпрецедентну можливість спілкуватися, обмінюватися інформацією та розвідувальними даними під час патрулювання, з підключенням, яке конкурує зі стаціонарним командним пунктом [7].

Ці дії відбулися після Меморандуму про рішення про придбання (ADM), виданого офісом заступника міністра оборони США з питань закупівель, технологій і логістики. ADM уповноважує армію перейти до повного виробництва та розміщення своєї магістральної мережі мобільного тактичного зв'язку для всіх

підрозділів армії, що залишилися, і планується, що вони отримають систему WIN-T Increment 2 до 2028 року.

«Це важлива віха, і ми продовжуватимемо підтримувати армію, оскільки вона реалізує цю життєво важливу систему управління місією та зв'язок у своїх глобальних силах», — сказав Кріс Марзіллі, президент General Dynamics Mission Systems [7].

Створення автоматизованої системи зв'язку тактичної ланки управління військами на базі командно-штабних машин К-1450 та комплексних апаратних зв'язку К-1501 дозволяє суттєво підвищити ефективність оперативного розгортання високошвидкісних мереж зв'язку військового призначення, які будуть мати значну пропускну спроможність, надійність і доступність та високий рівень захищеності в умовах впливу навмисних завад.

Реалізація автоматизованої системи зв'язку тактичної ланки виконана на базі інформаційної платформи з використанням принципово нових технологічних рішень, що дозволяє забезпечити надійність обладнання, резервування елементів основного обладнання та використанням сучасної елементної бази при забезпеченні відмовостійкості мережі, яка стосується захисту не тільки структурних елементів мережі, але й рівня якості обслуговування. Створена автоматизована система зв'язку тактичної ланки забезпечує єдиний цикл процесу управління шляхом отримання та збору інформації, її аналізу й зберігання та можливостей оцінки та прогнозування ситуацій на основі прийнятих рішень. Це дозволяє в автоматизованій системі управління тактичної ланки забезпечити: збір, аналіз, зберігання та обмін інформації; оцінку та прогнозування обстановки та прийнятих рішень; планування бойових дій; постановку та доведення завдань; організацію управління, взаємодії та всебічного забезпечення; здійснення контролю виконання завдань [8-11].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась згідно з планом наукових досліджень відділу комплексних досліджень Інституту телекомунікацій і глобального

інформаційного простору Національної академії наук України та Інституту прикладних систем управління Національної академії наук України:

1. Розробка засобів захищеного зв'язку для автоматизованих систем управління військовими підрозділами тактичного рівня, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, 2021-2023 рр., код програмної класифікації видатків 6541030, номер державної реєстрації №0121U110826.
2. Розроблення інформаційної платформи для інтеграції інформаційно-комунікаційних систем Збройних Сил України, Інститут прикладних систем управління НАН України, 2024-2026 рр., код програмної класифікації видатків 6541030, номер державної реєстрації №0124U000077Д ДСК.
3. Розроблення модуля передачі даних з використанням шумоподібних сигналів для забезпечення завадостійкого зв'язку для тактичної ланки управління ЗСУ, Інститут прикладних систем управління НАН України, 2025-2027 рр., код програмної класифікації видатків 6541030.
4. Розроблення системи розпізнавання та класифікації об'єктів і цілей на основі штучного інтелекту, Інститут прикладних систем управління НАН України, 2025-2026 рр., КПКВК 2201390 «Підтримка пріоритетних напрямів наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок, наукова і науково-технічна діяльність закладів вищої освіти та наукових установ», номер державної реєстрації №0125U001027.

У даній роботі вирішено науково-прикладна задача інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи, яка забезпечує автоматизацію управлінських процесів інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення C4ISR.

Мета і задачі дослідження.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення за рахунок надання їм властивості інформаційної платформи, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для

забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування (C4ISR).

Для досягнення мети дослідження було поставлено та вирішено такі задачі:

1. Провести аналіз існуючих моделей та методів щодо побудови інформаційно-комунікаційних систем тактичної ланки.
2. Провести аналіз сучасних методів та моделей побудови автоматизованих системи управління на тактичному рівні.
3. Провести аналіз сучасного стану й перспектив розвитку безпроводових засобів передачі даних.
4. Розробити моделі щодо побудови інформаційно-комунікаційних систем тактичної ланки.
5. Розробити методи щодо побудови інформаційно-комунікаційних систем тактичної ланки.
6. Розроблена технологію для безпроводових систем передачі даних, яка забезпечує сталу достовірність передачі інформації в радіоканалі в умовах апіорної невизначеності.

Об'єкт дослідження - процес адаптації інформаційно-комунікаційних систем до різних сценаріїв їх застосування .

Предмет дослідження - інтеграція інформаційно-комунікаційних систем.

Методи дослідження, застосовані для вирішення поставлених завдань:

динамічного програмування, теорії побудови інформаційних систем, теорії складних багаторівневих ієрархічних систем, теорії графів, основи теорії математичного моделювання, автоматизованого проектування інформаційних систем і технології сховищ даних.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Розроблено математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення, яка складається із: структури управлінських-процесів; структури сервісів; інформаційної структури; інтеграційної структури та базується на п'яти основних принципах: загальна

інформаційна модель; загальна телекомунікаційна інфраструктура; чітко встановлені інтерфейси; незалежність управлінських процесів від сервісів; розподілена система з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

2. Розроблено модель інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення рівня C4ISR, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування.

3. Розроблено концепцію єдиної інформаційної платформи, яка забезпечує побудову сучасної інфраструктури на основі конвергенції інформаційно-комунікаційних систем для розв'язання задач підвищення ефективності функціонування систем спеціального призначення, що надає можливість забезпечити якісний і повсюдний доступ клієнтів до ІТ-сервісів та служб.

4. Розроблено модель систему польового зв'язку тактичної ланки, яка побудована за принципом гетерогенних клієнтів у вигляді командно-штабних машин, які дозволяють забезпечити передачу інформації навіть в умовах апріорної невизначеності, а мережа в цьому випадку є самокерованою та адаптованою.

5. Розроблено метод синтезу комунікаційної інфраструктури, яка отримує конвергентні властивості для надання персоналізованих послуг кінцевому користувачу, який базується на запропонованих моделях і методах та дозволяє клієнту реалізувати принцип самоконфігурації послуг та отримувати увесь спектр сучасних конвергентних інформаційно-комунікаційних послуг з узгодженою якістю (QoS).

6. Розроблено модель побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки призначену для автоматизації процесів планування та управління підрозділами, а також для збирання розвідувальної інформації, її накопичення, обробки, аналізу, підтримки прийняття рішення відповідними командирами тактичної ланки щодо засобів ураження з метою підвищення ефективності виконання бойових завдань

7. Розроблено модель стеку технологій, яка враховує використання самокерованих адаптованих мереж, програмного забезпечення здатного до самоналаштування та інтеграцію усіх компонентів з використанням інформаційної платформи.

8. Удосконалено метод оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу, який відрізняється від інших введенням оригінальної цільової функції, яка змінюється в залежності від сценарію управлінських процесів та дозволяє поєднувати інформаційно-комунікаційні системи в єдиний обчислювальний процес для знаходження оптимального рішення для розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

9. Розроблена технологія для безпроводових систем передачі даних, яка забезпечує сталу достовірність передачі інформації в радіоканалі в умовах апіорної невизначеності, яка використовує метод псевдовипадкового перевлаштування робочої частоти на моделі багатofазного OFDM модулятора FHSS у поєднанні з SDR.

Практичне значення одержаних результатів:

Усі теоретичні розробки дисертації автором доведені до конкретних технологій, конструкторської документації, інженерних методик, методологій які впроваджені на підприємстві ТОВ «Телекарт-прилад».

1. Математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення використано для створення єдиного інформаційного простору для тактичного рівня.

2. При проектуванні автоматизованої системи управління військами «Горизонт», було використано моделі: інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення; побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки; стеку технологій.

3. На основі методу оптимізації послідовних процесів між підсистемами розроблені принципи побудови та архітектура інформаційно-комунікаційних систем автоматизованої системи управління військами «Горизонт».

4. Модель системи польового зв'язку тактичної ланки, яка побудована за принципом гетерогенних клієнтів у вигляді командно-штабних машин, дозволило забезпечити передачу інформації навіть в умовах апріорної невизначеності, а мережа в цьому випадку набувала властивості самокеровання та адаптації.

5. Технологія для безпроводових систем передачі даних забезпечила сталу достовірність передачі інформації в радіоканалі в умовах апріорної невизначеності, яка використовує метод псевдовипадкового перевлаштування робочої частоти на моделі багатофазного OFDM модулятора FHSS у поєднанні з SDR.

6. Комбінація багатофазної модуляції та частотного стрибка дозволила не тільки ефективно передавати інформацію, але і забезпечити високий рівень стійкості до перешкод та перехоплення, що дало змогу використовувати технологію в системах спеціального призначення.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота узагальнює результати теоретичних та експериментальних досліджень, проведених автором самостійно. Основні результати, отримані автором особисто:

- математична модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення;

- модель інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення рівня C4ISR;

- концепція єдиної інформаційної платформи, яка забезпечує побудову сучасної інфраструктури на основі конвергенції інформаційно-комунікаційних систем для розв'язання задач підвищення ефективності функціонування систем спеціального призначення;

- модель системи польового зв'язку тактичної ланки, яка побудована за принципом гетерогенних клієнтів у вигляді командно-штабних машин;

- метод синтезу комунікаційної інфраструктури, яка отримує конвергентні властивості для надання персоналізованих послуг кінцевому користувачу;

- модель побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки призначену для автоматизації процесів планування та управління підрозділами;

- модель стеку технологій, яка враховує використання самокерованих

адаптованих мереж, програмного забезпечення здатного до самоналаштування та інтеграцію усіх компонентів з використанням інформаційної платформи;

- метод оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу;

- технологія для безпроводових систем передачі даних, яка забезпечує сталу достовірність передачі інформації в радіоканалі в умовах апіорної невизначеності.

Апробація результатів дисертації.

Моделі: інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення; побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки; стеку технологій, було апробовано при впровадженні автоматизованої системи управління військами «Горизонт». Метод оптимізації послідовних процесів між підсистемами розроблені принципи побудови та архітектура інформаційно-комунікаційних систем було апробовано при проектуванні автоматизованої системи управління військами «Горизонт». Модель системи польового зв'язку тактичної ланки апробована на випробуваннях на полігоні. Технологія для безпроводових систем передачі даних апробована при роботі в умовах апіорної невизначеності. Комбінація багатофазної модуляції та частотного стрибка апробована при забезпеченні високого рівня стійкості до перешкод та перехоплення.

Результати роботи та ключові положення були представлені й одержали схвалення на:

- міжнародна конференція Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems, Kyiv, Ukraine, 2021, 3187, CEUR Workshop Proceedings;

- міжнародна конференція CEUR Workshop Proceedings, Kyiv, Ukraine, 2021, 3021;

- міжнародна конференція Applied Innovation in IT, 2023, 11(1), ICAIT, in Köthen, Germany;

- XXI Міжнародної науково-практичної конференції, Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток Київ, 14-16 листопада, 2022 р.;

- XXII Міжнародної науково-практичної конференції, Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток, Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення, Київ, 14-15 листопада 2023 р.;

- XXIII Міжнародної науково-практичної конференції, Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток», Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для зміцнення та відновлення, Київ, 12-13 листопада 2024 р.

Публікації. За темою дослідження опубліковано статті у фахових журналах і збірниках матеріалів конференцій: 4 статті у наукових фахових виданнях України, 5 тез у матеріалах міжнародних конференціях (Scopus), та 5 виступів на міжнародних конференціях розробників.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 93 найменувань. Загальний обсяг роботи 183 сторінок, з яких 176 сторінок основного тексту, 7 сторінок використаних джерел. Робота містить 25 рисунків, 5 таблиць.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ ТА ЗАСОБІВ ЩОДО ПОБУДОВИ КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ

1.1 Аналіз спроможностей сучасних засобів РЕБ збройних сил Російської Федерації

Командування збройних сил Російської Федерації розуміючи відставання від країн НАТО та розвинених країн світу в створенні новітніх систем управління військами, сучасних засобів зв'язку, автоматизованих систем управління, розробило програму створення засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) з метою мінімізації переваги вірогідного противника в цьому компоненті. Введенні санкції США, Канадою, Японією, ЄС, Південною Кореєю та іншими країнами вивели російські компанії з міжнародних наукових досліджень, лишили доступу до високотехнологічної продукції, високопрецензійної комплектації суттєво обмежуючи можливості військових підприємств. Основним партнером на ринку інформаційно – телекомунікаційних технологій залишився Китай, але ця країна проводить політику реалізації виробів зв'язку та програмних продуктів, без передачі технологій. В часи СРСР була створена величезна наукова школа з питань радіолокації, радіорозвідки, радіоелектронного придушення, розроблення новітніх технологій радіовипромінювання, антенних пристроїв та передавачів/приймачів, яка залишилась в РФ, побудована супутникова мережа розвідки, яка в подальшому нарощувалась Російською Федерацією. В період з 2006 -2021 року 70% станцій РЕБ пройшли модернізацію, або замінені на станції третього та четвертого покоління. В оперативно – тактичній ланці найбільш цікавим та сучасним є комплекс “Палантін” (рис.1.1), розробником та поставником цієї техніки в збройні сили є акціонерне товариство Концерн “Сузір'я”, яке входить в структури військового – промислового комплексу державної корпорації “Ростех”.

Мобільний комплекс радіоелектронної боротьби (далі МКРЕБ) “Палантін” спроможний вести радіоелектронну розвідку, придушення систем радіозв'язку з ППРЧ, сигналами радіо засобів на сучасних SDR платформах, побудованих за

стандартами НАТО, стільникового та транкінгового зв'язку шляхом постановки різнорідних (імпульсних, широкосмугових, односмугових, програмних з урахуванням роботи алгоритмів ППРЧ) завад. Комплекс “Палантін” спроможний об'єднувати в єдині автоматизовані системи бойового управління засоби радіорозвідки, визначення координат радіо засобів, їх класифікація по забезпеченню зв'язком на станції оперативного та тактичного рівня, викриття угруповання військ за використання засобів зв'язку на пунктах управління, систематизуючи інформацію отриману з інших комплексів РЕБ, БПЛА, РЛС МКРЕБ за допомогою РЕБ наносить виявлену систему зв'язку угруповання противника на цифрові карти (включаючи координати цілей) та передавати на вогневі позиції. Розробниками реалізована сучасна система підтримки прийняття рішення, яка дозволяє комплексу без втручання оператора будувати оптимальні алгоритми виконання завдань, автономно поділу завдань та функціонального навантаження кожної станції.



Рис.1.1 Мобільний комплекс радіоелектронної боротьби оперативно-тактичного рівня “Палантін”

МКРЕБ “Палантін” була розроблена та виготовлена у 2017-2019 роках, перші дослідні зразки у кількості чотирьох комплектів поступи на військові випробовування у 2019-2020 роках. Саме з роботою цього комплексу в Сирії фахівці США пов’язують виникнення проблеми зі зв’язком тактичних угруповань НАТО, коли практично на протязі двох діб не працював радіозв’язок КХ, УКХ діапазонів, був відсутній стільниковий та транкінговий зв’язок на базі США. На даний час станція прийнята на озброєння та поступає в війська, до кінця 2021 року спланована передача 20 комплексів. Командування РЕБ РФ засекретило характеристики МКРЕБ “Палантін”, але на міжнародних виставках військової техніки протягом 2018-2020 років державна корпорація “Ростех” пропонує продавати експортний варіант комплексу РЕБ, якій за оцінками фахівців може бути експортною версією МКРЕБ “Палантін”. Заявлені характеристики наступні:

Радіорозвідка

- можливість виявлення одночасно до 40 мереж та напрямків УКХ, діапазону 28,6 – 800 МГц, SDR, ППРЧ до 200 стр./с, в тому числі і рухомих об’єктів;
- можливість виявлення одночасно до 30 мереж та напрямків КХ діапазону 0,9-28,6 МГц, SDR, ППРЧ до 200 стр./с, в тому числі і рухомих об’єктів;
- автоматизована система управління зброєю (станцією);
- автоматизована система обробки інформації, передача координат виявлених цілей у цифровому режимі на електронній мапі для комплексів управління вогнем артилерії;
- розвідка в діапазонах роботи радіорелейних, радіолокаційних станцій, засобів широкосмугового доступу в діапазоні 800 МГц – 5 ГГц, заявлено одночасне виявлення до 120 об’єктів;
- виявлення каналів управління та передачі даних БПЛА до 20 одночасно;
- систем управління та навігації, окремо наголошується на можливостях комплексу **спотворювати навігаційні поля** (у 2018 році війська РФ при захопленні українських кораблів у Керченській затоці застосували цю функцію, при

цьому система GPS координат визначала положення українських катерів біля Таганрогу).

Придушення сигналів

- в рекламних проспектах державної корпорації “Ростех” станція “Палантін” подається, як єдиний виріб спроможний подавити роботу систем радіозв’язку побудованих за STANAG та MIL-STD, системи управління побудованої принципами моделі OSI типу “решітка” МЕШ;
- каналів управління авіацією та ППО, БПЛА, ракетного озброєння, за заявами виробників спроможна накривати зонтом важливі військові об’єкти;
- наголошується можливість придушення систем радіозв’язку побудованих на станціях виробництва компанії “Harris”, що оцінюється фахівцями НАТО як дуже важлива, тривожна інформація, бо є факти захопту радіостанцій компанії “Harris” на кораблях Військово – морських сил України, в Афганістані, Сирії, передача їх для вивчення в 12 та 46 навчальні – дослідні центри збройних сил Російської Федерації, з метою організації протидії робочим алгоритмам станцій;
- комплекс побудований за принципами SDR тому забезпечує функціонування автоматизованих програм управління, що дозволяє дуже раціонально використовувати можливості станції та співпрацювати з іншими елементами автоматизованого управління військами.

Комплекс складається з чотирьох машин КАМАЗ машини управління та зв’язку, передатчика постановки радіоперешкод, машини радіорозвідки з трьома виносними радіобазами та такелажної машини з установками забезпечення живлення. Дальність розгортання комплексу до 15-20 км від переднього краю, постановка радіоперешкод у режимі УКХ до 60 км, КХ до 120-200км у залежності від сигналу радіоперешкод.

1.2 Приклади реалізації системи зв'язку тактичної ланки управління військами

1.2.1 Приклади реалізації системи зв'язку тактичної ланки управління військами в США

Для протидії сучасним засобам РЕБ створюються автоматизовані системи польового зв'язку для організації мобільних адаптивних мереж, здатних самостійно формуватися й відновлюватися та забезпечувати стабільний, безперервний зв'язок і управління військами по всій командній вертикалі до штабу роти включно.

Американська система польового зв'язку тактичної ланки Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T) (Рис. 1.2), яка у військовій літературі також відома як автоматизована система польового зв'язку, яка вважається однією з найбільших у світі програм з модернізації автоматизованих систем бойового управління рівня C4I [12].

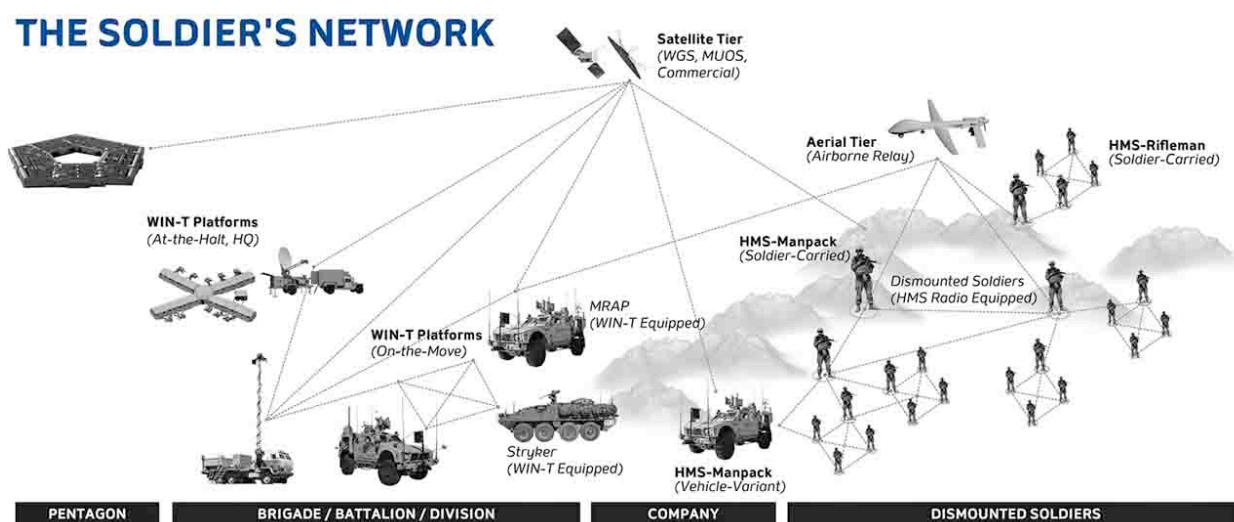


Рис. 1.2 Американська система польового зв'язку оперативно-тактичної ланки Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T)

Система WIN-T є базовою програмою Сухопутних сил США зі створення інтегрованої мережі зв'язку та бойового управління для підрозділів оперативно-

тактичної ланки під час пересування та здійснення маневрів. Вже протягом обох іракських кампаній (1990-91 і 2003) з'ясувалося, що потреби американських підрозділів у передачі великих обсягів тактичної й розвідувальної інформації значно перевищували спроможності їх мереж зв'язку.

Сьогодні, коли інформаційна перевага над противником є важливим фактором успіху на полі бою, все більшої актуальності набуває розвиток мобільних мереж широкосмугового зв'язку, які дозволяють безперервно підтримувати зв'язок і функції бойового управління під час високошвидкісних маневрів.

Автоматизована система зв'язку WIN-T (AC3 WIN-T) призначена для забезпечення командування й інших користувачів оперативно-тактичної ланки управління захищеним мобільним зв'язком і безперервним гарантованим глобальним доступом до сервісів інформаційно-керуючої мережі національних збройних сил DODIN (Department of Defense Information Network), у тому числі її базового компонента – мережі інформаційних систем міністерства оборони DISN (Defense Information Systems Network), на значній відстані від місць постійної дислокації в складних умовах оперативної (бойової) обстановки.

Нині на озброєнні сухопутних військ Сполучених Штатів знаходиться два варіанти комплектації AC3 WIN-T – «Тип 1» і «Тип 2». Основним постачальником систем виступила компанія General Dynamics.

Варіант комплектації «Тип 1» (перший етап розгортання системи) призначений для оснащення командних пунктів формування ланки управління «армійський корпус – батальйон» зі складу регулярного компонента (дислокованих на території США), національної гвардії й резерву сухопутних військ.

У вересні 2012 року в результаті завершення першого етапу розгортання системи всі КП – від командування на ТВД до батальйону включно – були оснащені уніфікованими вузлами зв'язку (ВЗ) JNN і транспортабельними станціями супутникового зв'язку AN/TSC-185.

Це дозволило забезпечити високошвидкісний зв'язок між КП з фіксованих позицій, використовуючи широкосмугові супутникові канали військових і комерційних штучних супутників Землі (ШСЗ), а також їх доступ у глобальну

інформаційну мережу міністерства оборони DODIN на континентальній частині США. Так, у дивізії пропускна здатність мереж супутникового зв'язку зросла до 120 Мбіт/с.

Варіант комплектації «Тип 2» (другий етап, який реалізується з 2010 року) спрямований на забезпечення початкових можливостей управління у русі та з коротких зупинок від КП дивізії до ПУ роти за супутниковими каналами й каналами широкосмугового багатоканального радіорелейного зв'язку на дальність прямої видимості від КП батальйону до КП дивізії.

У рамках цього етапу основні зусилля американських спеціалістів зосереджені на розробці рухомих (високомобільних) вузлів зв'язку, командно-штабних машин (КШМ) і комплектів апаратури зв'язку.

До складу Warfighter Information Network-Tactical входять наступні вузли зв'язку – командно-штабні машини (КШМ):

Центр управління мережею та безпекою (NOSC) — надає повний набір програм для мережевих операцій (NetOps) та захист інформації (IA) для мережі. NOSC надає потужні інструменти мережевого планування, моніторингу та управління, які дозволяють командирі розуміти стан та охоплення своєї мережі при прийнятті обґрунтованих рішень на полі бою.

Можливості: Повне планування та управління мережею на рівні бригади та підрозділів; Аналіз топології та пропускної спроможності мережі; Планування покриття для бездротових локальних мереж, радіостанцій LAW, HNW, NCW, SINCGARS і HCLOS із підтримкою TCN, JNN, 802.11 і Generic Emitter; Моніторинг та адміністрування інформаційного забезпечення; Планування спектру для всіх відомих випромінювачів і управління мережевими випромінювачами; Підтримка PKI; Керування ключами; Підтримка TOC і обмежена TAC.

Soldier Network Extension (SNE) – підключає солдатів, які спішилися, до мережі WIN-T через їхні радіостанції бойової мережі, а також забезпечуючи командирам у машині або поблизу неї доступ до глобальної мережі. Розширює мережу до крайньої передньої позиції підрозділу, надаючи ситуаційні дані в режимі реального часу командирам рот на великій території.

До складу УЗ SNE входять: станція рухомого супутникового зв'язку TRM-1000; засоби УКХ-радіозв'язку серій SINCGARS, Havequick I та II; станція AN/PRC-117G(C) серій "Фалкон-3" та EPLRS; маршрутизатор; вбудовані 12-канальний приймач КРНС "Навстар" та модуль шифрування типу "Сьєрра-2".

Станція супутникового зв'язку забезпечує обмін даними зі швидкістю 64-128 кбіт/с у русі. Засоби УКХ-радіозв'язку перекривають діапазон частот 30-2 ТОВ МГц та здійснюють закритий обмін мовними повідомленнями, даними та відеозображеннями по інтернет-протоколам зі швидкістю від 1,2 кбіт/с до 10 Мбіт/с при роботі як з вузько-, так і з широкосмуговими

Протягом наступних десяти років на розвиток та постачання до армії США системи WIN-T буде виділено майже \$10 млрд.

Американська система польового зв'язку оперативно-тактичної ланки Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T), яка у військовій літературі також відома як автоматизована система польового зв'язку, вважається однією з найбільших у світі програм із модернізації автоматизованих систем бойового управління С4І.

Ця система замінить малорухомі й застарілі системи районного й супутникового зв'язку і має забезпечити завадозахищений закритий обмін різною інформацією в реальному масштабі часу в інтересах функціонування автоматизованих систем управління – від командного пункту (КП) командування до пункту управління (ПУ) роти.

Кожна дивізія теоретично повинна мати три КШМ, оснащені комплектами апаратури типу PoP і три вузла зв'язку TCN, у бригаді – дві КШМ і два ВЗ TCN, у батальйоні – КШМ і ВЗ TCN, а в роті – по одному вузлу зв'язку типу SNE.

Значна увага в другому етапі («Тип 2») також зосереджена на створенні апаратно-програмних засобів зв'язку для Центрів безпеки зв'язку й мережевих операцій NOSC (Network Operations and Security Center), призначених для контролю за функціонуванням інформаційно-керуючих мереж і систем зв'язку в ланці «дивізія – бригада», керування засобами захисту інформації (баз даних) і каналів зв'язку,

визначення переліку першочергових об'єктів з метою проведення комп'ютерних атак і оцінки їх результатів.

До складу Центра безпеки зв'язку і мережевих операцій входять: станції комплексної системи управління системами і засобами зв'язку AN/GYK-50A/TIMS ISYSCON V4 (Integrated SYStem CONtrol); апаратно-програмні засоби єдиної системи управління комп'ютерними мережами Пентагона JNMS (Joint Network Management System); апаратура систем обміну повідомленнями в тактичній ланці сухопутних військ США TMS (Tactical Message System) й управління шифрключами сухопутних військ AKMS (Army Key Management System).

Остання є багаторівневою системою, що містить три основні підсистеми: програмне забезпечення управління безпекою локальних мереж зв'язку; програмне забезпечення технічних задач в інтересах автоматизації організації каналів зв'язку; пристрої завантаження даних (Data Transfer Device) із загальним програмним забезпеченням закриття інформації третього рівня (Common Tier 3).

Кожна бригада й дивізія повинна мати на озброєнні один Центр безпеки зв'язку й мережевих операцій відповідного рівня.

З метою створення єдиного комплексу бойового управління General Dynamics адаптувала низку своїх технологій для роботи в складі системи зв'язку WIN-T. Це, у свою чергу, дозволило значно спростити обслуговування таких платформ, а, отже, і посилити бойовий потенціал підрозділів, оснащених системами зв'язку WIN-T. У своїх наступних розробках і модернізаціях компанія враховує досвід застосування систем у бойових умовах, тому вони стають менш громіздкими (менше складових частин, кабелів) та більш зручними у використанні. Це означає, що їх простіше встановлювати, експлуатувати й обслуговувати.

Наприклад, компактні варіанти тактичного вузла зв'язку TCN-L встановлюються на позашляховики HMMWV, а не, як раніше, вантажні автомобілі FMTV. Системи придатні для транспортування на великі відстані транспортними літаками C-130 і гелікоптерами CH-47 на зовнішній підвісці для застосування під час експедиційних операцій.

За рівнем функціональності (мережевий зв'язок і управління мережами) вони не поступаються базовим модифікаціям, але при цьому значно перевершують їх в плані зручності й простоти установки, експлуатації та обслуговування мереж.

У 2016 році розпочалися перші випробування третього етапу системи WIN-T («Тип 3»), в якому основна увага зосереджена на створенні повітряного радіотранслятору на базі безпілотного літального апарату й забезпечення високошвидкісного супутникового зв'язку під час руху через військові ШСЗ нового покоління до пункту управління роти включно.

У результаті реалізації програми WIN-T Сухопутні сили США отримали якісно нові спроможності для здійснення зв'язку та управління військами на марші, зазначають американські експерти. Завдяки зусиллям військових користувачів, їх командирів та команди WIN-T, армійський інтернет стає все більш мобільним, зручним і доступним для бойового застосування як в ході наземних операцій, так і в новому бойовому вимірі – кіберпросторі.

У результаті реалізації цього етапу командири отримують сучасні засоби для обміну даними та голосовими повідомленнями, а також підтримки функцій бойового управління під час руху військ і коротких зупинок.

Сухопутні підрозділи, включно до ротної ланки, отримали небачений раніше доступ до цифрових телекомунікацій, а разом з цим і важливу інформаційну перевагу над противником. У 2013 році спроможності системи WIN-T успішно пройшли апробацію й отримали високу оцінку військовослужбовців 10-ї гірсько-піхотної дивізії.

Тепер командири й окремі представники штабних структур можуть здійснювати функції бойового управління за допомогою доступу до відповідних програмних застосунків («командний пост майбутнього»/CPoF, система обміну інформацією в нижній тактичній ланці/TiGR, моніторинг переміщень власних підрозділів/BFT, чати та IP-телефонія). Для цього їм не доведеться відновлювати доступ до мережі при кожній зупинці. Це означає, що вони можуть здійснювати управління в будь-який час і незалежно від свого місця розташування на полі бою.

Системами зв'язку WIN-T «Тип 2» сьогодні оснащені багато моделей військових автомобілів і бронетехніки ЗС США, зокрема позашляховики HMMWV, машини класу MRAP з посиленням протимінним захистом, а також бронетранспортери Stryker, які активно застосовуються американцями в «гарячих» точках. У перспективі такими системами планується оснащувати й бойові машини класів AMP-V і JLTV.

Системами зв'язку WIN-T «Тип-2» забезпечені 7 дивізійних штабів і 13 бригад. Крім того, такі системи постачаються для потреб американських підрозділів в Іраку, а раніше вони перебували на озброєнні піхотних підрозділів США в Афганістані. Влітку 2014 року комплекси WIN-T «Тип 1» і «Тип 2» використовувалися для забезпечення гуманітарних операцій під час боротьби з епідемією лихоманки Ебола в Західній Африці.

Програма TNT MIS спрямована на приведення до сучасних стандартів системи WIN-T, яка складається з компонентів «Тип 1» і «Тип 2» та підрозділів, оснащених системами тактичного зв'язку. Це дозволить забезпечити стійкий зв'язок і управління військами як на зупинках, так і під час руху, а також дасть можливість високомобільним підрозділам, розосередженим на великій території, постійно перебувати на зв'язку один з одним і з глобальною інформаційною мережею Сухопутних сил США.

Мережа дозволяє всім абонентам постійно підтримувати зв'язок для обміну інформацією в оперативно-тактичній ланці – від ТВД до маневрового батальйону, окремої роти, міжвидового чи міжнародного підрозділу – а також мати доступ до інформаційної мережі Міністерства оборони. За наявності мережі, що підтримує обмін голосовими повідомленнями, даними, фото, графічними зображеннями й відеороликами, командири можуть приймати рішення швидше, ніж будь-коли, перебуваючи при цьому в будь-якій точці бойового простору.

У сучасній складній ситуації, коли ймовірні противники володіють потужним арсеналом радіоелектронної зброї, американська армія відчуває нагальну потребу в засобах для організації мобільних адаптивних мереж зв'язку, здатних самостійно формуватися й відновлюватися та забезпечувати стабільний,

безперервний зв'язок і управління військами по всій командній вертикалі до штабу роти включно. Забезпечення захищеного зв'язку під час телефонних переговорів, координації оперативних маневрів і обміну інформацією на марші є першим важливим кроком в організації оборони від радіоелектронних загроз. Саме таку можливість забезпечує реалізація програми системи WIN-T.

На думку американських спеціалістів у галузі організації зв'язку на ТВД, розгортання в Сухопутних військах США системи зв'язку нового покоління призведе до значного підвищення бойових можливостей й маневровості військ, а також до збільшення пропускну здатності зв'язку в тактичній ланці, що, зрештою, вже підтвердилося і в реальних бойових умовах.

1.2.2 Приклади реалізації системи зв'язку тактичної ланки управління військами в Республіка Польща

У 1999 році Республіка Польща стала офіційний членом НАТО, на перших зустрічах з керівництвом Стратегічного Командування та ОЗС НАТО перед командуванням Війська Польського було поставлено завдання поетапної інтеграції в НАТО, головними заходами на першому етапі до 2009 року були визначені – переоснащення та побудова цифрової системи управління, відповідної стандартам НАТО (системи зв'язку та автоматизованого управління військами), системи протиповітряної оборони та оповіщення протиракетної оборони, розвідки.

Зразком для створення системи зв'язку спеціального призначення Республіки Польща є Американська система польового зв'язку тактичної ланки Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T).

Особливо важливо відстежити розбудову та інтеграцію системи управління ЗС РП у НАТО, тому що Військо Польське офіційно до 1991 року входило до складу збройних сил країн учасниць “Варшавського договору”, мало побудовані структури частин та підрозділів зв'язку, озброєння, способи організації та ведення бойових дій відповідно до директив та статутів СРСР (країн “Варшавського

договору”), тобто максимально наближені до колишньої структури Збройних Сил України, що дасть змогу визначити подальші напрямки розвитку ЗСУ.

Сухопутні війська Польщі поділені на два оперативно – тактичних угруповання (операційні напрямки), які умовно названі “Північ” та “Південь”.

Фахівцями Генерального штабу Республіки Польща було ретельно прораховані варіанти дій сухопутних підрозділів, розраховані особливості місцевості, можливостей цивільних мереж зв’язку, можливого впливу противника на систему зв’язку, особливо засобів РЕБ кораблів Балтійського флоту РФ, повітряних та наземних станцій РЕБ (РЕР, РЕП) угруповання “Калінінград” збройних сил РФ, За допомогою цифрових карт в масштабі 3D та використовуючи програми автоматизації дій підрозділів управління і зв’язку НАТО були визначені місця розгортання польових інформаційно – телекомунікаційних вузлів великого розширення NODE -1 та NODE -2, які будували опорну мережу типу МЕШ (решітка) за напрямками дій оперативних угруповань за двома варіантами.

Варіант перший – дії у складі військ НАТО

Відповідно до доктрини ведення бойових дій НАТО, війська Республіки Польща забезпечують розгортання системи управління (до складу якої входить система зв’язку) забезпечують сумісні дії по відбиттю агресії вірогідного противника та подальшого наступу на його територію.

Найбільш важкий варіант для ведення бойових дій для системи управління, оскільки потрібна повна сумісність засобів та програмного забезпечення. Для цього у НАТО опрацьована низка керівних документів наведемо приклади, а саме:

- з питань організації зв’язку STANAG 4203 Ed.3 TECHNICAL STANDARDS FOR SINGLE CHANNEL HF RADIOEQUIPMENT [13] - військовий зв’язок та інформаційні системи, технічні стандарти для радіообладнання, IDT - військовий зв’язок, технічні стандарти радіообладнання ВЧ одноканального радіоканалу (радіообладнання) STANAG 4205 Ed.4 / AComP-4205 (A) TECHNICAL STANDARDS FOR [14].

Найбільш важкий варіант для ведення бойових дій для системи управління, оскільки потрібна повна сумісність засобів та програмного забезпечення. Для цього у НАТО опрацьована низка керівних документів наведемо приклади, а саме:

- з питань організації зв'язку STANAG 4203 Ed.3 TECHNICAL STANDARDS FOR SINGLE CHANNEL HF RADIOEQUIPMENT [13] - військовий зв'язок та інформаційні системи, технічні стандарти для радіообладнання, IDT - військовий зв'язок, технічні стандарти радіообладнання ВЧ одноканального радіоканалу (радіообладнання) STANAG 4205 Ed.4 / AComP-4205 (A) TECHNICAL STANDARDS FOR SINGLE CHANNEL UHF RADIO EQUIPMENT [14] - військовий зв'язок та інформаційні системи, Технічні стандарти на одноканальне УВЧ радіообладнання.

Під час виконання операцій НАТО використовуються автоматизовані системи управління військами (АСУВ) тактичної ланки управління СВ США типу C2 (command – команда та control – контроль виконання) та оперативно – тактичної ланки управління C4ISR (command – команда; control – контроль; computer – об'єднане поняття комп'ютерних мереж, засобів комутації, маршрутизації, зв'язку; communication – спілкування об'єднане поняття програмного забезпечення, месенджерів обміну інформацією, єдиних геоінформаційних платформ тощо; intelligence – розвідка старшого командира (начальника) данні розвідки державного рівня (супутникова розвідка, глибинна та агентурна розвідка тощо); reconnaissance – розвідка силами та засобами підрозділів тактичної та оперативної ланки (датчики інформації: БПЛА, РЛС, інфрачервоного типу, сейсмічні, відеокамери, оптичні системи, інформація яка вноситься в систему під час рейдових дій, захоплення інформаторів тощо). В якості засобів криптографічного захисту інформації на тактичному рівні для передачі інформації з обмеженим доступом використовується шифрування AES 128, AES 256. AES (англ. Advanced Encryption Standard — симетричний алгоритм блочного шифрування, розмір ключа 128/256 біт), прийнятий в якості стандарту шифрування урядом США по результатам конкурсу AES у 2001 році. Та система Citadel, яка має 3 криптографічні алгоритми, засновані

на змішаному арифметичному блочному шифрі, котрий здатен протистояти криптографічним атакам.

Citadel 128(Citadel-1) розроблено в 1997 році, фахівцями компанії “Harris Corporation” у місті Рочестере (штат Нью - Йорк, США). Citadel це мікросхема, котра може бути вбудована в обладнання зв’язку , використовує особливий алгоритм шифрування, який має умовну назву МК-128, реалізований апаратно.

З наведених прикладів чітко зрозуміло, що на підставі наукових досліджень, ретельного аналізу досвіду ведення бойових дій, впровадження надсучасних технологій та розробок створюються керівні документи, які визначають порядок взаємодії всіх систем, озброєнь, частин та підрозділів НАТО, забезпечують їх повну взаємодію та сумісність.

Варіант другий – самостійне відображення агресії противника.

У другому варіанті самостійне розгортання та ведення бойових дій збройними силами Республіки Польщі без залучення військ НАТО. У другому варіанті розгортання передбачається повне застосування національної автоматизованої системи управління військами оперативно – тактичного рівня “ЖАСМІН” (анг. Jasmin) – аналог американської системи C4ISR, яка використовує постановки завдань за моделями НАТО, але здійснює програмування за національними платформами, що при необхідності надає змогу забезпечувати розгортання та функціонування незалежно від військ НАТО.

На відміну від дій у складі військ НАТО , Командування Війська Польського планує використовувати національні засоби криптографічного захисту інформації (апаратури шифрування IP пакетів) та флешнакопичувачі зі змінними ключами, в які заливаються алгоритми розроблені національними виробниками (рис.1.3).

Країни члени НАТО в свої доктринах (керівних документах) розглядають ведення бойових дії у складі НАТО та передбачають можливість захисту національних інтересів без застосування військ Альянсу. Можливо привести приклади протистояння держав учасниць НАТО між собою, а саме Турція і Греція. Причини конфлікту є територія Кіпру та нафтогазові поклади у Середземному морі. Тому для створення системи управління Збройних Сил України необхідно

використовувати національні засоби криптографічного шифрування інформації, автоматизовані системи управління військами сумісні з АСУВ НАТО та в той же час спроможні незалежно виконувати завдання в інтересах забезпечення національної безпеки.



Рис. 1.3 Апаратура IP шифрування (IP SEK) з флеш-накопичувачем вводу ключа та радіорелейна станція R-450 з флеш-накопичувачем вводу ключа типу AES 128, AES 256 з національними алгоритмами шифрування

Склад, призначення та бойові можливості, варіанти розгортання польового інформаційного – телекомунікаційного вузла (великого розширення) NODE -1,2.

Основним бойовим підрозділом 15 бригади підтримки Командування збройних сил Республіки Польщі є польовий інформаційно – телекомунікаційний вузол зв'язку (великого розширення) NODE -1,2. (рис. 1.4), головним завданням якого є побудова опорної мережі, прив'язка частин та підрозділів до неї, забезпечення виконання вимог до системи управління (NATO STANAG 4628 - CONTROLLER AREA NETWORK) [15]:

- високої бойової готовності, яка досягається навчальними програмами НАТО, тренуваннями системи управління під керівництвом Європейського Командування НАТО та Командування і Генерального штабу ЗС РП, стимулюванням особового складу до нарощування функціональних можливостей та знань за рахунок додаткового фінансування та різномірних заохочень (безкоштовного навчання у навчальних закладах для членів сімей, кар'єрного росту тощо), системою

логістичного забезпечення, ремонту та заміни застарілих зразків техніки відповідно до стандартів НАТО;

- живучості управління військами, за рахунок застосування багатьох родів зв'язку (радіорелейного (широкосмугового доступу), тропосферного, супутникового, радіо, проводового) та видів зв'язку (телефонний, передачі даних, відеозв'язок, фельдегерсько - поштовий зв'язок), взаємодія з частинами та підрозділами країни НАТО, здатності системи протистояти засобам РЕБ, РЕР, РЕП вірогідного противника за рахунок використання новітніх технологій дозволяючи протидіяти впливу противника (маршрутизації типу OSPF, сигналів з модуляцією типу OFDM тощо)

- доступності та керованості системою, досягається застосування автоматизованих систем управління військами, переваги над противником в технологіях та швидкості реакції на зміни в бойовій обстановці, гарантованістю доставки інформації до об'єкту управління, отримання доповіді про виконання поставлених завдань, застосуванням єдиних штабних процедур, сумісних баз даних, електронних карт та інш.;

- пропускна спроможність та мобільність системи забезпечується застосування різнорідних засобів зв'язку резервуванням на одному напрямку зв'язку або в мережах, використанням систем автоматизованого управління військами, розподіленого доступу згідно прав відповідно до NATO STANAG 4628, створенням у складі частин зв'язку мобільних підрозділів спроможних на кораблях, літаках, гвинтокрилах прибути в заданий район та за допомогою супутникових засобів, тропосферних станцій, радіостанцій організувати управління військами з заданою пропускною спроможністю у короткі терміни, розгорнути абонентську мережу та організувати передачу даних для функціонування АСУВ;

- кібернетична безпека та розвідувальна захищеність, дуже великі вимоги пред'являються в цих галузях, останнім часом кількість кібернетичних атак на країни Альянсу, які несли чисельні економічні та політичні збитки, виросла в шість разів в порівнянні з 2006 роком, протидія здійснюється шляхом застосування

апаратури криптографічного захисту інформації, програмного захисту автоматизованих систем управління (АСУ), введенням ключів ідентифікації особового складу користувачів, розвідувальна захищеність пов'язана з комплексом заходів інженерного обладнання позицій, застосуванням направлених антен, використанням передачі сигналів з мінімальною потужністю, з псевдопослідовною перебудовою радіочастоти та застосуванням технології OFDM. До складу ПІТВ 15брПК входить 12 комплектів NODE -1,2, по шість у кожне угруповання “Північ та “Південь” та будують дві головних магістралі та рокади, здійснюють прив'язки.

Система зв'язку яку будує 15 брПК КЗС РП будується за принципами “решітки” МЕШ — топологія мережі зв'язку, в якій кожен вузол передає дані по мережі і виступає в ролі комутатора, має можливість отримання інформації з чотирьох та більш напрямків.



Рис. 1.4 Організаційно - штатна структура польового інформаційно – телекомунікаційного вузла зв'язку (великого розширення) NODE -1,2.

Всі вузли співпрацюють у розподілі даних в мережі, тобто кожен вузол бере участь у передачі даних в інтересах іншого вузла (принцип динамічної маршрутизації), мережа характеризується високою живучістю та стійкістю до впливу противника. За розрахунками фахівців здатна забезпечувати управління при знищенні до сорока відсотків елементів системи.

Станцією яка будує головні вісі та рокади опорної мережі зв'язку ЗС Республіки Польща є базова багатофункціональна радіорелейна станція MCLR 4x2, MCLR 34TV з антенами типу Ftm-24/5PL, Ftm 36/9 (рис. 1.5).



Рис. 1.5 Багатофункціональна радіорелейна станція MCLR 4x2, MCLR 34TV з антенами типу Ftm-24/5PL, Ftm 36/9

Станція MCLR 4x2, MCLR 34TV з антенами типу Ftm-24/5PL, Ftm 36/9 спроможна організувати чотири релейних напрямки на відстань до 40 кілометрів з організацією радіорелейного каналу до 200 Мбіт/с Ethernet (10^{-12} BER), за допомогою яких будується головні вісі та рокади опорної мережі. Крім цього до складу станції входять радіорелейні станції широкосмугового доступу до 4 комплектів для прив'язки частин та підрозділів до опорної мережі організації бездротового доступу елементів ПІТВ в залежності від рішень на організацію зв'язку, швидкість в радіорелейному каналі станцій широкосмугового доступу складає до 120 Мбіт/с Ethernet (10^{-12} BER). Крім цього у складі мається мультіплексор для прив'язки до стаціонарної оптиковолоконної мережі Польщі та країн НАТО з можливістю обробки інформації до 10 Гбіт/с Ethernet та два модеми для роботи по мідним кабелям зв'язку, кожен до 30 Мбіт/с Ethernet. Таким чином будується головний елемент системи типу “решітка” польового інформаційно-телекомунікаційного вузла NODE-1,2 (рис. 1.6). Радіорелейні станції оснащенні керованими антенами різних типів (направленої, кругової, секторної дії),

системами автоматичного регулювання потужності, автоматизованою системою управління радіорелейним зв'язком (при радіоелектронному придушенні радіорелейних каналів станції роблять моніторинг та зменшують полосу пропускання при збільшенні потужності станції до 50Вт), або сканують частотний діапазон та видають пропозиції по його використанню, автоматизована система зв'язку спроможна проводити розрахунки і надавати пропозиції по розміщенню вузлів на місцевості і проводити розрахунки прокладання радіорелейних напрямків за електронними картами, з прив'язкою по GPS координатам.

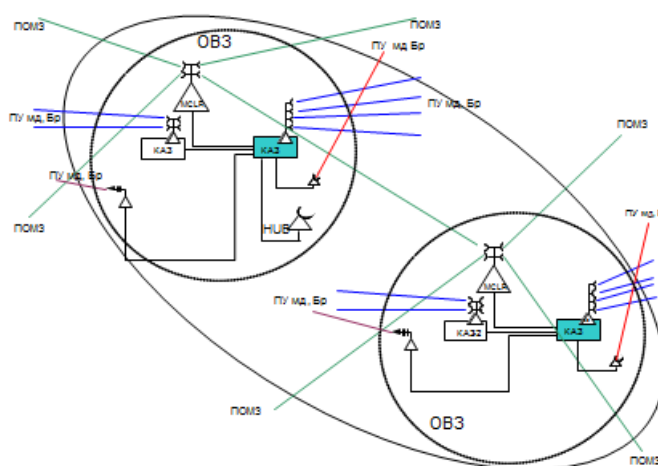


Рис. 1.6 Схема організації системи зв'язку NODE -1,2.

До складу кожного ПІТВ NODE -1,2 входить два комплекти MCLR 4x2, MCLR 34TV з антенами типу Ftm-24/5PL, Ftm 36/9. Враховуючи, що в кожному ПІТВ "Північ" та "Південь" входять по три NODE -1 та NODE -2 то загальна чисельність станцій складає 24 комплекти з можливістю гарантованого забезпечення радіорелейного каналу на відстань до 40 кілометрів з побудовою двох основних ліній опорної мережі та двох рокад (рис.5). Дана кількість стацій дозволяє організувати опорну систему зв'язку для виконання завдань за варіантами першим та другим на території Республіки Польщі.

Наступним елементом ПІТВ NODE -1,2 є комплексна апаратна зв'язку доступу RWLC-10/T (рис.1.7).



Рис.1.7 Комплексна апаратна зв'язку доступу RWLC-10/T.

Комплексна апаратна зв'язку доступу RWLC-10/T (далі КАЗ – Д) розташовується на відстані до 10 кілометрів від командних пунктів (обумовлюється можливостями модемів прив'язки по мідним кабелям). Призначена для прив'язки частин та підрозділів Війська Польського, НАТО, приданих та взаємодіючих підрозділів до головної опорної мережі системи управління Командування ЗС РП. У своєму складі має до 6 комплектів станцій широкосмугового доступу (рис.1.8) забезпечував швидкість на різних типах антен від 10Мбіт/с до 60 Мбіт/с Ethernet (10^{-10}BER) , чотири модеми для прив'язки по мідним кабелям, з яких два можливо виносити та монтувати на інших об'єктах з окремим живленням, забезпечують до 30 Мбіт/с Ethernet (10^{-12}BER) , маршрутизатор, комутатори на 24 абоненти та можливість автоматизованого дистанційного управління станціями, модемами, мультиплексором та маршрутизатором у складі єдиної системи АСУ зв'язку. RWLC-10/T при необхідності може замінювати MCLR 4x2, MCLR 34TV та діяти самостійно на окремому напрямку у складі різномірних оперативних угруповань. КАЗ –Д по 5 комплектів у складі кожного NODE -1 та NODE -2 взагалі в 15 бригаді підтримки 30 комплектів апаратних RWLC-10/T. США та НАТО в своїх операціях в Іраку, Сирії, Афганістані широко використовують супутниковий зв'язок, загальне супутникове угруповання Альянсу складає біля 2000 літальних апаратів

різнорідного призначення (зв'язок, розвідка, оповіщення про ракетну загрозу, навігаційні та інші). Швидкість розгортання (мобільність), забезпечення необхідного об'єму передачі інформації у будь-якому місці земної кулі в стислі терміни, відносна безпека застосування, що пов'язане з необхідністю проведення більшого об'єму розвідувальних заходів для виявлення станцій супутникового зв'язку. Тому ПІТВ NODE -1 та NODE -2 мають у своєму складі по три станції супутникового зв'язку різного призначення.



Рис.1.8 Цифрова радіорелейна система Ubiquiti AirGrid M5 HP 27.

Основним засобом супутникового зв'язку є польовий HUB MTS -4.6 (рис.1.9) – призначений для розподілу супутникового ресурсу між абонентами мережі, дистанційного управління, маршрутизації, надання прав доступу користувачам, екстреного відключення від систем тощо. До складу 15 брПК ЗС РП входить три таких виробу, підключаються до системи через БФРПС MCLR 4x2, MCLR 34TV або комплексну апаратну зв'язку доступу RWLC-10/T. Розміщується у групі випромінюючих засобів на відстані до 10 кілометрів від пункту управління, можливість HUB MTS - 4.6 дуже різняться, це належить від можливостей супутникового угруповання та складає приблизно до 10Гбіт/с Ethernet, а також отримання еталонного сигналу GPS та синхронізації часу в системі НАТО, доступу центрів управління та коригування супутникових угруповань орієнтація промінню

та транспортерів, ретрансляція скачками через побудовані угруповання, здійснення маневру за рахунок наземних угруповань при підключенні на інші системи.



Рис.1.9 Польовий HUB MTS - 4.6.

Широко застосовуються переносні станції супутникового зв'язку (рис. 1.10).



Рис.1.10 Переносні станції супутникового зв'язку 15 брПК ЗС РП.

В залежності від обсягу завдань переносні станції орієнтуються на різні супутникові угруповання (США, Іспанія, ОАЕ тощо), у складі станцій мають змінні елементи приймачів та передавачів, що дозволяють комплексно використовувати ресурс різних угруповань. Розташовуються до ста метрів, на відстань кабелю Ethernet від апаратних та пунктів управління. Забезпечують

можливість роботи до 20 Мбіт/с, застосовуються для резервування основних напрямків зв'язку, організовують прямі зв'язки в інтересах Командування та Генерального штабу, а також діють у складі окремих мобільних груп. Загальна кількість станцій біля 9 – 12 комплектів у складі ПІТВ NODE – 1,2.

Широке застосування отримали сучасні тропосферні станції, які були єдиним родом зв'язку який використовували війська Коаліції на чолі з США для організації напрямків тропосферного зв'язку між військовими базами в Іраку, під час піщаних буревіїв, тому що був відсутній радіо, супутниковий зв'язок, проводові системи були знищені військами Іраку, їх відновлення було неможливо. Тропосферні станції з передавачами на високо прецензійних транзисторах фірми “Toshiba”(“твердотільні елементи”) з потужністю в 500Вт та тропосферними модемами компанії “КОМТЕЙДЖ” США забезпечували можливість роботи в режимі – MIMO (подвоєний прийом та передача) з швидкістю 50Мбіт/с (10^{-9} BER) Ethernet (рис.1.11). Дальність зв'язку в залежності від потужності та об'єму інформації від 120 до 180 кілометрів. Працює виключно з використанням сигналу OFDM, а також забезпечує автоматизоване відновлення OFDM сигналу за теоремою Вітербі, тому практично не можливо впливати радіозавадами на роботу станцій TRC.



Рис.1.11 Станція тропосферного зв'язку TRC.

Головною метою застосування TRC є резервування основних магістралей та рокад опорної мережі зв'язку типу “решітка”, організація окремих напрямків

тропосферного зв'язку в інтересах Командування та ГШ ЗС РП. У складі 15 брПК знаходиться 18 комплектів TRC.

1.3 Досвід ТОВ «Телекарт прилад» щодо забезпечення зв'язком підрозділів тактичної ланки ЗСУ

У сучасній складній ситуації, коли ймовірні противники володіють потужним арсеналом радіоелектронної зброї, відчувається нагальна потреба в засобах для організації мобільних адаптивних мереж зв'язку, здатних самостійно формуватися й відновлюватися та забезпечувати стабільний, безперервний зв'язок і автоматизованих систем управління військами по всій командній вертикалі до роти включно.

Специфікою розробки таких систем є апріорна невизначеність повного набору складових систем, які в певний момент часу є доступними до користування (Рис. 1.12).

Останні 7 років ми успішно працюємо в робочій групі НАТО зі створення системи С4І яка є комплексною мережевою системою, призначеною для підтримки ухвалення рішень у військових операціях. Вона об'єднує інформацію, що надходить від різних джерел, і забезпечує командирів необхідними даними для ефективного управління військами та зброєю.

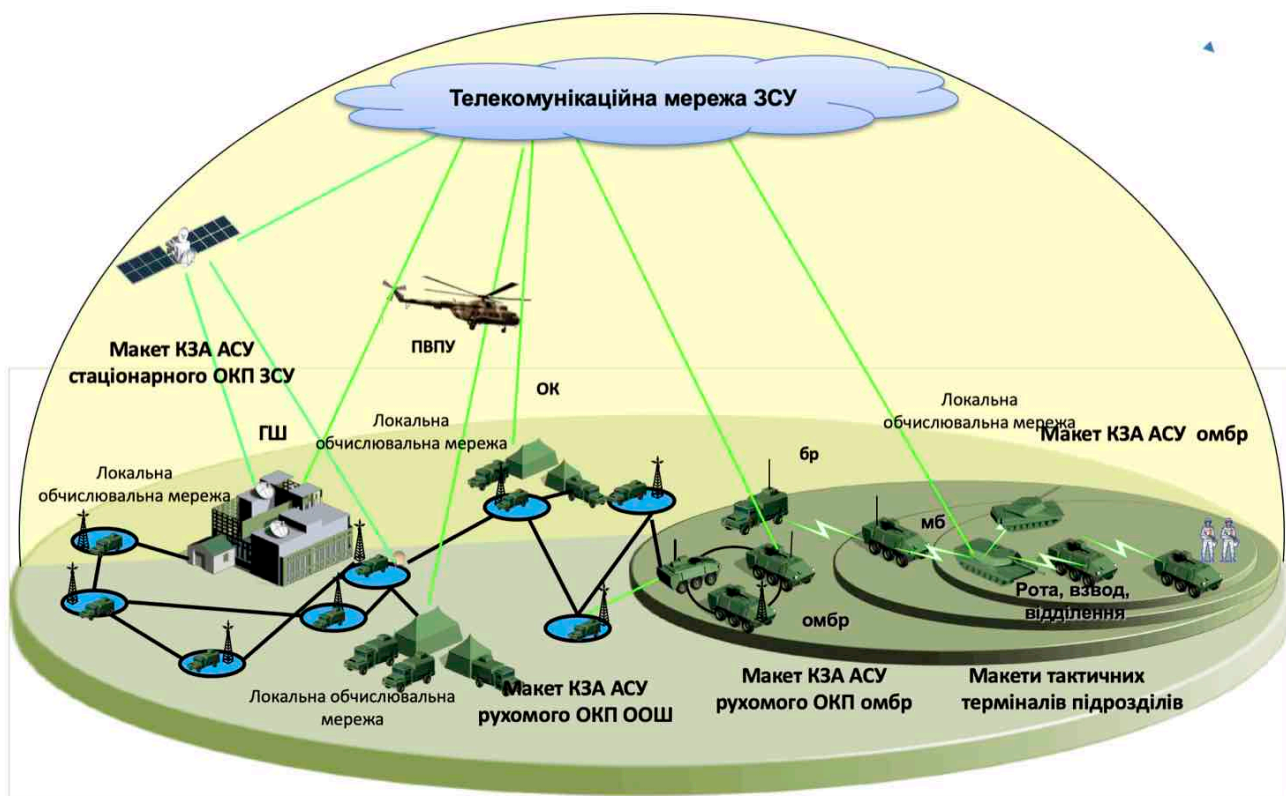


Рис.1.12 Організація зв'язку на тактичному рівні.

В НАТО для визначення перспективних технологій щодо розвитку інформаційно-комунікаційних систем використовується дорожня карта (road map), яка складається з чотирьох етапів.

Перші три етапи в ній повторюють технології, які застосовують у цивільних системах.

На першому етапі розвитку технологій стояло завдання усунення несумісності видових систем зв'язку та автоматизованих систем управління (АСУ). При цьому функціональні сервіси реалізовували на персональних комп'ютерах, як окремі автоматизовані робочі місця (АРМ). Інтеграцію здійснювали у вигляді обміну заздалегідь обумовленими даними, а сервіси зв'язку являли собою різноманітні мережі, які передавали дані за пропрієтарними протоколами.

	Усунення несумісності видових систем зв'язку та АСУ		Скоординована робота видових систем зв'язку та АСУ		Повна сумісність		Єдина система управління та зв'язку
Оперативні компоненти ЗС НАТО	СВ	ПС	СВ	ПС	СВ	ПС	Міжвідомча координація
	ССО	ВМС	ССО	ВМС	ССО	ВМС	
Функціональні сервіси	Незалежне програмне забезпечення		Інтегроване програмне забезпечення		Програмне забезпечення як сервіси		ПЗ що налаштовується самостійно
Сервіси інтеграції інформації	Незалежні дані		Загальний доступ до баз даних		Сервісно-орієнтована архітектура		ВЕБ-сервіси адаптовані за змістом
Сервіси зв'язку	Різноманітні мережі		Мережі єдиного типу		Програмно керовані мережі		Самокеровані адаптивні мережі
2002 р.							

Рис.1.13 Перспективні технології розвитку інформаційно-комунікаційних систем в НАТО

Завдання другого етапу полягало в забезпеченні скоординованої роботи видових систем зв'язку та АСУ. При цьому функціональні сервіси являли собою інтегроване програмне забезпечення (ПЗ), яке мало доступ до єдиної бази даних. Основним технологічним проривом на цьому етапі було використання єдиної IP-мережі.

На третьому етапі використовували сервісно-орієнтовану архітектуру та програмно-керовані мережі (software-defined networking — SDN).

На четвертому етапі висуваються вже специфічні вимоги, зокрема використання самокерованих адаптованих мереж та ПЗ, що самоналаштовується.

В НАТО технології 4-го етапу почали реалізовувати в межах проєкту FMN (Федеративна мережа місій), оснований на концепції мережецентричного ведення

бойових операцій, що потребує створення єдиного інформаційного простору, який об'єднує сенсори, органи управління та вогневі засоби.

Головною відмінністю АСУ тактичної ланки ТЛ від інших автоматизованих систем єдиної автоматизованої системи управління ЄАСУ ЗСУ є необхідність реалізації концепції мережецентричного ведення бойових операцій, яка вимагає створення єдиної інформаційної мережі, яка об'єднує сенсори, органи управління та вогневі засоби в Єдиний інформаційний простір, який оптимізує:

- структури та форми подання даних;
- способи передачі та регламенту обміну інформацією;
- єдину технологію збору, обробки та відображення інформації;
- єдину структуру класифікації та кодування;
- єдиний адресний простір.

При цьому, сенсори використовуються в якості елементів загальної обізнаності та розвідки, органи управління набувають інтелектуальної властивості та мобільності, а засоби ураження оперативно отримують чіткі задачі оптимізовані для виконання конкретним видом бойової техніки.

Для реалізації цих задач, необхідна глибока модернізація сенсорів, органів управління та засобів ураження.

Приклади модернізації з використанням технічних засобів, які розроблені підприємствами оборонно-промислового комплексу України.

На рисунку розглянута спрощена типова структура танкового батальйону яка існує на сьогоднішній день та структура яка пропонується ТОВ «Телекарт-Прилад» (Рис. 1.14).

Існуюча структура - танки та інша техніка батальйону укомплектовані радіостанціями виробництва СРСР, а також автомобільними та портативними радіостанціями транкінгового зв'язку Либідь, на які на даний час триває процес переоснащення підрозділів тактичної ланки СВ ЗС України. За допомогою даних засобів можливо організувати окремі мережі радіозв'язку для обміну голосовою інформацією (сигналами управління) без можливості розгортання автоматизованих систем передачі даних (Рис. 1.15).

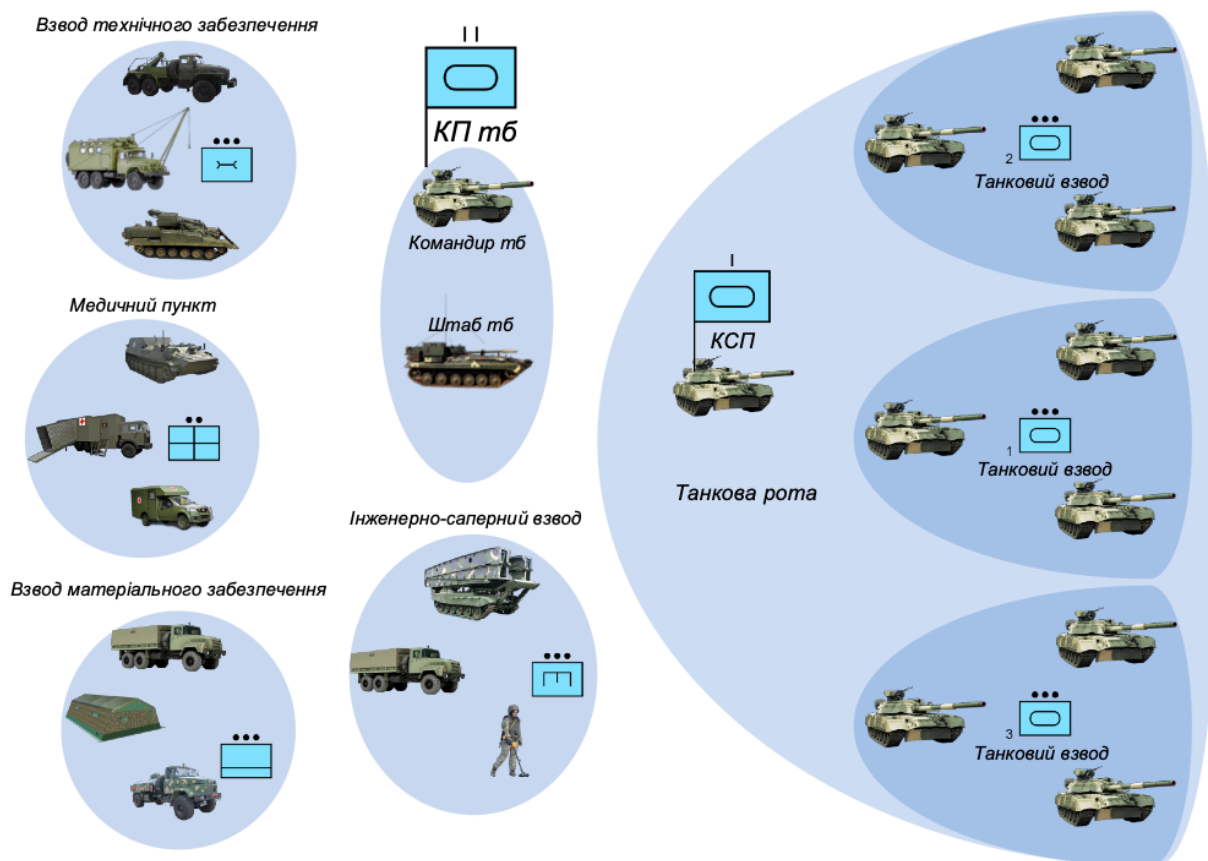


Рис.1.14 Спрощена типова структура танкового батальйону.

Ми ж запропонували реалізувати концепцію мережецентричного ведення бойових операцій, у якій сенсори використовують як елементи загальної обізнаності та розвідки, органи управління набувають інтелектуальних та мобільних властивостей, а засоби ураження оперативно отримують чіткі завдання, оптимізовані для виконання конкретним видом бойової техніки (Рис. 1.16). За рахунок побудови MESH-мережі забезпечується побудова Єдиного інформаційного простору (Рис. 1.17), який складається з:

- структури та форми подання даних;
- способів передачі та регламенту обміну інформацією;
- єдиної технології збору, обробки та відображення інформації;
- єдиної структури класифікації та кодування;
- єдиного адресного простору.

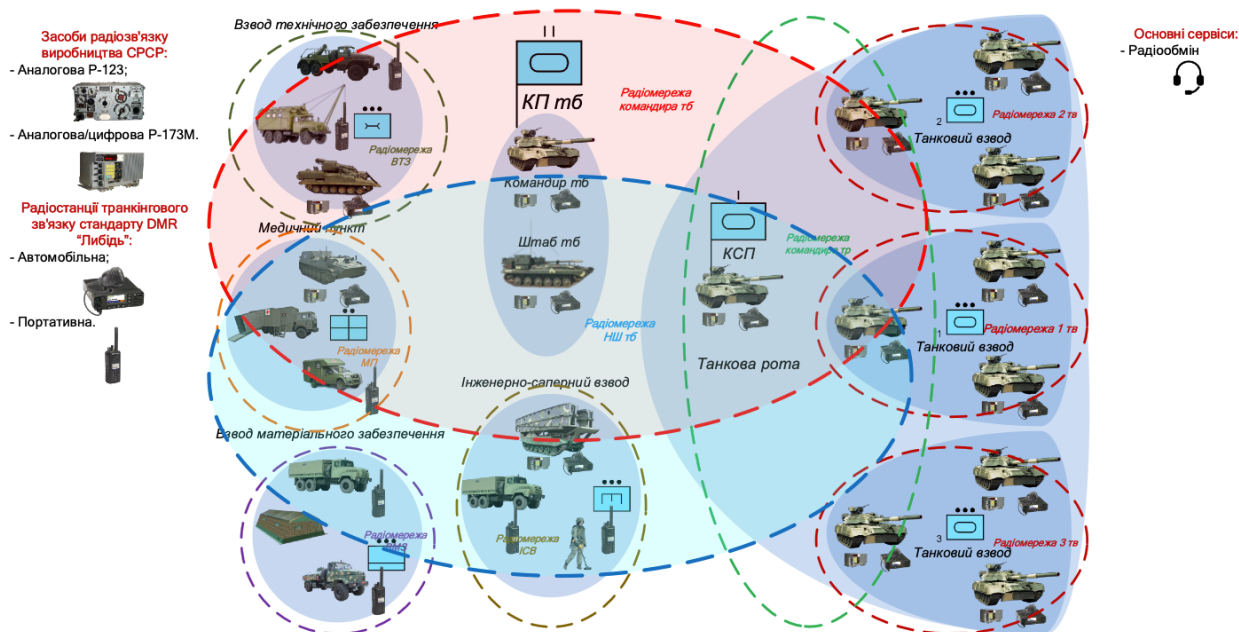


Рис.1.15 Зв'язок організований за рахунок портативних радіостанцій транкінгового зв'язку

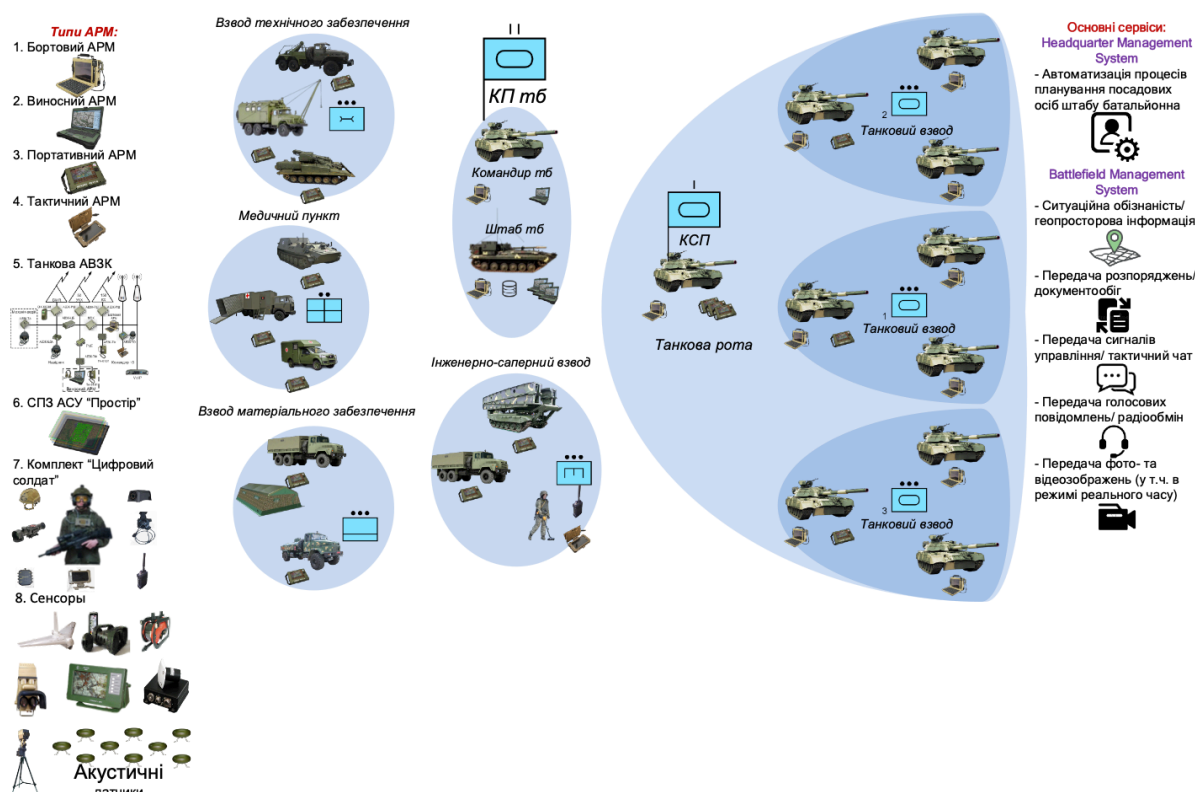


Рис.1.16 Зв'язок організований за рахунок портативних радіостанцій транкінгового зв'язку

- Здійснення передачі бойових наказів, розпоряджень, електронний документообіг.
- Здійснення передачі сигналів бойового управління, використання тактичного чату для оперативного обміну інформацією про зміну в бойовій обстановці, про події в зонах відповідальності підрозділів.
- Здійснення радіообміну та передачі голосових повідомлень.
- Передавання фото- та відеозображення з поля бою, у тому числі відео в реальному часі.

Окремим завданням BMS, є підсистема «Спішений солдат» (DSS), яка призначена для вирішення завдань класу C4I для реалізації взаємодії між командирами і спішеними солдатами під час ведення бою. Підсистема підтримує обмін критично важливою, тактичною інформацією, вирішує питання ситуаційної обізнаності солдат на основі автоматичної прив'язки їх положення до карти місцевості із зазначенням елементів бойової обстановки (наприклад розташування свої-чужі), дозволяє використовувати різне підключене військове спорядження, включаючи медичне (засоби оцінювання стану боєздатності солдата).

BMS є важливим доповненням практично до будь-якого датчика або системи озброєння, встановленому на бойовій машині, формуючи скоординовані бойові команди, які виконують свої завдання з оптимальною точністю. BMS підтримує всі вимоги тактичних підрозділів батальйону і нижче, відповідаючи всім їх оперативним потребам, включаючи пряме ведення вогню і маневр, непряму підтримку вогню, розвідку і логістику.

Починаючи з 2017 року в межах ДКР шифр «Простір» ГШ ЗСУ була поставлена задача розроблення аналогу Американської системи польового зв'язку тактичної ланки Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T) [6].

В технічне завдання на ДКР були внесені зміни та поставлені завдання про створення 18 комплексів засобів зв'язку та автоматизації (КЗЗА) для організації мобільних адаптивних мереж зв'язку, здатних самостійно формуватися й відновлюватися та забезпечувати стабільний, безперервний зв'язок і управління військами по всій командній вертикалі до штабу роти включно.

КЗЗА створювались на базі КШМ К-1450 та комплексних апаратних зв'язку К-150, як гетерогенні клієнти, які здатні працювати в умовах різних засобів зв'язку. Вони є аналогами п'яти КШМ WIN-T (Рис. 1.18).



Рисунок 1.18 - КШМ WIN-T

Приклад розташування КШМ WIN-T на полі бою представлений на рисунку 1.19. Основний принцип такий щоб на кожному рівні забезпечення телекомунікаційними послугами існувало декілька різних за технологією засобів передачі інформації.

Комплексна апаратна зв'язку TCN – організація рухомої опорної ШПМ у ланці "дивізія - бригада - батальйон" (лінії радіорелейного і супутникового зв'язку високої пропускної здатності).

Вона виконує функції магістрального вузла зв'язку та вузла доступу КП. КАЗ TCN як на стоянці, так і під час руху забезпечує обмін даними в лініях на дальність прямої видимості з аналогічними комплексами зі швидкістю до 54 Мбіт/с

Центр управління мережею та безпекою (NOSC) — надає повний набір програм для мережевих операцій (NetOps) та захист інформації (IA) для мережі. NOSC надає потужні інструменти мережевого планування, моніторингу та управління, які дозволяють командирі розуміти стан та охоплення своєї мережі при прийнятті обґрунтованих рішень на полі бою.

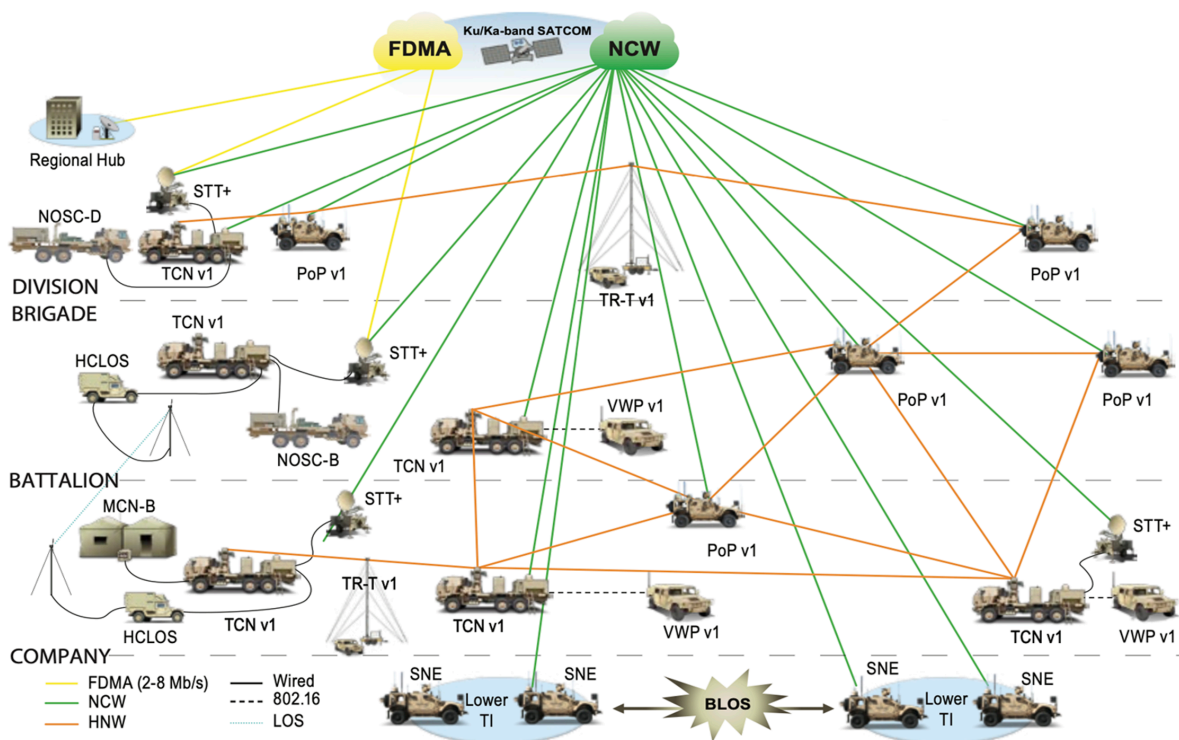


Рисунок 1.19 - Приклад розташування КШМ WIN-T на полі бою

Командно-штабна машина PoP — забезпечує радіодоступ до опорної широкосмугової телекомунікаційної мережі WTN-T дивізії (бригади) як під час руху, так і на зупинках, а також сполучення з тактичними УКХ-радіомережами бригади.

Вона повинна забезпечувати необхідну ситуаційну обізнаність на наглядових та командних пунктах, а також своєчасне доведення графічної інформації, повідомлень та бойових наказів до командирів та штабів різного рівня та вищого командування.

Комплект апаратури радіозв'язку VWP — призначений для оснащення КШМ, що знаходяться на озброєнні, у яких не має засобів, аналогічних наявним на КШМ PoP.

Він забезпечує КШМ бездротовим з'єднанням з TCN на стоянці в межах КП і під час руху в колоні.

Soldier Network Extension (SNE) – підключає солдатів, які спішилися, до мережі WIN-T через їхні радіостанції бойової мережі, а також забезпечуючи командирам у машині або поблизу неї доступ до глобальної мережі.

Розширює мережу до крайньої передньої позиції підрозділу, надаючи ситуаційні дані в режимі реального часу командирам рот на великій території. Фактично він виконує функцію базової станції зв'язку у тактичній ланці.

ТОВ «Телекарт Прилад» розробив аналог КШМ WIN-T (Рис. 1.20 та рис. 1.21).



Центр управління мережею та безпекою



Комплексна апаратна зв'язку



Командно-штабна машина



Комплект апаратури радіозв'язку



Комплект апаратури радіозв'язку



Рисунок 1.20 Відповідність КШМ виробництва ТОВ «Телекарт Прилад» КШМ WIN-T



Рисунок 1.21 Відповідність КШМ виробництва ТОВ «Телекарт Прилад» КШМ WIN-T

Можливості Центру управління мережею та безпекою: Повне планування та управління мережею на рівні бригади та підрозділів; Аналіз топології та пропускної спроможності мережі; Планування покриття для бездротових локальних мереж, радіостанцій LAW, HNW, NCW, SINCGARS і HCLOS із підтримкою TCN, JNN, 802.11 і Generic Emitter; Моніторинг та адміністрування інформаційного забезпечення; Планування спектру для всіх відомих випромінювачів і управління мережевими випромінювачами; Підтримка PKI; Керування ключами; Підтримка TOC і обмежена TAC.

У комплект апаратури VWP v1 входять: абонентський приймальний модуль апаратури локального радіодоступу (LAW) з антеною, маршрутизатор стандарту Етернет на 16 портів і пристрій шифрування за протоколом NAIPЕ. Основу комплексу становить апаратура бездротової локальної мережі стандарту IEEE 802.11a/b/g (Wi-Fi), призначена для здійснення закритого високошвидкісного

обміну мультимедійними даними з грифами "Секретно" та "Цілком таємно" в діапазоні частот 4,4-5,0 ГГц.

До складу УЗ SNE входять: станція рухомого супутникового зв'язку TRM-1000; засоби УКХ-радіозв'язку серій SINCGARS, Havequick I та II; станція AN/PRC-117G(C) серій "Фалкон-3" та EPLRS; маршрутизатор; вбудовані 12-канальний приймач КРНС "Навстар" та модуль шифрування типу "Сьєрра-2".

Станція супутникового зв'язку забезпечує обмін даними зі швидкістю 64-128 кбіт/с у русі. Засоби УКХ-радіозв'язку перекривають діапазон частот 30-2 ТОВ МГц та здійснюють закритий обмін мовними повідомленнями, даними та відеозображеннями по інтернет-протоколам зі швидкістю від 1,2 кбіт/с до 10 Мбіт/с при роботі як з вузько-, так і з широкосмуговими сигналами.

Можливості побудови аналогу системи WIN-T за рахунок потужностей ТОВ «Телекарт Прилад» представлені на рисунку 1.22.



Рисунок 1.22 Можливості побудови аналогу системи WIN-T за рахунок потужностей ТОВ «Телекарт Прилад»

Мобільні телекомунікаційні комплекти (МТК)



Телекомунікаційний бокс № 1
Телекомунікаційне обладнання
відкритого зв'язку



Телекомунікаційний бокс № 2
Телекомунікаційне обладнання
захищеного зв'язку



Телекомунікаційний бокс № 3
Засоби радіозв'язку



Телекомунікаційний бокс № 4
Система електроживлення



Такелажний бокс № 1
для транспортування обладнання
радіорелейного зв'язку



Електричний генератор 4 кВт



Такелажний бокс № 2
для транспортування обладнання
радіозв'язку



Котушка з кабелем UTP



**Котушки з кабелями
електроживлення**



Такелажний бокс № 3
для транспортування пасивного
телекомунікаційного обладнання



Щогла телескопічна 8 м

Рисунок 1.24 Мобільні телекомунікаційні комплекти ТОВ «Телекарт Прилад»

Варіант розгортання МТК

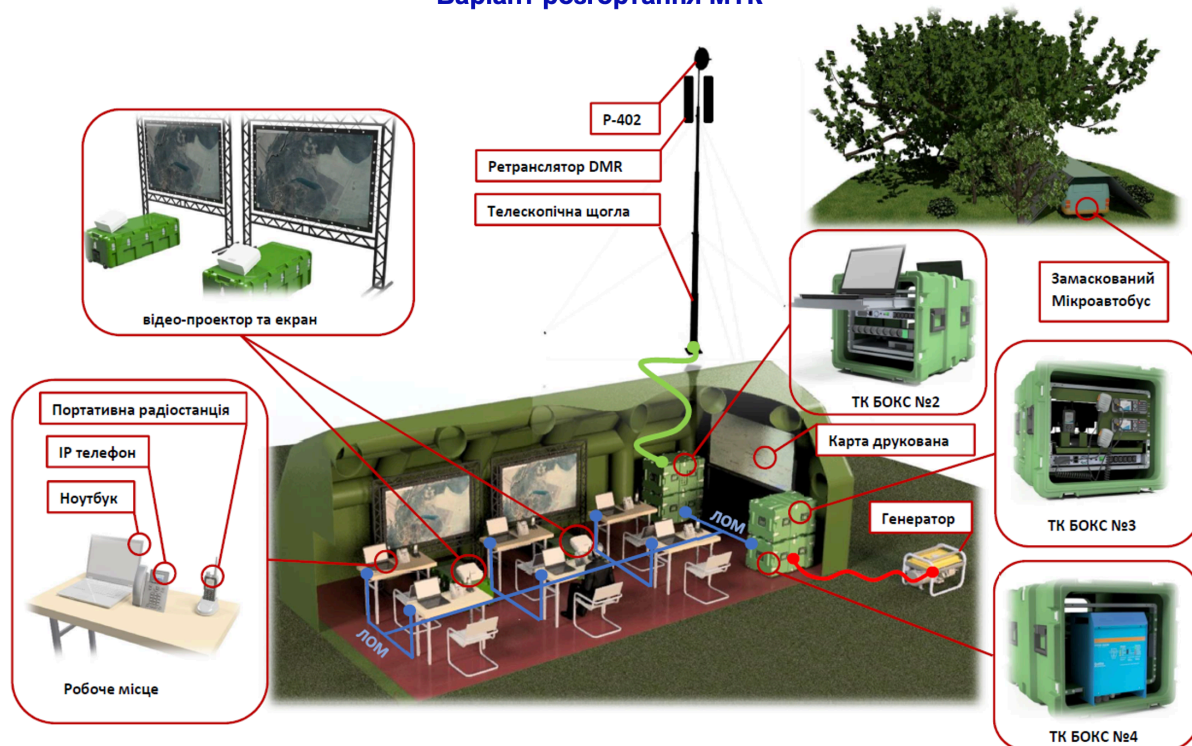


Рисунок 1.25 Варіанти розгортання мобільних телекомунікаційних комплектів

Варіант схеми комутації МТК

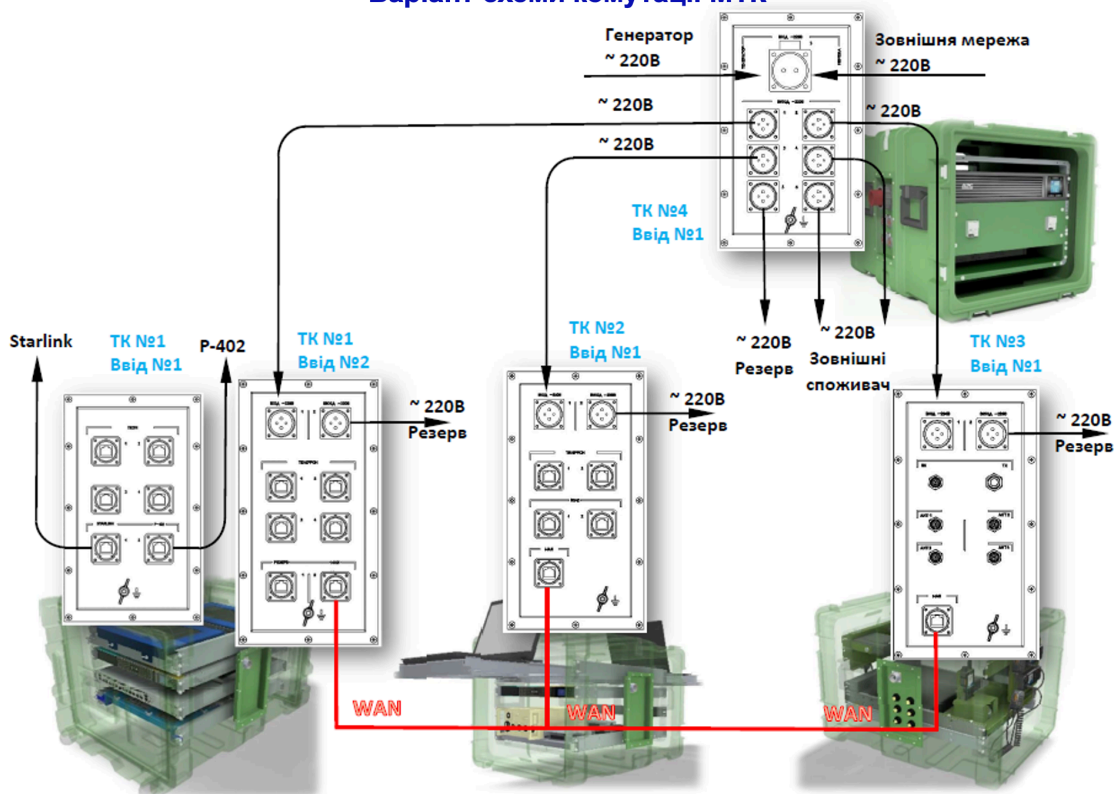


Рисунок 1.26 Варіант схеми комутації мобільних телекомунікаційних комплектів

Варіанти розгортання мобільних телекомунікаційних комплектів та варіант схеми комутації мобільних телекомунікаційних комплектів представлено на рисунках 1.25 та 1.26.

Висновки по розділу 1:

1. Проведено аналіз спроможностей сучасних засобів РЕБ збройних сил Російської Федерації
2. Розглянуті приклади реалізації системи зв'язку тактичної ланки управління військами в США та Республіка Польща, які здатні протидіяти сучасним засобам РЕБ.
3. Для протидії арсеналу радіоелектронної зброї, армії НАТО відчують нагальну потребу в засобах для організації мобільних адаптивних мереж зв'язку, здатних самостійно формуватися й відновлюватися та забезпечувати стабільний, безперервний зв'язок і управління військами по всій командній вертикалі до штабу роти включно. Забезпечення захищеного зв'язку забезпечує реалізація системи польового зв'язку тактичної ланки Warfighter Information Network-Tactical WIN-T.
4. Забезпечення зв'язком підрозділів тактичної ланки ЗСУ здійснюється належним чином тільки для стаціонарних об'єктів. Рухомі об'єкти укомплектовані радіостанціями виробництва СРСР, а також автомобільними та портативними радіостанціями транкінгового зв'язку Либідь чи аналогами стандарту DMR. За допомогою даних засобів можливо організувати окремі мережі радіозв'язку для обміну голосовою інформацією (сигналами управління) без можливості розгортання автоматизованих систем передачі даних.
5. Сучасна існуюча система зв'язку тактичної ланки характеризується:
 - складною топологією;

- широким застосуванням в тактичній ланці управління транкінгового зв'язку, який при цьому має низьку завадо- та розвідзахищеність, пропускну спроможність;
 - недостатньою мобільністю, надійністю та живучістю по причині відсутності комплексних апаратних зв'язку та командно-штабних машин, допущених встановленим порядком до роботи в спеціальних мережах;
 - відсутністю засобів автоматизації для роботи оперативного складу на пунктах управління;
 - низькою автоматизацією системи зв'язку, відсутністю засобів автоматизації та робочих місць для автоматизованого управління системою зв'язку на тактичному рівні.
6. У зв'язку з тим, що комплектація засобами зв'язку ЗСУ для мобільної складової на тактичному рівні на відміну від реалізації WIN-T не уніфікована, додатковою реалізованою задачею стало створення гетерогенного клієнта здатного працювати з засобами зв'язку різних виробників.
7. Для подолання вказаних недоліків ТОВ «Телекарт прилад» починаючи з 2017 року в межах ДКР шифр «Простір» ГШ ЗСУ розробив та поставив на озброєння лінійку КШМ, які є аналогами вузлів американської системи польового зв'язку тактичної ланки WIN-T.
8. Реагуючи на досвід військових дій після 2022 року було розроблено лінійку мобільних телекомунікаційних комплектів, які можуть бути перевезенілюбими транспортними засобами та оперативно розгорнуті на полі бою.
9. На базі КШМ, з урахуванням можливості виконувати функцію гетерогенного клієнта, розроблені схеми систем зв'язку для усіх підрозділів тактичної ланки.

РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ

2.1 Аналіз сучасного стану й перспектив розвитку систем зв'язку тактичної ланки

Протидія засобам РЕБ противника та забезпечення живучості, надійності, гарантованої доставки інформації є основною задачею автоматизованої системи зв'язку тактичного рівня.

В військах НАТО розроблені стандарти протидії засобам РЕБ, вони поєднують заходи по інженерному обладнанню позицій засобів управління так і технічні: винесення за пункти управління випромінюючих засобів, розгортання різнорідних угруповань засобів зв'язку для неодноразового резервування, використання обмежень на режими роботи на передачу випромінюючих засобів, прив'язку пунктів управління по кабелю до вузлів зв'язку опорної мережі.

Окремо зупинимось на покращенні характеристик сигналів формуючих високу швидкість, надійність та достовірність отриманої інформації. Сучасні системи зв'язку при великих об'ємах інформації, яка обробляється по радіоканалам стикаються з проблемою між символної інтерференції виникаючої при багатопроменевому випроміннені сигналу (радіостанції, радіорелейні, тропосферні, радіолокаційні станції).

Порушення міжсимвольної інтерференції приводить до унеможливлення відпрацювання каналного, мережевого, транспортного рівнів моделі OSI, пакети просто розсипаються, що унеможливорює подальшу роботу. При цьому збільшення тривалості імпульсу значно знижує межсимвольну інтерференцію перевипромінювальних сигналів, але приводить до суттєвого зниження швидкостей передачі.

Найбільш оптимальними сигналами для військових засобів зв'язку є сигнали OFDM (англ. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), які забезпечують високу достовірність, надійність, здатність протистояти зовнішньому впливу в найгірших умовах функціонування радіосистем, проводити автоматизоване відновлення

спотвореного сигналу за допомогою кодування еталонної інформації на передачу та її декодування на прийомі (теорема Вітербі).

Переваги OFDM:

- здатність протистояти складним умовам у радіоканалі;
- висока спектральна ефективність;
- адаптованість використання різних схем модуляції для різних піднесних, що дозволяє адаптуватися до умов розповсюдження сигналу та до різних вимог до якості прийнятого сигналу;
- проста реалізація метода цифрової обробки з використанням обчислювальних приладів;
- здатність протистояти інтерференції між піднесних, що обумовлює гарні показники при багатопроміневому розповсюдженні;
- за допомогою автоматизованих систем порівняння сигналу кодерів та декодерів з контрольними комбінаціями переданих та отриманих можливе відновлення пошкодженого сигналу, або його частини за допомогою теореми Вітербі.

На даний час методи забезпечення передачі даних в безпроводових системах зв'язку досліджені в наукових працях вітчизняних та іноземних авторів [16-50], серед яких найбільш відомі наступні вчені: В. Л. Банкет, Ф. Дж. Мак-Вільямс, К. Шеннон, Л. Хензо, А. Голдсмит, Д. Форні, К. Берроу, М. Валенті, Зайцев С.В. та ін.

Загальносвітові тенденції та особливості побудови радіозасобів враховані при розробці нових перспективних зразків українськими виробниками. На сьогоднішній день проведено розробки та випробування таких радіозасобів українського виробництва:

переносна УКХ радіостанція “Артек”, перевізні КХ/УКХ радіостанції “Артек” виробництва ТОВ “Телекарт-Прилад” (м. Одеса);

сімейство УКХ радіостанцій “Лотос”, КХ радіостанція середньої потужності “Ринг” виробництва “КБ Ринг” (м. Севастополь).

У теперішній час на забезпеченні тактичної ланки управління ЗСУ

перебувають радіозасоби 1-5 покоління. Основні тактико-технічні характеристики радіостанцій 5 покоління, розроблені ТОВ “Телекарт-Прилад” (м. Одеса), показані в табл. 2.1.

Радіостанції 5 покоління українського виробництва застосовуються в автоматизованій телекомунікаційно-інформаційній системі “Атіс”, створеній на основі обладнання ТОВ “Телекарт-Прилад”.

Аналіз характеристик засобів радіозв’язку тактичної ланки управління ЗСУ 5 покоління виявляє ряд істотних недоліків:

аналогові види модуляції, відсутність коригувального коду, адаптивного контуру забезпечення завадозахищеності;

низька швидкість передачі інформації;

несумісність радіозасобів різних систем зв'язку.

Таблиця 2.1

Основні тактико-технічні характеристики радіостанцій ТОВ “Телекарт-Прибор” типу “Артек” (м. Одеса) 5 покоління

Тип радіостанції	Діапазон частот, МГц	Потужність, Вт	Швидкість СЗЧ, стрибків/с	Режим роботи Вид модуляції
Переносна УКХ радіостанція Р-002	30...110	2 (номінальна)	312	ТЛФ, ПД ЧМ
Переносна УКХ радіостанція Р-005	30...110	5 (номінальна)	312	ТЛФ, ПД ЧМ
Возима УКХ радіостанція Р-130У	30...110	30 (номінальна)	312	ТЛФ, ПД ЧМ
Возима КХ радіостанція Р-1150	1,5...30	150 (вихідна)	8	ТЛФ, ПД АМ, ЧМ

Шляхи й напрямки розвитку систем зв'язку та автоматизації ЗСУ визначають із урахуванням тенденцій розвитку систем військового зв'язку провідних країн світу (США, Великобританії, Німеччини, Франції, Італії та ін.), армій країн колишнього Варшавського Договору (Польщі, Болгарії, Румунії та ін.), а також тенденцій розвитку державних і комерційних мереж загального користування. Головна мета розвитку систем зв'язку та автоматизації ЗСУ полягає в поступовому переході до цифрової передачі й обробки всіх видів повідомлень і ведення переговорів, автоматизації процесів встановлення зв'язку і інтеграції основних процесів інформаційного обміну в багатофункціональних абонентських

терміналах, а також формування єдиного інформаційного простору управління військами та зброєю. Це вимагає виконання наступних завдань:

- значного підвищення пропускної здатності інформаційних систем;
- підвищення інформаційної взаємодії великої кількості абонентських терміналів;
- інтелектуалізація телекомунікаційних мереж;
- передачі всіх видів трафіку;
- створення багаторівневої системи підвищення інформаційного обміну.

До важливих характеристик перспективних радіостанцій УКХ відносяться швидкість ППРЧ, захищеність від природних і навмисних завад, розвідзахищеність, електромагнітна сумісність і сумісність із іншими радіостанціями.

У теперішній час у Збройних Силах країн НАТО для тактичної ланки управління використовуються КХ/УКХ радіостанції, що випускаються компаніями *Tadiran Communications* (Ізраїль), *Harris RF Communications* (США), *Marconi Corporation* (США), *Rockwell Collins* (США), *Rohde & Schwarz* (Німеччина) тощо.

У радіостанціях, які знаходяться на озброєнні Збройних Сил розвинених країн світу швидкість стрибків по частоті становить від 3 до 2000 стрибків/сек.

Прикладом програми, що входить в *JTRS* є *WNW* (*wideband networking waveform*). Це широкодіапазонна радіомережа, у складі якої планується використати радіозасоби наступного покоління, що використовують архітектуру *SCA*, для Збройних Сил країн НАТО. Передбачається, що радіомережа *WNW* замінить більшість тактичних програм і забезпечить передачу даних, мовної інформації й відеозображень для повітряних і наземних операцій у діапазоні від 2 МГц до 2 ГГц і вище. Радіомережа *WNW* забезпечує взаємодію повітряних засобів різного призначення як між собою, так і із сухопутними мобільними засобами й стаціонарними об'єктами. Крім того, планується, що перспективні радіозасоби мережі *WNW* будуть використовувати завадостійке кодування (коди Ріда-Соломона, згорточні коди, кодову модуляцію з побітовим перемеженням, турбо коди та коди з малою перевіркою на парність (*LDPC*)), цифрову модуляцію, технології розширення спектру і множинного доступу.

Таблиця 2.2

Реалізація способів завадостійкого кодування для різних програм системи JTRS

Завадостійке кодування	Апаратна реалізація	
	<i>FPGA</i>	<i>DSP</i>
Турбо коди	<i>WNW BEAM</i>	
		<i>WNW OFDM</i>
Ріда-Соломона		<i>UHF SATCOM 181</i>
		<i>WNW OFDM</i>
		<i>WNW AJ</i>
		<i>WNW LPI</i>
	<i>LINK-16</i>	
Згорточний		<i>UHF SATCOM 181, 182, 183</i>
		<i>WNW AJ</i>

Таким чином, проведений аналіз сучасного стану та перспектив розвитку завадозахищених засобів радіозв'язку тактичної ланки управління Збройних Сил України та розвинених держав світу показав, що перспективні військові завадозахищені засоби радіозв'язку повинні застосовувати розширення спектру методом стрибкоподібної зміни частоти та сигнально-кодові конструкції.

2.3 Автоматизована система зв'язку тактичної ланки

Автоматизовані системи управління (АСУ) на тактичному рівні забезпечують автоматизацію наступних завдань [76-80]:

- надання постійно поновлюваної, станом на поточний час, інформації про бойову обстановку, стан і дії своїх військ і противника, фільтрованої по ланці управління, ешелону і розташуванню;
- автоматичне визначення географічного положення об'єктів динамічної обстановки;
- відображення на екрані монітора карти тактичної обстановки;
- складання і поширення в автоматизованому режимі в електронному форматі формалізованих повідомлень і підтверджень про отримання повідомлень, наказів і розпоряджень, заявок на вогневу підтримку, цілевказань і наказів на ведення вогню, сигналів-попереджень, оперативних доповідей;

- формування і накладення на електронну карту бойової обстановки, даних розвідки, оперативних нормативів, геометричних даних, схем - додатків до бойових наказів;

- обмін між компонентами з іншими АСУ, такими як система «Автоматизації планування і підготовки бойових операцій» (АСУ бригади), «Автоматизація управління різними збройними платформами» (артилерія, зенітно-ракетні війська, засоби управління зв'язком і т.п.).

Оснoву інформаційного обміну з АСУ бригади складають дані зміни бойової обстановки і текстові повідомлення. При цьому координати своїх сил і засобів визначаються за допомогою GPS, а дані про розташування сил і засобів противника надходять від різних підсистем розвідки.

Автоматизована система зв'язку тактичної ланки (АСЗ ТЛ) призначена для [76-80]:

- Моніторингу мережевих служб (SMTP, POP3, HTTP, NNTP, ICMP, SNMP).
- Моніторингу стану хостів (завантаження процесора, використання диска, системні логи) в більшості мережевих операційних систем.
- Підтримки віддаленого моніторингу через шифровані тунелі SSH або SSL.
- Визначення ієрархії хостів мережі за допомогою «батьківських» хостів, що дозволяє виявляти і розрізняти хости, які вийшли з ладу, і ті, які недоступні.
- Відправлення повідомлень в разі виникнення проблем зі службою або хостом (за допомогою пошти, пейджера, смс, або будь-яким іншим способом, визначеним користувачем через модуль системи).
- Визначення подій, що відбулися зі службами або хостами для проактивного вирішення проблем.
- Автоматичної ротації лог-файлів.
- Організації спільної роботи декількох систем моніторингу з метою підвищення надійності і створення розподіленої системи моніторингу.
- Використання утиліти nagiosstats, яка виводить загальне зведення по всім хостам, за якими ведеться моніторинг.

Об'єктом АСЗ ТЛ є система зв'язку (СЗ) ТЛ, яка складається з системи сформульованих правил, що однозначно визначає процес перетворення допустимих вихідних даних (вхідної інформації) в бажаний результат (вихідну інформацію) за кінцеве число кроків, які поділені на етапи (рис.2.3).

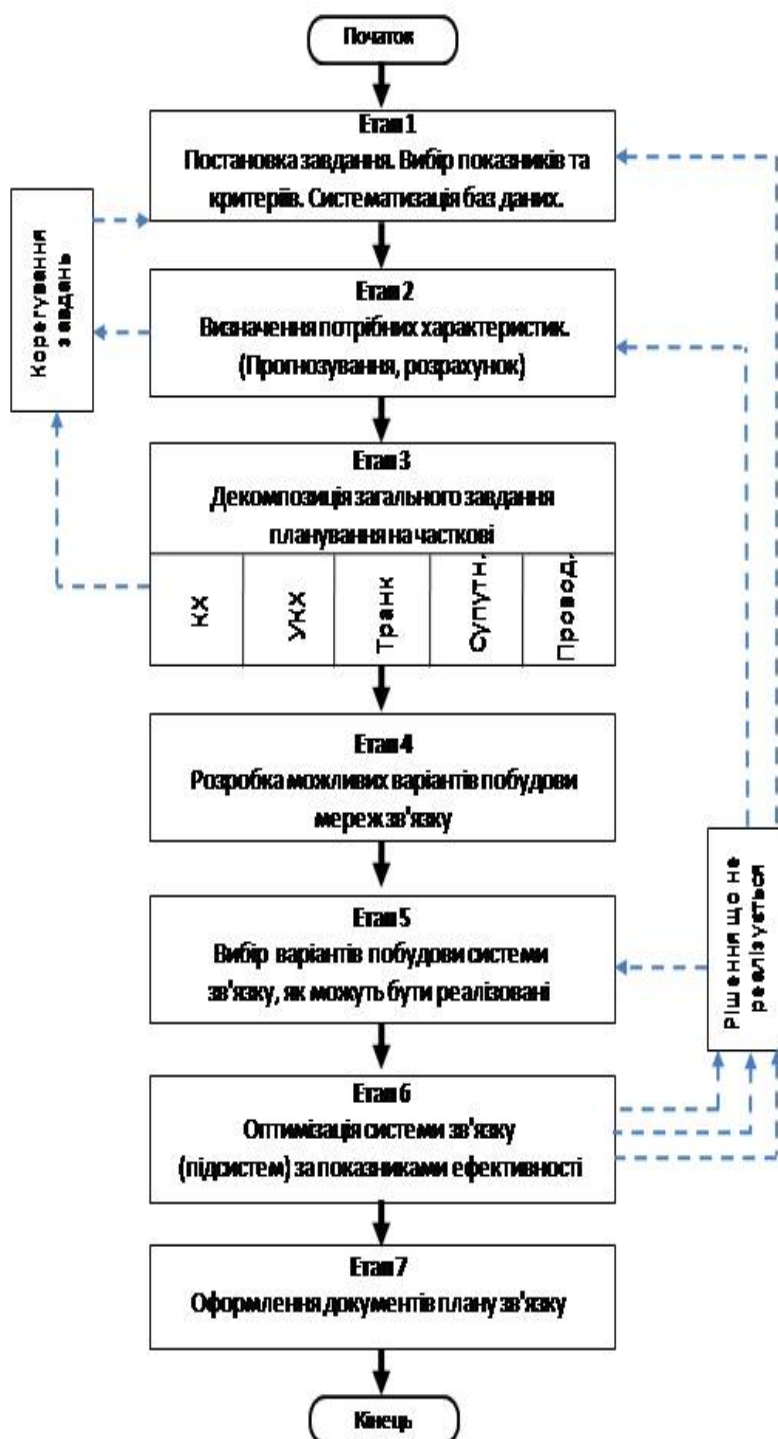


Рис.2.3 Алгоритм побудови СЗ ТЛ

Така структура дозволяє в простій і наочній формі виділити в кожному етапі зовнішні і внутрішні зв'язки, що дозволяє реалізувати процес розрахунку побудови СЗ ТЛ у вигляді подібних циклічних алгоритмів (модульних розрахункових програм).

Етап I. Постановка завдання визначається рішенням командира *ТЛ* на бій, завданнями по етапах бою, розпорядженням вищестоящего штабу по зв'язку, вказівками начальника штабу *ТЛ* з організації управління, зв'язку, взаємодії та існуючою структурою інформаційного забезпечення *ТЛ*.

Критерії планування СЗ ТЛ визначаються тими показниками, які встановлені директивними документами.

Етап II Полягає в прогнозуванні основних характеристик СЗ ТЛ.

Для проведення розрахунків необхідні відомості про подальшу еволюцію СЗ ТЛ в плані зміни її структури, збільшення (зменшення) числа інформаційних напрямків, підвищення продуктивності та стійкості інформаційних напрямків.

Класичний підхід до прогнозування цих величин заснований на аналізі прецедентів з використанням статистичних рядів. Найбільш простий і ефективний метод заснований на регресійному аналізі. Помилка прогнозу, виражена через величину довірчого інтервалу, визначається по відомим в математичній статистиці формулами.

Прогнозування процесів, які не мають прецедентів (аналогів в минулому) повинні ґрунтуватися на методі експертних оцінок.

Етап III На даному етапі формуються варіанти декомпозиції СЗ ТЛ на складові частини шляхом кластеризації для спрощення застосовування математичних методів розрахунків. Декомпозиція СЗ ТЛ на підсистеми дозволяє застосовувати в розрахунках окремих показників готові програмні продукти, які засновані на міжнародних рекомендаціях.

Етап IV. На основі одних і тих самих вихідних даних може бути розроблено декілька можливих варіантів побудови СЗ ТЛ (генерація варіантів). Найпростіший підхід до планування СЗ ТЛ полягає в оптимізації залучення сил і засобів зв'язку на певний період з умовою забезпечення заданих показників функціонування системи.

Етап V. На цьому етапі планування СЗ ТЛ проводиться аналіз всіх розроблених сценаріїв з урахуванням прогнозування розвитку ходу бою, тактичних і технічних обмежень. Рішення поставлених завдань проводиться на базі математичної моделі СЗ ТЛ.

Етап VI. На даному етапі планування повинні бути вирішені задачі оптимізації, що дозволяє значно поліпшити встановлені якісні показники СЗ ТЛ, сценарій побудови якої обраний за результатами попередніх п'яти етапів. Отриманий в результаті оптимізації варіант побудови СЗ ТЛ повинен бути досліджений за алгоритмами етапу V. Етапи V і VI змінюють ітераційно один одного до отримання задовільного варіанта побудови СЗ ТЛ.

Етап VII. Після рішення математичних задач двох попередніх етапів проводиться відповідна інтерпретація отриманих результатів за встановленими формами звітності.

Для прикладу СЗ ТЛ для батальйону представлено на рисунку 2.4.

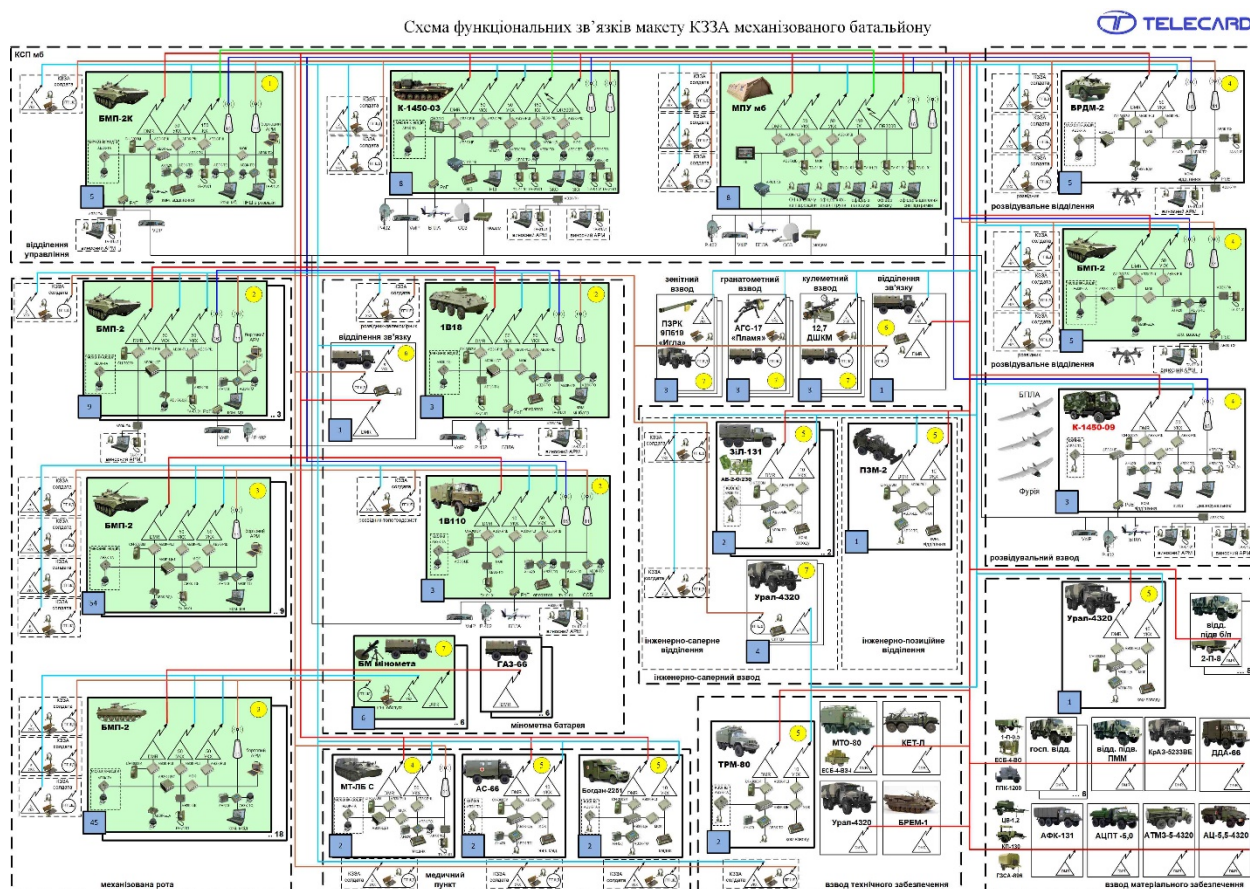


Рис. 2.4 Приклад системи зв'язку ТЛ для батальйону

Управлінням СЗ ТЛ займається АСЗ ТЛ (Рис. 2.5).



Рис. 2.5 Вигляд панелі управління АСЗ ТЛ

2.4. Призначення автоматизованої системи управління тактичної ланки.

При вирішенні завдань побудови АСЗ ТЛ управління військами, важливими є вирішення питання отримання оперативної інформації про бойову обстановку, стан і дію своїх військ і сил супротивника, фільтрованою по ланці управління, ешелону і місцеположенню абонента та виділеними даними, що мають критичне значення для виконання бойового завдання. Саме цю задачу вирішує автоматизована система управління тактичної ланки (АСУ ТЛ). АСУ ТЛ відноситься до класу автоматизованих систем управління спеціального призначення, до складу якої входять інформаційні системи (ІС) тактичної ланки. За рахунок інтеграції ІС будується АСУ ТЛ. Побудова АСУ ТЛ здійснюється у вигляді складової частини єдиної автоматизованої системи управління ЗСУ, яка забезпечує автоматизацію процесів управління підрозділами тактичної ланки Сухопутних військ ЗС України. В АСУ ТЛ реалізовано єдиний цикл процесу управління що забезпечує: здобування, збір, аналіз, зберігання та обмін інформації; оцінку та прогнозування обстановки (ситуацій) та прийнятих рішень; планування операції

(бойових дій); постановку (доведення) завдань; організацію управління, взаємодії та всебічного забезпечення; здійснення контролю виконання завдань (заходів).

Побудова АСУ ТЛ виконується у відповідності до стандартів НАТО, тому ефективне функціонування АСУ ТЛ здійснюється за рахунок впровадження мережецентричних методів ведення бойових дій на основі вимог до систем класу С4 ISR.

Основні функції АСУ ТЛ:

Функції автоматизованої підтримки обґрунтування замислу та формування рішень командиром і штабом бригади в АС ТЛ включають:

оцінка обстановки та прогнозування розвитку ситуації у районах проведення бойових дій;

оцінювання завдань, формування висновків та довідкових даних і документів;

оцінювання положення та стану своїх військ та противника;

розрахунок кількісно-якісного співвідношення протидіючих сторін;

оцінювання району проведення бойових дій;

оцінки соціально-політичної обстановки у районі проведення бойових дій;

оцінювання кліматичних та гідрометеорологічних умов підготовки бойових дій;

оцінювання радіаційної, хімічної та бактеріологічної обстановки;

визначення варіантів дій військ (сил);

здійснювання розрахунки щодо застосування десантів;

виконання розрахунків щодо боротьби з десантами та розвідувально-диверсійними групами;

виконання розрахунків щодо вогневого ураження противника;

виконання розрахунків щодо ППО важливих об'єктів та угруповань військ (сил);

визначення складу військ (сил), потреб в озброєнні та військовій техніці, ракетах, боєприпасах, інших матеріальних засобах, необхідних для проведення бойових дій і миротворчої діяльності;

виконання розрахунків можливих втрат в бойових діях;
виконання розрахунків щодо оперативного розгортання військ (сил);
виконання розрахунків маршу та перевезень військ (сил);
здійснення моделювання бойових дій;
визначення завдань підпорядкованим військам (силам).

Функції автоматизованого планування бою бригади (бойових, стабілізаційних та специфічних дій) в АС ТЛ включають:

завчасне (кризове) оперативне планування застосування бригади у збройному конфлікті та кризових ситуаціях у визначених оперативних зонах;
планування застосування підрозділів бригади;
уточнення чинних та розробки нових оперативних планів бою (бойових дій) бригади;
комп'ютерне моделювання бою (бойових дій) бригади.

Функції автоматизації безпосереднього бойового управління з використанням АСУ ТЛ є такими:

управління бригадою під час бою (бойових дій);
управління розгортанням сил та засобів бригади у районах виконання завдань;
передача та отримання інформації оповіщення, бойових наказів (розпоряджень), команд та сигналів бойового управління та взаємодії, контролю їх отримання та уточнення вірності їх розуміння;
оцінка відповідності прийнятих рішень та дій військ відданим наказам і розпорядженням;
розподіл поточної інформації за призначенням, оперативної передачі її посадовим особам всередині органу управління та зацікавленим органам управління;
підготовка та доведення до органів управління інформації щодо виявлених в ході бою (бойових дій) нових, найбільш ефективних способів застосування своїх військ, використання противником нових видів зброї і способів захисту від неї;

підготовка підсумкових зведень і донесень щодо дій своїх військ та військ противника;

управління силами та засобами, які залучаються для виконання завдань щодо недопущення виникнення і припинення дій на території України сепаратистських рухів, стримування та недопущення поширення збройних конфліктів з території суміжних держав;

обмін інформацією з управлінням оперативного командування, взаємодіючими з'єднаннями (частинами) ЗСУ, іншими військовими формуваннями та правоохоронними органами України.

Функції автоматизованого збору, аналізу, обробки інформації в АС ТЛ включають:

збір, аналіз і узагальнення даних оперативно-тактичної обстановки;

відстеження, аналіз в ситуації та тенденцій і змін обстановки у районах ведення бойових дій;

збір, аналіз і узагальнення інформації про положення, стан та характер дій підрозділів;

збір, обробка, зберігання та видача інформації про прогнозовану та фактичну метеорологічну (гідрометеорологічну) обстановку;

збір, обробка, зберігання та видача інформації про прогнозовану та фактичну РХБ обстановку;

збір, обробка, зберігання та видача інформації про польоти та перельоти у повітряному просторі, що плануються;

імпорт довільної інформації з різних джерел, а також її ефективно і надійно збереження, пошук і маніпулювання даними;

збереження інформації, що відповідає обсягам даних, які оброблюються органами управління;

відновлення інформації з періодичністю, встановленою чинними документами ЗСУ;

створення інформаційних моделей для відображення інформації, даних розрахунків, результатів моделювання на індивідуальних та колективних засобах відображення.

Функції автоматизації забезпечення бою бригади (бойових дій):

планування бойового, матеріально-технічного, морально-психологічного та медичного забезпечення угруповань бригади;

планування всіх видів перевезень в інтересах бою (бойових дій) бригади;

визначення потреб у озброєнні та військовій техніці для забезпечення розгортання, застосування та повернення бригади до місць постійної дислокації;

ведення оперативного обліку основних видів матеріальних засобів переданих в оперативне підпорядкування підрозділів бригади.

Функції автоматизації організації, координації і контролю командиром і штабом з використанням АСУ ТЛ:

організація управління, зв'язку під час підготовки та ведення бою бригади;

організація та підтримання взаємодії підрозділів бригади;

організація та підтримання взаємодії зі з'єднаннями (частинами) та іншими військовими формуваннями з метою забезпечення підготовки до застосування і виконання завдань в бою (бойових діях);

організація всебічного забезпечення бригади матеріально-технічними засобами;

організація виконання заходів матеріально-технічного забезпечення бригади.

2.4 Метод інтеграції мереж

Було розроблено метод інтеграції мереж, який забезпечує виконання принципу самокерованих та адаптованих мереж.

Для прикладу було розглянуто три основні способи передачі інформації на полі бою: УКХ, супутниковий та радіорелейний.

Основна задача полягає в тому щоб використовуючи метод інтеграції мереж, які мають гетерогенні властивості надати послуги спеціальному користувачу.

Розглянемо п'ять рівнів гетерогенної мережі: бригада, батальйон, рота, взвод, відділення.

На рис. 2.6 а представлено відповідний граф, який забезпечує інтеграцію трьох мереж з порядковою функцією $O(x_{ij})=F(E_0, E_1, E_2, E_3, E_4)$, де E_k - рівні: бригада, батальйон, рота, взвод, відділення.

На кожному рівні ми маємо комутаційне обладнання (x_{k1}, x_{k2}, x_{k3}) , яке забезпечує працездатність трьох мереж. Кожна дуга графа обов'язково пов'язує комутаційне обладнання двох суміжних рівнів. Кожному рівню E_k відповідає елемент відповідної мережі. Отже, вершини графа - це комутаційне обладнання мереж працездатність якого y_{ij} визначається у вигляді значення потенціалу, а дуги – це лінії зв'язку, чи гетерогенні клієнти, які забезпечують перехід передачі даних від одного елемента комутаційного обладнання мереж до іншого на наступному рівні, причому кінець дуги вказує на комутаційне обладнання за допомогою якого відбувається організація зв'язку, а потенціал дуги c_{ij} – зведені витрати на виконання зв'язку.

У випадку, коли інтеграція мереж не можлива маємо граф рис. 2.6 б.

Розглянемо варіант вибору оптимального маршруту організації зв'язку для випадку передачі наказів, розпоряджень і інших документів (рис. 2.6 в):

1. Допустимо, що $c_{01}=2$; $c_{02}=1$; $c_{03}=0$, що означає найбільше ефективним способом зв'язку на рівні бригади є радіорелейний зв'язок.

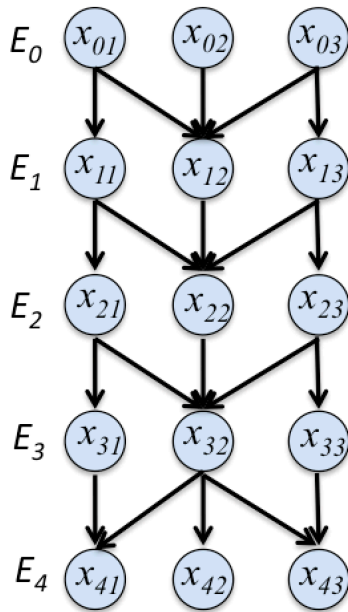


Рис. 3.6 а

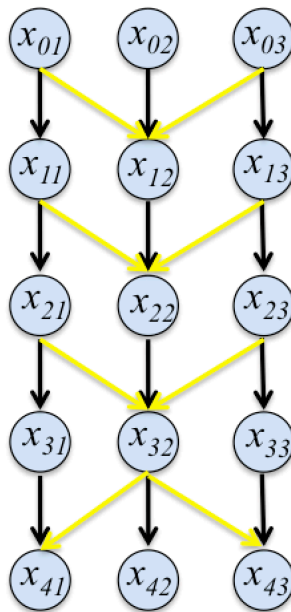


Рис. 3.6 б

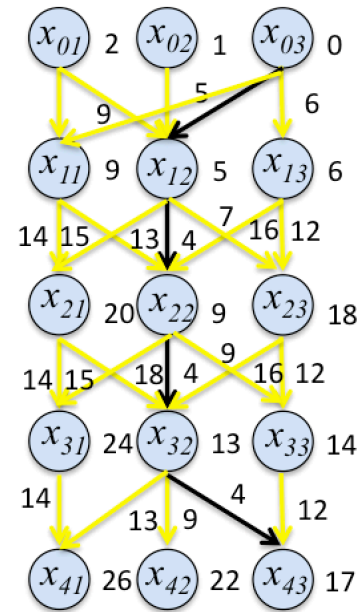


Рис. 3.6 в

2. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні батальйону. Для цього будемо використовувати вираз $y_{ij} = \min(y_{lj})$, де $y_{lj} = y_{03} + c(x_{03}, x_{lj})$.

Таким чином: $y_{11} = 0 + 9 = 9$; $y_{12} = 0 + 5 = 5$; $y_{13} = 0 + 6 = 6$. $y_{ij} = y_{12}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні батальйону є ультракороткохвильовий зв'язок.

3. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні роти за формулою:

$$y_{ij} = \min(y_{i-1j} + c(x_{i-1j}, x_{ij})):$$

$$y_{21} = \min(5 + 15, 9 + 14) = 20$$

$$y_{22} = \min(9 + 13, 5 + 4, 6 + 7) = 9$$

$$y_{23} = \min(5 + 16, 6 + 12) = 18$$

$y_{ij} = y_{22}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні роти є ультракороткохвильовий зв'язок.

4. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні взводу за формулою:

$$y_{ij} = \min(y_{i-1j} + c(x_{i-1j}, x_{ij})):$$

$$y_{31} = \min(18 + 14, 9 + 15) = 24$$

$$y_{32} = \min(18 + 18, 9 + 4, 12 + 9) = 13$$

$$y_{33} = \min(9+16, 12+12) = 24$$

$y_{ij} = y_{32}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні взводу є ультракороткохвильовий зв'язок.

5. Аналогічно ефективність комутаційного обладнання на рівні відділення: $y_{41}=26$, $y_{42}=22$, $y_{43}=17$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні відділення є радіорелейний зв'язок.

Для випадку передачі наказів, розпоряджень і інших документів передача інформації починається і закінчується радіорелейним зв'язком, а основним засобом передачі інформації є УКХ зв'язок.

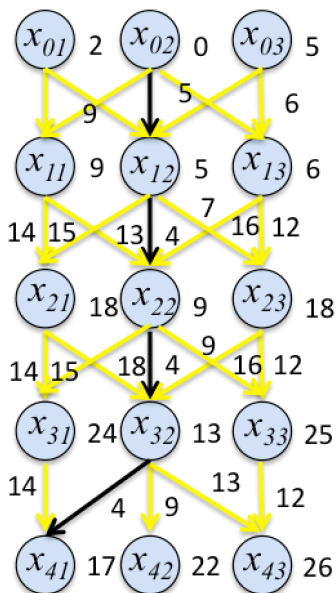


Рис. 3.6 г

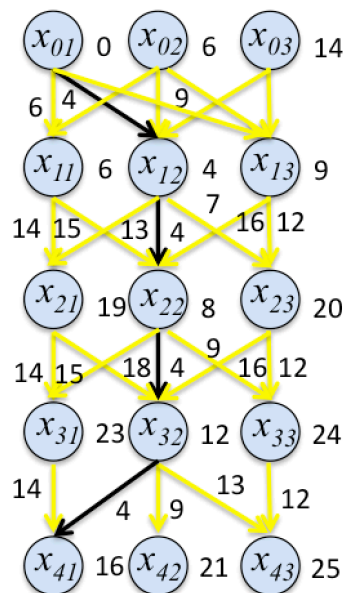


Рис. 3.6 д

Розглянемо алгоритм вибору оптимального варіанта маршруту організації зв'язку у випадку управління артилерією (рис. 2.6 г):

1. Допустимо, що $c_{01}=2$; $c_{02}=0$; $c_{03}=5$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні бригади є ультракороткохвильовий зв'язок.

2. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні батальйону. Для цього будемо використовувати вираз $y_{ij} = \min(y_{1j})$, де $y_{1j} = y_{03} + c(x_{03}, x_{1j})$. Таким чином: $y_{ij} = y_{12}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні батальйону є ультракороткохвильовий зв'язок.

3. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні роти за формулою:

$$y_{ij} = \min(y_{i-1j} + c(x_{i-1j}, x_{ij})):$$

$y_{ij} = y_{22}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні роти є ультракороткохвильовий зв'язок.

4. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні взводу за формулою:

$$y_{ij} = \min(y_{i-1j} + c(x_{i-1j}, x_{ij})):$$

$y_{ij} = y_{32}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні взводу є ультракороткохвильовий зв'язок.

5. Аналогічно ефективність комутаційного обладнання на рівні відділення: $y_{ij} = \min(y_{i-1j} + c(x_{i-1j}, x_{ij})): y_{ij} = y_{41}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні відділення є супутниковий зв'язок.

У випадку управління артилерією ультракороткохвильовий зв'язок залишається основним способом передачі, а на останньому рівні до розвідника використовується супутниковий зв'язок.

Розглянемо алгоритм вибору оптимального варіанта маршруту організації зв'язку у випадку передачі розвідданих (рис. 2.6 д):

1. Допустимо, що $c_{01}=0$; $c_{02}=6$; $c_{03}=14$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні бригади є супутниковий зв'язок.

2. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні батальйону.

Для цього будемо використовувати вираз $y_{ij} = \min(y_{1j})$, де $y_{1j} = y_{03} + c(x_{03}, x_{1j})$.

Таким чином: $y_{ij} = y_{12}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні батальйону є ультракороткохвильовий зв'язок.

3. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні роти за формулою:

$$y_{ij} = \min(y_{i-1j} + c(x_{i-1j}, x_{ij})):$$

$y_{ij} = y_{22}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні роти є ультракороткохвильовий зв'язок.

4. Визначимо ефективність комутаційного обладнання на рівні взводу за формулою:

$$y_{ij} = \min(y_{i-1j} + c(x_{i-1j}, x_{ij})):$$

$y_{ij} = y_{32}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні взводу є ультракороткохвильовий зв'язок.

5. Аналогічно ефективність комутаційного обладнання на рівні відділення: $y_{ij} = \min(y_{i-1j} + c(x_{i-1j}, x_{ij})): y_{ij} = y_{41}$, що означає найбільш ефективним способом зв'язку на рівні відділення є супутниковий зв'язок.

У випадку передачі розвідданих УКХ залишається основним способом передачі, а на першому і останньому рівні використовується супутниковий зв'язок.

Таким чином, Використовуючи методу інтеграції мереж, які мають гетерогенні властивості, забезпечується надання послуг спеціальному користувачу на п'яти рівнях надання послуг. Цей метод базується на запропонованій моделі і дозволяє реалізувати принцип самокерованості та адаптованості мереж та забезпечує отримання телекомунікаційних послуг з гарантованою якістю (QoS).

Висновки за розділом 2

1. На тактичному рівні виникає невизначеність, пов'язана із впливом завад різноманітного походження, а також можливим втручанням злоумисників з метою несанкціонованого перехоплення інформації. В умовах динамічно змінюваних завад (як ненавмисних, та і навмисних, створюваних системами радіоелектронної протидії).
2. Найбільш оптимальними сигналами для військових засобів зв'язку є сигнали OFDM (англ. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), які забезпечують високу достовірність, надійність, здатність протистояти зовнішньому впливу в найгірших умовах функціонування радіосистем, проводити автоматизоване відновлення спотвореного сигналу за допомогою кодування еталонної інформації на передачу та її декодування на прийомі.
3. Для систем передачі інформації спеціального призначення, які функціонують в умовах впливу навмисних завад для підвищення достовірності передачі інформації, застосовуються методи розширення спектра сигналу, частотне рознесення символів (системи MIMO), ортогонального та неортогонального частотного мультиплексування (OFDM, N-OFDM).
4. Основними методами розширення спектра, які використовуються в засобах радіозв'язку, є метод безпосередньої модуляції несучої псевдовипадковою послідовністю й метод псевдовипадкової перебудови робочих частот (ППРЧ). Розширення спектра у цьому випадку досягається стрибкоподібною зміною несучої частоти у виділеному діапазоні. Кількість частот, які змінюються, і порядок їхнього чергування визначаються псевдовипадковими кодами.
5. Головна мета розвитку систем зв'язку та автоматизації ЗСУ полягає в поступовому переході до цифрової передачі й обробки всіх видів повідомлень і ведення переговорів, автоматизації процесів встановлення зв'язку і інтеграції основних процесів інформаційного обміну в багатофункціональних абонентських терміналах, а також формування єдиного інформаційного простору управління військами та зброєю. Це вимагає виконання наступних завдань:

- значного підвищення пропускної здатності інформаційних систем;
 - підвищення інформаційної взаємодії великої кількості абонентських терміналів;
 - інтелектуалізація телекомунікаційних мереж;
 - передачі всіх видів трафіку;
 - створення багаторівневої системи підвищення інформаційного обміну.
6. До важливих характеристик перспективних радіостанцій УКХ відносяться швидкість ППРЧ, захищеність від природних і навмисних завад, розвідзахищеність, електромагнітна сумісність і сумісність із іншими радіостанціями.
7. Проведений аналіз сучасного стану та перспектив розвитку завадозахищених засобів радіозв'язку тактичної ланки управління Збройних Сил України та розвинених держав світу показав, що перспективні військові завадозахищені засоби радіозв'язку повинні застосовувати розширення спектру методом стрибкоподібної зміни частоти та сигнально-кодові конструкції.
8. Є актуальною науково-прикладна проблема розроблення моделей і методів, інтеграції технології OFDM (N-OFDM) з методом ППРЧ. Переваги OFDM:
- здатність протистояти складним умовам у радіоканалі;
 - висока спектральна ефективність;
адаптованість використання різних схем модуляції для різних піднесних, що дозволяє адаптуватися до умов розповсюдження сигналу та до різних вимог до якості прийнятого сигналу;
 - проста реалізація метода цифрової обробки з використанням обчислювальних приладів;
 - здатність протистояти інтерференції між піднесних, що обумовлює гарні показники при багатопроміневому розповсюдженні.
9. Автоматизовані системи управління на тактичному рівні забезпечують автоматизацію наступних завдань:

- надання постійно поновлюваної, станом на поточний час, інформації про бойову обстановку, стан і дії своїх військ і противника, фільтрованої по ланці управління, ешелону і розташуванню;
- автоматичне визначення географічного положення об'єктів динамічної обстановки;
- відображення на екрані монітора карти тактичної обстановки;
- складання і поширення в автоматизованому режимі в електронному форматі формалізованих повідомлень і підтверджень про отримання повідомлень, наказів і розпоряджень, заявок на вогневу підтримку, цілевказань і наказів на ведення вогню, сигналів-попереджень, оперативних доповідей;
- формування і накладення на електронну карту бойової обстановки, даних розвідки, оперативних нормативів, геометричних даних, схем - додатків до бойових наказів;
- обмін між компонентами з іншими АСУ, такими як система «Автоматизації планування і підготовки бойових операцій» (АСУ бригади), «Автоматизація управління різними збройними платформами» (артилерія, зенітно-ракетні війська, засоби управління зв'язком і т.п.).

10. Використовуючи методу інтеграції мереж, які мають гетерогенні властивості, забезпечується надання послуг спеціальному користувачу на п'яти рівнях надання послуг. Цей метод базується на запропонованій моделі і дозволяє реалізувати принцип самокерованості та адаптованості мереж та забезпечує отримання телекомунікаційних послуг з гарантованою якістю (QoS).

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ

3.1 Аналіз існуючих підходів до побудови інформаційно-комунікаційних систем

Аналіз існуючих підходів до створення інформаційно-комунікаційних систем (ІКС) (рис. 3.1) свідчить про необхідність розроблення нових та вдосконалення існуючих методів та моделей інтеграції ІКС [81-91].

Властивості структури ІКС це нелінійність, стохастичність, дискретність, динамічність. Для таких систем використовуються такі підходи: дискретна оптимізація та теорія випадкових процесів. Серед методів слід виділити: теорію ігор та графів, векторну оптимізацію та математичне програмування. Серед вчених, які розвивали вказані напрямки досліджень слід відмітити Сергієнко І.В., Довгого С.О., Стеклова В.К., Батіщева Д.І., Копійку О.В., Глобу Л.С., Куо Ф.Ф., Бертсекаса Д.В., Галлагера та інших.



Рис. 3.1 Аналіз існуючих науково-методичних підходів до побудови ІКС

Методи та моделі, які вирішують задачу синтезу ІКС можна розділити на 3 групи: 1. Визначення вихідних даних. 2. Опису системи та оцінки її ефективності. 3. Оптимізації структури. 4. Оптимізації комунікаційних систем та ІТ інфраструктури. В роботі більше уваги приділяється 3-й та 4-й групі методів, які недостатньо розроблені і потребують подальшого розвитку.

3.2 Основні принципи побудови автоматизованої системи управління тактичної ланки

Інформаційні процеси в діяльності оперативного складу органу військового управління (ОВУ) тактичного рівня – це процеси збору, передачі, збереження, обробки і розповсюдження інформації [92].

В АСУ ТЛ слід розрізняти управління інформацією та даними. Управління інформацією – процес, що забезпечує збирання, зберігання й використання інформації, а також маніпулювання нею. Керування даними – процес, що забезпечує збирання, зберігання й використання даних, а також маніпулювання ними.

До елементів інформаційних процесів, фактично можна віднести усі складові АСУ ТЛ від інформаційного ресурсу, програмних і технічних засобів до службових осіб і структурних підрозділів ОВУ.

Елементи системи управління ЗС України пов'язані між собою інформаційними потоками. До елементарних процесів, які забезпечують циркуляцію інформації в інформаційних потоках ОВУ тактичного рівня, можна віднести такі: збір даних (інформації), обробка даних(інформації), передача даних (інформації) та ін.

У процесі функціонування АСУ ТЛ можливі значні зміни параметрів, у першу чергу, інтенсивності, інформаційних потоків, які можуть дезорганізувати роботу деяких елементів системи управління.

Аналіз інформаційного процесу в ОВУ тактичного рівня свідчить про нераціональний розподіл інформаційного потоку між його структурними підрозділами. Внаслідок нерівномірного розподілу потоку інформації відбувається

нераціональне завантаження різних засобів прийому та передачі інформації, що знижує оперативність управління. Крім того, значна частина робочого часу (до 35%) висококваліфіковані спеціалісти ОВУ витрачають на виконання не властивих їм функцій з передачі, переробки, редагування та іншим ділових операцій з документами.

Форми інформаційно-аналітичної роботи у різних структурних підрозділах ОВУ визначаються особливостями документування, накопичення, зберігання, формалізації та введення інформаційних даних.

Наразі аналітична робота в ОВУ тактичного рівня виконується як спеціальними аналітичними підрозділами (групами), так і визначеними службовими особами оперативних підрозділів.

Таким чином, послідовність обробки інформації в АСУ ТЛ представляє собою складний процес розосередженої та узгодженої групової роботи посадових осіб АСУ ТЛ при формуванні будь-якої результуючої інформації. Кількість посадових осіб АСУВ, задіяних в процесі формування результуючої інформації, і послідовність їх роботи залежить від складності та структури результуючої інформації, терміновості її формування.

Послідовність обробки інформації в АСУ ТЛ на прикладі формування результуючої інформації стосовно оцінки обстановки наведена на рис. 3.2.

Інформаційні процеси в АСУ ТЛ характеризуються тим, що вони функціонують в умовах роботи багатьох посадових осіб над відпрацюванням завдань та формуванням інформаційних об'єктів (документів, повідомлень та ін.), що потребує чіткої узгодженої роботи. Для досягнення необхідної ефективності інформаційних процесів доцільно в АСУ ТЛ мати можливість здійснювати: формування та управління групами користувачів та групами інформаційних об'єктів (списками авторів); розподіл повноважень користувачів у рамках груп виконання окремих завдань; використання різних форматів для публікацій та розсилки даних та інформаційних об'єктів; управління датами публікацій та старіння інформаційних об'єктів, автоматичне їх архівування;

віддалене управління додаванням, видаленням та редагуванням інформаційних об'єктів.

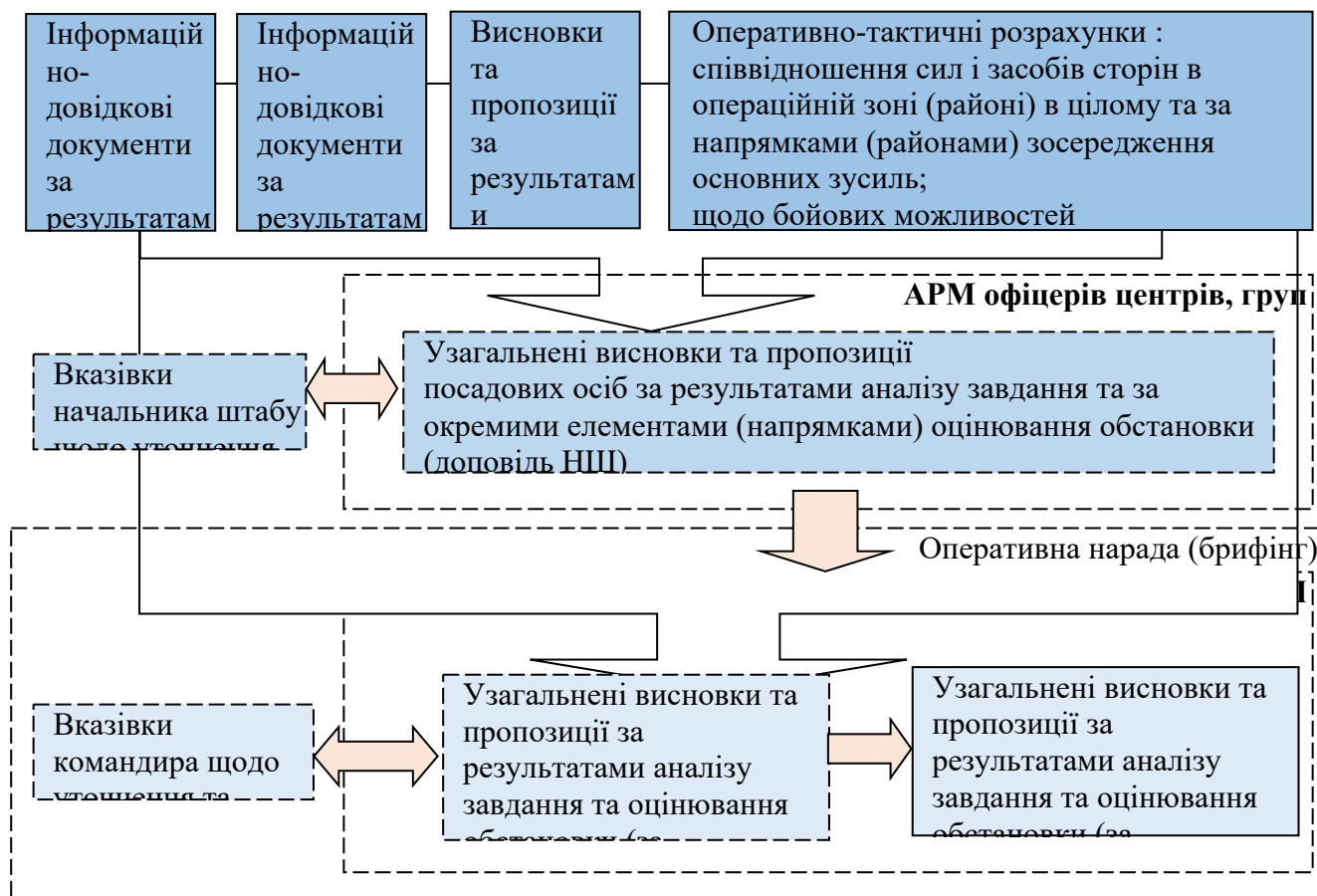


Рисунок 3.2 – Схема узагальненого алгоритму роботи посадових осіб АСУ ТЛ при формуванні результуючої інформації стосовно оцінки обстановки

Основні принципи побудови АСУ ТЛ базуються на використанні існуючих нормативних бойових документів: Настанови з оперативної роботи органів військового управління; Настанови з оперативної роботи штабів, частина II (військова частина); Бойових статутів для відповідних підрозділів тактичної ланки.

Детально автоматизовані функції та їх зв'язок з АРМ та ІРЗ наведено на рисунках 3.3 – 3.9.

За основу приймемо приклад послідовної роботи штабів представлений на рисунку 3.3. Представлені принципи обміну інформації між оперативним рівнем та бригади у відповідності до Настанови з оперативної роботи органів військового управління. З Настанови з оперативної роботи штабів, частина II (військова частина) добавлені етапи бойових дій та забезпечення бою.

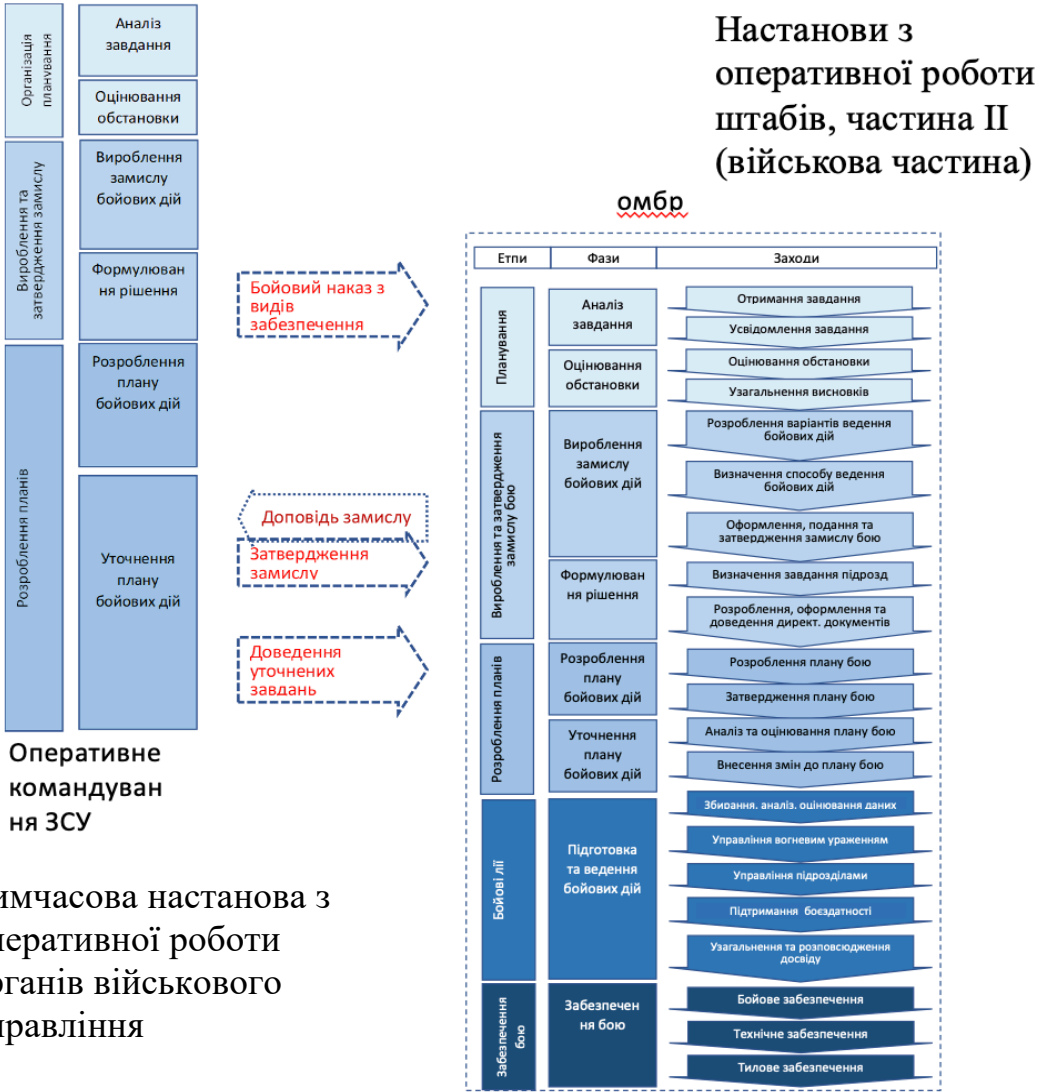


Рис. 3.3 Послідовна робота штабів оперативного рівня та бригади

На рис. 3.4 представлені процеси, процедури та документи для кожного етапу роботи штабу бригади.

На рис. 3.5-3.9 представлені автоматизовані функції у вигляді діаграм для етапів роботи штабу бригади:

- 1. Організація планування.
- 2. Вироблення та затвердження замислу бою.
- 3. Розроблення плану бою.
- 4. Бойові дії.
- 5. Забезпечення бою.

Автоматизовані функції прописані у відповідності до моделі Захмана яка рекомендована НАТО в DoD Architecture Framework Version 2.0. При цьому кожен елемент відповідає на питання: «Хто», «Що», «Як», «Коли», «Де» та «Чому». Цей

принцип дуже важливий при виконанні процесів, які відповідають бойовим діям і мають початок дій, мету та терміни завершення дій.

На діаграмах представлені автоматизовані функції, документи, АРМ-и та номери інформаційно-розрахункових задач (ІРЗ).

Назви АРМ на рис. 3.3-3.9:

Кбр – командир бригади

Ншт НШ – начальник штабу бригади

НР – начальник розвідки

ОПШ - оперативний підрозділ штабу

ООПШт - офіцери оперативного підрозділу штабу

ЗК – заступники командира

ПШт - підрозділи штабу

НОП – начальник оперативного підрозділу

НРВіС – начальники родів військ і служб

НСПШт – начальники структурних підрозділів штабу

КПП -командири підпорядкованих підрозділів

НОГШ, ІВФ,ПрО – начальники оперативних груп штабів

НЗв – начальник зв'язку

КАГр – командир артилерійської групи

НП - начальники підрозділів

НСВ – начальник спеціальних військ

НА,НГБУА,НІС,НРХБзС - артилерії (начальника артилерії), начальників ГБУ авіацією, інженерної і РХБз служб

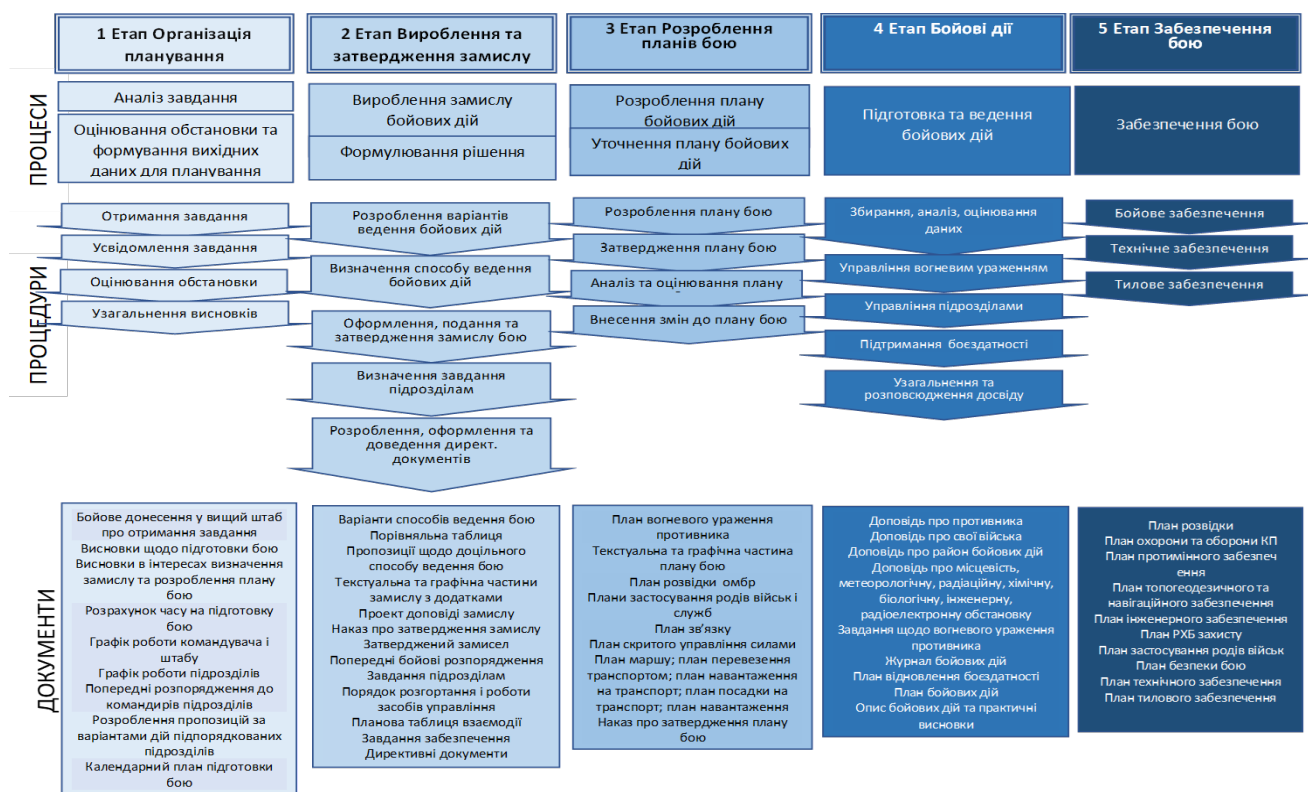


Рис. 3.4 Процеси, процедури та документи для кожного етапу роботи штабу бригади

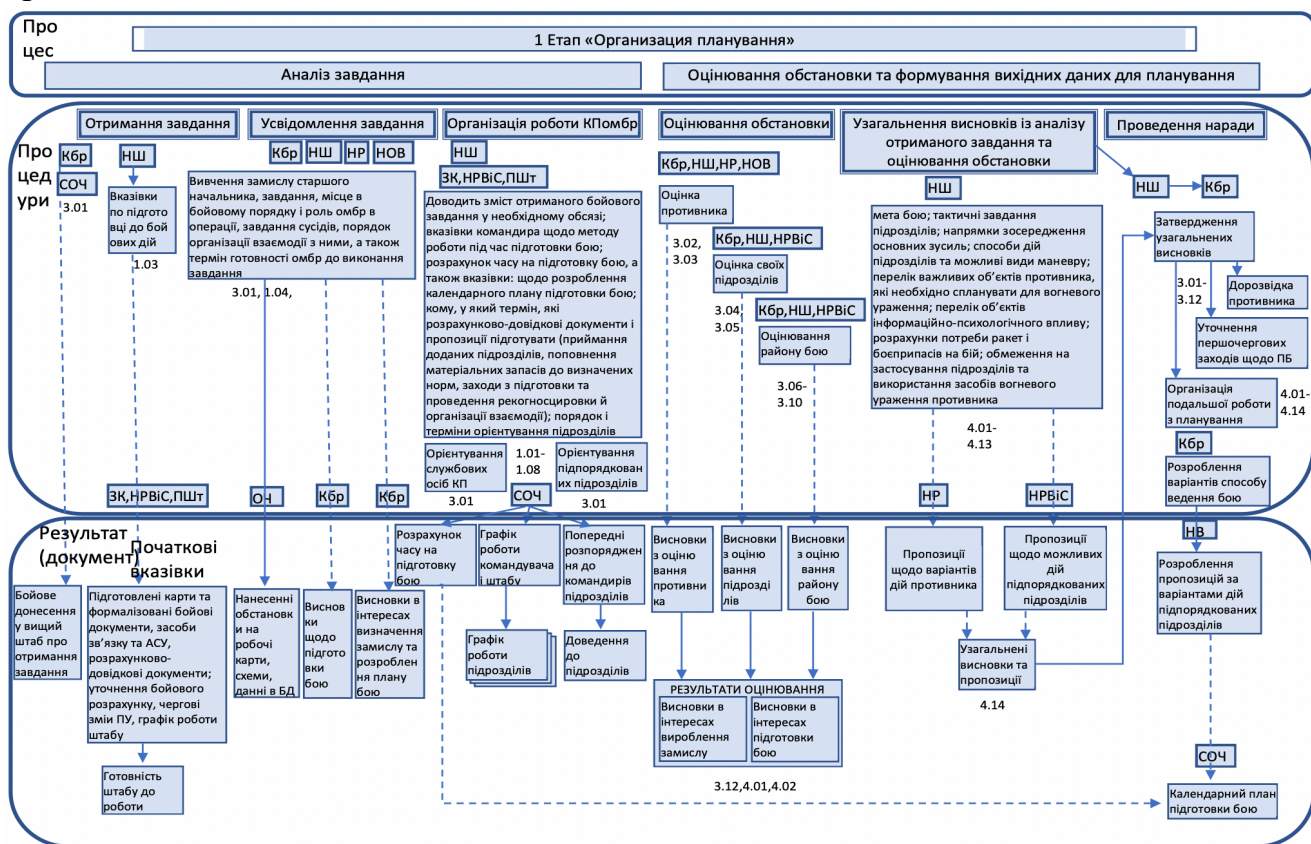


Рис. 3.5 Автоматизовані функції для етапу роботи штабу бригади «Организація планування»

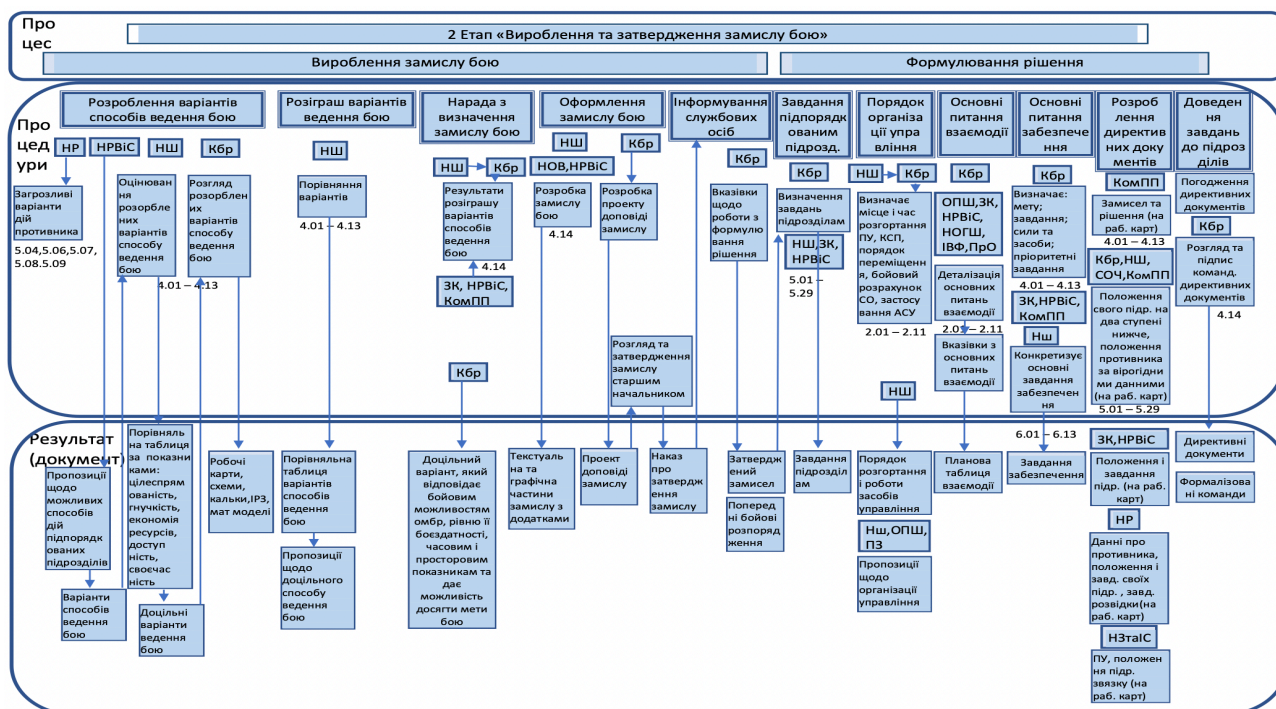


Рис. 3.6 Автоматизовані функції для етапу роботи штабу бригади «Вироблення та затвердження замислу бою»

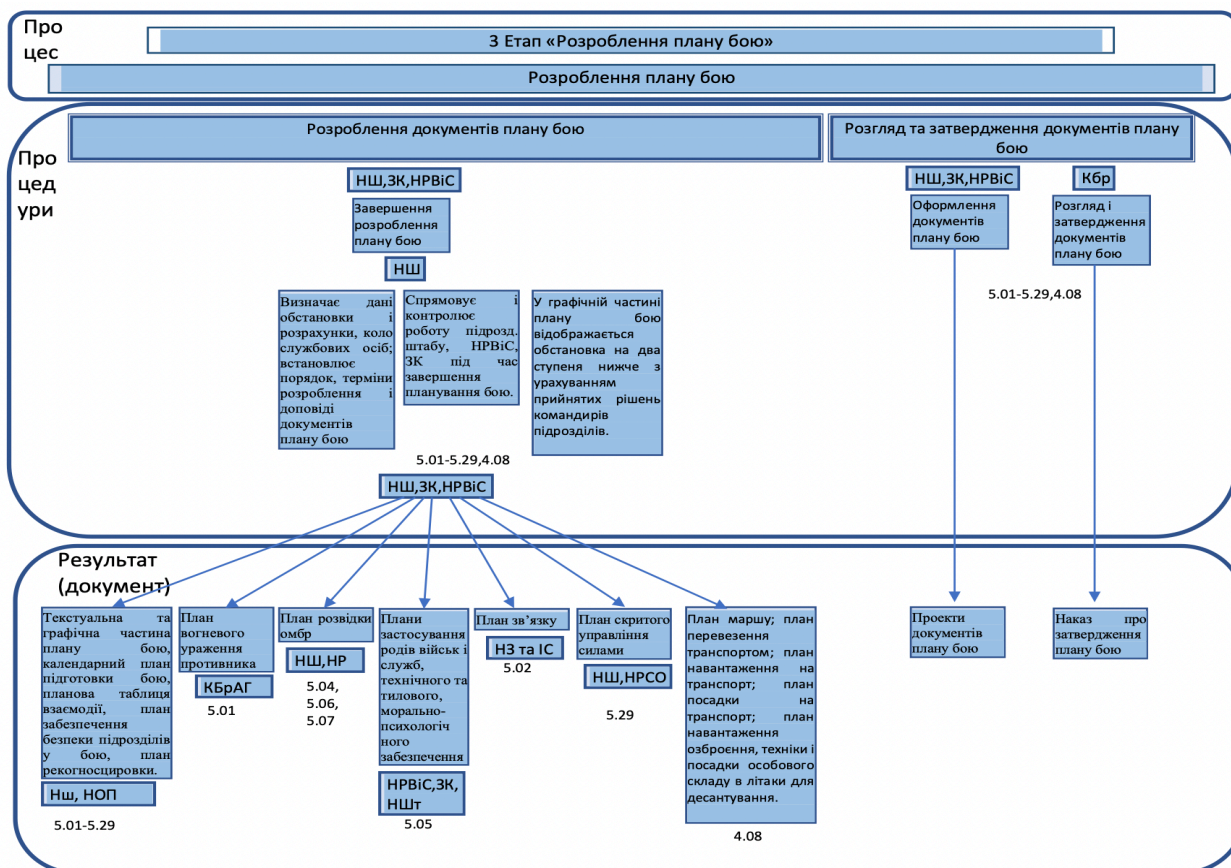


Рис. 3.7 Автоматизовані функції для етапу роботи штабу бригади «Розроблення плану бою»

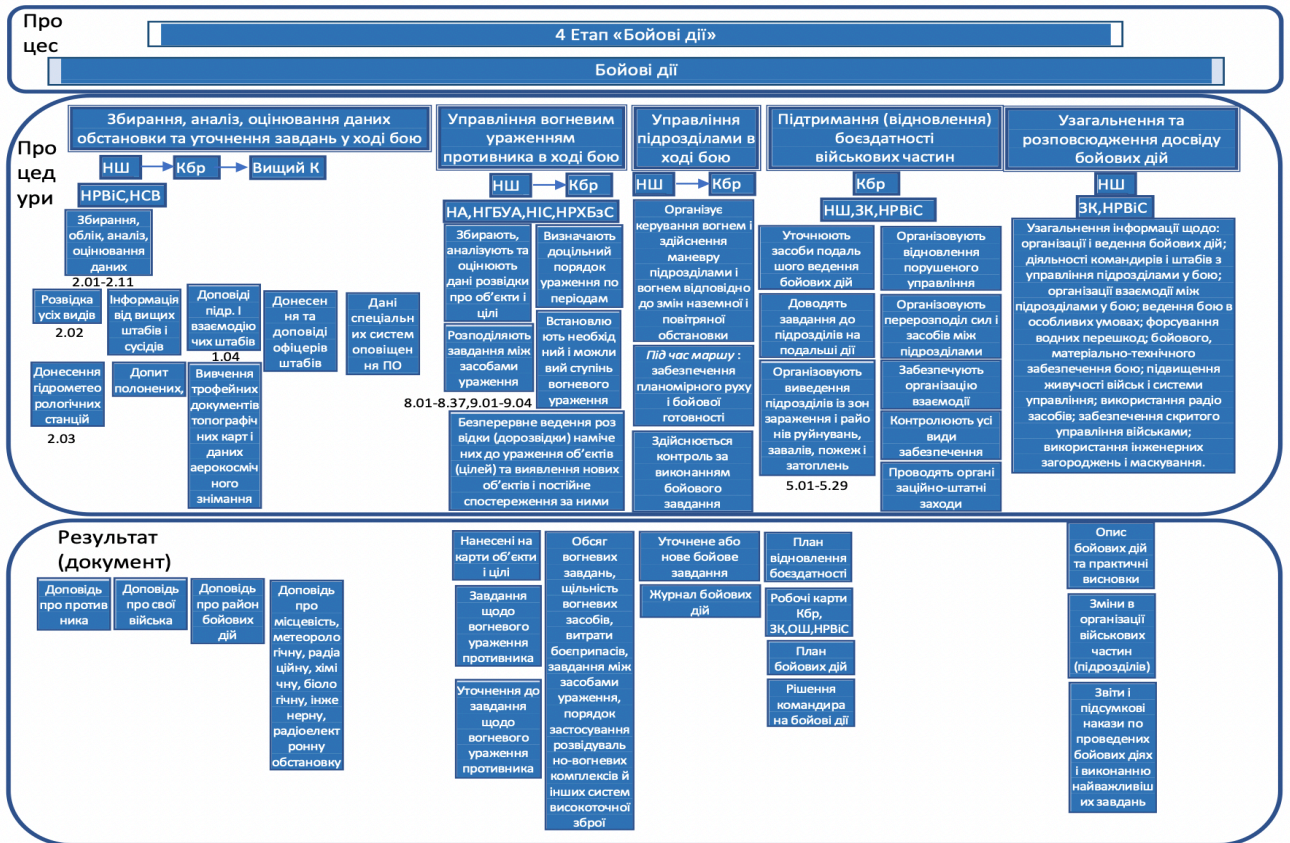


Рис. 3.8 Автоматизовані функції для етапу роботи штабу бригади «Бойові дії»

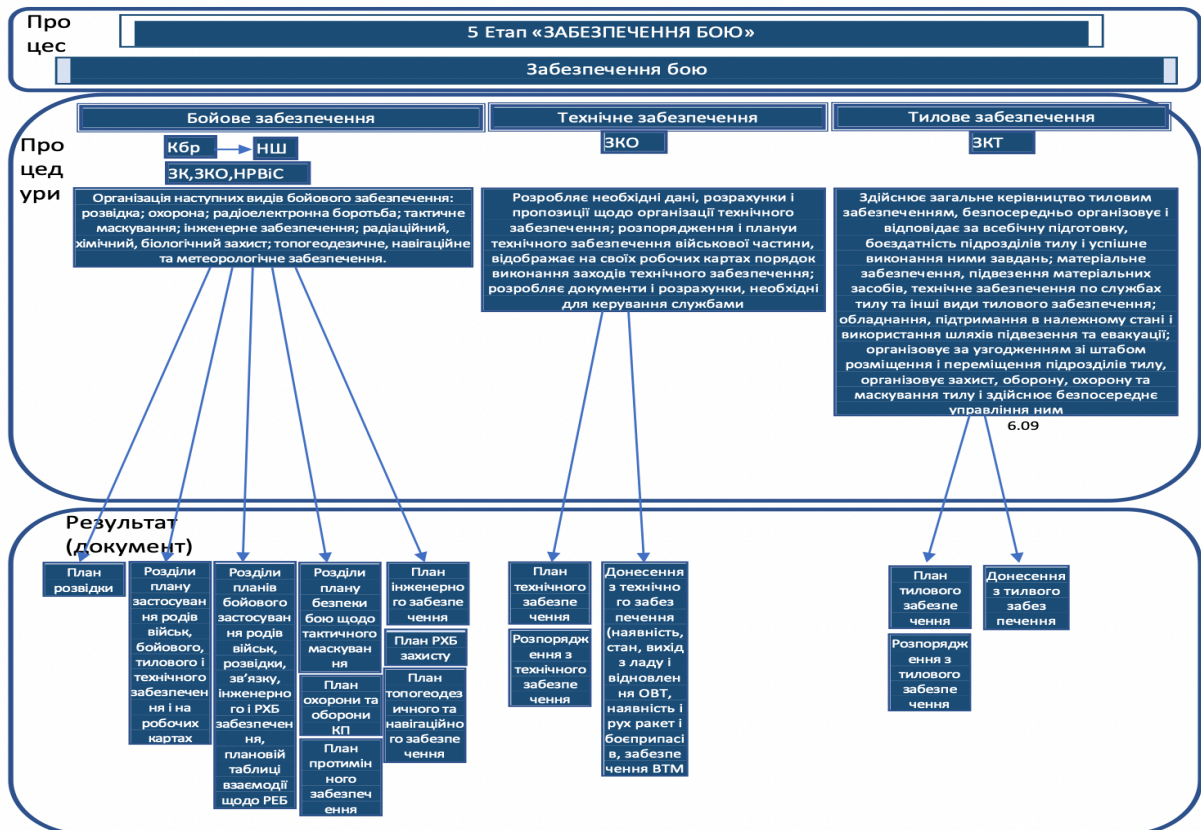


Рис. 3.9 Автоматизовані функції для етапу роботи штабу бригади «Забезпечення бою»

НП ОДТ - начальник підрозділу охорони державної таємниці і захисту інформації

ЗКОіТ - заступник командира з озброєння та техніки

ЗКТ - заступник командира з тилу

Аналогічно описуються автоматизовані функції для батальйону у відповідності до Бойового статуту механізованих військ (проект), (батальйон) 2019.

На рис. 3.10 представлені процеси, процедури та документи для кожного етапу роботи штабу механізованого батальйону:

1. Підготовки бою (дій).
2. Управління підрозділами.
3. Робота командира батальйону у підпорядкованих підрозділах.

На рис. 3.11 представлені автоматизовані функції у вигляді діаграм для етапу роботи штабу механізованого батальйону: «Підготовки бою (дій)».

Назви АРМ на рис. 3.11:

Кб – командир батальйону

Ншт -начальник штабу батальйону

Зкб – заступник командира батальйону

Шт – штаб

ПНШР -помічник начальника штабу з розвідки

СОШНД – службові особи штабу за напрямками діяльності

На рис. 3.12 та 3.13 представлені автоматизовані функції у вигляді діаграм для етапу роботи механізованої роти та взводу: «Організація бою».

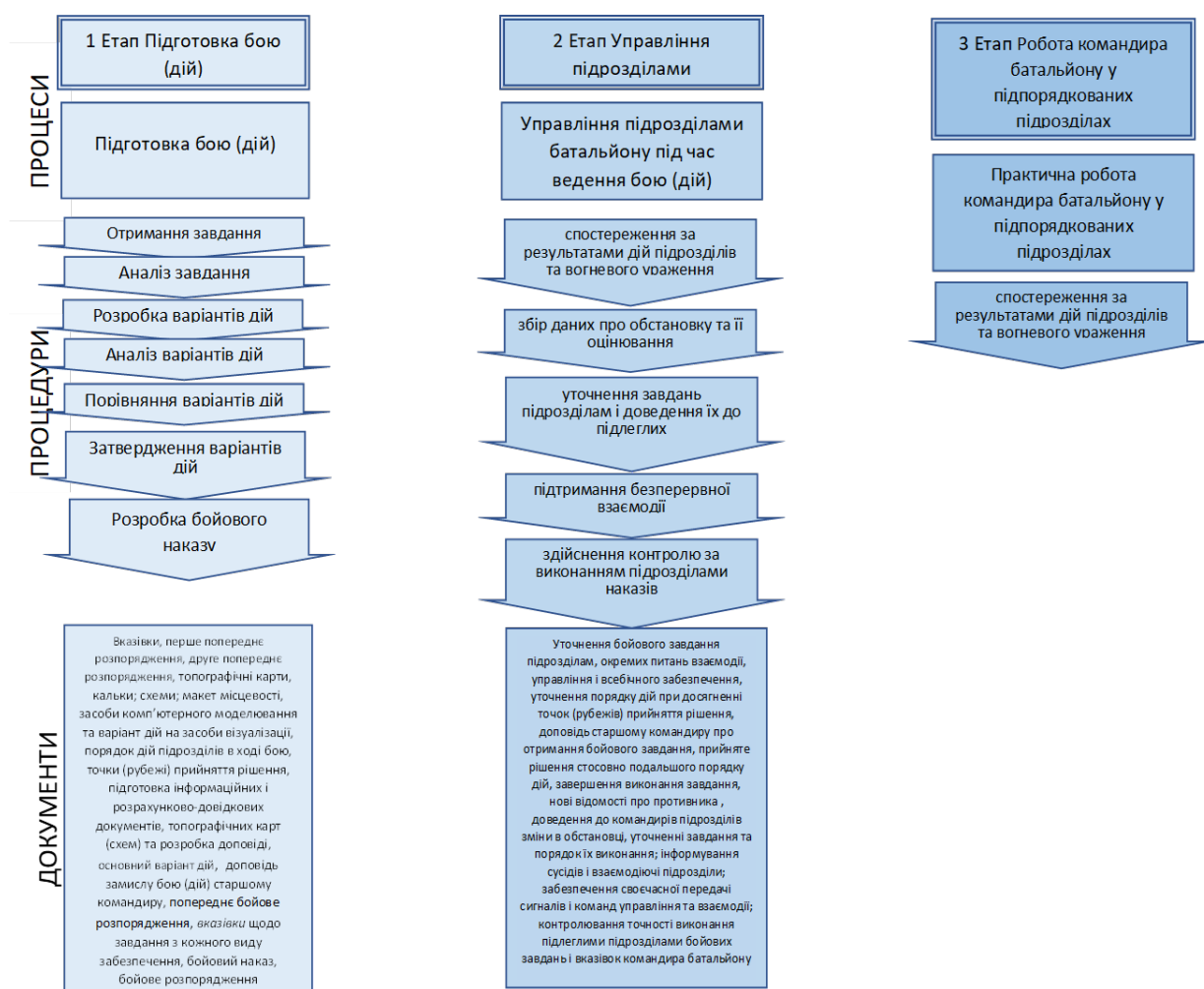


Рис. 3.10 Етапи, процеси, процедури та документи роботи штабу механізованого батальйону

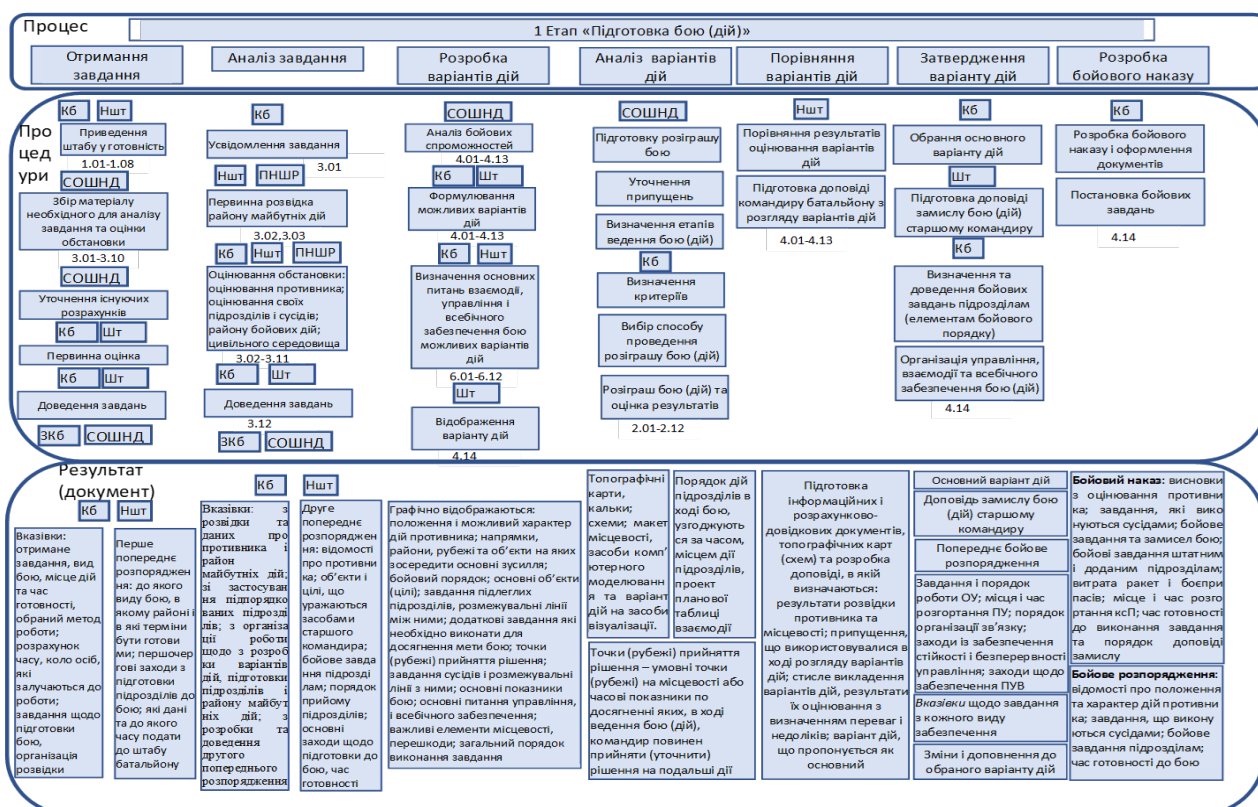


Рис. 3.11 Автоматизовані функції для етапу роботи штабу механізованого батальйону «Підготовка бою (дій)»

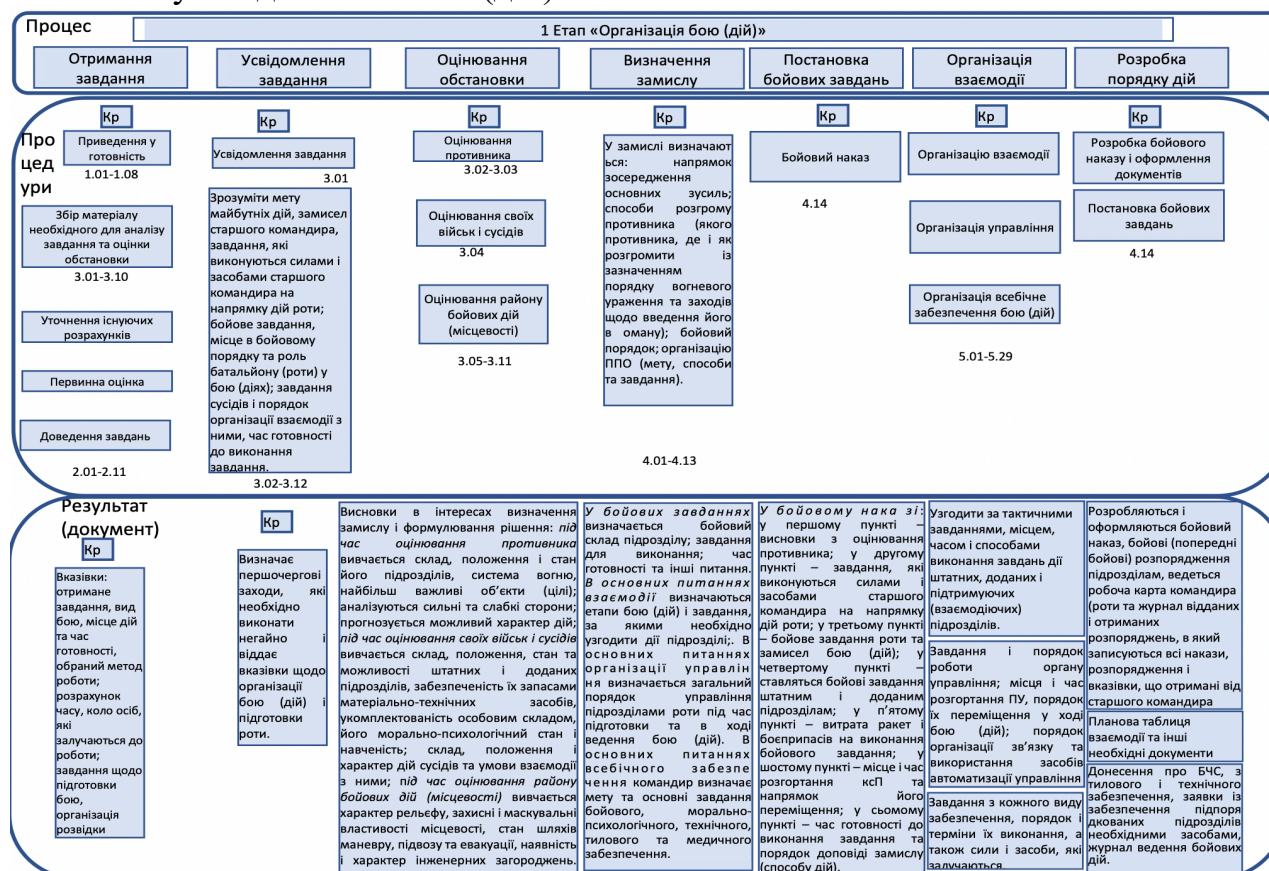


Рис. 3.12 Автоматизовані функції для етапу роботи механізованої роти «Підготовка бою (дій)»

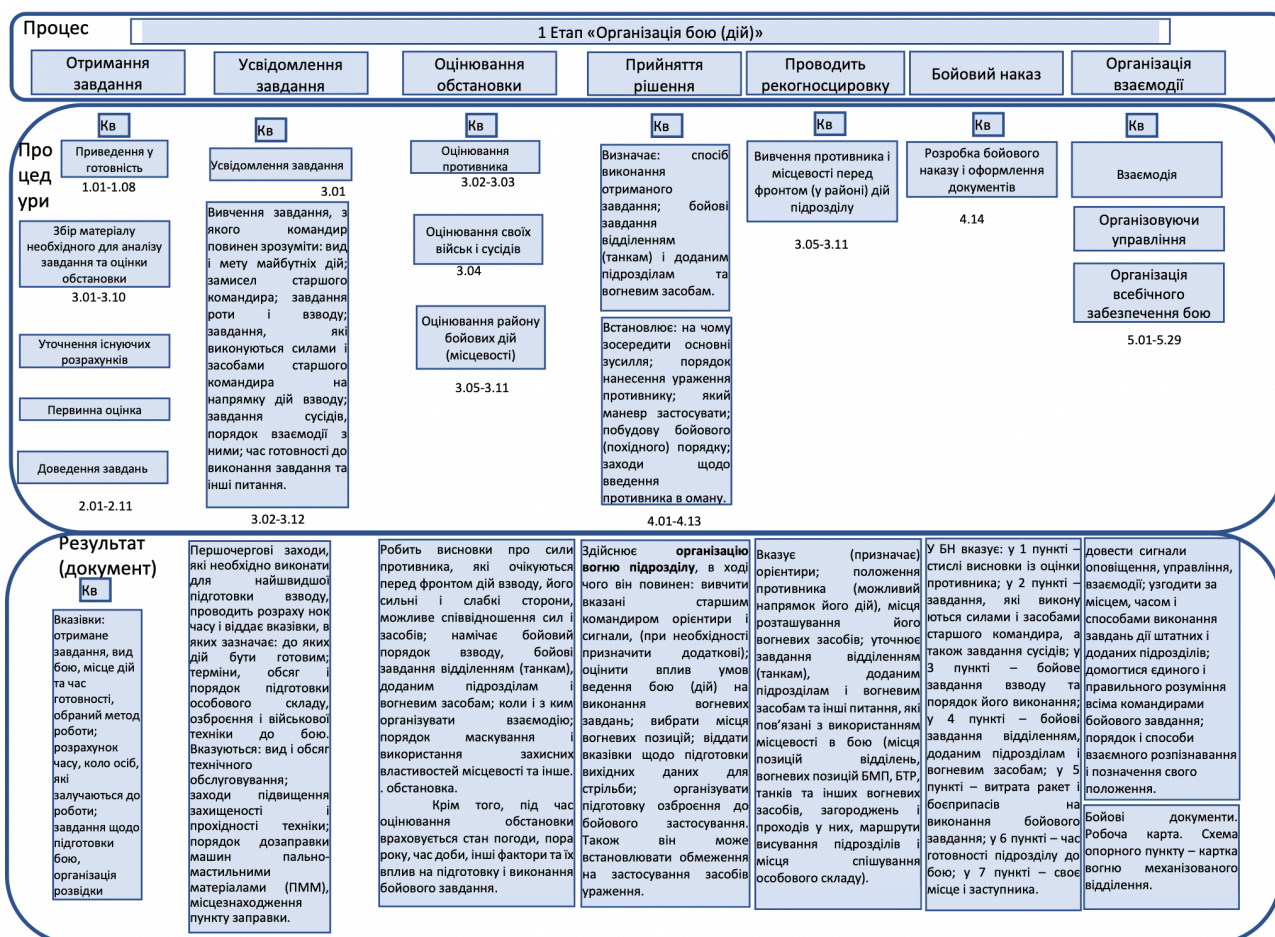


Рис. 3.13 Автоматизовані функції для етапу роботи механізованого взводу «Підготовка бою (дій)

3.3 Структура та архітектури АСУ ТЛ

Перелік підсистем АСУ ТЛ та функцій, що реалізуються у кожній підсистемі

При побудові АСУ ТЛ ми виділяємо три типи підсистем:

1. Функціональні.
2. Базові.
3. Організаційні.

В АСУ ТЛ, при автоматизації планування та безпосереднього управління підрозділами бригади у бою (бойових діях), за аналогом з АСУ ТЛ держав членів НАТО, реалізується три функціональні підсистеми:

HMS (Headquarter Management System) – підсистема організації планування, вироблення і затвердження замислу та розроблення оперативних планів;

BMS (Battle Management System) – підсистема безпосереднього управління боєм;

DSS (Dismounted Soldiers System) – підсистема інформаційної системи солдата, що діє у пішому порядку.

Підсистема HMS АСУ ТЛ повинна забезпечувати автоматизацію основних заходів організації планування, підготовки, вироблення і затвердження замислу та розроблення оперативних планів:

1. Підтримання визначеного рівня бойової та мобілізаційної готовності бригади;
2. Збір, накопичення, обробка та узагальнення інформації, що надходить від підлеглих підрозділів, вищих і взаємодіючих пунктів управління, отримання та доведення бойових завдань;
3. Проведення тактичних розрахунків (розв'язання інформаційно-розрахункових завдань) для вироблення замислу, формування рішення і планування бою (бойових дій);
4. Розробку (формування) і доведення бойових документів, команд і сигналів і контроль результатів їх виконання;
5. Узагальнення даних розвідки за певний (встановлений) термін і формування висновків з оцінки об'єктів розвідки і спостереження;

6. Постановку завдань підрозділам, безпосереднє управління та координація їх діяльності в ході виконання бойових завдань;
7. Розробку (формування) і подання доповідей (донесень) про виконання поставлених завдань, бойове і матеріально-технічне забезпечення, втрати особового складу та ОВТ, зміни, що виникають в обстановці;
8. Проведення КШН і тренувань із залученням підрозділів та імітацією обстановки в ході ведення бойових дій;

Підсистема BMS АСУ ТЛ повинна забезпечувати автоматизацію основних заходів організації та управління боєм:

1. Надання постійно поновлюваної, станом на поточний час, інформації про бойову обстановку, стан і дії своїх військ і противника, фільтрованої по ланці управління, ешелону і розташуванню;
2. Автоматичне визначення географічного положення об'єктів динамічної обстановки;
3. On-line відображення на карті тактичної обстановки;
4. Проведення тактичних розрахунків (розв'язання інформаційно-розрахункових завдань) для ведення бою (бойових дій);
5. Узгодження дій сил, чітко позначаючи задум, наміри командира і схеми маневру;
6. Керування матеріально-технічним забезпеченням та використанням матеріальних засобів;
7. Надання можливості технічним засобам системи управління працювати в русі;
8. Зниження ймовірності ураження своїм вогнем своїх військ;
9. Поліпшення планування бойових дій;
10. Інтеграцію різних технічних засобів розвідки (датчиків) в комплекс технічного забезпечення системи управління;
11. Складання і поширення в автоматизованому режимі в електронному форматі формалізованих повідомлень і підтверджень про отримання повідомлень, наказів і розпоряджень, заявок на вогневу підтримку, цілевказань і наказів на

ведення вогню, сигналів-попереджень, оперативних доповідей, в т.ч. бойові втрати особового складу та бойової техніки;

12. Формування і накладення на електронну карту бойової обстановки, даних розвідки, оперативних нормативів, геометричних даних, схем - додатків до бойових наказів.

Підсистема DSS ACU ТЛ повинна забезпечувати автоматизацію основних заходів інформаційної системи солдата, що діє у пішому порядку:

1. Вирішення завдань класу С4І для реалізації взаємодії між командирами і спішеними солдатами під час ведення бою;
2. Підтримка обміну критично важливої, тактичної інформації;
3. Вирішення питання ситуаційної обізнаності солдат на основі автоматичної прив'язки їх положення до карти місцевості із зазначенням елементів бойової обстановки (наприклад розташування свої-чужі);
4. Використання різного підключення військового спорядження, включаючи медичне (засоби оцінювання стану боєздатності солдату).

Такий розподіл відповідає сервісам С3 Taxonomy Baseline 2.0 (AC/322-D(2016)0017) (Рис. 3.14).

Таксономія С3 - це модель, яка представляє поняття та їх взаємозв'язки, які беруть участь у всіх життєвих циклах для забезпечення можливостей НАТО з питань консультування, управління та контролю (С3).

Таксономія С3 надає інструмент та загальний принцип для синхронізації С3 та вдосконалення зв'язку Стратегічної концепції НАТО з традиційними архітектурними та дизайнерськими конструкціями комунікаційних та інформаційних систем.

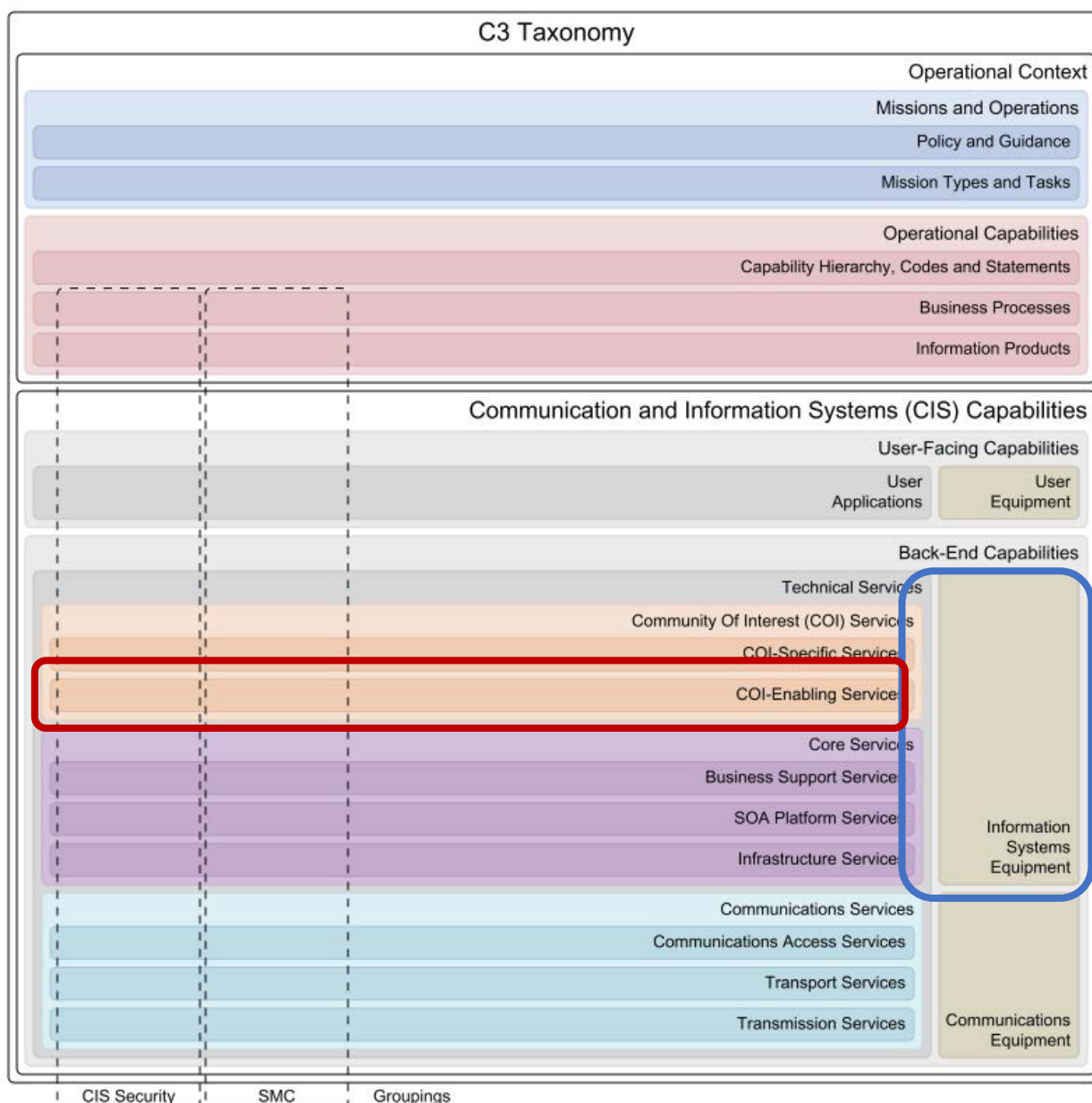


Рис. 3.14 C3 Taxonomy Baseline 2.0 (AC/322-D(2016)0017)

Для структурних підсистем вибираємо сервіси які відносяться до розділу Інформаційні системи та функціональні сервіси (Рис. 3.15, 3.16).

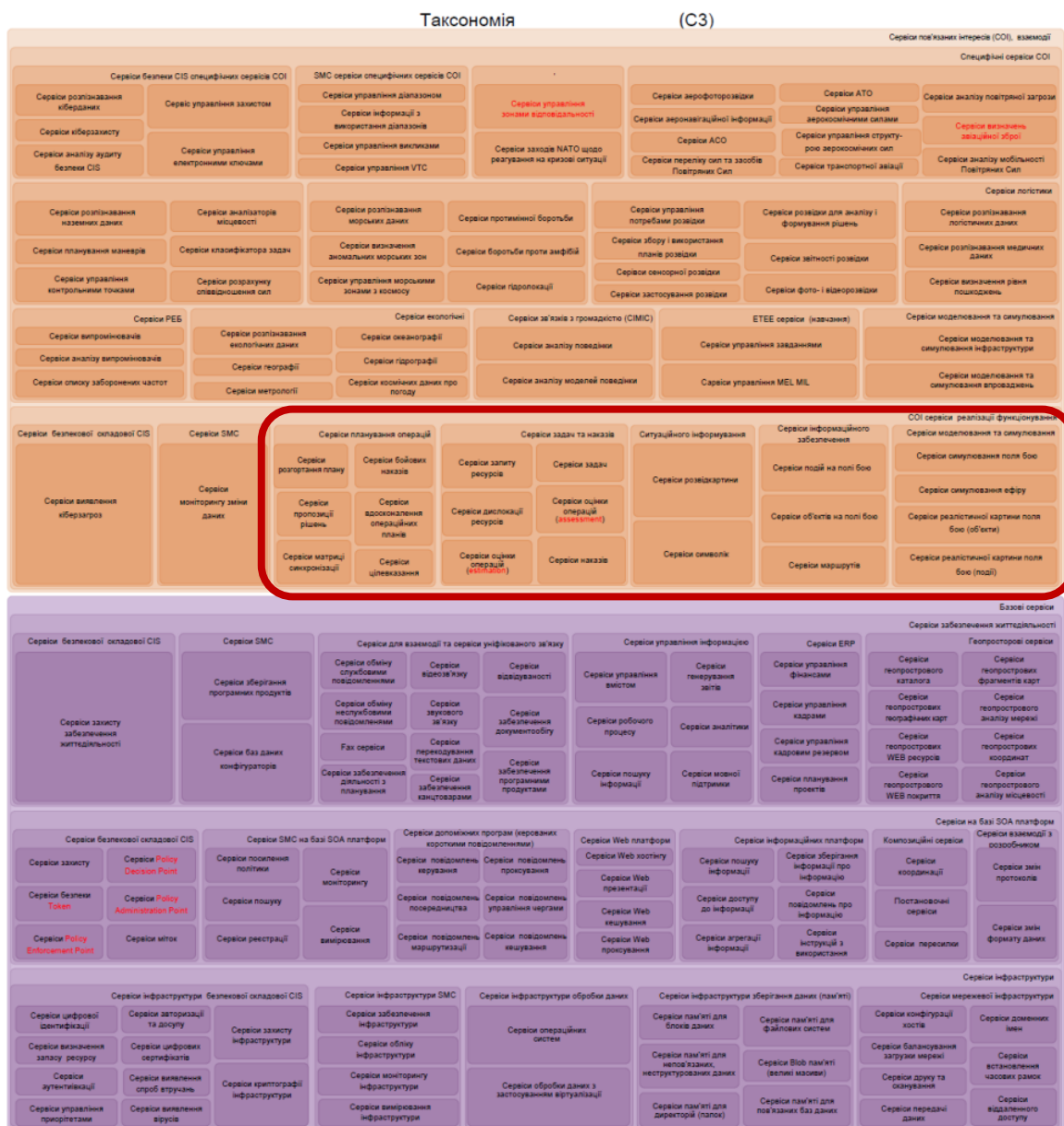


Рис. 3.15 Сервіси які відносяться до розділу Інформаційні системи та функціональні сервіси C3 Taxonomy Baseline 2.0 (AC/322-D(2016)0017)

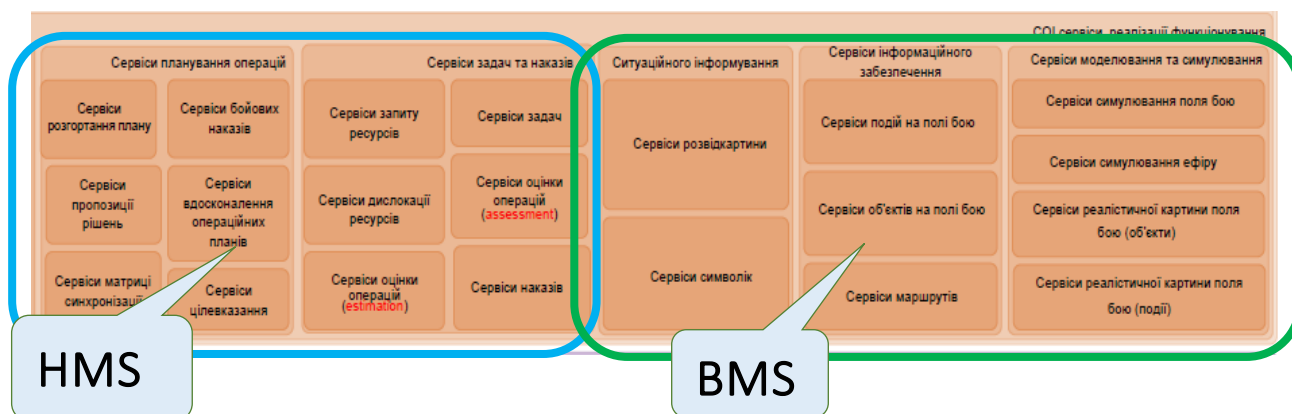


Рис. 3.16 Сервіси які відносяться до HMS та BMS

Для визначення базових підсистем вибираємо сервіси які відносяться до розділу Інформаційні системи та базові сервіси (сервіси забезпечення життєдіяльністю) C3 Taxonomy Baseline 2.0 (AC/322-D(2016)0017) (Рис. 3.17, 3.18).

До складу базових підсистем відносяться:

командно-сигнальна підсистема;

командно-інформаційна підсистема;

підсистема зв'язку;

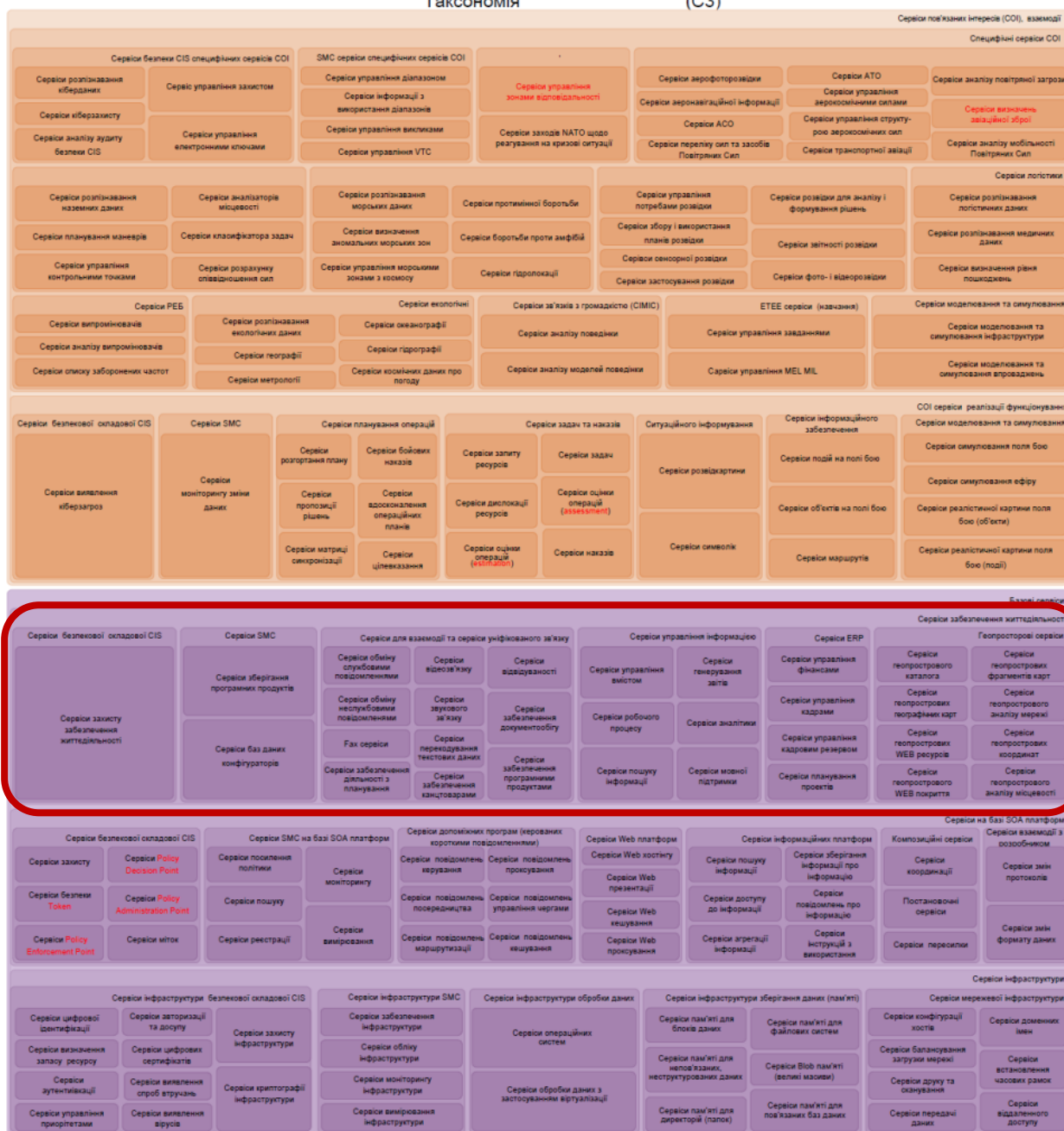
інформаційно-розрахункова підсистема;

геоінформаційна підсистема;

навігаційна підсистема;

підсистема управління функціонуванням;

комплексна система захисту інформації.





1. Командно-сигнальна підсистема
2. Командно-інформаційна підсистема
3. Підсистема зв'язку
4. Інформаційно-розрахункова підсистема
5. Геоінформаційна підсистема
6. Навігаційна підсистема
7. Підсистема управління функціонуванням
8. Комплексна система захисту інформації



Рис. 3.18 Сервіси які відносяться до розділу Інформаційні системи та базові сервіси (сервіси забезпечення життєдіяльності) C3 Taxonomy Baseline 2.0 (AC/322-D(2016)0017)

Проектні рішення АСУ ТЛ повинні розроблятися на основі діючих стандартів, норм, правил та інших нормативно-технічних документів. Під час модернізації повинні максимально використовуватися типові проектні рішення в АСУ ТЛ.

При створенні АСУ ТЛ для забезпечення побудови єдиного інформаційного простору використовуються типові рішення для різних компонентів (модулів) системи.

Для побудови єдиного інформаційного простору була розроблена Еталонна модель архітектури АСУ ТЛ (Рис. 3.19), яка забезпечує інтеграцію елементів систем на різних рівнях.

Суть архітектури полягає в тому, що для кожного рівня АСУ виділяються певні технології, які використовуються усіма розробниками.

В архітектурі виділяємо чотири рівні:

1. **Комунікаційний рівень** — надає базові функції і сервіси зв'язку, що забезпечуються ІР-центричною мережею.
2. **Інформаційний рівень** - надає послуги, які підтримують управління та обмін інформації між додатками в мережі і зовнішнім середовищем.

3. **Рівень додатків** - реалізує функціональну обробку спеціалізованих завдань.
4. **Рівень презентації** - реалізує інтерфейси користувача

На кожному рівні використовуються певні сервіси, які використовують різні технології:

1. **Комунікаційний рівень** – надає сервіси Інтернет мережі (BGP, OSPF, IPv4, IPv6, Ipsec ...) та сервіси Інтернет транспорту (TCP, UDP).
2. **Інформаційний рівень** - Інформаційна інфраструктура(OS Svc, Infrastructure Svc, SQLite, MongoDB) та Сервіси для передачі інформації (SMTP,HTTP/S,MQTT).
3. **Рівень додатків** – додатки домену: планування та управління; BMS core; ГІС; DSS core; інтеграційні сервіси.
4. **Рівень презентації** - Додатки презентаційного рівня (C++, Python, JavaScript+CSS)) та Адаптер презентаційного рівня (HTML, SSE, REST).

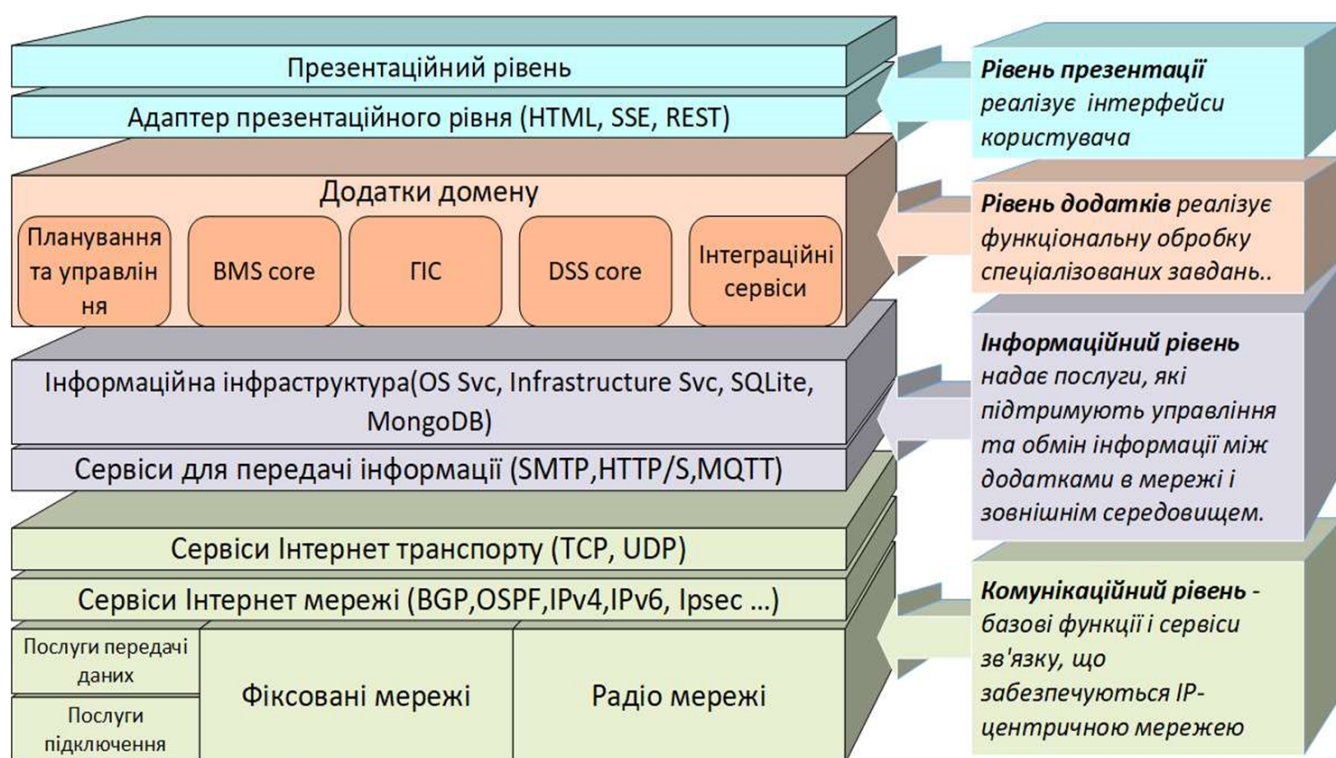


Рис. 3.19 Еталонна модель архітектури АСУ ТЛ

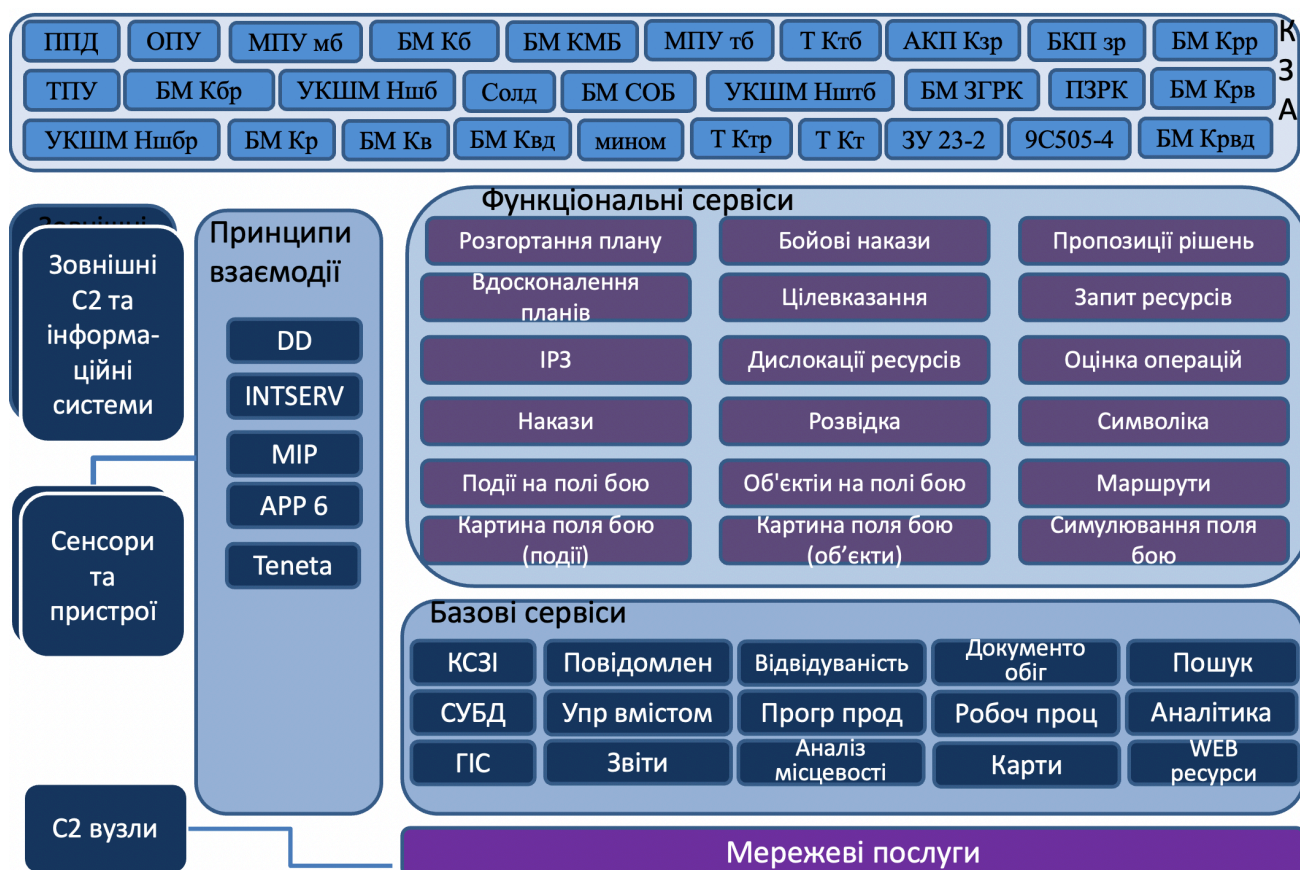


Рис. 3.20 Архітектура компонентів КЗА АСУ ТЛ

В АСУ ТЛ типові рішення визначаються щодо: функціональних і базових підсистем; складу технологічних засобів; типових (незалежно від об'єкту автоматизації) прикладних застосувань підсистем; типових комплексів засобів автоматизації КЗА (інтерфейсу користувачів); типових форм електронних документів; єдиної бази даних. Архітектура компонентів КЗА АСУ ТЛ представлена на рис. 3.20.

В верхній частині рис. 3.20 представлено перелік КЗА з яких складаються організаційні підсистеми. Набір КЗА визначають організаційну підсистему.

В середній частині рис. 3.20 представлені функціональні сервіси, які визначають функціональні підсистеми (Рис. 3.15).

В нижній частині рис. 3.20 представлені базові сервіси, які визначають базові підсистеми (Рис. 3.18).

Збоку зліва рис. 3.20 представлені інтеграційні сервіси, які забезпечують інтеграцію окремих модулів системи АСУ ТЛ.

В основу типових рішень зі створення АСУ ТЛ використаний метод уніфікації.

3.4 Загальна структура формування інформаційної моделі функціонування АСУ ТР

На джерелах інформації відбуваються зміни стану об'єктів обліку, які повинні відображатися в БД шляхом відповідної зміни в ній характеристик стану зазначених об'єктів. Відповідно до прийнятого в АСУ ТЛ дисципліною збору вхідної інформації оновлювані дані від джерел заносяться в БД.

Можливі наступні дисципліни збору інформаційних об'єктів:

за регламентом, коли інформаційні об'єкти збираються від джерел і заносяться в БД через постійний період часу, установлений регламентом;

відразу по зміні стану об'єкта обліку, коли інформаційні об'єкти поставляються від джерел відразу після значимої зміни стану одного або декількох об'єктів обліку, що відслідковуються;

незалежно від стану об'єктів обліку, якщо інформаційні об'єкти від джерел збираються не “за регламентом” і не відразу “по зміні стану об'єкта обліку”.

У проміжку часу між зміною стану об'єкта обліку й занесенням цих змін у БД відповідні вихідні інформаційні об'єкти АСУ ТЛ вважаються недостатньо актуальними, якщо їх відмінність від реальної інформації перевищує припустимі межі, обумовлені її функціональним призначенням (тобто, якщо в реальності відбулися значимі зміни, і вони не відображені в БД). Неактуальна БД АСУ ТЛ є загрозою цілісності інформації у системі. Оцінка ступеня актуальності вихідної інформації, сформованої на основі використання БД АСУ ТЛ, повинна здійснюватися для конкретного періоду функціонування системи і за конкретними категоріями даних, на підставі яких формуються БД.

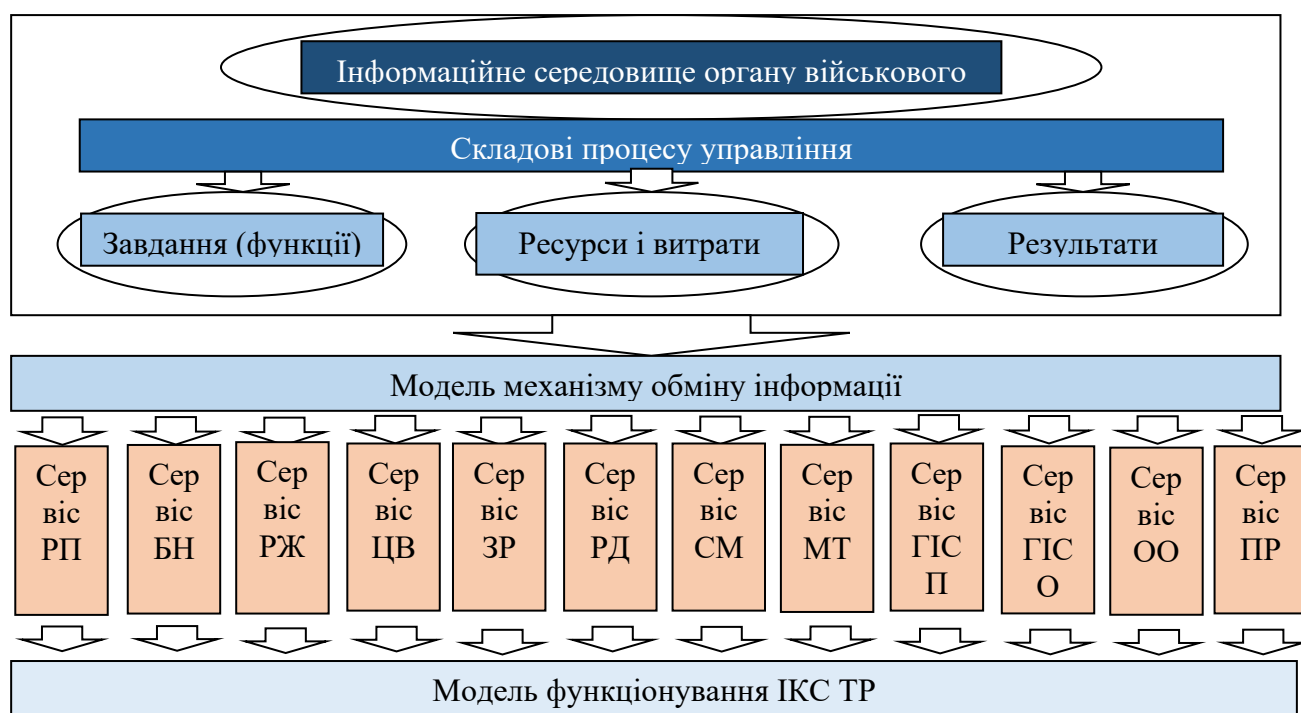


Рис. 3.21 – Загальна структура формування інформаційної моделі функціонування АСУ ТЛ

Представлена загальна модель формування інформації в автоматизованій системі управління для тактичної ланки (Рис. 3.21), яка визначає інформаційне середовище органу військового управління. Модель складається з процесів

управління, механізму обміну інформацією, який взаємодіє з наявними функціональними сервісами та принципів функціонування АСУ.

Функціональні сервіси представлені на рисунку 3.20:

Розгортання плану (РП).

Бойові накази (БН).

Розпорядження (РЖ).

Цілевказання (ЦВ).

Запит ресурсів (ЗР).

Розвідка (РД).

Символіки (СМ).

Маршрути (МТ).

Картина поля бою (події) (ГІСП).

Картина поля бою (об'єкти) (ГІСО).

Оцінка операцій (ОО).

Пропозиції рішень (ПР).

3.5 Принципи побудови інформаційної платформ

Після уніфікації складових АСУ ТЛ необхідно вирішити наступну задачу - отримання достовірних прогнозних аналітичних висновків, а відповідно збору та обробки значних обсягів різномірної інформації, яка накопичується у пунктах управління, циркулює в різних сумісних системах і не завжди є доступною під час проведення різноманітних трансдисциплінарних аналізів.

Тому, для забезпечення повноцінного доступу до інформації пропонується підхід щодо побудови інформаційної платформи, яка утворюватиме єдиний принцип доступу до всіх видів різноманітної інформації АСУ ТЛ [93-100].

Інформаційна платформа має включати в себе наступні рівні: управлінських-процесів; сервісів; інформаційний; інтеграційний.

Для створення інформаційної платформи запропоновано п'ять основних принципів, а саме: загальна інформаційна модель; загальна комунікаційна модель; визначені інтерфейси; незалежність управлінських-процесів від сервісів;

розподілена система з адаптивними інтерфейсами між її елементами.

У якості прикладу наведено опис процесу формування **глобального управлінського-процесу**, який використовує різні ІКС та їх підсистеми.

Все вказане у сукупності забезпечує повноцінний віддалений доступ до інформації, що зберігається в різних розподілених системах.

Вирішуємо задачу інтеграції інформаційно-комунікаційних систем з використанням інформаційної платформи, яка складається наступних рівнів: управлінських-процесів; сервісів; інформаційний; інтеграційний.

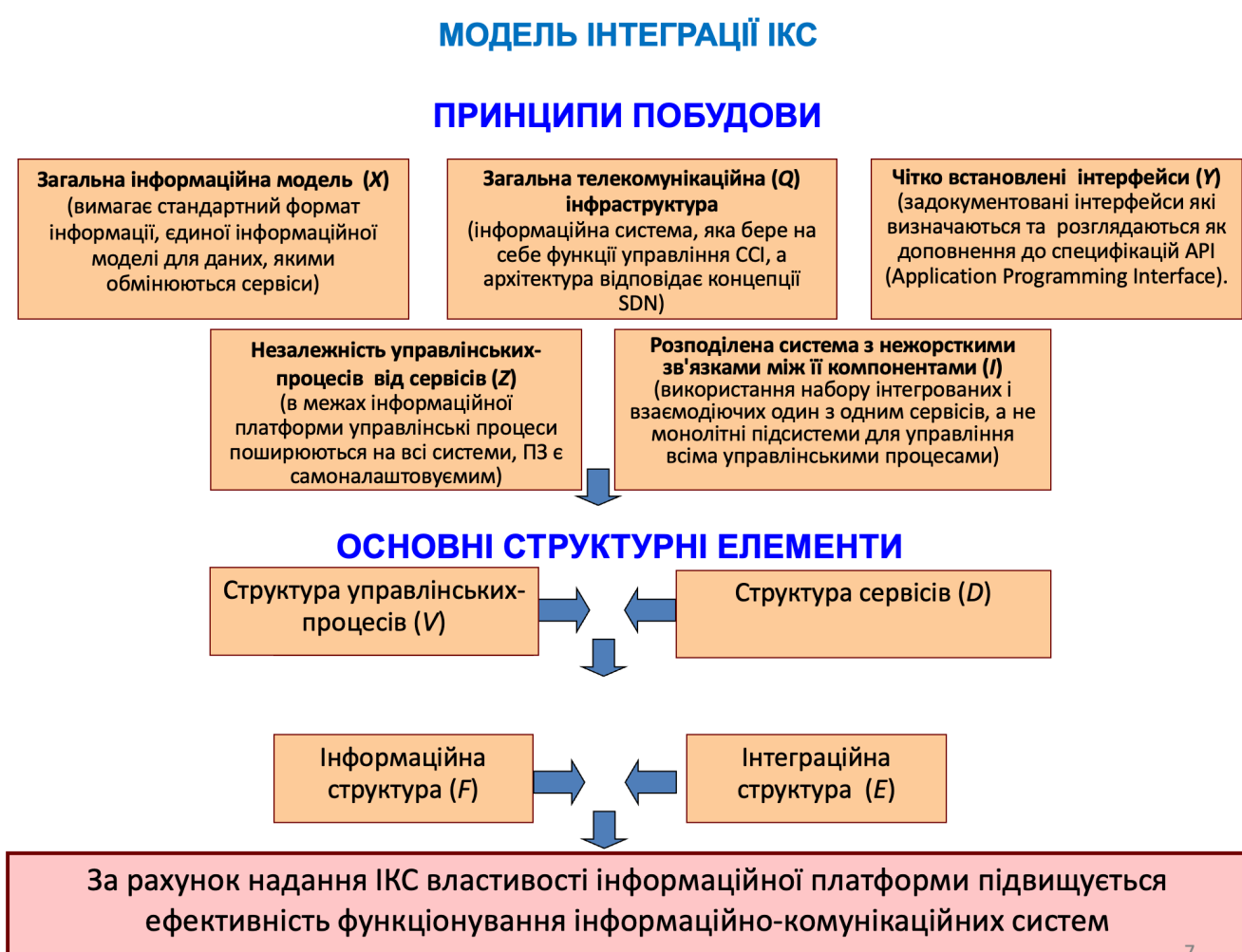


Рис. 3.22 Модель інтеграції ІКС

Інформаційна платформа має інтеграційні засоби, які використовують наступні принципи (Рис. 3.22):

- загальна інформаційна модель (X), яка вимагає стандартний формат інформації. Інформаційна модель для даних, якими забезпечується вирішення цієї

проблеми та обмінюються сервіси;

- загальна комунікаційна модель (Q) інфраструктура у вигляді проміжної інформаційної системи, яка бере на себе функції управління спільною телекомунікаційною інфраструктурою, а архітектура відповідає концепції програмно-конфігурованих мереж (SDN);

- визначені інтерфейси (Y), які задокументовані і визначені у відповідності до API (Application Programming Interface);

- незалежність управлінських процесів від сервісів (Z), що означає в межах інформаційної платформи управлінські процеси поширюються на всі системи, ПЗ є самоналаштовувемим;

- розподілена система з адаптивними інтерфейсами між її елементами (I) - це використання розподіленої системи, яка має адаптивні інтерфейси між її елементами та набір взаємодіючих один з одним сервісів, а не монолітної системи.

3.6 Математичний опис елементів інформаційної платформи

Інформаційна платформа складається з простору множин - $\langle V, D, F, E \rangle$ (Рис. 3.23), де:

V - управлінські-процеси;

D - сервіси;

F – інформаційні моделі;

E – інтеграційні інтерфейси.

Для нашого випадку інформаційна платформа буде мати наступний вигляд:

$$\alpha = \langle v, d, f, e \rangle, \text{ де: } v \subseteq V, d \subseteq D, f \subseteq F.$$

Для моделювання змін в інформаційній платформі, будемо використовувати надмірності через максимальні (+) та мінімальні (-) множини параметрів:

$$v \subseteq v^+, \Delta v = v \setminus v^-,$$

$$d \subseteq d^+, \Delta d = d \setminus d^-,$$

$$f \subseteq f^+, \Delta f = f \setminus f^-,$$

$$e \subseteq e^+, \Delta e = e \setminus e^-.$$

Інтеграційні засоби інформаційної платформи використовують наступні принципи, які описуємо у вигляді простору множин:

$$\langle X, Q, Y, Z, J \rangle, \text{ де:}$$

X - загальна інформаційна модель.

Q - загальна комунікаційна модель.

Y - визначені інтерфейси.

Z - незалежність управлінських процесів від сервісів.

J - розподілена система з адаптивними інтерфейсами між її елементами.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Структура платформи: елементи, зв'язки, функції

$$\langle V, D, F, E \rangle - \text{простір множин; } \alpha = \langle v, d, f, e \rangle, \quad v \subseteq V, d \subseteq D, f \subseteq F, e \subseteq E$$

V – множина управлінських процесів
 D – множина сервісів

F – множина інформаційних моделей
 E – інтеграційна множина

Зовнішні фактори (принципи):

$$\langle X, Q, Y, Z, J \rangle - \text{простір множин; } \chi = \langle x, q, y, z, j \rangle \quad x \subseteq X, |x| \leq |X| \quad q \subseteq Q, |q| \leq |Q| \quad y \subseteq Y, |y| \leq |Y| \\ z \subseteq Z, |z| \leq |Z| \quad j \subseteq J, |j| \leq |J| \\ \text{у т.ч. множина цілей} \quad r \subset R, r \subset x$$

$$\alpha = \langle v, d, f, e \rangle : \begin{cases} \forall w(\alpha, t) \in W, |v| < |V| \wedge |d| < |D| \wedge |f| < |F| \wedge |e| < |E|, \\ \Delta v, \Delta d, \Delta f, \Delta e \neq \emptyset, \\ W(\alpha, r) \rightarrow \max. \end{cases} \quad (1)$$

- загальна інформаційна модель

- чітко встановлені інтерфейси

- розподілена система з нежорсткими зв'язками між її компонентами

- загальна телекомунікаційна інфраструктура

- незалежність управлінських процесів від сервісів

Рис. 3.23 Математичний опис елементів інформаційної платформи

Наявні принципи побудови інформаційної платформи АСУ ТЛ представляються у вигляді функціонування управлінських-процесів:

$$\chi = \langle x, q, y, z, j \rangle,$$

де:

$$x \subseteq X, |x| \leq |X|, q \subseteq Q, |q| \leq |Q|, y \subseteq Y, |y| \leq |Y|, z \subseteq Z, |z| \leq |Z|, j \subseteq J, |j| \leq |J|.$$

Додамо множину цілей

$$r \in R, r \in x.$$

Таким чином, інформаційної платформи представимо у вигляді:

$$\langle v, d, f, e \rangle : \begin{cases} \forall w(\alpha, t) \in W, |v| < |V| \wedge |d| < |D| \wedge |f| < |F| \wedge |e| < |E|, \\ \Delta v, \Delta d, \Delta f, \Delta e \neq \emptyset, \\ W(\alpha, r) \rightarrow \max. \end{cases}$$

Інформаційна платформа набуває максимальної ефективності при використанні чотирьох рівнів:

- управлінських-процесів;
- сервісів;
- інформаційний;
- інтеграційний.

В якості інтеграційних засобів інформаційної платформи використовують п'ятьох принципів:

- загальна інформаційна модель.
- загальна комунікаційна модель.
- визначені інтерфейси.
- незалежність управлінських процесів від сервісів.
- розподілена система з адаптивними інтерфейсами між її елементами.

3.7 Визначення проблеми побудови інформаційної платформи

АСУ ТЛ представляє собою набір ІКС різного призначення рівня C4ISR. У нашому випадку ми маємо 5 ІКС: автоматизація управлінської діяльності; автоматизація бойвих дій; автоматизація управління адаптованими мережами; автоматизація комп'ютеризацією; автоматизація розвідки, спостереження та

рекогностування.

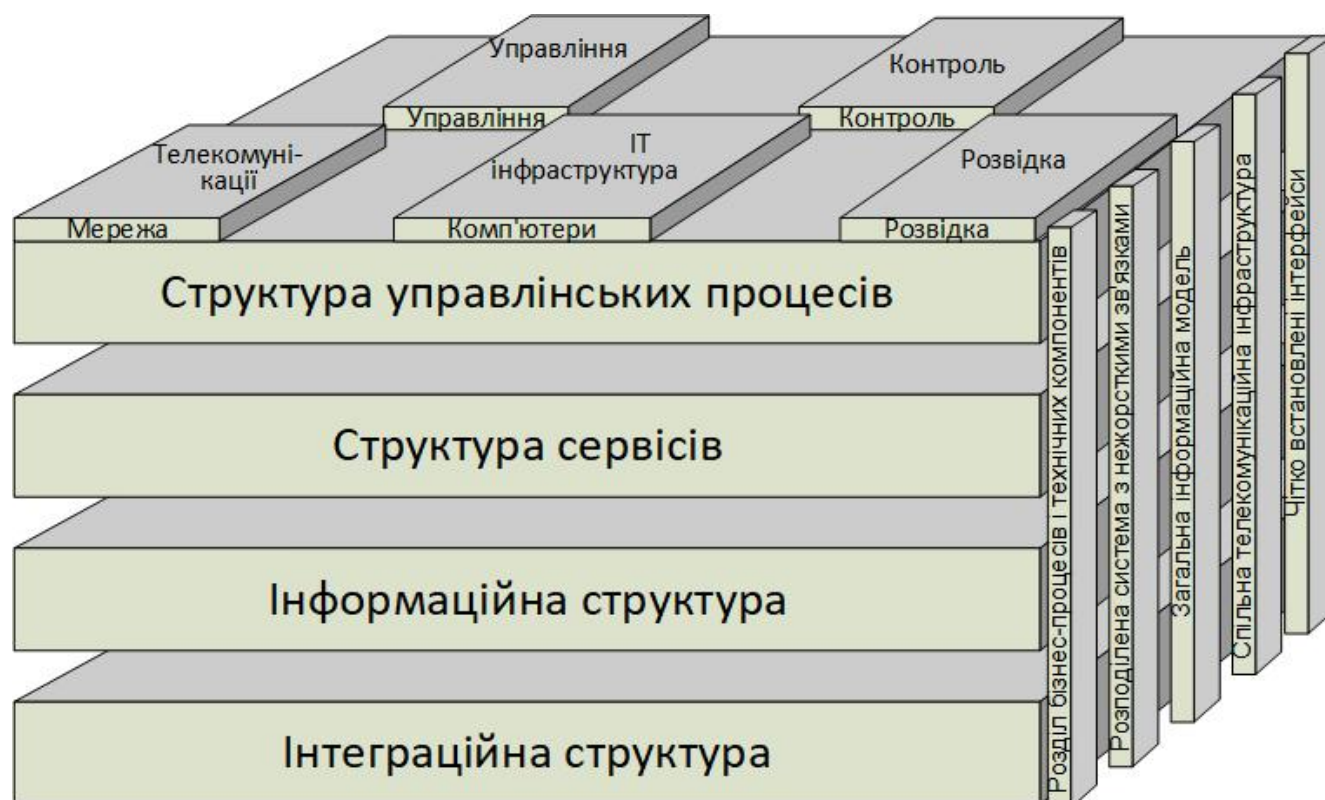


Рис. 3.24 Архітектура інформаційної платформи АСУ ТЛ

На слайді представлена модель інформаційної платформи для інтеграції ІКС. Для побудови інформаційно-аналітичної системи перш за все треба вирішити задачу їх об'єднання (рис. 3.24).

3.8 Удосконалення методу оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем

При використанні ВЕБ-сервісної архітектури дуже важливим є процес переходу від використання одного сервісу до іншого. Для цього було удосконалено метод оптимізації послідовних процесів між підсистемами різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу [92,94,102].

Метод оптимізації послідовних процесів між підсистемами різних інформаційно-комунікаційних систем було розроблено для другого етапу

дорожньої карти (road map) НАТО для визначення перспективних технологій щодо розвитку інформаційно-комунікаційних систем.

Завдання другого етапу полягало в забезпеченні скоординованої роботи видових систем зв'язку та АСУ. При цьому функціональні сервіси являли собою інтегроване програмне забезпечення, яке мало доступ до єдиної бази даних. При цьому інформаційні системи складались з підсистем і мали ієрархічну структуру. В такому випадку інколи виникали складнощі при використанні методу.

На четвертому етапі використовується ВЕБ-сервісна адаптована архітектура. Застосування сервісів розширює можливості використання методу оптимізації послідовних процесів за рахунок варіантності виконання управлінського процесу.

Розглянемо універсальний механізм формування та виконання управлінських процесів для ВЕБ-сервісної адаптованої архітектури.

Будемо виконувати п'ять інтеграційних засобів інформаційної платформи використовують п'ятьох принципів:

- загальна інформаційна модель.
- загальна комунікаційна модель.
- визначені інтерфейси.
- незалежність управлінських процесів від сервісів.
- розподілена система з адаптивними інтерфейсами між її елементами.

Вхідні дані:

(x_i, y_i) - перелік сервісів ІКС.

N – кількість етапів переходу управлінського-процесу від одного сервісу до іншого.

R – функція вигоди траєкторії переходу управлінського-процесу із сервіса (x_1, y_1) в сервіс (x_n, y_n) .

r_i^j – сума збільшень функції вигоди управлінського-процесу в системах.

x - вектор з m координатами в m -вимірному просторі, який описує стан сервісів ІКС інформаційної платформи.

y_k — векторна величина, що складається на кожному етапі з визначеного числа скалярних компонентів $y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn}$, i є параметром переходу управлінського-процесу від одного сервісу в інший.

$f_k(x_0)$ - максимум функцій вигоди.

Вихідні дані:

Оптимальний маршрут виконання управлінського-процесу між сервісами, який забезпечує максимальне значення функції вигоди.

Метод вирішення задачі.

За рахунок виконання **першого принципу** – побудови загальної інформаційної моделі отримуємо єдину інформаційну модель для даних, якими обмінюються підсистеми ІКС. При виконанні **другого принципу** – при побудові загальної комунікаційної моделі розглянемо мережеву інфраструктуру, як інформаційну систему типу SDN, яка керує інфраструктурою та забезпечує доступ до сервісів.

Таким чином, отримаємо інформаційну платформу ІКС, стан якої характеризується сервісами (x, y) , що набувають дискретних значень x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) і y_j ($j = 1, 2, \dots, n$) (Рис. 3.25).

При використанні **третього принципу**, коли проектуються визначені інтерфейси формулюємо наступну задачу: на площині існує множина сервісів, які за рахунок інтерфейсів можуть визначати траєкторії переходу управлінського процесу з сервісу (x_1, y_1) у сервіс (x_n, y_n) . Уся множина траєкторій утворюється переходом з будь-якого сервісу в сервіс, який знаходиться праворуч (ліворуч), або в сервіс, що знаходиться зверху. Всього при оптимальній траєкторії буде пройдено через $N=2(n-1)$ етапів або буде зроблено $N=2(n-1)$ переходів (рис.3.25).

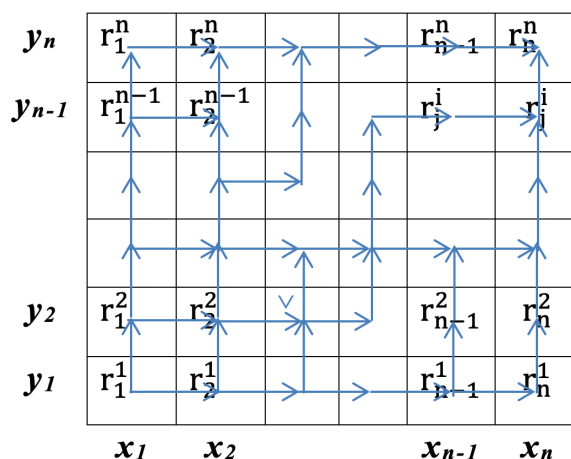


Рис. 3.25. Траєкторії переходу управлінського-процесу з сервісу (x_1, y_1) до сервісу (x_n, y_n)

За рахунок описаних інтерфейсів можна для кожної траєкторії переходу із сервісу (x_1, y_1) до сервісу (x_n, y_n) визначити функцію вигоди R управлінського-процесу, яка утвориться як сума збільшень функцій вигоди r_i^j у всіх сервісах, через які пройде управлінський-процес.

Таким чином, моделюємо виконання **четвертого принципу** - незалежність управлінських процесів від сервісів. Тепер маємо можливість формувати управлінські-процеси, які використовують різні ІКС та їх сервіси.

Інформаційну платформу описуємо у вигляді стану сервісів ІКС, який характеризується вектором x з m координатами в m -вимірному просторі. Для використання глобальних управлінських-процесів протягом етапів відбувається перетворення вектору x , починаючи із свого початкового значення x_0 , шляхом отримання ще $N - 1$ значення $x_0, x_1, \dots, x_{N-1}$. Вважатимемо, що перехід вектору з одного стану в інший на кожному етапі відбувається відповідно до залежності $x_{k+1} = T(x_k, y_k)$, де y_k — векторна величина, що складається на кожному етапі з визначеного числа скалярних компонентів $y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn}$, i є параметром переходу.

При заданому векторі стану управлінського-процесу x_k на початку якого-небудь етапу стан сервісу наприкінці цього етапу або на початку наступного залежить від вибору параметру перетворення y_k . Задаючи всі можливі значення параметру перетворення на кожному етапі, одержуємо всі можливі варіанти багатоетапного процесу або всі можливі способи переходу управлінських процесів з початкового сервісу x_0 до кінцевого x_k . Вибір параметра перетворення y_k на

кожному етапі відповідає розв'язанню способу переходу сервісів зі стану x_k в стан x_{k+1} . Обрану послідовність параметрів перетворення $y_0, y_1, \dots, y_{N-1}$, назовемо **сервісом i -го управлінського-процесу**.

Нехай метою багатоетапного процесу перетворення є досягнення оптимуму деякої скалярної величини R , що характеризує наявність інтерфейсів між сервісами. Для визначеності вважатимемо R функцією вигоди і вимагатимемо для багатоетапного процесу, щоб функція вигоди була максимальною. На кожному етапі функція вигоди залежатиме від початкового стану системи x_0 й обраного сервісу $y_0, y_1, \dots, y_{N-1}$, тобто

$$R_1 = R_1(x_0, y_0);$$

$$R_2 = R_2(x_0, y_0, y_1);$$

.....

$$R_N = R_N(x_0, y_0, y_1, \dots, y_{N-1}).$$

У разі оптимального маршруту виконання управлінського-процесу $y_0, y_1, \dots, y_{N-1}$ функція вигоди набуде максимального значення і залежить тільки від початкового стану системи. Позначивши максимуми функцій вигоди як $f_k(x_0)$, отримаємо:

$$f_1(x_0) = \max_{y_0} R_1(x_0, y_0);$$

$$f_2(x_0) = \max_{y_0, y_1} R_2(x_0, y_0, y_1); \quad (3.1)$$

.....

$$f_N(x_0) = \max_{y_0, y_1, \dots, y_{N-1}} R_N(x_0, y_0, y_1, \dots, y_{N-1}).$$

Індекси y_0, y_1 позначають, що найбільше значення T шукатиметься по всій множині підсистем або послідовностей $y_0, y_1, \dots, y_{N-1}$. Безпосереднє визначення максимуму виразу (3.1) сліпим пошуком часто є практично нездійсненною задачею. Використання методу оптимізації послідовних процесів, заснованого на принципі оптимальності, спрощує визначення максимальної функції вигоди $f_N(x_0)$ й формування оптимального маршруту виконання управлінського-процесу $y_0, y_1, \dots, y_{N-1}$, що забезпечує максимальну функцію вигоди.

Відповідно до принципу оптимальності, який би не був початковий стан x_0 і початковий розв'язок y_0 , маршрут виконання управлінського-процесу $y_0, y_1, \dots, y_{N-1}$ має бути оптимальним і функція вигоди на $N-1$ етапі має бути максимальною.

Застосуємо цей принцип послідовно до дво-, три-, ... і N -етапного процесу.

Для одного етапу, як уже вказувалося, маємо

$$f_1(x_0) = \max_{y_0} R_1(x_0, y_0).$$

Стан системи на другому етапі двоетапного процесу

$$x_1 = T(x_0, y_0).$$

За умовою, які б не були x_0, y_0 , другий етап має бути оптимальним, тобто

$$f_1(x_1) = f_1 | T(x_0, y_0) | = \max_{y_1} R_1(x_1, y_1).$$

Сумарна функція вигоди двоетапного процесу

$$R_2(x_0, y_0, y_1) = R_1(x_0, y_0) + f_1 | T(x_0, y_0) |.$$

Відповідно максимальне значення функції вигоди для двоетапного процесу

$$f_2(x_0) = \max_{y_0} \{R_1(x_0, y_0) + f_1 | T(x_0, y_0) |\}. \quad (3.2)$$

Для триетапного процесу аналогічно матимемо:

$$f_3(x_0) = \max_{y_0} \{R_1(x_0, y_0) + f_2 | T(x_0, y_0) |\}. \quad (3.3)$$

і, нарешті, для N етапів

$$f_N(x_0) = \max_{y_0} \{R_1(x_0, y_0) + f_{N-1} | T(x_0, y_0) |\}. \quad (3.4)$$

Рекурентне співвідношення (3.4) дає змогу послідовно обчислити шукане значення $f_N(x_0)$ й оптимальний розв'язок y_0 на першому етапі для N -етапного процесу, що буде деякою функцією початкового стану системи, тобто $Y_0 = y_N(x_0)$.

Оскільки після визначення Y_0 визначається остаточно і x_1 , для визначення Y_1 треба відкинути початковий етап управлінського-процесу і звернутися до $(N-1)$ – етапного процесу з початковим станом x_1 , тобто визначити Y_1 як функцію x_1 :

$$Y_1 = y_{N-1}(x_1) = y_{N-1}[T(x_0, Y_0)].$$

У такий спосіб визначаються інші члени оптимального управлінського-процесу:

$$Y_2 = y_{N-2}[T(x_1, Y_1)]$$

.

$$Y_{N-1} = y_1[T(x_{N-2}, Y_{N-2})].$$

Для виконання **п'ятого принципу** – розподілена система з адаптивними інтерфейсами між її елементами - вирішується така задача.

Використання «розподіленої системи» передбачає набір інтегрованих і взаємодіючих один з другим сервіси, а не монолітну систему для управління інформаційними системами C4ISR. Зв'язність компонентів системи забезпечується єдиним інформаційним сховищем моделей елементів системи, яке є одним з компонентів інформаційної платформи та є побудованою на базі онтологічної моделі.

Таким чином, в оточенні з нежорсткими зв'язками, в один сервіс можуть бути внесені зміни без впливу на інший сервіс. В цьому випадку проводиться корегування функції вигоди R та вирішується задача (1) для нової функції вигоди R .

Приклад розрахунку глобального управлінськи-процесу, який використовує різні ІКС.

Вхідні дані:

У випадку, який розглядається, для АСУ ТЛ маємо 5 систем, які складаються з набору сервісів:

$y_1(x)$ - функція, яка характеризує сервіси для автоматизації управлінської діяльності;

$y_2(x)$ - функція, що характеризує сервіси для автоматизації бойвих дій;

$y_3(x)$ - функція, яка характеризує сервіси для автоматизації управління адаптованими мережами;

$y_4(x)$ - функція, яка характеризує сервіси для автоматизації загальносистемного забезпечення;

$y_5(x)$ - функція, що характеризує сервіси для автоматизації розвідки, спостереження та рекогносрування.

Вихідні дані:

Оптимальний маршрут виконання управлінського-процесу зі стану (x_1, y_1) у стан (x_n, y_5) по такій траєкторії, щоб сумарна функція вигоди була найбільшою.

Метод вирішення задачі.

У такому разі стан платформи характеризується етапами управлінського-процесу (x, y) , які набувають п дискретних значень x_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) і y_j ($j = 1, 2, \dots, 5$).

Потрібно побудувати управлінський-процес зі стану (x_1, y_1) у стан (x_n, y_5) .

На площині існує множина процесів або траєкторій переходу управлінського-процесу з (x_1, y_1) у (x_n, y_5) .

Нехай далі для кожної траєкторії переходу зі стану (x_1, y_1) в стан (x_n, y_5) визначено функцію вигоди R , яка утворюється, як сума збільшень функцій вигоди r_i^j у всіх сервісах, через які пройде маршрут виконання управлінського процесу.

Потрібно забезпечити перехід даних з сервісу (x_1, y_1) до сервісу (x_n, y_n) по такій траєкторії, щоб сумарна функція вигоди була найбільшою. Отже, весь процес переходу системи з початкового стану в кінцевий — це $N = 2(n-1)$ - етапний процес. При цьому на кожному етапі варто прийняти такий напрямок руху (нагору або вправо чи ліво), щоб одержати найбільше значення сумарної функції вигоди R .

Розв'язок поставленої задачі будемо робити методом оптимізації послідовних процесів.

В основі методу оптимізації послідовних процесів лежить інтуїтивний принцип оптимальності, що дає змогу розв'язувати задачі оптимізації багатоетапних процесів послідовно побудовою рекурентних співвідношень. Для застосування принципу оптимальності в розглянутому прикладі поділимо траєкторію маршруту виконання управлінського-процесу на дві ділянки: від початку до деякого проміжного (x_i, y_j) етапу і від цього проміжного етапу до кінцевого (x_n, y_5) .

Відповідно до принципу оптимальності, якою б не була початкова ділянка траєкторії і яке б значення функція вигоди не мала на етапі (x_i, y_j) , для того, щоб у сформованій ситуації все-таки одержати найвищий ефект, остання ділянка траєкторії від (x_i, y_j) до (x_n, y_5) , має бути оптимальною. Очевидно, чим ближче проміжний етап (x_i, y_j) до кінцевого, тим простіше визначити оптимальну траєкторію.

Так, для проміжного етапу (x_{n-1}, y_{n-1}) найбільше значення функції вигоди R_{n-1}^{n-1} буде дорівнювати найбільшій з двох сум:

$$R_{n-1}^{n-1} = \max \left(\begin{matrix} R_{n-1}^n + r_{n-1}^{n-1} \\ R_{n-1}^{n-1} + r_{n-1}^{n-1} \end{matrix} \right),$$

$$\text{де } R_{n-1}^n = R_n^n + r_{n-1}^n, R_n^{n-1} = R_n^n + r_n^{n-1}.$$

Разом з визначенням R_{n-1}^{n-1} визначається і траєкторія від (x_{n-1}, y_{n-1}) до (x_n, y_n) , тобто рух праворуч чи ліворуч або вгору.

$$R_{n-2}^{n-1} = \max \left(\begin{matrix} R_{n-1}^{n-1} + r_{n-2}^{n-1} \\ R_{n-2}^n + r_{n-2}^{n-1} \end{matrix} \right),$$

$$R_{n-1}^{n-2} = \max \left(\begin{matrix} R_{n-1}^{n-1} + r_{n-1}^{n-2} \\ R_{n-2}^{n-2} + r_{n-1}^{n-2} \end{matrix} \right),$$

$$\text{де } R_{n-2}^n = R_{n-1}^n + r_{n-2}^n, R_n^{n-2} = R_n^{n-1} + r_n^{n-2}.$$

Далі аналогічно можна для будь-якого проміжного етапу (x_i, y_j) визначити найбільше значення функції вигоди R_j^i при переміщенні від цього проміжного етапу до кінцевого. Одночасно з визначенням R_j^i визначається і траєкторія переміщення з (x_1, y_1) в положення (x_n, y_n) , що і є розв'язком поставленої задачі.

В таблиці 3.1 наведено числові значення r_j^i , а в таблиці 3.2 — числові значення R_j^i й оптимальна траєкторія від (x_1, y_1) до (x_5, y_5) . Наведений приклад ілюструє основну ідею методу.

	r_j^i				
y_5	7	3	2	6	12
y_4	4	8	9	10	7
y_3	1	5	1	5	3
y_2	4	9	3	7	6
y_1	6	1	9	11	8
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5

Табл. 3.1

	R_j^i				
y_5	30	23	20	19	12
y_4	50	46	38	29	19
y_3	52	51	39	34	22
y_2	64	60	44	41	36
y_1	70	62	51	52	36
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5

Табл. 3.2

Таким чином, на прикладі 5 ІКС АСУ ТЛ, які складаються з набору сервісів, продемонстровано побудову управлінського-процесу, який розрахований за методом оптимізації послідовних процесів, що дає змогу послідовно розв'язувати задачі оптимізації багатоетапних управлінських-процесів за рахунок побудови рекурентних співвідношень.

На практиці такий підхід дає можливість проектувати універсальний механізм формування та виконання управлінських-процесів для АСУ ТЛ, з урахуванням п'яти основних принципів інформаційної платформи, а саме застосування: загальної інформаційної моделі; загальної телекомунікаційної інфраструктури; чітко встановлених та описаних в онтології інтерфейсах; незалежності управлінських-процесів і застосовуваних сервісів; механізмів побудови розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

Таким чином, запропонований підхід щодо побудови інформаційної платформи АСУ ТЛ дозволяє підвищити її гнучкість, мати доступ до необхідних інформаційних та обчислювальних ресурсів у будь-який час, а також мінімізує час доступу.

Висновки по розділу 3:

1. Побудова АСУ ТЛ здійснюється у вигляді складової частини єдиної автоматизованої системи управління ЗСУ, яка забезпечує автоматизацію процесів управління підрозділами тактичної ланки Сухопутних військ ЗС України.

2. В АСУ ТЛ реалізовано єдиний цикл процесу управління що забезпечує: здобування, збір, аналіз, зберігання та обмін інформації; оцінку та прогнозування обстановки (ситуацій) та прийнятих рішень; планування операції (бойових дій); постановку (доведення) завдань; організацію управління, взаємодії та всебічного забезпечення; здійснення контролю виконання завдань (заходів).

3. АСУ ТЛ представляє собою набір інформаційно-комунікаційних систем різного призначення. Представлено розв'язок задачі об'єднання інформаційно-комунікаційних систем АСУ ТЛ на базі інформаційної платформи.

4. Інформаційна платформа набуває максимальної ефективності при використанні чотирьох рівнів:

- управлінських-процесів;
- сервісів;
- інформаційний;
- інтеграційний.

В якості інтеграційних засобів інформаційної платформи використовують п'ятьох принципів:

- загальна інформаційна модель.
- загальна комунікаційна модель.
- визначені інтерфейси.
- незалежність управлінських процесів від сервісів.
- розподілена система з адаптивними інтерфейсами між її елементами.

5. Для побудови інформаційної платформи АСУ ТЛ застосовано:

- математичну модель архітектури системи в цілому у вигляді елементів онтології;
- 5 принципів побудови інформаційної платформи;

- метод оптимізації послідовних процесів між підсистемами різних ІКС, що мають декомпозиційну природу.

6. Представлено розв'язок задачі об'єднання інформаційно-комунікаційних систем АСУ ТЛ на базі інформаційної платформи. Інформаційна платформа АСУ ТЛ формується на основі єдиної онтологічної моделі та включає в себе: структури бізнес-процесів; структури підсистем; інформаційні та інтеграційні структури та базується на п'яти основних принципах, а саме: загальна інформаційна модель; загальна спільно використовувана телекомунікаційна інфраструктура; чітко встановлені інтерфейси; незалежність бізнес-процесів і застосовуваних підсистем та використання розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

7. Розроблено математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення, яка складається із: структури управлінських процесів; структури сервісів; інформаційної структури; інтеграційної структури та базується на п'яти основних принципах: загальна інформаційна модель; загальна телекомунікаційна інфраструктура; чітко встановлені інтерфейси; незалежність управлінських процесів від сервісів; розподілена система з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

8. Розроблено модель інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення рівня C4ISR, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування.

9. Розроблено модель побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки призначену для автоматизації процесів планування та управління підрозділами, а також для збирання розвідувальної інформації, її накопичення, обробки, аналізу, підтримки прийняття рішення відповідними командирами тактичної ланки щодо засобів ураження з метою підвищення ефективності виконання бойових завдань

11. Розроблено модель стеку технологій, яка враховує використання самокерованих адаптованих мереж, програмного забезпечення здатного до самоналаштування та інтеграцію усіх компонентів з використанням інформаційної платформи.

12. Удосконалено метод оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу, який відрізняється від інших введенням оригінальної цільової функції, яка змінюється в залежності від сценарію управлінських процесів та дозволяє поєднувати інформаційно-комунікаційні системи в єдиний обчислювальний процес для знаходження оптимального рішення для розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ПРИЙМАЛЬНОЇ ТА ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ LIMENET-MICRO ЗА ДОПОМОГОЮ LIME SUITE

4.1. Аналіз та проектування системи передачі сигналу засобами SDR на основі модуляцій різних типів

Експериментальна частина роботи присвячена псевдовипадковим перевлаштовуванням робочої частоти (ППРЧ). Використання цього методу може значно підвищити безпеку передачі даних, особливо в умовах, де може бути присутній високий ризик перехоплення. SDR є ефективною платформою для впровадження ППРЧ, забезпечуючи гнучкість та точність в управлінні робочою частотою. Забезпечення безпеки передачі сигналу завжди залишається критичним аспектом в розробці комунікаційних систем [53-75]. Використання псевдовипадкового перевлаштовування робочої частоти (ППРЧ) та багатофазних модуляторів FHSS у поєднанні з SDR дозволяє підняти планку стійкості до перехоплення та покращити конфіденційність передачі даних. Ці підходи дозволяють зменшити ймовірність виявлення та аналізу сигналу, що стає ключовим в аспекті забезпечення безпеки інформації.

Створено два робочих місця для проведення розробки КХ/УКХ радіостанції: дві SDR-платформи LimeNet-Micro компанії Lime Microsystems на базі мікросхеми LMS7002M та модуля Raspberry Pi з ОС Linux Rasbian, до яких підключено антени та для відображення інформації монітори; вимірювальне обладнанням (аналізатор спектру Rohde&Schwarz FSH3 (до 3ГГц), генератор сигналів HP ESG-3000A до 3ГГц, осцилограф Agilent DSO3062A (до 60 МГц), логічний аналізатор з модулем осцилографа Tectronix (до 1 ГГц)).

На дві SDR-платформи LimeNet-Micro встановлено програмне забезпечення: GNU Radio Companion (для створення проектів радіопристроїв складної конфігурації) та Lime Suite (для керування LMS7002M).

Проведено тестування приймальної та передавальної частини LimeNet-Micro за допомогою Lime Suite та аналізатора спектра: програмно змінювали частоту

передавача (до 3 ГГц), визначали рівні сигналів (вихідний сигнал має максимальний рівень 96 дБмкВ), частоти та ширину спектра сигналу.

З використанням GNU Radio Companion створено декілька проектів передавачів та приймачів інформації. Вдалось передати аудіо файл та синусоїдальний сигнал частотою 1000 Гц з однієї LimeNet-Micro на іншу через підключені антени. Аудіо файл на приймальному боці прослуховували за допомогою акустичних колонок. При цьому використовували ФНЧ (при тестуванні змінювали параметри Sample Rate, вікна, частоти пропускання), передавачі та приймачі з частотною та амплітудною модуляціями, модулі вбудованого осцилографа, модулі вбудованого аналізатора спектра.

Розроблені потокові граfi в GNU Radio Companion модуляторів OFDM та FHSS (ППРЧ). Проведено перевірку їх працездатності з використанням аналізатора спектра Rohde&Schwarz FSH3. Ці модуля і багато інших підтримує LimeNet-Micro.

Результати роботи та проведених досліджень описані та зображені нижче.

Передача за допомогою NBFM Модуляцій

NBFM Transmitter

Схему Transmitter наведено на рисунку 4.1.

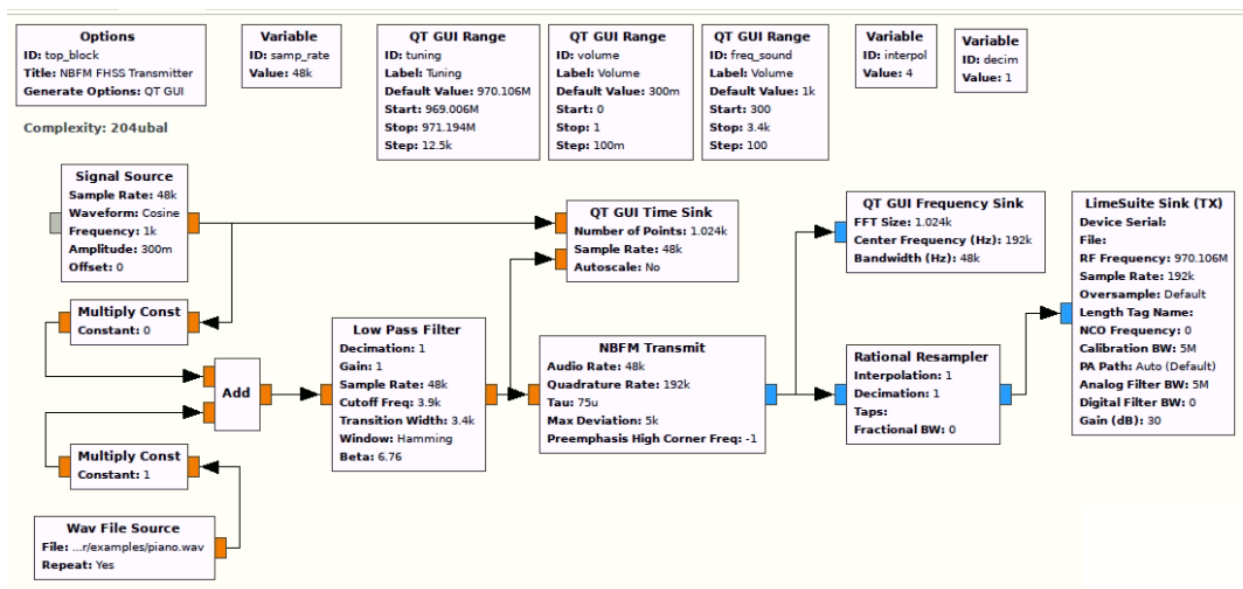


Рисунок 4.1 – Схема Transmitter

Налаштування основних блоків ми розглянемо далі.

Блок Wav File Source вибирає звуковий файл який ми будемо передавати, у полі File ми можемо шлях до файлу який передаємо. Інші налаштування наведено на рисунку 4.2.

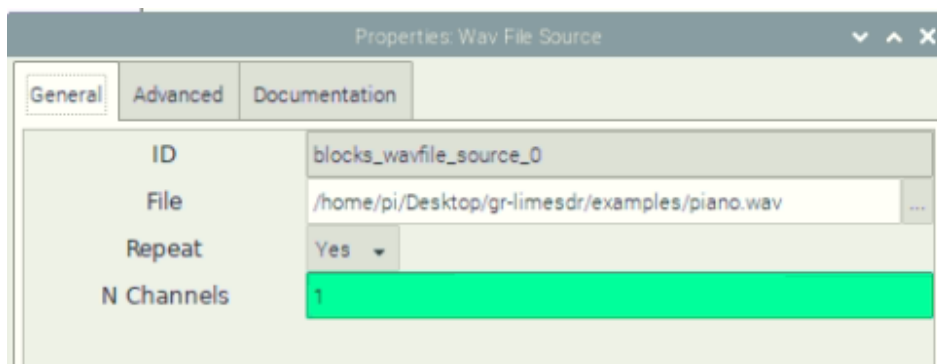


Рисунок 4.2 - Налаштування блока File Source

Блок Low Pass Filter він пропускає низькі частоти, та послаблює частоти які розташовані вище частоти зрізу фільтру. Налаштування блоку наведено на рисунку 4.3.

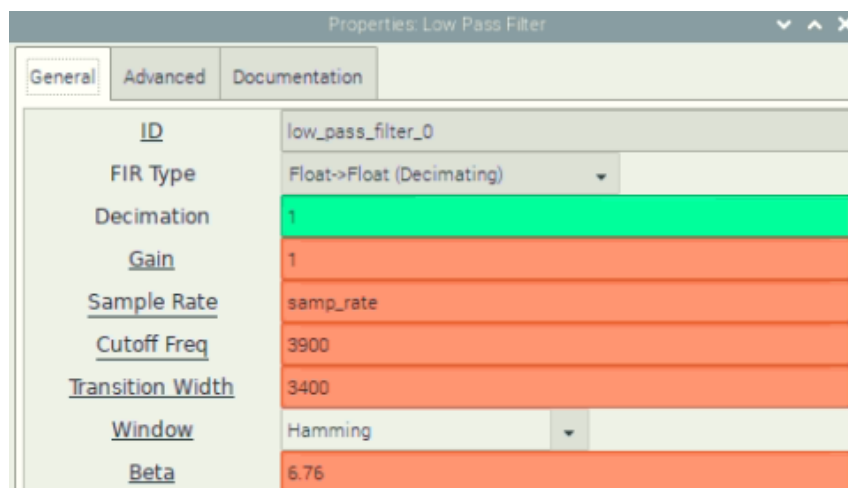


Рисунок 4.3 – Налаштування блоку Low Pass Filter

Блок NBFM Transmit бере один вхідний потік типу float в діапазоні $[-1, +1]$ і створює єдиний FM-модульований комплексний вихідний діапазон основної смуги. Поле Audio rate відповідає за Частота дискретизації аудіо потоку. Поле Quadrature rate це частота дискретизації вихідного потоку (ціле число), воно має бути ціле кратне швидкості звуку. Поле Tau постійна часу попереднього акценту. Поле Max deviation максимальне відхилення в Гц. Налаштування блоку зображено на рисунку 4.4.

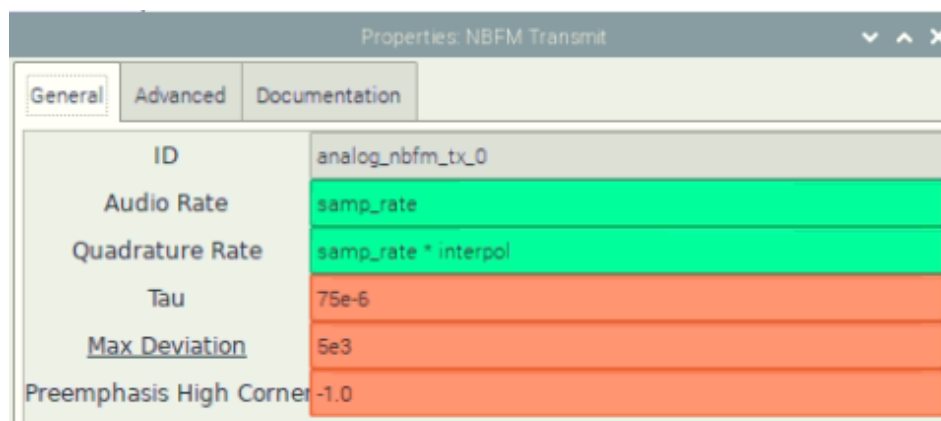


Рисунок 4.4 – Налаштування блоку NBFM Transmitter

Блок LimeSuite Sink (TX) забезпечує відправку даних в Receiver. Поле RF Frequency приймає змінну tuning яка дорівнює 970.106 МГц, а поле Sample Rate – змінну samp_rate яка дорівнює 192к. Детальні налаштування наведено на рисунку 4.5.

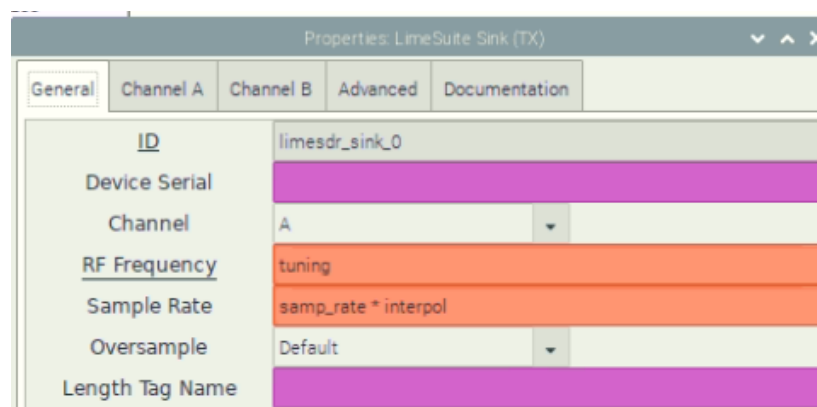


Рисунок 4.5 – Налаштування блоку LimeSuite Sink (TX)

Графіки передачі сигналу між пристроями наведено на рисунку 4.6

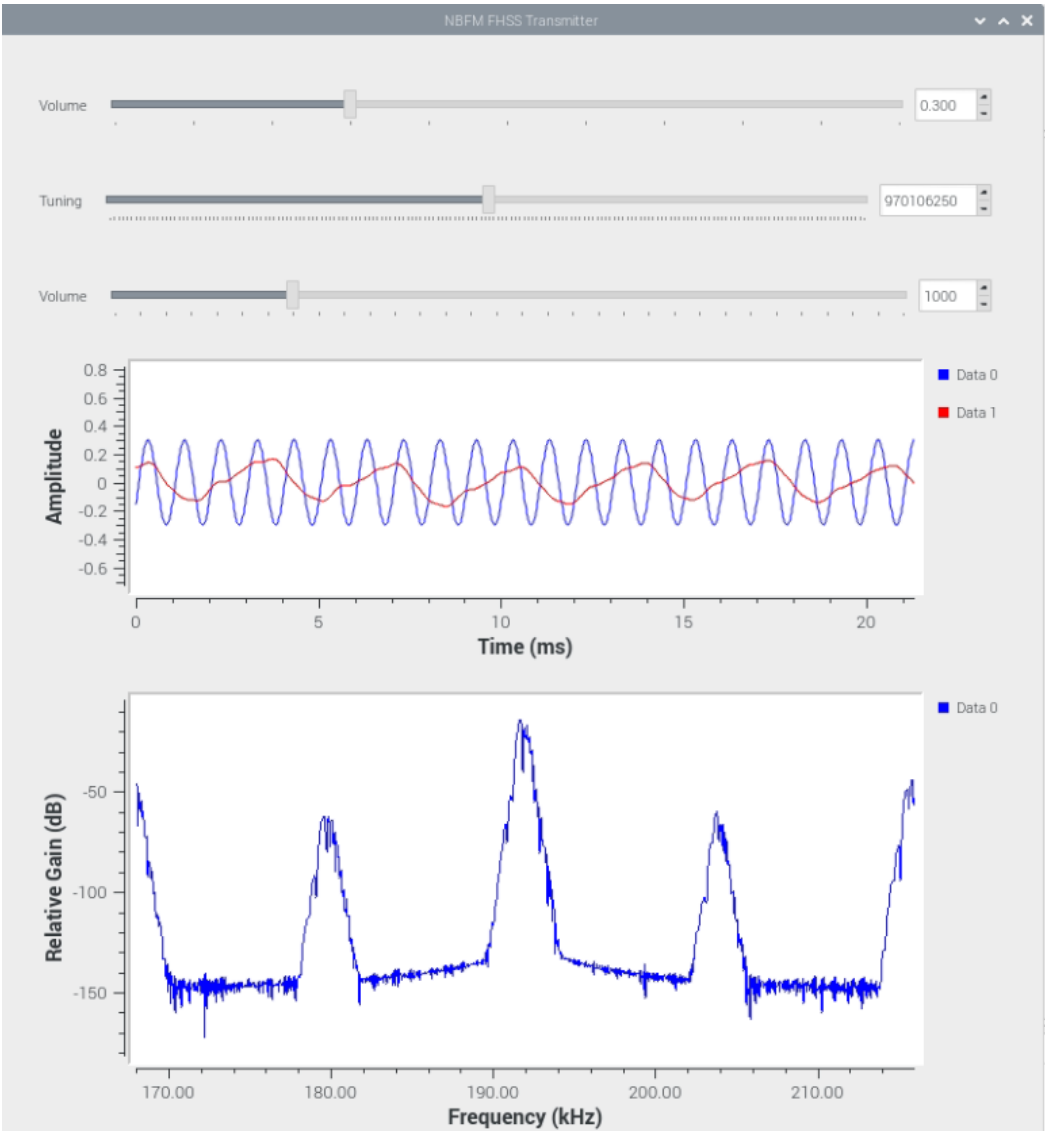


Рисунок 4.6 – Графік передачі сигналу

NBFM Receiver

Схему Receiver наведено на рисунку 4.7.

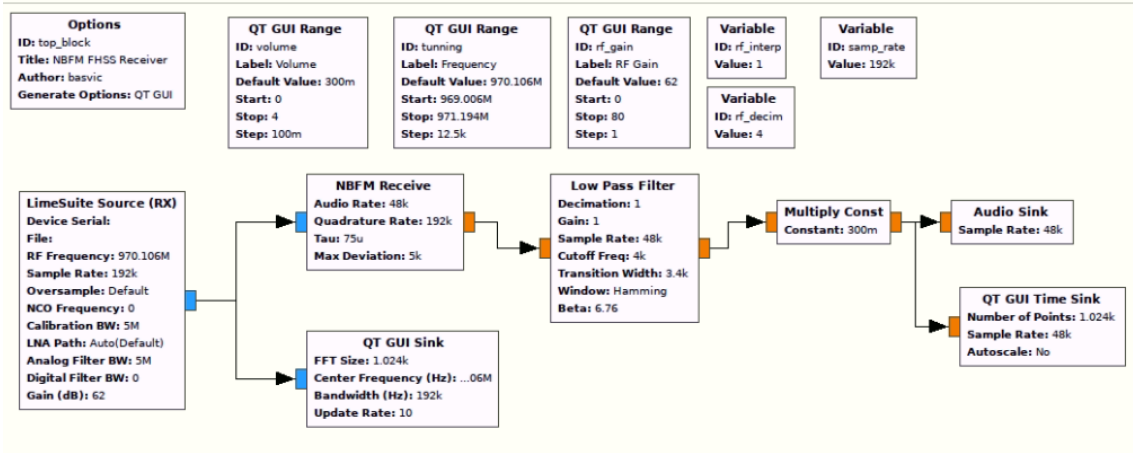


Рисунок 4.7 – Схема Receiver

Налаштування основних блоків ми розглянемо далі.

Блок LimeSuite Source (RX) цей блок забезпечує приймання даних із Transmitter. Поле RF Frequency приймає змінну *tunning* яка дорівнює 970.106 МГц, а поле Sample Rate – змінну *samp_rate* яка дорівнює 192к. Детальні налаштування наведено на рисунку 4.8.

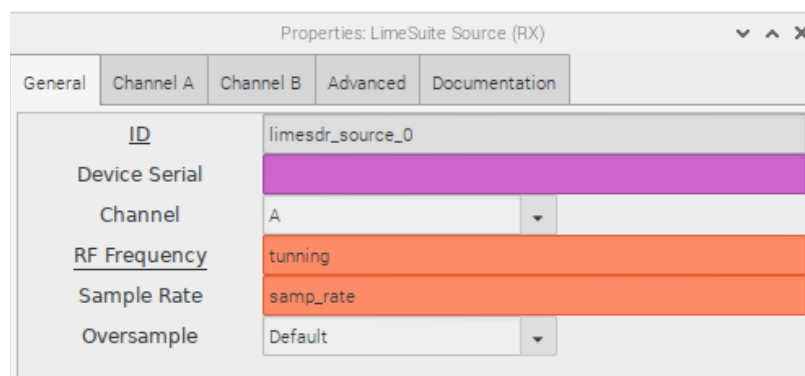


Рисунок 4.8 – Налаштування блока LimeSuite Source (RX)

Блок NBFM Receive бере один складний вхідний потік основної смуги і створює єдиний плавний вихідний потік аудіо семпла в діапазоні $[-1, +1]$. Поле Audio rate відповідає за Частота дискретизації аудіо потоку. Поле Quadrature rate це частота дискретизації вихідного потоку (ціле число), воно має бути ціле кратне швидкості звуку. Поле Tau постійна часу попереднього акценту. Поле Max deviation максимальне відхилення в Гц. Налаштування блоку зображено на рисунку 4.9.

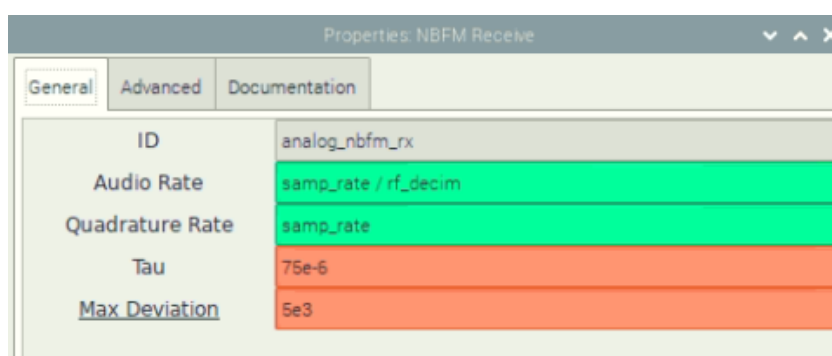


Рисунок 4.9 – Налаштування блока NBFM Receive

Блок Low Pass Filter він пропускає низькі частоти, та послаблює частоти які розташовані вище частоти зрізу фільтру. Налаштування блоку наведено на рисунку 4.10.

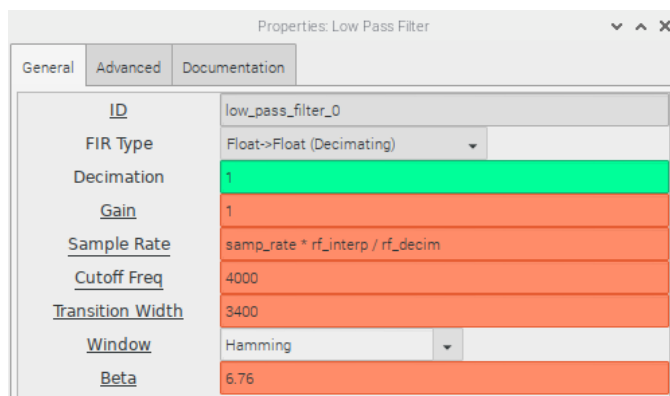


Рисунок 4.10 – Налаштування блоку Low Pass Filter

Блок Audio Sink Дозволяє відтворювати сигнал через динаміки або інший аудіопристрій. Поле Sample Rate щоб встановити частоту дискретизації аудіо, можна вибрати одне із запропонованих налаштувань. Поле Device Name потрібно залишити порожнім, щоб вибрати пристрій за замовчуванням. Інші налаштування наведено на рисунку 4.11.

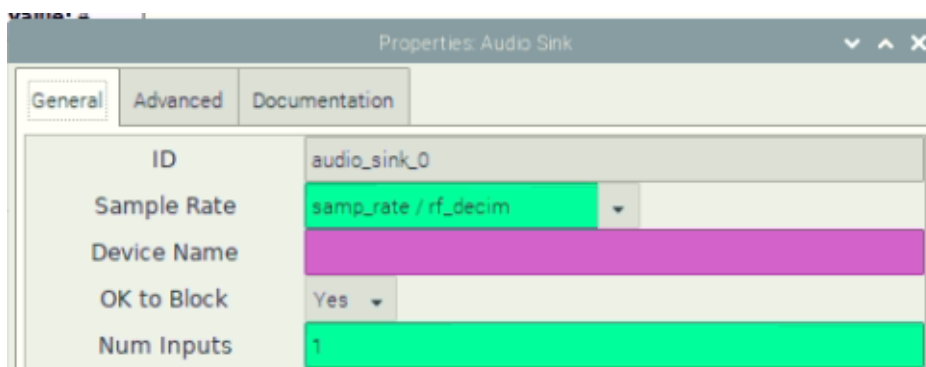


Рисунок 4.11 – Налаштування блоку Audio Sink.

Графіки передачі сигналу між пристроями наведено на рисунок 4.12.

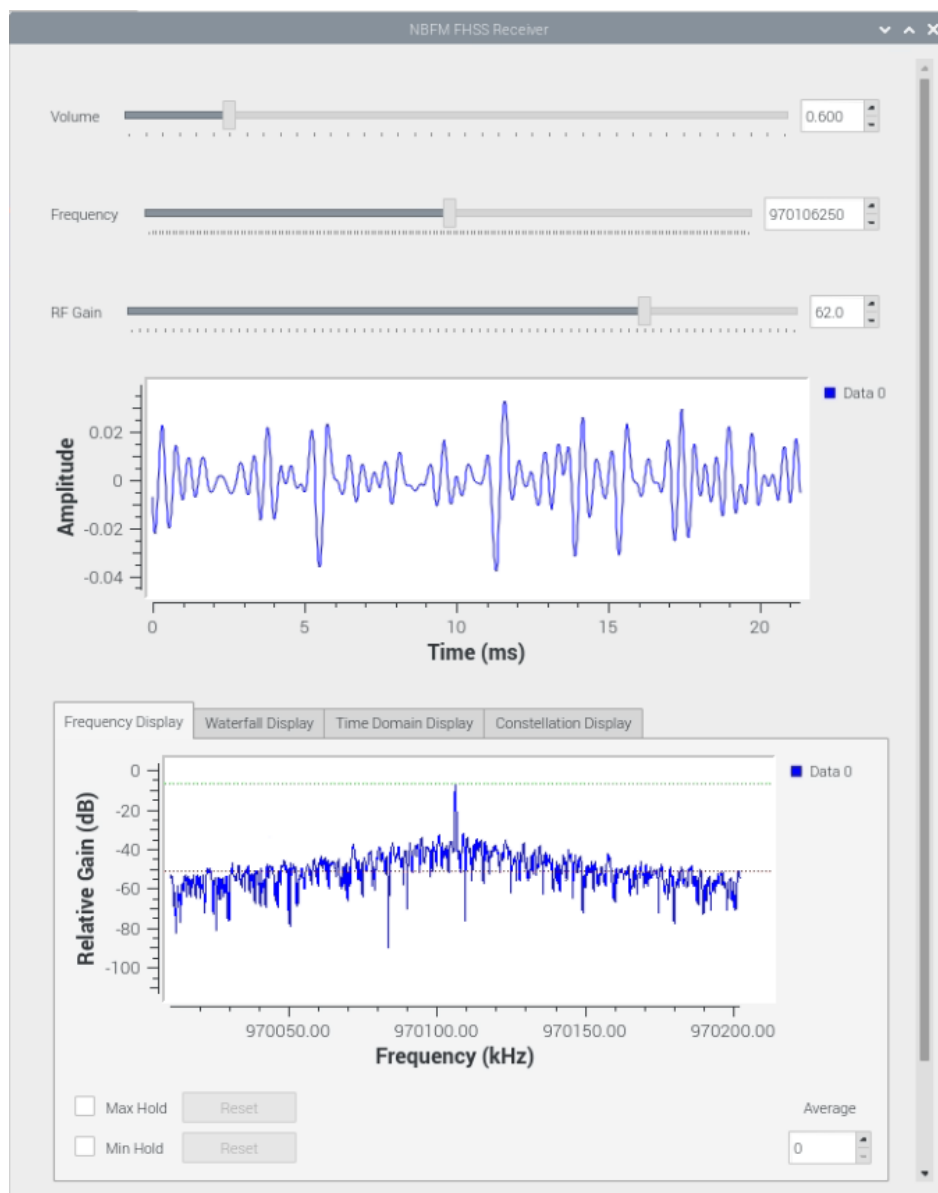


Рисунок 4.12 Графік передачі сигналу

Передача за допомогою OFDM Модуляцій

OFDM Transmitter

Схему Transmitter наведено на рисунку 4.13.

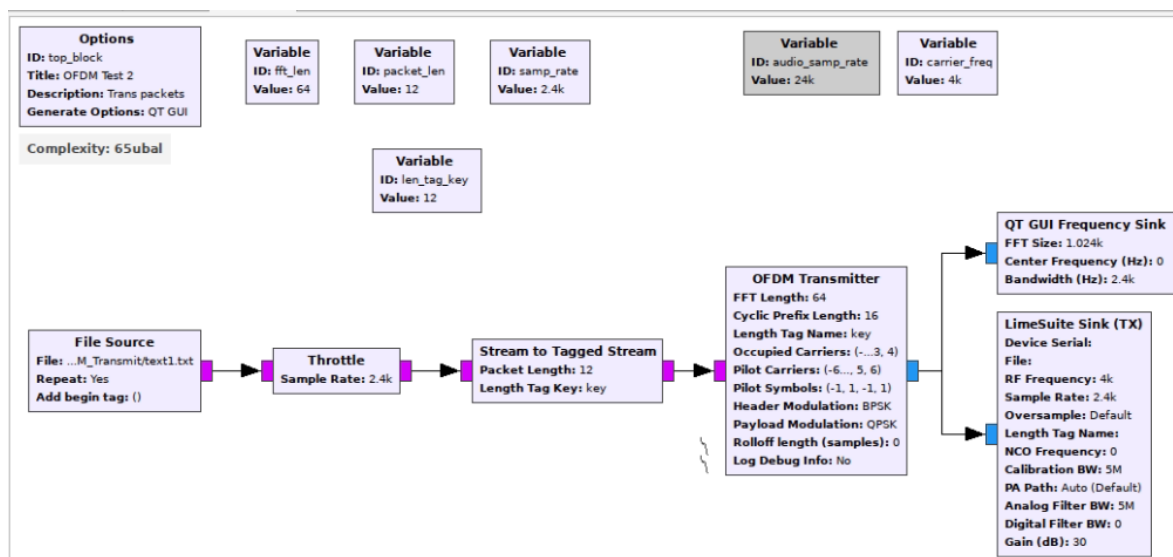


Рисунок 4.13 – Схема Transmitter

Налаштування блоків розглянемо далі.

Блок File Source вибирає файл який ми будемо передавати, у полі File ми можемо шлях до файлу який передаємо. У полі Output Type вибираємо тип даних у якому будемо відправляти. Інші налаштування наведено на рисунку 4.14.

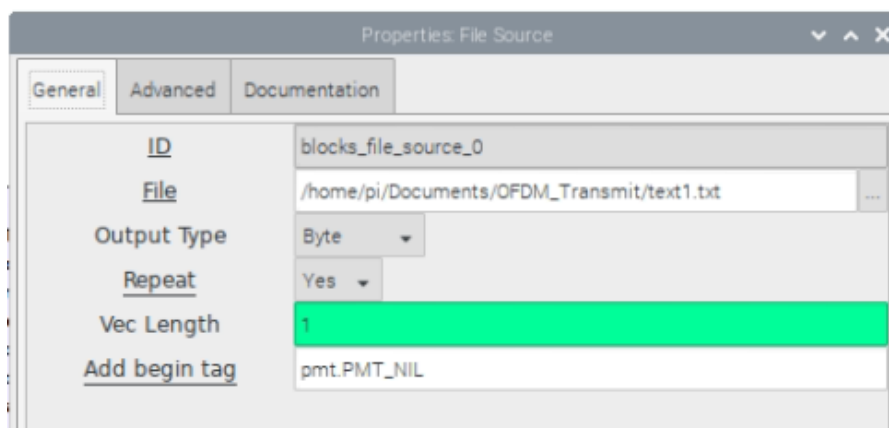


Рисунок 4.14 - Налаштування блока File Source

Блок Stream to Tagged Stream Перетворює звичайний потік у потік із тегами. Поле Packet Length показує кількість елементів у позначеному пакеті потоку, один тег записується для кожного елемента довжини пакета і містить це число. Поле Length Tag Key містить ключ мітки довжини. Інші налаштування наведено на рисунку 4.15.

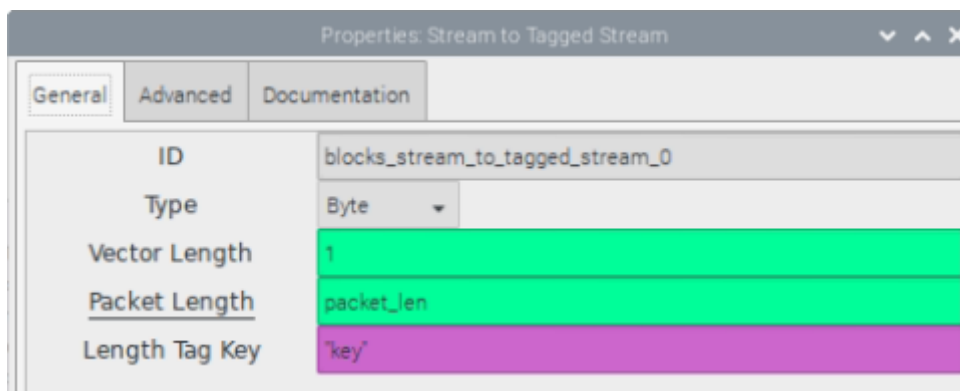


Рисунок 4.15 – Налаштування блока Stream to Tagged Stream

Блок OFDM Transmitter це ієрархічний блок для модуляції OFDM. Вхідним є потік байтів, а вихідним є комплексний модульований сигнал в основній смузі. Налаштування блока:

- FFT Length: Довжина FFT (ціле число)
- Cyclic Prefix Length: Довжина циклічного префікса в загальних вибірках (ціле число).
- Packet Length Tag Key: Ім'я тега, що дає довжину пакета на вході.
- Occupied Carriers: Вектор векторів, що описують, які несучі OFDM зайняті.
- Pilot Carriers: Вектор векторів, що описують, які несучі OFDM зайняті пілот-символами.
- Pilot Symbols: Пілотні символи.
- Sync Word 1: Перший символ преамбули синхронізації. Це має бути з нулями на змінних несучих. Використовується для точного та грубого зсуву частоти та оцінки часу.
- Sync Word 2: Другий символ преамбули синхронізації. Це потрібно заповнити повністю. Також використовується для грубого зсуву частоти та оцінки каналу.
- Rolloff length (samples): Довжина згортання у зразках. Має бути меншим за CP.
- Scramble Bits: Активує скремблери (встановить значення True, якщо не налагоджені)

Інші налаштування наведено на рисунку 4.16

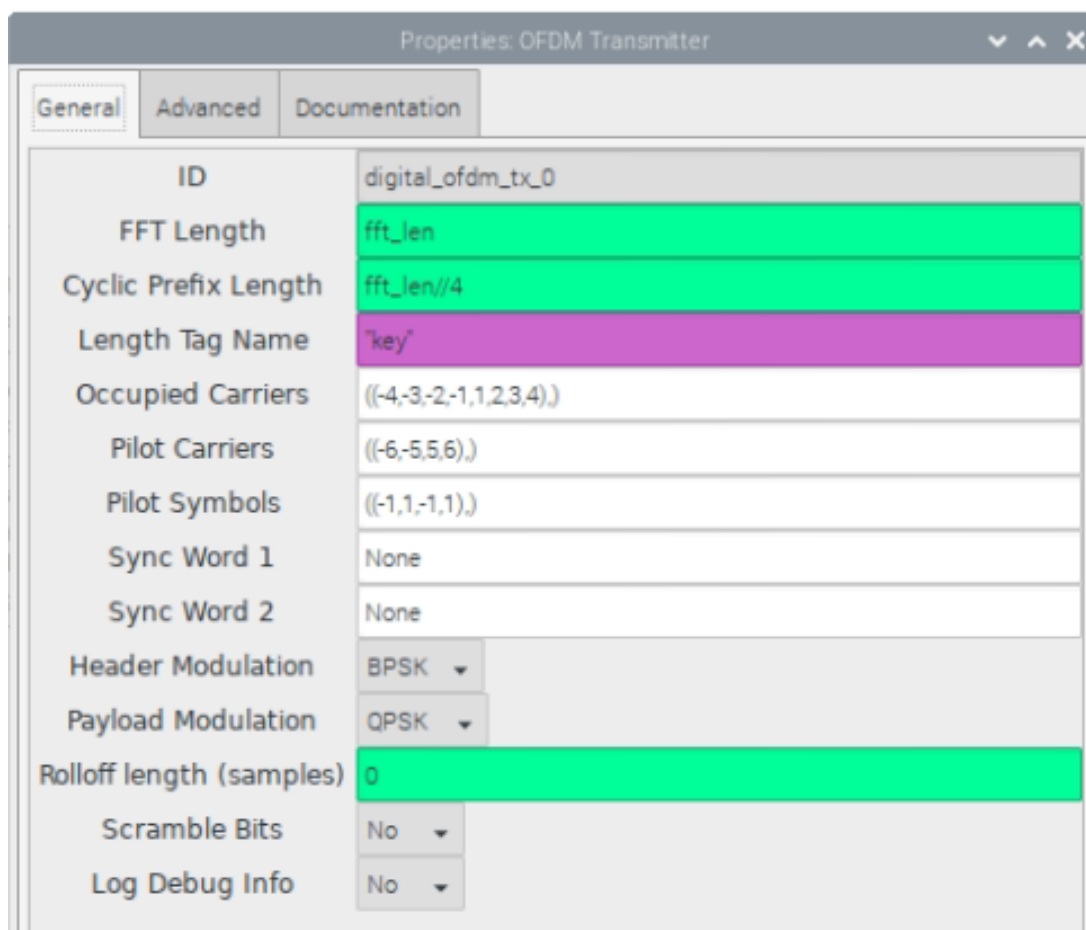


Рисунок 4.16 – Налаштування блока OFDM Transmitter

Блок LimeSuite Sink (TX) забезпечує відправку даних в Receiver. Поле RF Frequency приймає змінну `carrier_freq` яка дорівнює 4k, а поле Sample Rate – змінну `samp_rate` яка дорівнює 2.4k. Детальні налаштування наведено на рисунку 4.17.

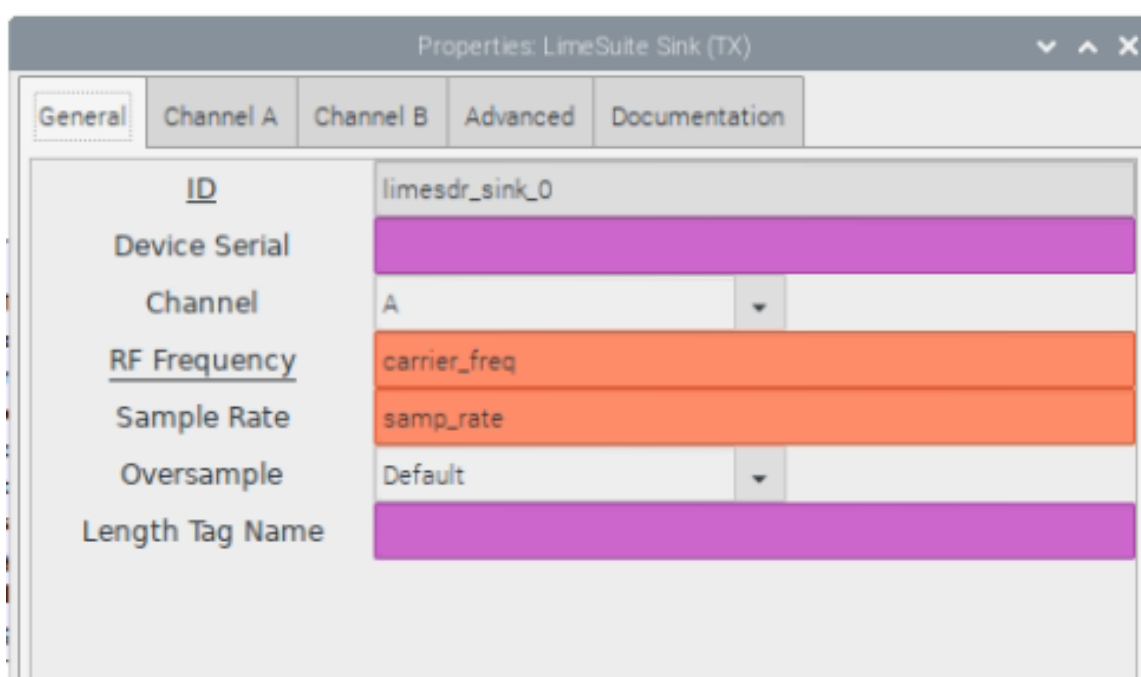


Рисунок 4.17 – Налаштування блока LimeSuite Sink (TX)

OFDM Receiver

Схему Receiver наведено на рисунку 4.18.

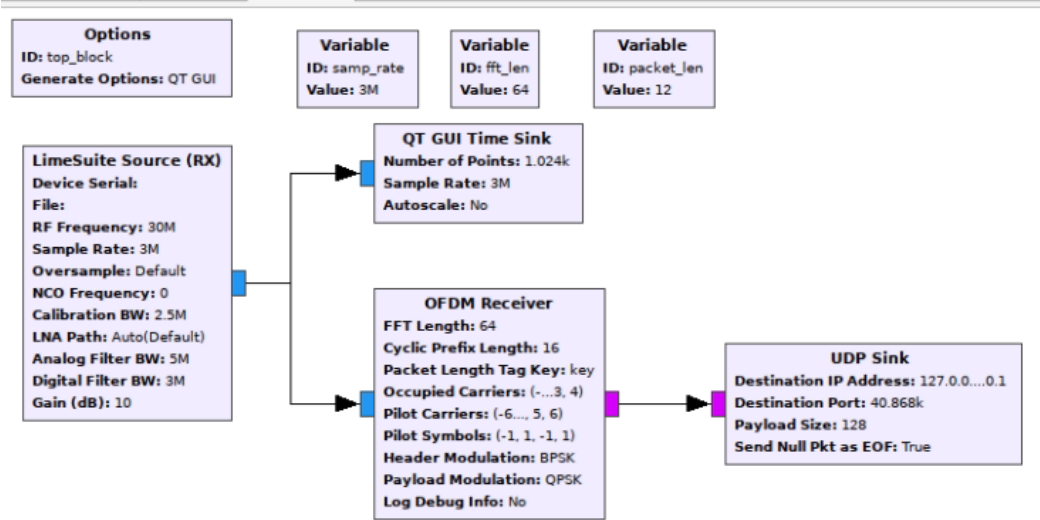


Рисунок 4.18 – Схема Receiver

Налаштування основних блоків розглянемо далі

Блок LimeSuite Source (RX) цей блок забезпечує приймання даних із Transmitter. Поле RF Frequency значення 30e6 що дорівнює 30MHz, а поле Sample Rate – змінну samp_rate яка дорівнює 3M. Детальні налаштування наведено на рисунку 4.19.

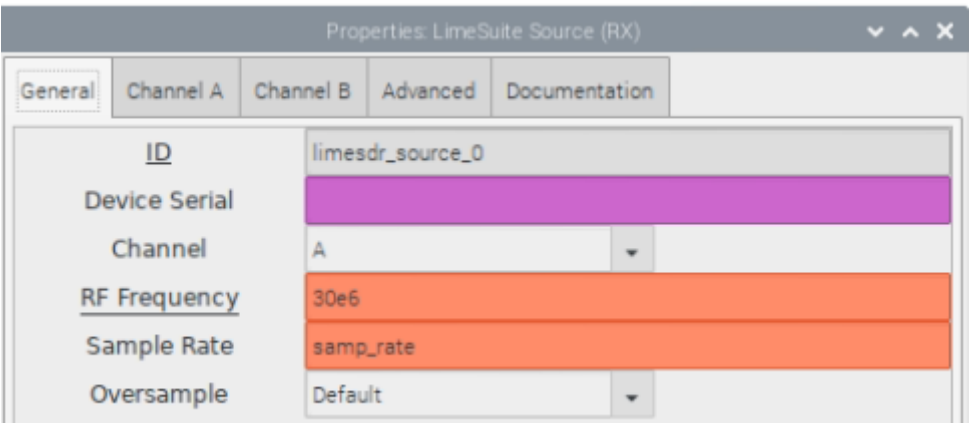


Рисунок 4.19 – Налаштування блока LimeSuite Source (RX)

Блок OFDM Receiver це ієрархічний блок для демодуляції OFDM. Вхідним є складний сигнал основної смуги (наприклад, від джерела UHD). Виявлені пакети виводяться як потік упакованих бітів на виході. Налаштування блока:

- FFT Length: Довжина FFT (ціле число)
- Cyclic Prefix Length: Довжина циклічного префікса в загальних вибірках (ціле число).
- Packet Length Tag Key: Ім'я тега, що дає довжину пакета на вході.
- Occupied Carriers: Вектор векторів, що описують, які несучі OFDM зайняті.
- Pilot Carriers: Вектор векторів, що описують, які несучі OFDM зайняті пілот-символами.
- Pilot Symbols: Пілотні символи.
- Sync Word 1: Перший символ преамбули синхронізації. Це має бути з нулями на змінних несучих. Використовується для точного та грубого зсуву частоти та оцінки часу.
- Sync Word 2: Другий символ преамбули синхронізації. Це потрібно заповнити повністю. Також використовується для грубого зсуву частоти та оцінки каналу.
- Rolloff length (samples): Довжина згортання у зразках. Має бути меншим за CP.
- Scramble Bits: Активує скремблери (встановіть значення True, якщо не налагоджені)

Інші налаштування наведено на рисунку 4.20.

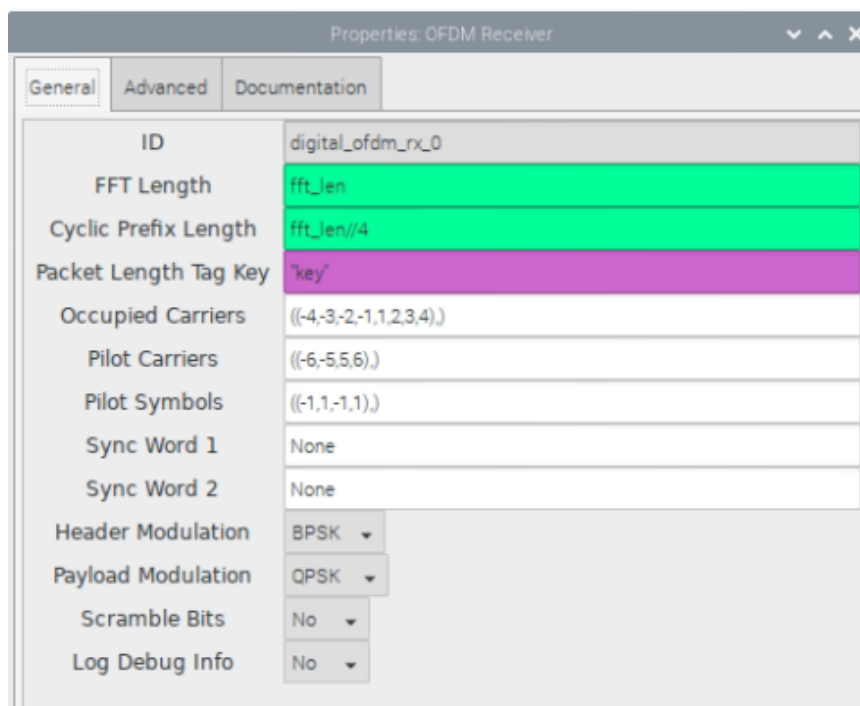


Рисунок 4.20 – Налаштування блоку OFDM Receiver

Блок UDP Sink цей блок надає основні можливості передачі даних UDP з кількома додатковими функціями для обробки в користувацьких програмах прийому. Налаштування блоку:

- Address: IP-адреса за замовчуванням: 127.0.0.1 (локальний хост)
- Destination Port: за замовчуванням: 2000
- Payload Size: за замовчуванням: 1472
- Send Null Packet as EOF: варіанти: [Hi, Так]
- Vec Length: довжина вектора; за замовчуванням: 1

Інші налаштування наведено на рисунку 4.21

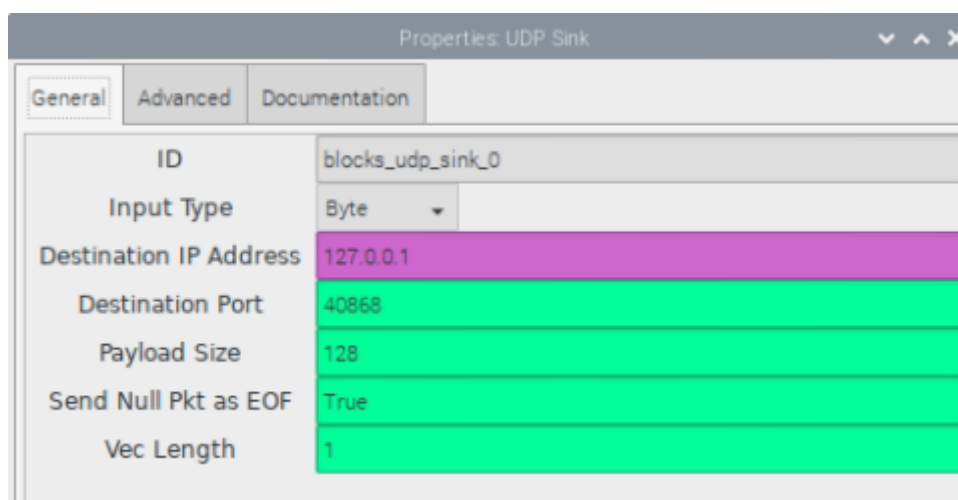


Рисунок 4.21 – Налаштування блоку UDP Sink

4.2. Дослідження можливостей передачі сигналу засобами SDR із використанням псевдовипадкової перестройки робочої частоти (ППРЧ)

Також досліджена математична модель перехоплення одиничного стрибка сигналу передавача з ППРЧ. Змодельована модель ППРЧ з використанням GNU Radio.

Досліджено реалізацію за допомогою GNU Radio для блоку обробки сигналу, який дозволяє синхронізувати програмно визначений радіоприймач із сигналами розширеного спектру зі стрибками частоти (FHSS). Визначено основний принцип роботи блоку управління ППРЧ.

Проаналізовано безпеку контролерів які використовують стрибкоподібну зміну частоти з розширеним спектром FHSS.

Досліджено різні варіанти забезпечення безпеки при передачі даних за допомогою SDR. Розглянуто метод реалізації захисту фізичного рівня через штучний шум.

Досліджено цифрову систему стрибкоподібного перемикання частоти (FHSS) на основі OFDM із використанням радіочастотних перетворювачів даних вибірки.

Передача за допомогою FHSS Модуляцій

Transmitter

Схему Transmitter наведено на рисунку 4.22.

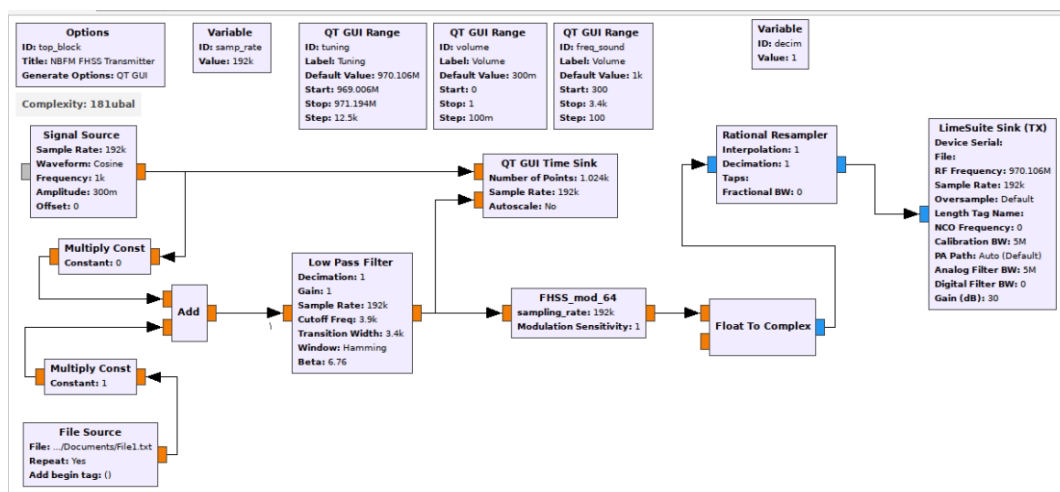


Рисунок 4.22 – Схема Transmitter

Налаштування основних блоків ми розглянемо далі.

Блок File Source вибирає файл який ми будемо передавати, у полі File ми можемо шлях до файлу який передаємо. У полі Output Type вибираємо тип даних у якому будемо відправляти. Інші налаштування наведено на рисунку 4.23.

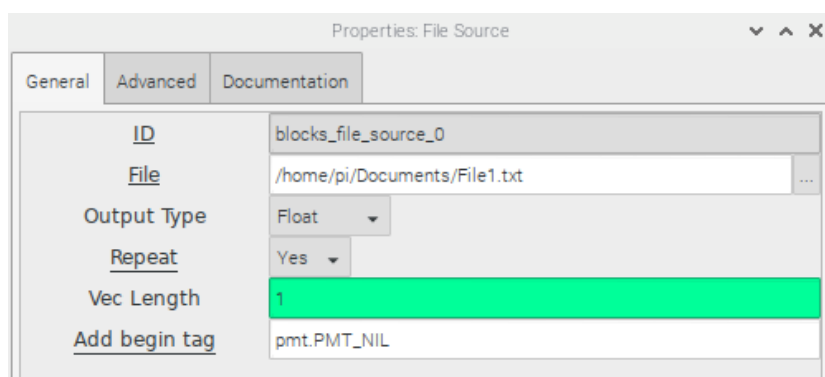


Рисунок 4.23 - Налаштування блока File Source

Блок Low Pass Filter він пропускає низькі частоти, та послаблює частоти які розташовані вище частоти зрізу фільтру. Налаштування блоку наведено на рисунку 4.24.

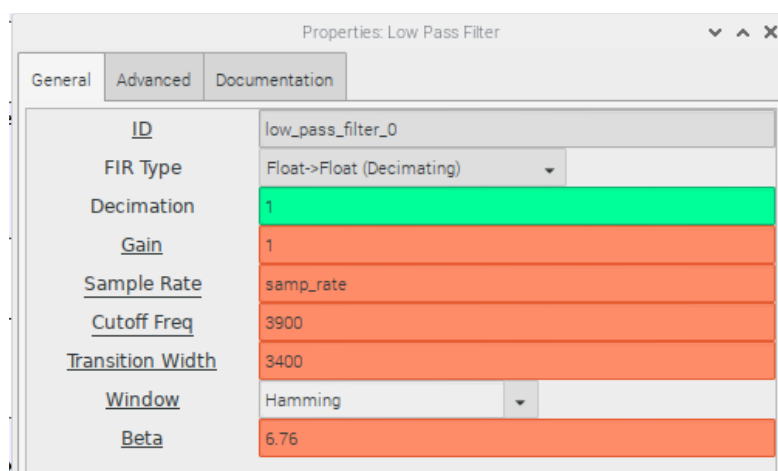


Рисунок 4.24 – Налаштування блоку Low Pass Filter

Блок FHSS_mod_64 виконує модуляцію сигналу який ми будемо відправляти. Поле `sampling_rate` отримує значення частоти дискретизації яка дорівнює змінній `samp_rate`. Поле `Modulation Sensitivity` – це чутливість модуляції, на поточний момент ми займаємося дослідженням як правильно розрахувати чутливість модуляції. Налаштування блоку зображено на рисунку 4.25.

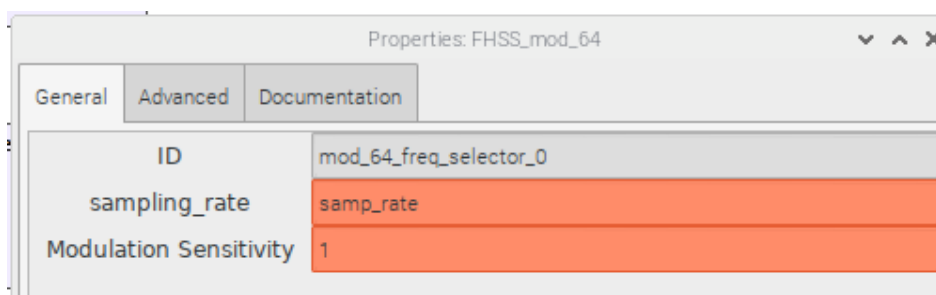


Рисунок 4.25 - Налаштування блоку FHSS_mod_64

Блок LimeSuite Sink (TX) забезпечує відправку даних в Receiver. Поле `RF Frequency` приймає змінну `tuning` яка дорівнює 970.106 MHz, а поле `Sample Rate` – змінну `samp_rate` яка дорівнює 192k. Детальні налаштування наведено на рисунку 4.26.

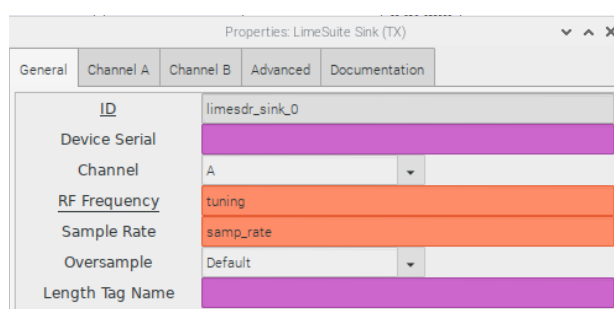


Рисунок 4.26 – Налаштування блоку LimeSuite Sink (TX)

Графіки передачі сигналу між пристроями наведено на рисунку 4.27.

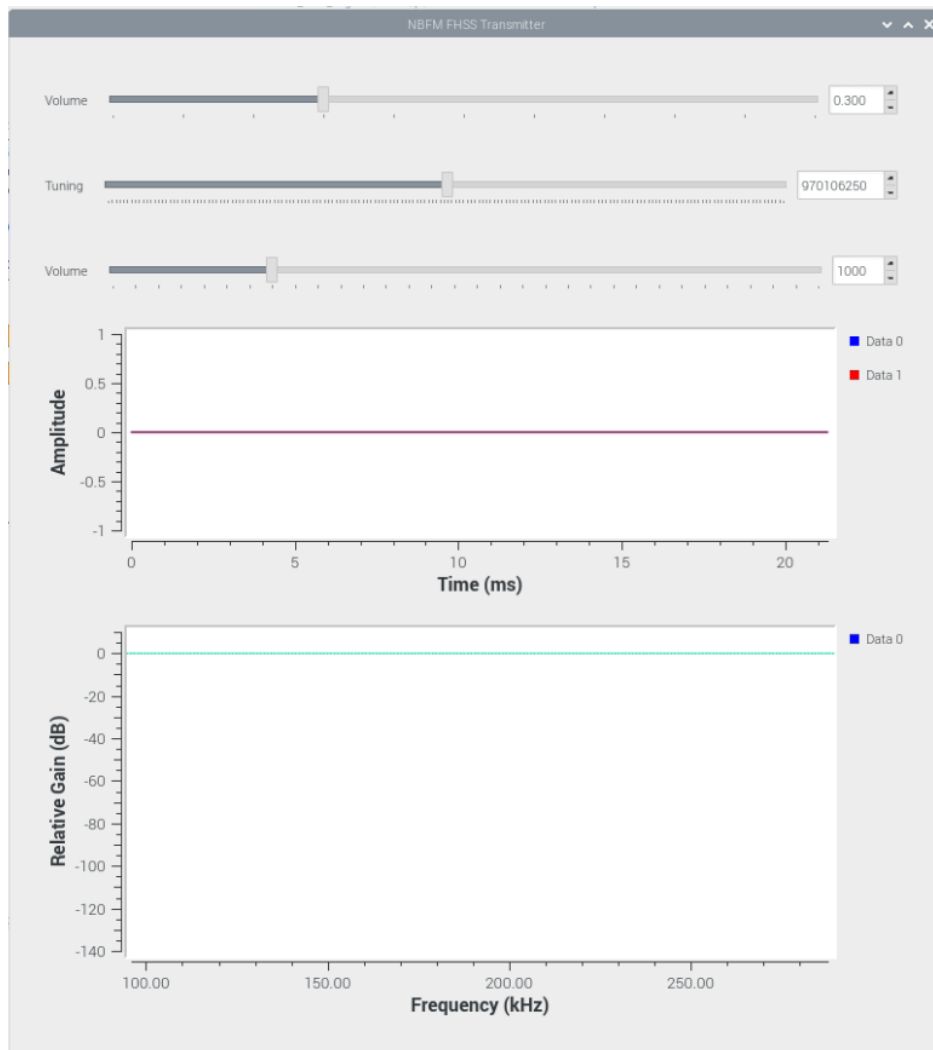


Рисунок 4.27 – Графік передачі сигналу

Receiver

Схему Receiver наведено на рисунку 4.28.

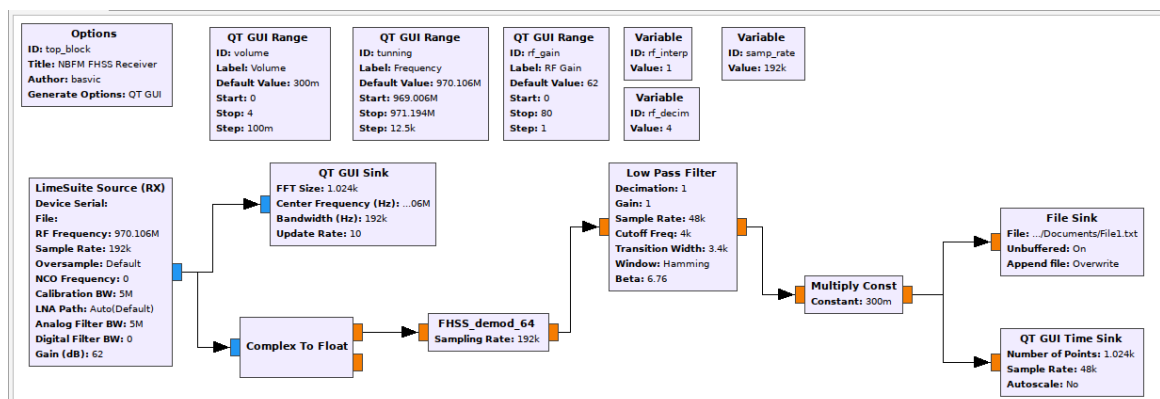


Рисунок 4.28 – Налаштування Receiver

Налаштування основних блоків ми розглянемо далі.

Блок LimeSuite Source (RX) цей блок забезпечує приймання даних із Transmitter. Поле RF Frequency приймає змінну tuning яка дорівнює 970.106 MHz,

а полу Sample Rate – змінну `samp_rate` яка дорівнює 192к. Детальні налаштування наведено на рисунку 4.29.

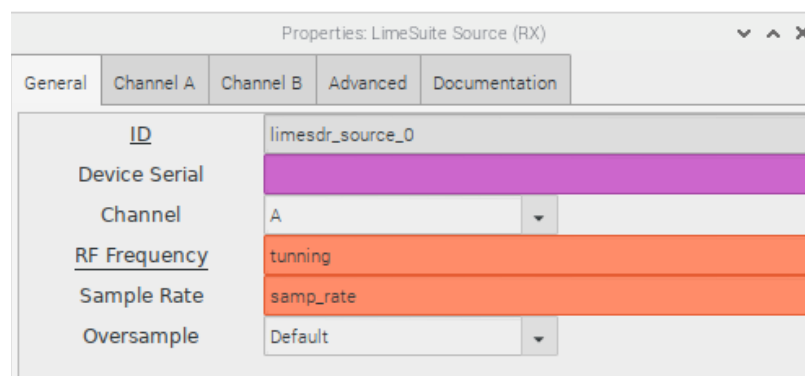


Рисунок 4.29 – Налаштування блока LimeSuite Source (RX)

Блок FHSS_demod_64 демодулює отриманий сигнал. Він приймає лише один параметр це частоту дискретизації тобто змінну `samp_rate`

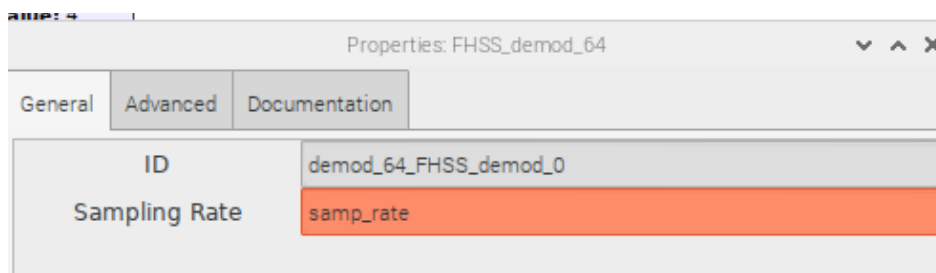


Рисунок 4.30 – Налаштування блока FHSS_demod_64

Блок Low Pass Filter він пропускає низькі частоти, та послаблює частоти які розташовані вище частоти зрізу фільтру. Налаштування блоку наведено на рисунку 4.31.

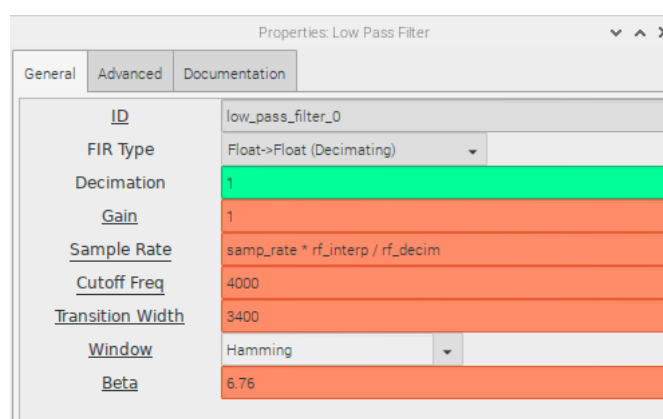


Рисунок 4.31 – Налаштування блоку Low Pass Filter

Блок File Sink виконує зберігання отриманих даних у вибраний файл. Шлях до файлу можна побачити у полі File, поле Input Type дозволяє вибрати тип

отриманих даних в даному випадку нашій файл отримує дані типу Float. Інші налаштування наведено на рисунку 4.32.

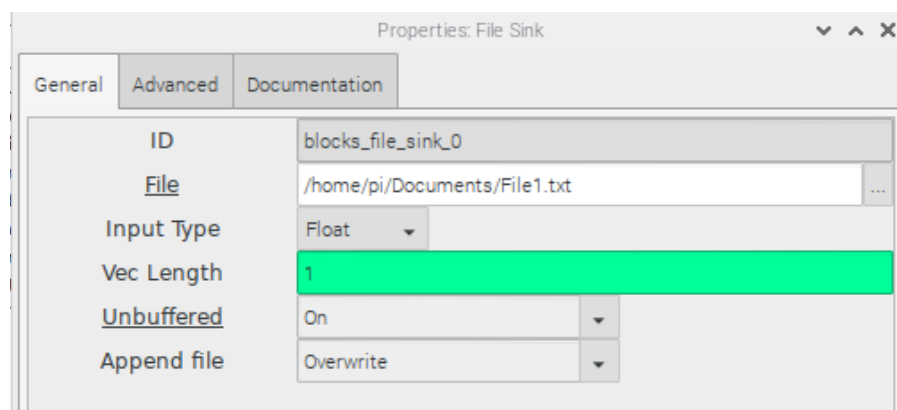


Рисунок 4.32 – Налаштування блоку File Sink.

Графіки передачі сигналу між пристроями наведено на рисунку 4.33.

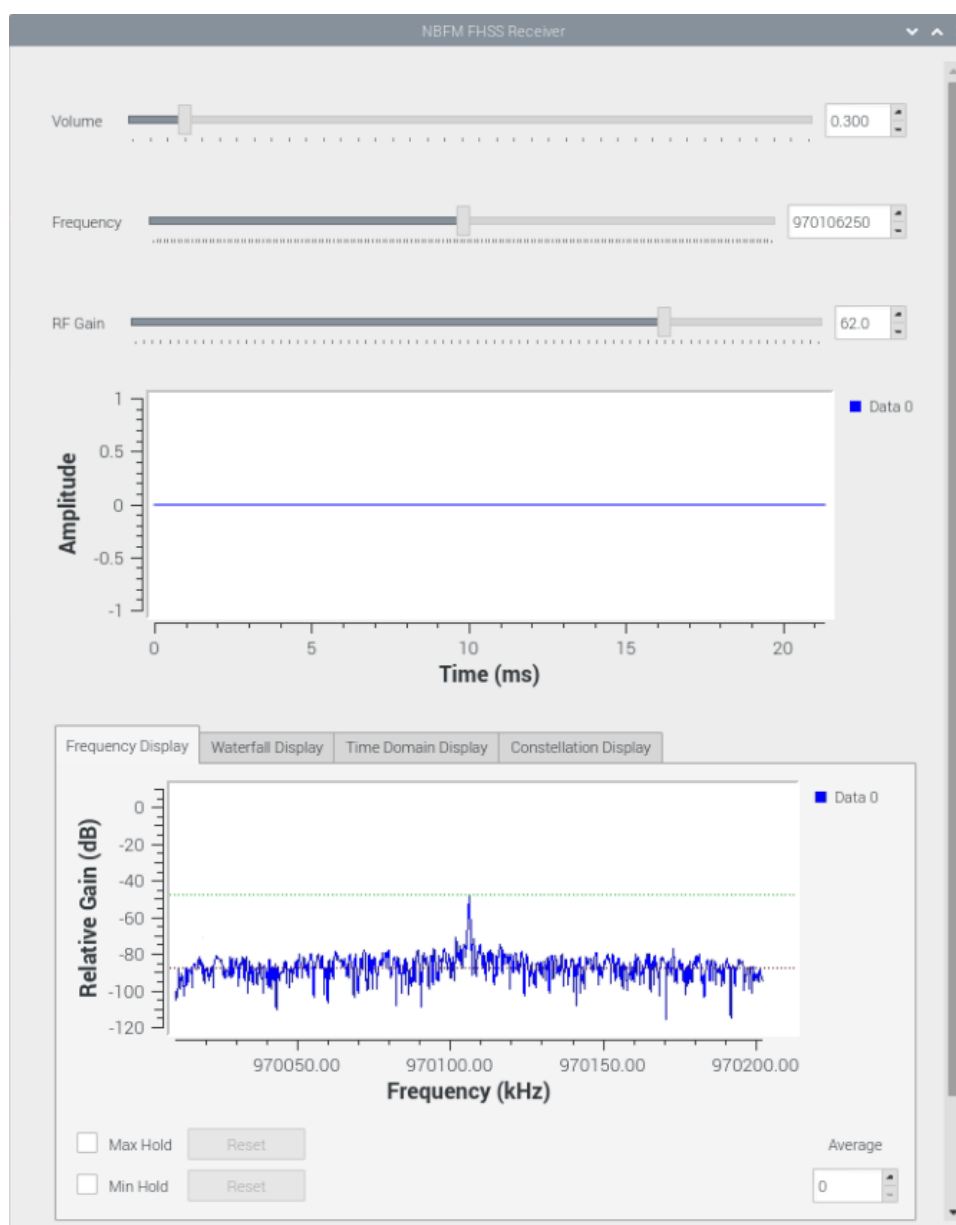


Рисунок 4.33 – Графік передачі сигналу

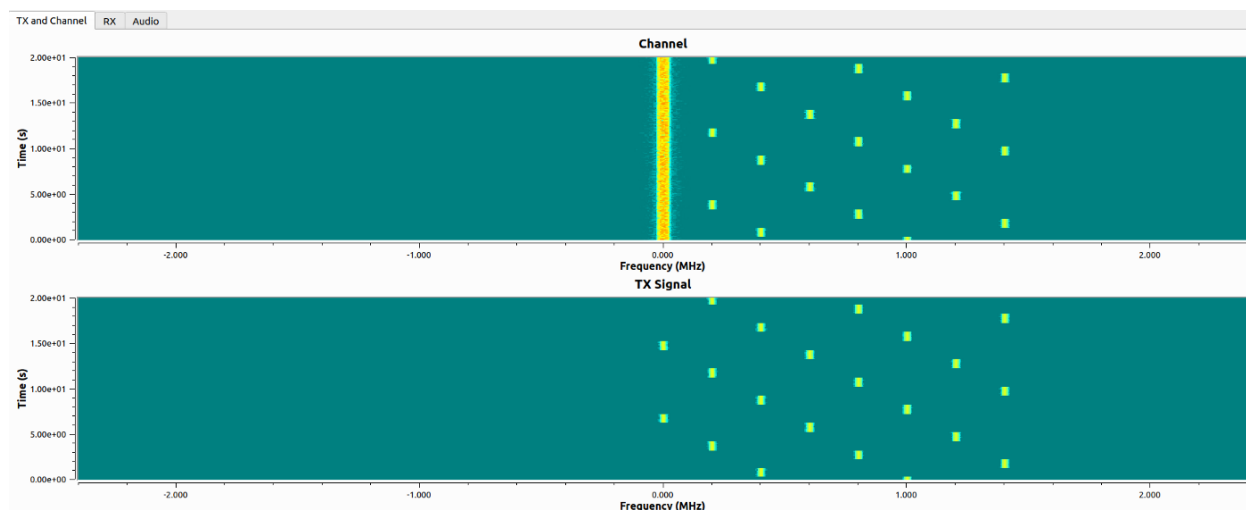
Була досліджена математична модель перехоплення одиничного стрибка сигналу передавача з ППРЧ. Змодельована модель ППРЧ з використанням GNU Radio.

За основу було взято наступні характеристики передавача:

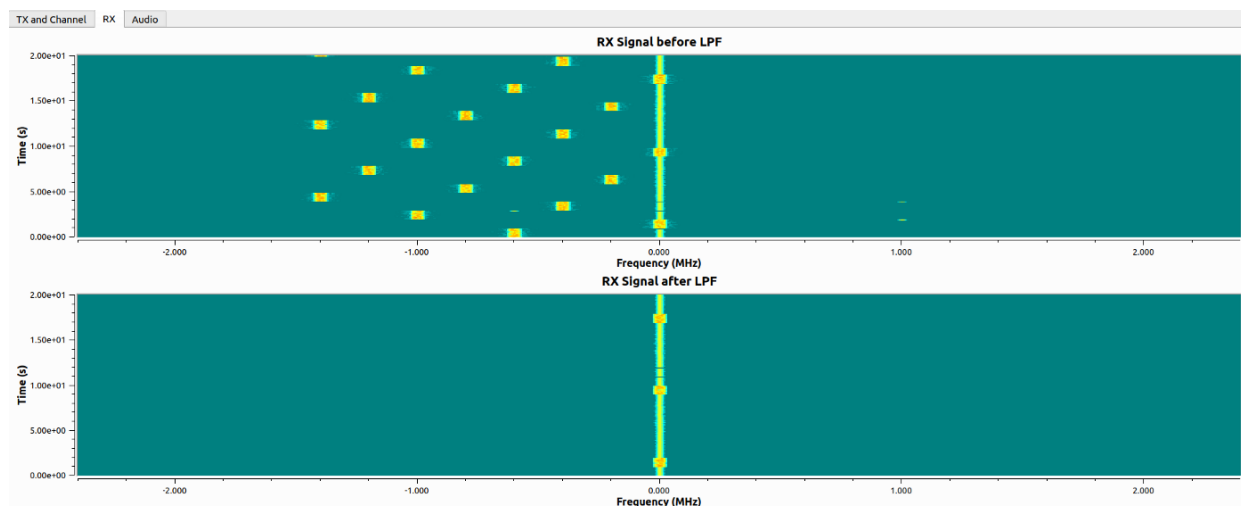
- частотні позиції передавача (із числа кількості частотних позицій передавача з режимом ППРЧ), які обираються випадково та незалежно одна від одної;
- ймовірність вибору частотних позицій рівноймовірна ($1/\text{кількість частотних позицій передавача з режимом ППРЧ}$);

Базовий алгоритм роботи пошукового приймача було обрано наступний: пошуковий приймач періодично здійснює лінійне сканування всього частотного діапазону передавача; центральні частоти позицій, що відскановані приймачем, з часом переходять в лінійну або псевдовипадкову послідовності; у випадку одноразового використання всіх частотних позицій приймача за один період сканування дана послідовність перестає бути стохастичним процесом. У цьому випадку відбувається повне сканування всіх частотних позицій приймача.

Розроблена модель ППРЧ на основі GNU Radio. Це простий графік потоку, який повторює передавач, перешкоди та приймач. В моделі можна змінювати рівень гучності, рівень шуму, активувати або деактивувати FHSS в передавачі та/або приймачі.



З використанням режиму ППРЧ при передачі даних(сигнал TX на рисунку) передавач переключається між різними каналами. Канал все ще створює шум, який заважає лише одному каналу переданого сигналу. На всі інші канали ці перешкоди не впливають.



Приймач має можливість синхронізуватись з передавачем, коли він змінює частоту. Потім він тягне сигнал назад до основної смуги, на яку він налаштований. Шум в такому випадку був ефективно видаляється, коли потрібний сигнал повертається до основної смуги. Змодельований шум фільтрується за допомогою фільтра низьких частот (ФНЧ). Це дозволяє приймачу все ще отримувати потрібний сигнал протягом більшої частини часу, незважаючи на перешкоди.

Досліджено реалізацію за допомогою GNU Radio для блоку обробки сигналу, який дозволяє синхронізувати програмно визначений радіоприймач із сигналами розширеного спектру зі стрибками частоти (FHSS).

Ідея реалізації в тому, що приймачу не потрібні дані шаблону стрибкоподібного перемикавання або часу перебування сигналу FHSS. Ці параметри переробляються запропонованим блоком перед тим, як приймач синхронізується з сигналом стрибкоподібного перемикавання. Реалізація не залежить від схеми модуляції, яка застосовується до окремих каналів.

Потенційно блок обробки сигналів можна застосовувати для аналізу передачі радіозв'язку.

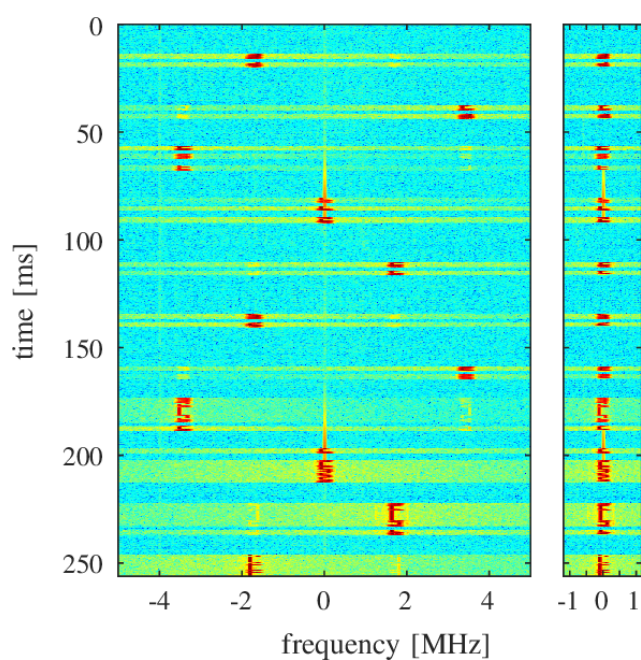
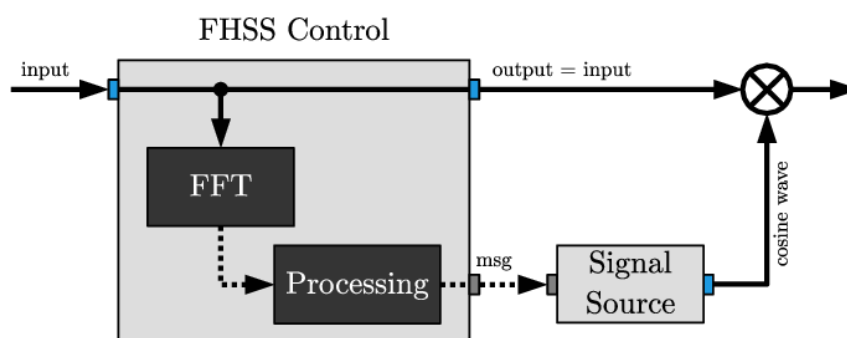
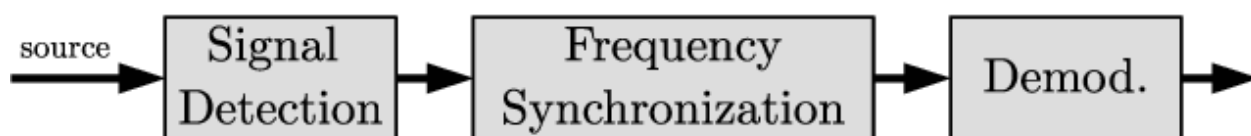


Рисунок 4.34 Порівняння входу і виходу блоку
Визначено основний принцип роботи блоку управління ППРЧ.

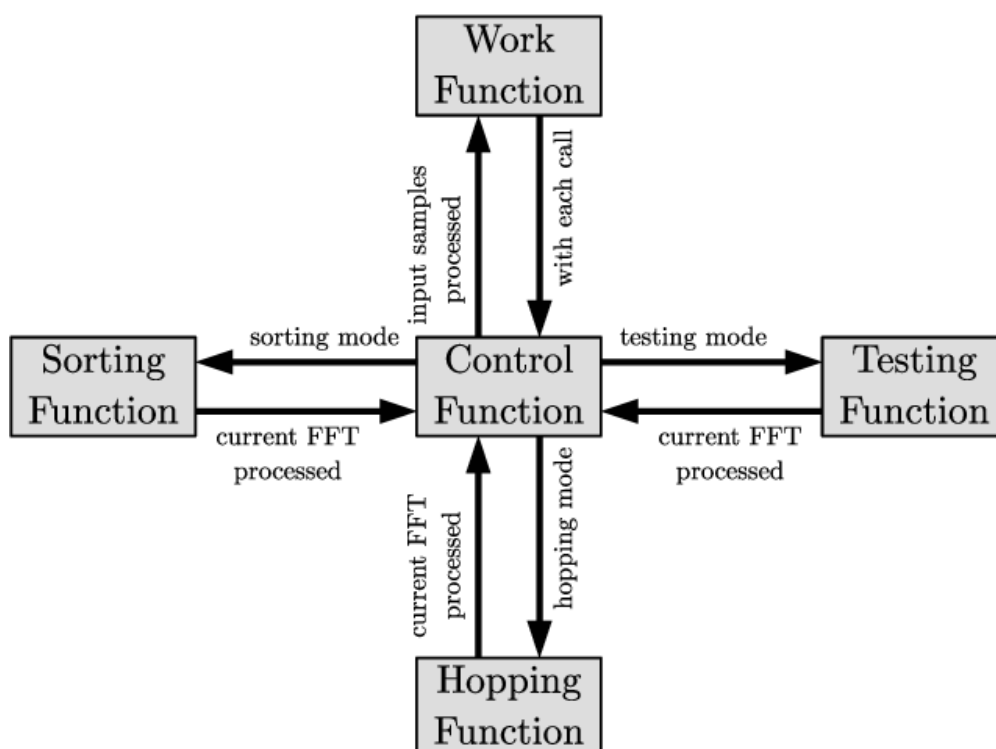


Рисунок 4.35 Основний принцип роботи блоку управління ППРЧ.

Також було проаналізовано можливість застосування передачі сигналу на основі ППРЧ на великі відстані для пристроїв інтернету речей (LR-FHSS). Визначено, що в основі лежить техніка швидкого стрибкоподібного перемикавання частоти, розроблена для забезпечення більшої пропускної здатності мережі (аналогічний до LoRaWAN). При цьому, LR-FHSS точно керує передачею пакетів завдяки своїм принципам проектування, забезпечуючи політику QoS для кожного пакета.

4.3. Проектування системи захищеної передачі сигналу на основі моделі багатозафазного OFDM модулятора FHSS (ППРЧ)

Проаналізовано безпеку контролерів які використовують стрибкоподібну зміну частоти з розширеним спектром FHSS на прикладі безпілотних літальних апаратів БПЛА. Визначено, що для того щоб вплинути на контролер типу FHSS, зловмисник спочатку повинен отримати доступ до його фізичного рівня, що реалізується доволі складно через псевдо випадковість послідовності стрибків і швидку зміну каналів. Однак ці труднощі можна послабити, коли зловмисник

отримує послідовність стрибків і коли швидкість стрибків цільової системи не є значною. Проаналізовано запропоновану у загальну схему для вилучення послідовності стрибків контролерів типу FHSS за допомогою SDR.

Досліджено різні варіанти забезпечення безпеки при передачі даних за допомогою SDR.

Зокрема досліджено передачу даних за допомогою D2D (від пристрою до пристрою), такий підхід дозволяє пристроям спілкуватися безпосередньо без взаємодії точок доступу або базових станцій. Спеціальний і близький характер цього зв'язку створює деякі дуже важливі вразливості безпеки. Керування ключами, контроль доступу, конфіденційність, безпечна маршрутизація та передача потребують спеціальних процедур сигналізації та оптимізованих механізмів реалізації, які підходять для мобільного середовища з низьким енергоспоживанням та низькою потужністю обробки. проаналізовано механізм безпеки для зв'язку D2D, що передбачає використання фізично неклонуваних функцій (PUF) для генерації унікальних ключів, криптографії за еліптичною кривою (ECC) і обміну ключами Діффі-Хеллмана (DHKE) для керування ключами та Salsa 20/20 як метод шифрування, придатний для конфіденційності бездротових передач.

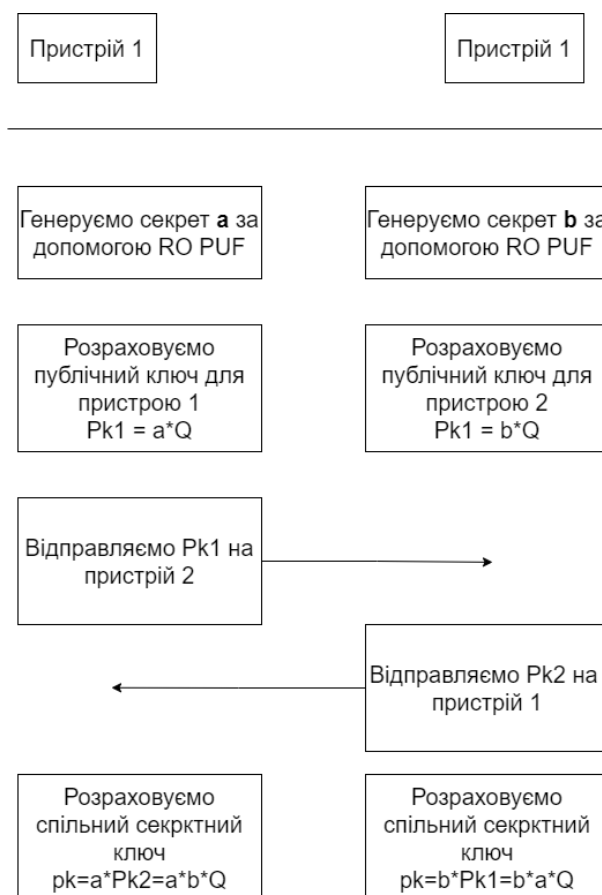


Рисунок 4.36 Протокол узгодження ключів Діффі Хеллмана на основі криптографії еліптичної кривої.

Також було розглянуто метод реалізації захисту фізичного рівня через штучний шум. Було змодельовано схеми передавача та отримувача, представлені на рисунках нижче.

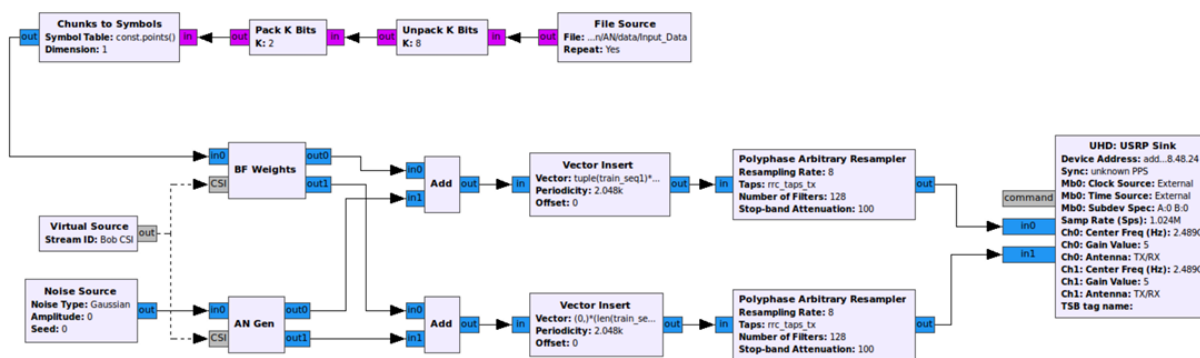


Рисунок 4.37 Схема передавача штучного шуму

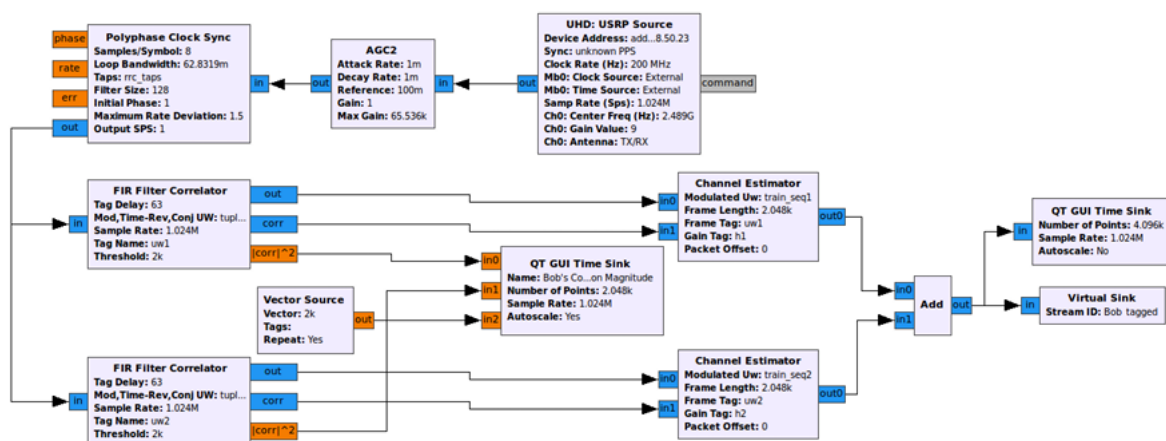


Рисунок 4.38 Схема приймача штучного шуму

Також було розглянуто метод реалізації захисту фізичного рівня через штучний шум. Було змодельовано схему корелятора фільтра кінцевої імпульсної характеристикита, представлені на рисунках нижче.

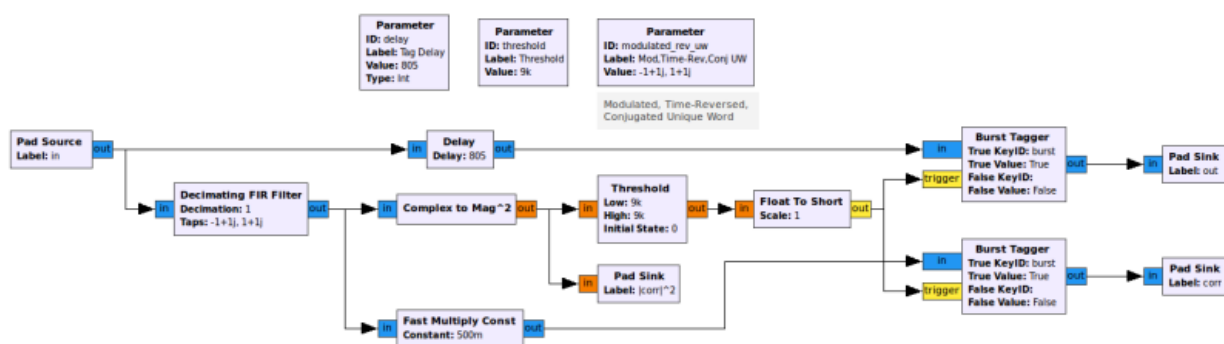


Рисунок 4.39 Корелятор фільтра кінцевої імпульсної характеристикита

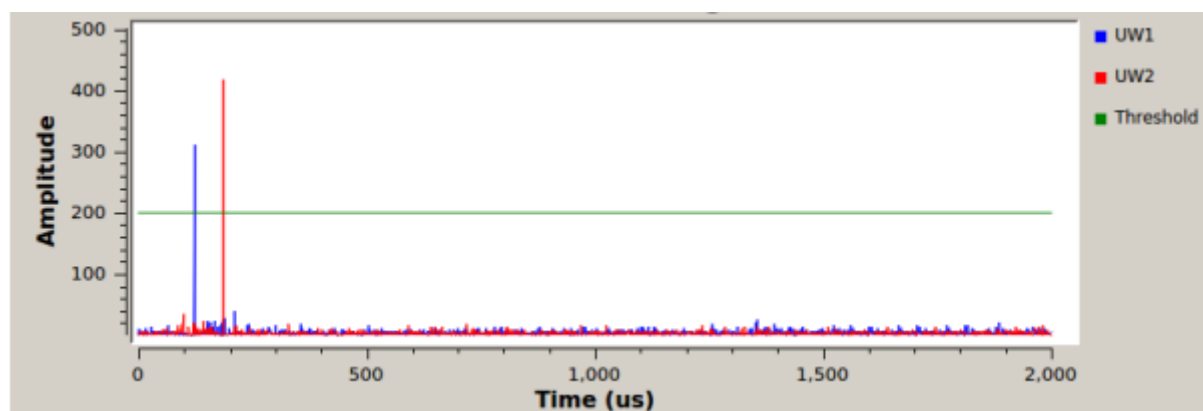


Рисунок 4.40 Приклад виходу корелятора (магнітуда кореляції)

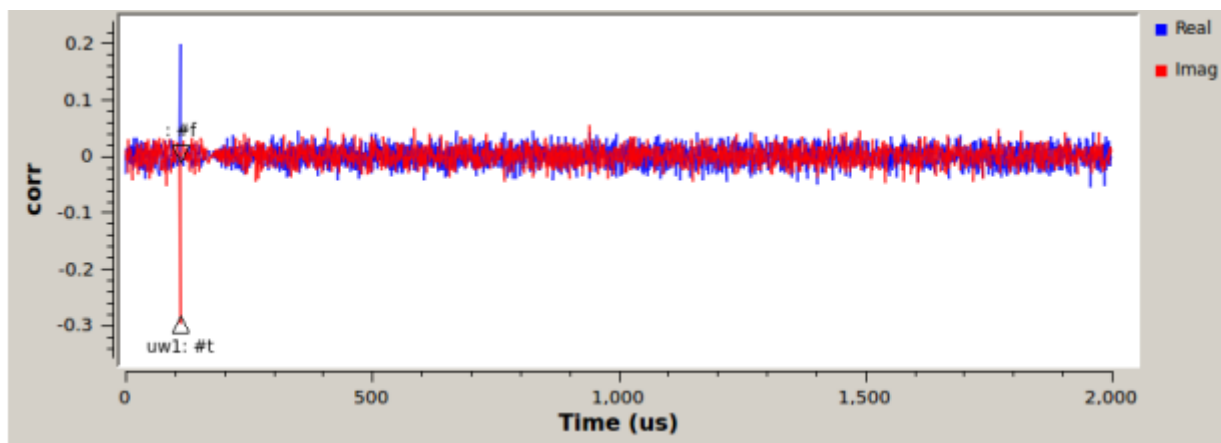


Рисунок 4.41 Приклад комплексного виходу корелятора для UW1

досліджено цифрову систему стрибкоподібного перемикавання частоти (FHSS) на основі OFDM із використанням радіочастотних перетворювачів даних вибірки.

Визначено, що традиційно система широкосмугового стрибкоподібного перемикавання частоти з розширеним спектром (FHSS) передбачає використання аналогових змішувачів і генераторів для стрибкоподібного перемикавання основного сигналу до різних вищих частот. Такі типові архітектури гетеродинних приймачів мають вищу вартість і форм-фактори. Проаналізовано систему FHSS на основі повністю цифрового широкосмугового ортогонального частотного мультиплексування (OFDM) з використанням архітектури приймача прямої вибірки РЧ. В даній системі стрибкоподібне перемикавання частоти виконується в два етапи, з одним на базовій смузі, а інший на несучій частоті, щоб зробити його стійким до будь-яких зловмисних атак у формі підслуховування та глушіння. Повністю цифровий процес генерації та виявлення РЧ-сигналу в системі перевіряється в бездротовому режимі за допомогою перетворювачів даних вибірки РЧ плати Xilinx Ultrascale ZCU111 RFSoc і інтерфейсу Qorvo RF. Проведено аналіз симульованої частоти бітових помилок (BER) системи під час каналу з повільним завмиранням і оцінка каналу на основі пілот-сигналу, яка показує порівнянню продуктивність з аналоговою системою FHSS на радіочастотах.

Проаналізовано методи реалізації передавання стійкого сигналу в системах з ортогонально-частотним мультиплексуванням OFDM. А саме:

Циклічний префікс (CP): це додаткові біти, які додаються до кожного символу OFDM перед передачею. Це дозволяє уникнути міжсимвольного

перекривання. При прийомі сигналу циклічний префікс відрізається для отримання оригінального символу.

Контрольні суми та коди корекції помилок: В системах OFDM часто використовуються коди корекції помилок, такі як BCH або Reed-Solomon, для виявлення та виправлення помилок при передачі даних. Крім того, контрольні суми можуть використовуватися для перевірки цілісності даних.

Множинна передача (MIMO): Множинна передача в системах OFDM використовує багато антен для передачі та прийому даних. Це дозволяє покращити стійкість до мультишляхового розповсюдження та забезпечити можливість спільного використання каналу.

Частково навантажена передача (PAPR): OFDM може страждати від великого значення пікової амплітуди, що призводить до амплітудного спотворення та споживання енергії. Методи PAPR дозволяють зменшити це явище.

Заповнення нулями та адаптивне модулювання: OFDM дозволяє адаптивно змінювати режим модуляції та додавати нульові підкаси для досягнення вищої стійкості.

Частотне розташування символів (Frequency Diversity): В системах OFDM символи можуть бути розміщені на різних частотах для зменшення впливу спотворень на окремих підкасах.

Адаптивне керування потужністю та антенами: Можливість адаптивно керувати потужністю та антенами допомагає забезпечити стійку передачу в залежності від умов каналу.

Було визначено, що вибір найкращого методу для стійкої передачі сигналу в системах OFDM буде залежати від конкретних умов та вимог конкретної задачі. Кожен з наведених методів має свої переваги та обмеження, і їх використання може бути обґрунтовано в різних сценаріях, а саме:

Циклічний префікс (CP): Цей метод є основним для OFDM і допомагає уникнути міжсимвольного перекривання. Він є важливим для забезпечення базової стійкості передачі в OFDM.

Контрольні суми та коди корекції помилок: Вони особливо корисні для виявлення та виправлення помилок при передачі даних. Використовуються тоді, коли стійкість до помилок є критичною.

Множинна передача (MIMO): Застосування MIMO дозволяє підвищити якість сигналу та стійкість до каналу, особливо у складних бездротових середовищах.

Частково навантажена передача (PAPR): PAPR зменшує великі пікові амплітуди, що можуть бути корисні для зменшення амплітудних спотворень.

Заповнення нулями та адаптивне модулювання: Дозволяє підвищити стійкість до збоїв та досягти кращої адаптації до змінних умов каналу.

Частотне розташування символів (Frequency Diversity): Використовується для покращення стійкості до спотворень на окремих підкасах.

Адаптивне керування потужністю та антенами: Дозволяє підтримувати стійкість при змінних умовах каналу та зменшити споживання енергії.

Важливо враховувати, що захищений зв'язок для військових систем - це комплексне завдання, яке вимагає інтеграції кількох методів і технік. Крім того, важливо враховувати обмеження ресурсів та потреби забезпечення надійного зв'язку навіть в умовах інтенсивної електронної боротьби. Таким чином найоптимальнішим варіантом буде використання комбінації методів для реалізації конкретної задачі.

2. Також було досліджено методи синхронізації приймання та передавання сигналу в системах зі стрибкоподібною перебудовою частоти (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), які грають важливу роль у забезпеченні коректної передачі даних. Зокрема:

Синхронізація часу (Time Synchronization): Цей метод дозволяє забезпечити синхронізацію часу між передавачем і приймачем. Це важливо для правильної координації часу стрибкоподібних перебудов та правильного вибору частот для передачі та прийому.

Синхронізація частоти (Frequency Synchronization): Передача і прийом сигналу на різних частотах вимагає точної синхронізації частоти між сторонами.

Це може бути досягнуто за допомогою точних засобів настройки частоти та алгоритмів слідування за частотою.

Синхронізація стрибків (Hop Synchronization): Для правильної стрибкоподібної перебудови частоти необхідно, щоб передавач і приймач були синхронізовані стосовно послідовності стрибків. Це дозволяє приймачеві знати, на якій частоті буде наступний символ.

Синхронізація символів (Symbol Synchronization): Для правильного демодулювання сигналу необхідно точно знати момент початку та закінчення кожного символу, особливо в умовах стрибкоподібної перебудови частоти.

Синхронізація фази (Phase Synchronization): Важливо враховувати фазові зсуви між символами при прийманні сигналу на різних частотах.

Захист від спотворень (Distortion Mitigation): Синхронізація також включає в себе заходи для виявлення та компенсації спотворень, які можуть виникати через множинний шлях передачі, ефекти каналу та інші фактори.

Адаптивна синхронізація (Adaptive Synchronization): В деяких системах FHSS використовується адаптивна синхронізація, яка змінює параметри синхронізації на льоту в залежності від умов каналу та потреб системи.

Синхронізація в системах FHSS - це складна задача, оскільки сигнал постійно перебуває в стані зміни. Вона вимагає використання різних алгоритмів та методів для забезпечення точності та стабільності синхронізації. Вирішення цієї задачі є ключовим для успішної роботи систем FHSS і їх стійкості до різних видів спотворень та атак.

3. Проаналізовано загрози та методи захисту при передачі інформації на базі модуляції/демодуляції в системах зі стрибкоподібною перебудовою частоти. Системи зі стрибкоподібною перебудовою частоти (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) використовують модуляцію та демодуляцію для передачі та отримання інформації на різних частотах в ході стрибкоподібних перебудов. Проте ці системи також стикаються з різними загрозами, і захист інформації є критичним аспектом їх проектування та експлуатації. Ось деякі загрози та методи захисту в системах FHSS:

Виділені наступні загрози:

Перехоплення інформації (Eavesdropping): Атаки на прослуховування передачі даних можуть призвести до розкриття конфіденційної інформації. Захищена модуляція та шифрування допомагають уникнути цієї загрози.

Атаки на частоти (Frequency Jamming): Напади на систему FHSS можуть включати в себе намагання засмучувати або заважати на різних частотах. Захищені системи FHSS повинні мати можливість виявлення та уникнення таких атак.

Атаки на синхронізацію (Synchronization Attacks): Напади на синхронізацію можуть спричинити неправильну перебудову частоти і, як наслідок, помилки при демодуляції. Системи повинні бути захищені від таких атак.

Визначено наступні методи захисту:

Шифрування (Encryption): Використання сильних криптографічних алгоритмів для захисту конфіденційної інформації в ході передачі. Захищені системи FHSS використовують шифрування для унеможливлення прослуховування даних.

Аутентифікація (Authentication): Використання методів аутентифікації для перевірки легітимності користувачів і пристроїв, які взаємодіють з системою. Це допомагає запобігти несанкціонованому доступу.

Захист від атак на частоти (Frequency Hopping Protection): Розробка методів для виявлення та уникнення атак на частоти, таких як атаки на завади та блокування.

Синхронізація з захистом (Secure Synchronization): Використання безпечних методів синхронізації для унеможливлення атак на процес стрибкоподібної перебудови частоти.

Виявлення та усунення помилок (Error Detection and Correction): Використання кодів корекції помилок та методів виявлення помилок для забезпечення надійності передачі інформації.

Адаптивна захист (Adaptive Security): Встановлення методів, які можуть змінювати рівень захисту в залежності від поточних умов і загроз. Наприклад, автоматичне змінювання ключів шифрування.

Ефективний захист включає в себе комбінацію технічних, криптографічних та фізичних заходів, які міцно захищають інформацію від незаконного доступу та зберігають надійність системи FHSS.

4. Створено шаблон скрипта для FHSS-комунікації на основі OFDM в Gnu Radio. Цей приклад демонструє передачу сигналу на різних частотах, використовуючи OFDM та FHSS.

```
#!/usr/bin/env python3

import numpy as np
from gnuradio import gr
from gnuradio import blocks
from gnuradio import digital
from gnuradio import analog

class FHSS_OFDM_Transceiver(gr.top_block):

    def __init__(self):
        gr.top_block.__init__(self, "FHSS OFDM Transceiver")

        # Параметри OFDM
        fft_length = 64
        cp_length = 16
        sps = 2
        samp_rate = 1e6

        # Генератор випадкових даних
        random_source = blocks.vector_source_b(np.random.randint(0, 2, 8*1024),
True)

        # OFDM модулятор та демодулятор
        ofdm_mod = digital.ofdm_mod(
```

```

options=gr.sizeof_gr_complex,
fft_length=fft_length,
cp_length=cp_length,
packet_length=0,
occupied_carriers=range(fft_length),
pilot_carriers=range(0, fft_length, fft_length//8),
differential=False
)

```

```

ofdm_demod = digital.ofdm_demod(
    options=gr.sizeof_gr_complex,
    fft_length=fft_length,
    cp_length=cp_length,
    packet_length=0,
    occupied_carriers=range(fft_length),
    pilot_carriers=range(0, fft_length, fft_length//8),
    differential=False
)

```

FHSS стрибкоподібна послідовність частот

```
hop_sequence = [1e6, 1.5e6, 2e6, 2.5e6]
```

Приклад послідовності частот

```
freq_hop_block = analog.sig_source_c(samp_rate, analog.GR_SIN_WAVE,
0, 1, 0)
```

```
freq_hop = blocks.nco_switch_blk(hop_sequence)
```

З'єднання компонентів

```
self.connect(random_source, ofdm_mod, freq_hop_block, freq_hop,
ofdm_demod)
```

```

# Вивід результатів
self.connect(ofdm_mod, blocks.file_sink(gr.sizeof_gr_complex,
"tx_signal.dat"))
self.connect(ofdm_demod, blocks.file_sink(gr.sizeof_gr_complex,
"rx_signal.dat"))

if __name__ == '__main__':
    try:
        transceiver = FHSS_OFDM_Transceiver()
        transceiver.run()
    except KeyboardInterrupt:
        pass

```

Цей скрипт створює FHSS-комунікацію на основі OFDM, де випадкові дані генеруються на передавачі, модулюються за допомогою OFDM, а потім передаються через стрибкоподібну послідовність частот. Вам потрібно буде налаштувати параметри OFDM, які відповідають вашим потребам, і задати власну послідовність частот в `hop_sequence`.

Розроблено скрипт для GNU Radio який описує модель багатofазного модулятор FHSS.

```

import numpy as np
import osmosdr
import time
from gnuradio import gr, blocks
from gnuradio import digital
from gnuradio import analog

def build_fhss_modulator(num_phases, hop_interval, samp_rate, center_freq):
    tb = gr.top_block()

```



```

# Генератор випадкових стрибків частоти
hop_source = blocks.vector_source_f(np.random.rand(1000) * 2 * np.pi, True)

# Багатофазна модуляція
phases = np.linspace(0, 2 * np.pi, num_phases, endpoint=False)
phase_mod = digital.psk.psk_mod(
    constellation_points=num_phases,
    mod_code="none",
    differential=False,
    samples_per_symbol=2,
    excess_bw=0.35,
    verbose=False,
    log=False,
)
phase_mod.set_samples_per_symbol(2)

# Переміщення до центральної частоти
freq_xlating = blocks.freq_xlating_fir_filter_ccf(1, (1, ), center_freq,
samp_rate)

# Передавач
usrp_sink = osmosdr.sink(
    args="driver=lime,soapy=0",
    samp_rate=samp_rate,
    channel=0,
    antenna="BAND2",
    clock_source="external",
)

tb.connect(hop_source, (phase_mod, 0))

```

```

tb.connect(phase_mod, freq_xlating, usrp_sink)

tb.start()

try:
    while True:
        time.sleep(hop_interval)
        hop_source.set_data(np.random.rand(1000) * 2 * np.pi)

except KeyboardInterrupt:
    tb.stop()
    tb.wait()

if __name__ == "__main__":
    num_phases = 4 # Кількість фаз
    hop_interval = 1.0 # Інтервал стрибка в секундах
    samp_rate = 2e6 # Частота дискретизації
    center_freq = 2.4e9 # Центральна частота (2.4 GHz для WiFi, наприклад)

    build_fhss_modulator(num_phases, hop_interval, samp_rate, center_freq)

```

Наведений скрипт генерує випадкові стрибки частоти та передає багатофазний сигнал через LimeSDR Micro. Передбачається, що конкретні параметри (кількість фаз, інтервал стрибка, частота дискретизації, тощо) можуть бути адаптовані відповідно до різних SDR-платформ.

Висновки по розділу 4

1. У ході дослідження була розглянута можливість використання SDR для передачі сигналів з використанням різних типів модуляції. Проаналізовано та розглянуто основні переваги та недоліки різних модуляцій, таких як NBFM та OFDM. Зокрема, була досліджена багатофазна модуляція для реалізації системи

FHSS. Розглянуті аспекти також включають вибір частотної полоси та можливість адаптації до різних умов передачі. Залучення технології SDR в системи передачі сигналу відкриває широкі можливості для розробки більш гнучких та ефективних засобів зв'язку. Інтеграція SDR дозволяє легко налаштовувати параметри системи та адаптувати її до різних умов зв'язку. Особливо важливою є можливість використання SDR для ефективної реалізації різних модуляцій та технік, забезпечуючи гнучкість та універсальність в різних сценаріях застосування.

2. Експерименти з псевдовипадковим перевлаштуванням робочої частоти (ППРЧ) підтверджують його великий потенціал для забезпечення невизначеності та ускладнення перехоплення сигналу. Використання цього методу може значно підвищити безпеку передачі даних, особливо в умовах, де може бути присутній високий ризик перехоплення. SDR є ефективною платформою для впровадження ППРЧ, забезпечуючи гнучкість та точність в управлінні робочою частотою. Забезпечення безпеки передачі сигналу завжди залишається критичним аспектом в розробці комунікаційних систем. Використання псевдовипадкового перевлаштування робочої частоти (ППРЧ) та багатофазних модуляторів FHSS у поєднанні з SDR дозволяє підняти планку стійкості до перехоплення та покращити конфіденційність передачі даних. Ці підходи дозволяють зменшити ймовірність виявлення та аналізу сигналу, що стає ключовим в аспекті забезпечення безпеки інформації.

3. Розроблена система безпечної передачі сигналу, заснована на моделі багатофазного OFDM модулятора FHSS, демонструє високий рівень стійкості до перешкод та перехоплення. Обрана комбінація багатофазної модуляції та частотного стрибка дозволяє не тільки ефективно передавати інформацію, але і забезпечує високий рівень безпеки. Використання OFDM забезпечує ефективне використання частотної полоси та зменшує вплив багатопроменевості. Результати експериментів підтверджують ефективність запропонованої системи та її можливості в умовах, де важлива висока стійкість та конфіденційність передачі даних. При цьому варто зазначити, що обладнання на якому проводились досліди

не дозволило реалізувати сталу систему передачі даних і потребує певного архітектурного доопрацювання.

4. Одним з можливих напрямлень для подальших досліджень є оптимізація параметрів системи та розробка алгоритмів автоматичної настройки для максимізації продуктивності та стійкості. Дослідження можливостей використання штучного інтелекту для адаптації системи до змінних умов може виявитися допоміжним фактором в забезпеченні оптимального функціонування. Крім того, розвиток енергоефективних стратегій та реалізація методів покращеної обробки сигналів може сприяти подальшій еволюції систем передачі сигналу. Загалом, використання SDR в комунікаційних системах відкриває широкі перспективи для подальших досліджень та інновацій, спрямованих на покращення якості зв'язку, його стійкості до перешкод та забезпечення безпеки передачі даних. Розвиток та вдосконалення технологій SDR стає ключовим елементом в області сучасних телекомунікацій, що вимагає постійного вдосконалення та розширення наукових досліджень.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі досягнуто підвищення ефективності функціонування інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення за рахунок надання їм властивості інформаційної платформи, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування (C4ISR).

У процесі вирішення даної проблеми були отримані такі нові наукові результати:

1. Розроблено математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення, яка складається із: структури управлінських процесів; структури сервісів; інформаційної структури; інтеграційної структури та базується на п'яти основних принципах: загальна інформаційна модель; загальна телекомунікаційна інфраструктура; чітко встановлені інтерфейси; незалежність управлінських процесів від сервісів; розподілена система з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

2. Розроблено модель інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення рівня C4ISR, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування.

3. Розроблено концепцію інформаційної платформи, яка забезпечує побудову сучасної інфраструктури на основі конвергенції інформаційно-комунікаційних систем для розв'язання задач підвищення ефективності функціонування систем спеціального призначення, що надає можливість забезпечити якісний і повсюдний доступ клієнтів до IT-сервісів та служб.

4. Розроблено модель систему польового зв'язку тактичної ланки, яка побудована за принципом гетерогенних клієнтів у вигляді командно-штабних машин, які дозволяють забезпечити передачу інформації навіть в умовах апріорної невизначеності, а мережа в цьому випадку є самокерованою та адаптованою.

5. Розроблено метод синтезу комунікаційної інфраструктури, яка отримує конвергентні властивості для надання персоналізованих послуг кінцевому користувачу, який базується на запропонованих моделях і методах та дозволяє клієнту реалізувати принцип самоконфігурації послуг та отримувати увесь спектр сучасних конвергентних інформаційно-комунікаційних послуг з узгодженою якістю (QoS).

6. Розроблено модель побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки призначену для автоматизації процесів планування та управління підрозділами, а також для збирання розвідувальної інформації, її накопичення, обробки, аналізу, підтримки прийняття рішення відповідними командирами тактичної ланки щодо засобів ураження з метою підвищення ефективності виконання бойових завдань

7. Розроблено модель стеку технологій, яка враховує використання самокерованих адаптованих мереж, програмного забезпечення здатного до самоналаштування та інтеграцію усіх компонентів з використанням інформаційної платформи.

8. Удосконалено метод оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу, який відрізняється від інших введенням оригінальної цільової функції, яка змінюється в залежності від сценарію управлінських процесів та дозволяє поєднувати інформаційно-комунікаційні системи в єдиний обчислювальний процес для знаходження оптимального рішення для розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

9. Розроблена технологія для безпроводових систем передачі даних, яка забезпечує сталу достовірність передачі інформації в радіоканалі в умовах апіорної невизначеності, яка використовує метод псевдовипадкового перевлаштування робочої частоти на моделі багатofазного OFDM модулятора FHSS у поєднанні з SDR. Обрана комбінація багатofазної модуляції та частотного стрибка дозволяє не тільки ефективно передавати інформацію, але і забезпечує

високий рівень стійкості до перешкод та перехоплення, що дало змогу використовувати технологію в системах спеціального призначення.

Перелік використаних джерел

1. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020#Text>
2. <https://www.president.gov.ua/documents/1212021-37661>
3. <https://www.president.gov.ua/documents/4732021-40121>
4. <https://milrack.com/c4isr-system-your-ultimate-guide/>
5. Стратегічна концепція НАТО – 2022 : ухвал. главами держав і урядів на Мадридському саміті НАТО 29.06.2022 р.
URL: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/290622-strategic-concept-ukr.pdf (дата звернення: 10.07.2023).
6. <https://gdmissionsystems.com/communications/warfighter-information-network-tactical>
7. <https://www.gd.com>
8. Довгий, С.О., Козлов, О.С., Копійка, О.В., Яременко А.А. Використання гетерогенних телекомунікаційних мереж спеціального призначення, Колективна монографія за матеріалами XXIII Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 12-13 листопада 2024 р.), За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2024, С. 67-69, DOI: 10.37321, ISBN 978-617-8335-33-5
9. Dovgiy, S., Kopyika, O., Kozlov, O., Lytvynenko, A. Architecture of IT infrastructure software applications. IT infrastructure facilities. Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення. Колективна монографія за матеріалами XXII Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2023. С. 81-82, ISBN 978-617-7854-58-5
10. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Передача інформації в автоматизованих системах спеціального призначення, Екологічна безпека, 2023, № 1 (45), С. 76-90
11. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Розробка засобів захищеного зв'язку для автоматизованих систем управління військовими підрозділами тактичного рівня, Колективна монографія за матеріалами XXI Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2022, С. 138-140
12. https://defence-ua.com/weapon_and_tech/detalnij_ogljad_avtomatizovanoji_sistemi_zvjazku_suhoputnih_sil_ssha-1765.html
13. https://studylib.net/doc/25188734/4203eed03#google_vignette
14. https://www.intertekinform.com/en-us/standards/stanag-4205-ed-4-2018-736026_saig_nato_nato_3230734/?srsltid=AfmBOops1CkesLMo93OSSnz-gkicL8pv22QHmNMBJsQuYB6iiu2ha_qx
15. https://www.intertekinform.com/en-gb/standards/stanag-4628-2011-737065_saig_nato_nato_1790441/?srsltid=AfmBOorW-tiEF-Bdyx7GMt9gdQ_eIwF4icbaFV3ZfiF-9UWB8kzuULls

16. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложение. – К: Наук. думка, 2005. – 744 с.
17. Кунцевич В.М., Лычак М.М. Синтез оптимальных и адаптивных систем управления: Игровой подход. – К.: Наук. думка, 1985. – 248 с.
18. Лемешко А.В. Реструктуризация телекоммуникационной системы в условиях неопределенности ее стационарного состояния / А.В. Лемешко, О.Ю. Евсеева, О.В. Копейка, А.Г. Беленков // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2007. – Вып. 148. – С. 15 – 27.
19. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем з'вязку: Підруч. Для вищ. навч. закл. / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Є.В. Кільчицький. – К.: Техніка, 2004. – 576с.
20. Основы логико-информационного моделирования сложных геосистем //Беляев В. И. , Худошина М. Ю. , Отв. ред. А.Г. Ивахненко; АН 154 УССР. Мор. гидрофиз. ин-т. - К.: Наук. думка, 1933. – 160 с.^{[1][SEP]}
21. Павлов А.А. Алгоритмическое обеспечение сложных систем управления. – К.: Выща шк., 1986. – 166 с.
22. Павлов А.А., Теленик С.Ф. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении. – К.:Техніка, 2002.–344с.
23. Парасюк И.Н., Сергиенко И.В. Пакеты программ анализа данных. Технология разработки. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 159 с.
24. Сергієнко І.В., Стецюк П.І., Кошлай Л.Б. Модели и информационные технологии для поддержки принятия решений при проведении структурно-технологических преобразований //Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №2. – С. 26-49.
25. Сергиенко И.В., Гуляницкий Л.Ф., Сиренко С.И.Классификация прикладных методов комбинаторной оптимизации// Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №5. – С. 71–83
26. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. – К.: Наук. думка, 1988. – 471 с.
27. <https://www.4g.co.uk/4g-lte-advanced/>
28. <https://web.archive.org/web/20150829030723/http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>
29. Markus Dillinger; Kambiz Madani; Nancy Alonistioti (2003). Software Defined Radio: Architectures, Systems and Functions. Wiley & Sons. p. xxxiii. ISBN 0-470-85164-3.
30. Weinstein, S. B. (November 2009). "The history of orthogonal frequency-division multiplexing". IEEE Communications Magazine. 47 (11). IEEE Communications Magazine (Volume: 47, Issue: 11, November 2009): 26–35. doi:10.1109/MCOM.2009.5307460
31. Миночкин А.И., Рудаков В.И., Слюсар В.И. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Том. 2. Синтез средств информационного обеспечения вооружения и военной техники.//Под ред. А.П. Ковтуненко // - Киев: «Гранмна».. — 2012. — С. 7 – 98
32. Tony Rothman (2019). "Random Paths to Frequency Hopping". American Scientist. 107(1): 46. doi:10.1511/2019.107.1.46.

33. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal, 1948. – 55 с.
34. Hanzo L. MIMO-OFDM for LTE, WiFi and WiMax. Coherent versus Non-coherent and Cooperative Turbo-transceivers / Hanzo L., Akhtman Y., Wang. L. – New York: John Wiley & Sons, 2011. – 658 p.
35. Dahlman E. 4GLTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband / Dahlman E., Parkvall S., Skold J. – Oxford: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2011. – 431 p.
36. Sesia S. LTE – The UMTS Long Term Evolution. From Theory to Practice / Sesia S., Toufik I., Baker M. – West Sussex : John Wiley & Sons, 2009. – 626 p.
37. Morelos-Zaragoza R. The Art of Error Correcting Coding / Morelos-Zaragoza R. – New York: John Wiley & Sons, 2002. – 221 p.
38. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Скляр. Б. – [2-е изд]. – М. : Вильямс, 2003. – 1104 с.
39. Hanzo L. L. Adaptive Wireless Transceivers: Turbo-Coded, Turbo Equalized and Space-Time Coded TDMA, CDMA and OFDM Systems / Hanzo L. L., Wong C.H., Yee M.S. – New York: John Wiley & Sons, 2002. – 738 p.
40. Vishwanath S. Adaptive turbo-coded modulation for flat-fading channels / S. Vishwanath, A. Goldsmith // IEEE Transactions on Communications. – 2003. – Vol. 51. – P. 964–972.
41. Letzepis N. Bit error rate estimation for turbo decoding / Nick Letzepis, Alex Grant // IEEE Transactions on Communications. – 2009. – Vol. 57, Issue 3. – P. 585–590.
42. Банкет В. Л. Теория групповых сигнально-кодовых конструкций и ее применение в системах передачи информации : дис. ... доктора техн. наук / Банкет Виктор Леонидович. – Одесса, 1989. – 433 с.
43. Valenti M. The UMTS Turbo Code and an Efficient Decoder Implementation Suitable for Software-Defined Radios / M. Valenti, J. Sun // International Journal of Wireless Information Networks. – 2001. – Vol. 8. – P. 203–216.
44. Палагин А.В. Метод синтеза структур для преобразований циклического кода на базе FPGA / А.В. Палагин, В.Н. Опанасенко, С.Л. Кривый // Электронное моделирование. – 2014. – Т.36, № 2. – С. 27–48.
45. Holma H. HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications / H. Holma, A. Toskala. – New York: John Wiley & Sons, 2006. – 268 p.
46. Peng F. Adaptive Modulation and Coding for IEEE 802.11n / F. Peng, J. Zhang, W. Ryan // Wireless Communications and Networking Conference, (Hong Kong, 11-15 March 2007). – New Jersey, 2007. – P. 656–661.
47. Ergen M. Mobile Broadband. Including WiMax and LTE / Ergen M. – New York: Springer, 2009. – 513 p.
48. MIMO-OFDM Wireless Communications with Matlab / [Cho Y., Kim J., Yang W. et al.]. – Singapore : John Wiley & Sons, 2010. – 457 p.
49. Alamouti S. Space-time block coding / S. Alamouti // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2008. – Vol. 16. – P. 1451–1458.
50. Adaptive Modulation and MIMO Coding for Broadband Wireless Data Networks / S. Catreux, V. Erceg, D. Gesbert [et al.] // IEEE Communications Magazine. – 2002. – June. – P. 108–115.

51. Турбокоды и их применение в телекоммуникационных системах / В. Л. Банкет, С. Д. Прокопов, А. Г. Постовой, Ф. В. Топорков // Зв'язок. – 2004. – № 3. – С. 45 – 47.
52. Алгоритм кодирования декодирования турбокодов / В. Л. Банкет, С. Д. Прокопов, А. Г. Постовой, Ф. В. Топорков // Зв'язок. – 2004. – № 4. – С. 45–46.
53. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Шеннон К.; [пер. с англ. под ред. Н. А. Железнова]. – М. : ИЛ, 1963. – 829 с.
54. Lopa J. Vora. Evolution of mobile generation technology: 1G to 5G and review of upcoming wireless technology 5G / Lopa J. Vora // International Journal of Modern Trends in Engineering and Research – 2015. – Vol. 2 (10). – P. 281 – 285.
55. Pankaj S. Evolution of Mobile Wireless Communication Networks-1G to 5G as well as Future Prospective of Next Generation Communication Network / Pankaj S. // International Journal of Computer Science and Mobile Computing – 2013. – Vol. 2 (8). – P. 48 – 50.
56. Amey S. Laddad. Evolution of Mobile Technology / Amey S. Laddad, Gayatri M. Phade, Sagar P. Thombare, Manjul V. Nikumbh, Sagar A. Zalte // International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering – 2015. – Vol. 4 (3). – P. 642 – 646.
57. Meraj M. Evolution of Mobile Wireless Technology from 0G to 5G / M. Meraj, S. Kumar // International Journal of Computer Science and Information Technologies – 2015. – Vol. 6 (3). – P. 2545 – 2548.
58. Mousa A. Prospective of Fifth Generation Mobile communications / A. Mousa // International Journal of Next – Generation Networks (IJNGN) – 2012. – Vol. 4 (3). – P. 1 – 30.
59. Shukla S. Mobile Technology in 4G / Shukla, S., Shukla, S., Pandey, M .C. // Mobile Technology in 4G. International Conference on Recent Trends in Engineering & Technology – 2012. – P. 107 – 110.
60. About mobile technology and IMT - 2000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.itu.int/osg/spu/imt-2000/technology.html>.
61. 3GPP TS 36.201. “LTE. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); LTE physical layer; General description”. – 2011. – April. – 15 p.
62. Sesia S. LTE – The UMTS Long Term Evoluton. From Theory to Practice / Sesia S., Toufik I., Baker M. – West Sussex : John Wiley & Sons, 2009. – 626 p.
63. Ergen M. Mobile Broadband. Including WiMax and LTE / Ergen M. – New York: Springer, 2009. – 513 p.
64. Сайко В. Г. Сети мобильного WiMax и LTE: состояние и перспективы / В. Г. Сайко // Зв'язок. – 2010. – № 3. – С. 16 – 21.
65. Гордиенко С. Б. Технология LTE – возможность создания широкополосных высокоскоростных сетей мобильной связи / С. Б. Гордиенко, С. С. Гордиенко, В. В. Олейник // Зв'язок. – 2010. – № 3. – С. 22 – 24.
66. Гурський Т. Г. Математична модель радіолінії з використанням технології OFDM в умовах впливу навмисних завад / Т. Г. Гурський // 36. наук. праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2008. – Вип. 2. – С. 9 – 16.

67. Гурський Т. Г. Компенсація впливу навмисних завад та частотно-селективних завмирань в OFDM-системі радіозв'язку / Т. Г. Гурський, Л. С. Різник, О. В. Гуменюк // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2008. – Вип. 3. – С. 38 – 46.
68. Кувшинов О. В. Забезпечення завадостійкості радіолінії з використанням технології OFDM за умов впливу організованих завад / О. В. Кувшинов, Т. Г. Гурський, Г. Д. Радзівілов // Зв'язок. – 2009. – № 1. – С. 66 – 69.
69. Гурський Т. Г. Методика вибору параметрів OFDM-сигналу військових засобів радіозв'язку в залежності від стану каналу передачі / Т. Г. Гурський // Зб. наук. праць ВІКНУ. – 2009. – Вип. 17. – С. 107 – 115.
70. Гурський Т. Г. Перспективи використання безпілотних літальних апаратів для радіоелектронного подавлення систем радіозв'язку / Т. Г. Гурський, Л.Л. Бортнік, О. М. Макарчук // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2010. – Вип. 4. – С. 98 – 108.
71. Бортнік Л. Л. Метод обробки широкосмугових сигналів під час впливу негаусівських завад / Л. Л. Бортнік // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів: ЧНТУ, 2012. – № 2 (57). – С. 176 – 179.
72. Бортнік Л. Л. Методика управління параметрами MC-CDMA-сигналу військових засобів радіозв'язку в залежності від стану каналу / Л. Л. Бортнік, М. Ю. Яковлев // Системи озброєння і військова техніка : науковий журнал Харківського університету повітряних сил. – 2012. – № 3 (31). – С. 103 – 106.
73. Кувшинов О. В. Напрямки вдосконалення технології OFDM при впливі навмисних завад / О. В. Кувшинов, Л. Л. Бортнік, О. Г. Жук // Сучасний захист інформації. – 2011. – Вип. 4. – С. 36 – 46.
74. Бортнік Л. Л. Аналіз варіантів застосування імітаційних завад в радіоканалах з OFDM / Л. Л. Бортнік, О. В. Кувшинов, О. Г. Жук // Сучасний захист інформації. – 2012. – Вип. 5. – С. 45 – 52.
75. Восколович О. І. Математична модель системи МІМО з розширенням спектру сигналів методом псевдовипадкової перестройки робочої частоти в умовах впливу навмисних завад та релеевських завмирань / О.І. Восколович // Тези VII наук. конф. ДУІКТ. – К., 2010. – С. 43 – 44.
76. Восколович О. І. Методика адаптивної зміни параметрів сигнально-кодових конструкцій в каналах системи МІМО / О. І. Восколович О. І. // Тези V наук.-техн. конф. ВІТІ НТУУ «КПІ». – К., 2010. – 85 с.
77. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Передача інформації в автоматизованих системах спеціального призначення, Екологічна безпека, 2023, № 1 (45), С. 76-90
78. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Розробка засобів захищеного зв'язку для автоматизованих систем управління військовими підрозділами тактичного рівня, Колективна монографія за матеріалами XXI Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2022, С. 138-140
79. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С., Ковальчук, Ю.П. Сервіс транспорту повідомлень в автоматизованих системах управління тактичної ланки, Колективна монографія за матеріалами XXI Міжнародної науково – практичної конференції. - К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2022, С. 140-143
80. Dovgiy, S., Kopyika, O., Kozlov, O., Lytvynenko, A. Formation of a network service for territorially dispersed. IT infrastructure facilities, Інформаційно-

- комунікаційні технології для перемоги та відновлення. Колективна монографія за матеріалами XXII Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2023. С. 79-80, ISBN 978-617-7854-58-5
81. Dovgiy, S., Kopiika, O., Kozlov, O., Lytvynenko, A. Architecture of IT infrastructure software applications. IT infrastructure facilities. Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення. Колективна монографія за матеріалами XXII Міжнародної науково – практичної конференції. -К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2023. С. 81-82, ISBN 978-617-7854-58-5
82. Глоба Л.С. Математичні основи побудови інформаційно-телекомунікаційних систем/ Посібник для студентів спеціальності 8.092401 - “Телекомунікаційні системи та мережі”/ Рек. Міністерством освіти і науки України, Національний Технічний Університет України “Київський політехнічний інститут”, Інститут телекомунікацій, Кафедра телекомунікаційних систем та мереж, Київ 2002. -270с.
83. Глушков В.М. Введение в АСУ.–К.: Техніка, 1974. –250 с.
84. Глушков В.М. “Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС”. - М.: Статистика, 1975. – 160с.
85. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. – М.: Наука, 1982. – 552 с.
86. Горбачук В. Залежність економічного результату від послідовності рішень // Наукові записки НаУКМА. – 2005. – Т. 44. – С. 7–10.
87. Гордеев Э.Н. Новые технологии в системах управления сетями: задачи и перспективы // Вестник связи. — 2000. — № 1-2.
88. Гуляницкий Л.Ф., Мелашенко А.О., Сиренко С.И. О математических и программных средствах моделирования и оптимизации внешнего государственного долга Украины // Управляющие системы и машины. – 2010. – № 1. – С. 51–57.
89. Дейнека В. С., Сергиенко И.В. Оптимальное управление неоднородными системами. – К.: Наук. думка, 2003. – 505 с.
90. Дж. Д. Ульман, Дж. Уидом. Введение в системы баз данных. – М.: Издательство «Лори», 2000. – 374 с.
91. Димов Э.М., Диязитдинова А.Р. Скворцов А.Б. Роль интеллектуальных информационных систем в управлении инфокоммуникационными компаниями // Электросвязь. — 2007. — № 8. — С. 40-43.
92. Globa, L., Dovgiy, S., Kopiika, O. & Kozlov, O. Approach to Uniform Platform Development for the Ecology Digital Environment of Ukraine. Book: Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 548, Progress in Advanced Information and Communication Technology and Systems, 2023, 83–100 DOI : 10.1007/978-3-031-16368-5_4, ISSN 23673370
93. Пермяков О.Ю. Застосування інформаційних технологій в роботі органів управління. Ч. 2/ О.Ю. Пермяков // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2006. – №1. – С.39-45.
94. Globa, L., Dovgiy, S., Kopiika, O. & Kozlov, O. Approach to Uniform Platform Development for the Ecology Digital Environment of Ukraine. Book: Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 548, Progress in Advanced Information and Communication Technology and Systems. 83–100 DOI : 10.1007/978-3-031-16368-5_4

95. Globa, L., Dovgiy, S., Kopiiika, O., & Kozlov, O. Approach to building uniform information platform for the national automated ecological information and analytical system, CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3021, pp. 53–65. https://www.researchgate.net/publication/365518000_Approach_to_Uniform_Platform_Development_for_the_Ecology_Digital_Environment_of_Ukraine, ISSN 16130073.
96. Stanislav Dovgiy , Oleh Kopiiika and Oleksii Kozlov, “Architectures for the Information Systems, Network Resources, and Network Services,” In: Proceedings of the Workshop CPITS-II-2021, 2022, 3187, pp. 293-301
97. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Синтез інформаційно-телекомунікаційних мереж автоматизованих систем екологічної безпеки з метою отримання найбільшої завадостійкості при заданій ефективності, Екологічна безпека, 2021, № 4 (40), С. 5-16, ISSN 2411-4049.
98. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Передача інформації в автоматизованих системах спеціального призначення, Екологічна безпека, 2023, № 1 (45), С. 76-90
99. Globa L. Approach to building uniform information platform for the national automated ecological information and analytical system/ Larysa Globa, Stanislav Dovgiy, Oleh Kopiiika, Oleksii Kozlov// Workshop Proceedings Information technology and mathematical modeling for environmental safety (ITMMES), Kyiv, 7 October 2021 - Published on CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org, ISSN 1613-0073) – С. 53-65
100. О.В. Копійка Основні принципи методології синтезу інформаційно-комунікаційних систем для побудови єдиної інформаційної платформи/ О.В. Копійка // Науково-технічний журнал Зв'язок. – 2015. – № 2 (114) – С. 34-40.
101. Копійка О.В. Побудова єдиної інформаційної платформи телекомунікаційного оператора/ О.В. Копійка // Науковий журнал Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2015 -№2 - С. 13-18.
102. Беркман Л.Н. Теоретичні основи методології синтезу інформаційно-комунікаційних систем / Л.Н. Беркман, О.В. Копійка // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – № 4. – С. 12 – 19.

Акти впровадження

ТОВ "ТЕЛЕКАРТ-ПРИЛАД"

тел. +38 048-705-15-15
e-mail: office@telecard.com.ua;

phone +38 048 705-15-15
e-mail: office@telecard.com.ua;

Вих. № 1390

від 30.09.2025

До разової спеціалізованої вченої ради
Інституту телекомунікацій і глобального
простору Національної
академії наук України

АКТ

розгляду наукових матеріалів наданих Козловим Олексієм Сергійовичем, отриманих при виконанні дисертаційного дослідження на тему: «Моделі та методи інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи»

У сучасних умовах, коли ймовірний противник володіє потужним арсеналом радіоелектронної зброї, виникає нагальна потреба в засобах для організації мобільних адаптивних мереж зв'язку, здатних самостійно сформуватись й відновлюватись та забезпечувати стабільний, безперервний зв'язок, а також здійснювати автоматизовану систему управління військами.

Фахівцями ТОВ «ТЕЛЕКАРТ-ПРИЛАД» розглянуто матеріали дисертаційного дослідження на тему «Моделі та методи інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи», а саме особисто одержані Козловим О.С. наукові результати: модель системи польового зв'язку тактичної ланки, що побудована за принципом гетерогенних клієнтів у вигляді командно-штабних машин, що дозволяють забезпечити передачу інформації навіть в умовах апріорної невизначеності, а мережа в цьому випадку є самокерованою та адаптованою та модель побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки призначену для автоматизації процесів планування та управління підрозділами, а також для збирання розвідувальної інформації, її накопичення, обробки, аналізу, підтримки прийняття рішення відповідними командирами тактичної ланки щодо засобів ураження з метою підвищення ефективності виконання бойових завдань.

Подані результати є науково обґрунтованими та сприятимуть підвищенню ефективності функціонування інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення за рахунок надання їм властивості інформаційної платформи, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи що об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування.

Заступник генерального директора
кандидат військових наук
генерал-лейтенант



Рауф НУРУЛЛІН



TELECARD



ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор Державного
університету інформаційно-
комунікаційних технологій

 Олександр КОРЧЕНКО

«10» вересня 2025 р.

АКТ про впровадження результатів наукових досліджень Козлова Олексія Сергійовича

Комісія у складі: голови комісії – завідувача кафедри Інформаційних систем та технологій доктора технічних наук, професора Сторчак Каміли Павлівни та членів комісії – доцента кафедри, кандидата технічних наук, доцента Ткаленко Оксани Миколаївни, доцента кафедри, кандидата технічних наук, доцента Полоневич Ольги Володимирівни у період «02» по «05» вересня 2025 року провела роботу по впровадженню результатів дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора філософії Козлова Олексія Сергійовича на тему «Моделі та методи інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи» по спеціальності 122 – комп'ютерні науки.

Комісія встановила:

1. В дисертаційній роботі досягнуто підвищення ефективності функціонування інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення за рахунок надання їм властивості інформаційної платформи, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для забезпечення ефективного управління, зв'язку, комп'ютеризації.

2. У процесі вирішення даної проблеми були отримані такі нові наукові результати:

- розроблено математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення, яка складається із: структури управлінських-процесів; структури сервісів; інформаційної структури; інтеграційної структури та базується на п'яти основних принципах: загальна інформаційна модель; загальна телекомунікаційна інфраструктура; чітко встановлені інтерфейси; незалежність управлінських процесів від сервісів; розподілена система з нежорсткими зв'язками між її компонентами;

- розроблено модель інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення рівня C4ISR, що

забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, яка об'єднує різні технології для забезпечення ефективного управління та зв'язку;

– розроблено концепцію єдиної інформаційної платформи, яка забезпечує побудову сучасної інфраструктури на основі конвергенції інформаційно-комунікаційних систем для розв'язання задач підвищення ефективності функціонування систем спеціального призначення, що надає можливість забезпечити якісний і повсюдний доступ клієнтів до ІТ-сервісів та служб.

3. Розроблені Козловим О.С. моделі впроваджені в навчальний процес кафедри Інформаційних систем та технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій та використовуються в навчальній дисципліні «Моделювання інформаційних систем», що викладається для студентів освітнього рівня «Бакалавр» на четвертому році навчання.

Голова комісії:

Зав. кафедри

Інформаційних систем та технологій

д. т. н., професор



Каміла СТОРЧАК

Члени комісії:

доцент кафедри

Інформаційних систем та технологій

к. т. н., доцент

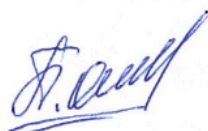


Оксана ТКАЛЕНКО

доцент кафедри

Інформаційних систем та технологій

к. т. н., доцент



Ольга ПОЛОНЕВИЧ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з наукової роботи
Інституту прикладних систем управління
Національної академії наук України



Віктор ЄГОРОВ

15 вересня 2025 р.

Акт

про реалізацію результатів дисертаційної роботи Козлова Олексія Сергійовича на тему «Моделі та методи інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи»

Комісія у складі: голови – провідного наукового співробітника відділу комплексних досліджень, доктора технічних наук, доцента Семка Віктора Володимировича;

Членів комісії: провідного наукового співробітника відділу комплексних досліджень, доктора технічних наук, професора Воробієнко Петра Петровича; завідувача відділу наукової освіти та порталних рішень, кандидата технічних наук, професора Дробика Олександра Васильовича у період з 15 вересня по 17 вересня 2025 року вивчила матеріали дисертаційної роботи та наукові публікації Козлова О. С.

На основі аналізу дисертаційної роботи та наукових публікацій комісія встановила, що результати дисертаційної роботи використовуються в прикладній науково-дослідній роботі «Розроблення інформаційної платформи для інтеграції інформаційно- комунікаційних систем Збройних Сил України (РК №0124U000077д), що виконується в Інституті прикладних систем управління Національної академії наук України з 19.03. 2024.

Під час виконання прикладної науково-дослідної роботи було використано розроблену Козловим О.С. математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення, що складається із: структури управлінських-процесів; структури сервісів; інформаційної структури;

інтеграційної структури та базується на п'яти основних принципах: загальна інформаційна модель; загальна телекомунікаційна інфраструктура; чітко встановлені інтерфейси; незалежність управлінських процесів від сервісів; розподілена система з нежорсткими зв'язками між її компонентами та модель інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення рівня C4ISR, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи, що об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування.

Голова Комісії:

Члени Комісії:



Віктор СЕМКО



Петро ВОРОБІЄНКО



Олександр ДРОБИК