

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»
(код і назва)

на тему

**«Обґрунтування загальних вимог до польової кабельної системи
тактичного рівня»**

Виконав: студент 6 курсу, групи 601 ТТ

Спеціальності 172 «Електронні комунікації та
радіотехніка»

(шифр і назва спеціальності)

Кудрявцев Олександр Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник Штомпель М.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кислиця С.Г.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2025 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
 (повне найменування вищого навчального закладу)
 Факультет Навчально науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
 Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
 Напрямок підготовки Електронні комунікації та радіотехніка
 Спеціальність 172
 (шифр і назва)
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Д.т.н. професор

Шефер О.В.

“ 02 ” вересня 2024 року



ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Кудрявцев Олександр

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Обґрунтування загальних вимог до польової кабельної системи тактичного рівня»

керівник проекту (роботи) ШТОМПЕЛЬ М.А., д.т.н., професор.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 09 ” 08 2024 року № 818 ф,а

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 19.12.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічні та тактичні характеристики, тип і призначення кабельної системи, умови експлуатації, мережеві та комунікаційні вимоги.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Визначено та обґрунтовано кількісні показники пристосованості польової кабельної системи тактичного рівня до експлуатації та збереження працездатності.

2. Обґрунтовано вимоги до часових показників приведення польової кабельної мережі у готовність до застосування за призначенням.


5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

N з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
РОЗДІЛ 1	АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕМИ	7.10.24 25%	
РОЗДІЛ 2	ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНІХ РОЗРОБЛЕНЬ ПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ	12.11.24 50%	
РОЗДІЛ 3	ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ПОЛЬОВОЇ КАБЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ (БРИГАДА, БАТАЛЬЙОН (ДИВІЗІОН), РОТА (БАТАРЕЯ), ВЗВОД, ВІДДІЛЕННЯ, СПОСТЕРЕЖНИЙ ПУНКТ)	19.12.24 75%	
ПРЕЗЕНТАЦІЯ	ГРАФІЧНА ЧАСТИНА (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)	24.12.24 100%	

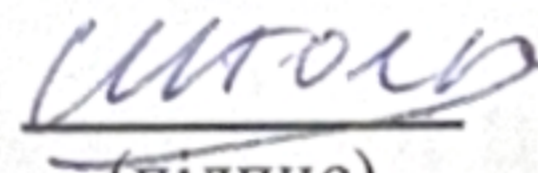
Студент


 (підпис)

КУДРЯВЦЕВ О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


 (підпис)

ШТОМПЕЛЬ М.А.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕМИ	12
1.1. Аналіз існуючої польової кабельної системи тактичного рівня в ЗС України	12
1.2. Характеристики польової кабельної системи тактичної ланки управління	21
1.3. Аналіз розвитку польової системи зв'язку ЗС НАТО	30
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНІХ РОЗРОБЛЕНЬ ПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ	37
2.1. Волоконно-оптичні мережі зв'язку	37
2.2. Технологія плезіохронної цифрової ієрархії (PDH)	39
2.3. Технології щільного та надщільного хвильового мультиплексування (DWDM, HDWDM) і створення повністю оптичних мереж (AON)	41
2.4. Цифрові абонентські лінії	48
2.5. xDSL-модеми і технології	51
2.6. Зразки техніки зв'язку вітчизняних виробників	54
РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ПОЛЬОВОЇ КАБЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ (БРИГАДА, БАТАЛЬЙОН (ДИВІЗІОН), РОТА (БАТАРЕЯ), ВЗВОД, ВІДДІЛЕННЯ, СПОСТЕРЕЖНИЙ ПУНКТ)	59
3.1. Визначення кількісних показників призначення польового кабелю тактичного рівня.	59
3.2. Обґрунтування кількісних показників пристосованості польової кабельної системи тактичного рівня до експлуатації та збереження працездатності.	61
3.3. Обґрунтування кількісних показників раціональності техніко-економічних рішень	63
3.3.1 Обґрунтування вимог до конструкції польового кабелю.	63

3.3.2 Обґрунтування вимог до ергономіки та технічної естетики польового кабелю	63
3.3.3 Обґрунтування вимог до показників стандартизації та уніфікації .	63
3.3.4 Обґрунтування вимог до безпеки експлуатації.....	63
3.3.5 Обґрунтування вимог до часових показників приведення польової кабельної мережі у готовність до застосування за призначенням	64
ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТОК	71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЛ	–	Абонентська лінія
АТС	–	Автоматична телефонна станція
ВЗ	–	Вузол зв'язку
ВОК	–	Волоконно-оптичний кабель
ВОЛЗ	–	Волоконно-оптичні лінії зв'язку
ВОЛТ	–	Волоконно-оптичний лінійний тракт
ВОП	–	Взводний опорний пункт
ЗСУ	–	Збройні Сили України
КАЗ	–	Комплексна апаратна зв'язку
КД	–	Комп'ютерні дані
КСП	–	Командно-спостережний пункт
КТЧ	–	Канал тональної частоти
КШМ	–	Командно-штабна машина
ОВТ	–	Озброєння та військова техніка
ОКП	–	Об'єднаний командний пункт
ОМЗ	–	Опорна мережа зв'язку
ОТЛУ	–	Оперативно-тактичні лінії управління
ПАТ	–	Приватне акціонерне товариство
ПКС	–	Польова кабельна система
ПУ	–	Пункт управління
РОП	–	Ротний опорний пункт
СС	–	Світловий сигнал
ТА	–	Телефонний апарат
ТК	–	Телекомунікаційний комплект
ТЛУ	–	Тактичні лінії управління
ЦП	–	Цифровий потік
ЦС	–	Цифровий сигнал
ЦСП	–	Цифрові системи передачі

ВСТУП

Актуальність. У сучасних умовах ведення військових дій, що характеризуються високою мобільністю, динамічністю і використанням новітніх технологій, забезпечення безперебійного зв'язку та передачі даних між різними підрозділами є важливим фактором для досягнення оперативної переваги на полі бою. Одним із ключових елементів, що забезпечує функціонування систем зв'язку та передачі даних на тактичному рівні, є польова кабельна система. Вона має забезпечувати стабільну, надійну та швидку передачу інформації в умовах, де інші засоби зв'язку можуть бути вразливими до впливу зовнішніх факторів, таких як електронна боротьба, пошкодження внаслідок бойових дій, чи складні природні умови.

В умовах сучасної війни, зокрема з використанням високоточних засобів ураження та засобів радіоелектронної боротьби, польова кабельна система є важливим елементом для забезпечення надійного зв'язку між підрозділами та командуванням. Її роль в оперативному управлінні військовими силами, а також в організації взаємодії з іншими елементами інфраструктури (наприклад, системами управління вогнем, засобами спостереження та радіолокацією) є незамінною. Тому наявність надійної та ефективної польової кабельної системи є ключовим фактором для забезпечення успішного виконання бойових завдань та підвищення загальної ефективності військових операцій.

Актуальність цієї кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю розробки та обґрунтування загальних вимог до проектування та функціонування польових кабельних систем на тактичному рівні. Вивчення вимог до таких систем є важливим кроком у забезпеченні їх надійності, витривалості та мобільності під час виконання завдань у складних умовах сучасного бойового середовища. Оскільки кожен елемент системи має бути оптимізований для роботи в польових умовах, обґрунтування вимог до матеріалів, конструктивних рішень і технологічних процесів створення

кабельних ліній є надзвичайно важливим для підвищення ефективності використання військових ресурсів.

Таким чином, дане дослідження є важливим для розвитку теоретичних та практичних підходів до проектування польових кабельних систем, а також для вдосконалення методик їхнього використання в умовах сучасних бойових дій, що безпосередньо впливає на оперативну готовність та здатність військ до виконання поставлених завдань.

Отже **мета роботи** полягає в розробці та обґрунтуванні загальних вимог до польової кабельної системи тактичного рівня, яка забезпечує надійне, швидке та стійке передавання інформації між бойовими підрозділами та командуванням.

Метою обґрунтування загальних вимог є розгортання повнозв'язаної системи, що інтегрує кабельні лінії з іншими елементами системи зв'язку тактичної ланки управління та забезпечує ефективну передачу базових та функціональних сервісів (голосовий зв'язок, передача даних, сигнали управління) для бойових підрозділів у польових умовах.

В першому розділі здійснено аналіз існуючої польової кабельної системи тактичного рівня в ЗС України, наведено основні характеристики польової кабельної системи тактичної ланки управління та проаналізовано розвиток польової системи зв'язку ЗС НАТО. В цілому було розглянуто ключові аспекти, які повинні бути враховані при розробці та вдосконаленні польових кабельних систем в ЗС України, а також визначено напрямки розвитку, які можуть бути корисними для подальшого вдосконалення тактичних комунікаційних систем в Україні на основі міжнародного досвіду.

Другий розділ кваліфікаційної роботи охоплює найважливіші та найбільш перспективні технології, які можуть бути застосовані для покращення польових кабельних систем та комунікаційних мереж в рамках військових операцій. Визначення таких інноваційних рішень є важливим кроком для адаптації існуючих систем до нових вимог, підвищення

ефективності зв'язку та забезпечення стійкості мереж в умовах сучасних бойових дій.

У третьому розділі роботи представлено обґрунтування загальних вимог до польової кабельної системи тактичного рівня що надає всебічну картину того, як повинна функціонувати комунікаційна інфраструктура загальновійськових підрозділів. Врахування зазначених вимог дозволяє створити ефективну та гнучку систему зв'язку, що відповідатиме вимогам сучасного тактичного рівня.

Об'єктом дослідження є польова кабельна система тактичного рівня, що забезпечує зв'язок між підрозділами (бригада, батальйон (дивізіон), рота (батарея), взвод, відділення, спостережний пункт) ЗС України.

Предметом є запропоновані технічні рішення, конструктивні особливості, принципи побудови та функціонування польових кабельних систем тактичного рівня, що пропонується до використання і забезпечення зв'язку в умовах бойових дій.

Відповідно до визначеної мети в дипломній роботі поставлені, і вирішені наступні задачі:

- Визначено та обґрунтовано кількісні показники пристосованості польової кабельної системи тактичного рівня до експлуатації та збереження працездатності.

- Обґрунтовано вимоги до часових показників приведення польової кабельної мережі у готовність до застосування за призначенням.

Наукова новизна роботи полягає в визначені якісно-кількісних показників, складі необхідних засобів зв'язку для розгортання польової кабельної системи тактичного рівня (бригада, батальйон (дивізіон), рота (батарея), взвод, відділення, спостережний пункт). Обґрунтовано загальні вимоги до польової кабельної системи тактичного рівня в умовах ведення активних бойових дій.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач в дипломній роботі використовувалися методи пізнання, системного аналізу і експерименту.

Основні результати, отримані в дипломній роботі що виносяться на захист:

1. Загальні вимоги до інтегрованої польової кабельної системи зв'язку тактичного рівня управління, що забезпечує передачу основних та функціональних сервісів до бойових підрозділів.

Таким чином, практична реалізація дослідження дозволяє створити адаптовану, надійну та ефективну польову кабельну систему зв'язку, що відповідає вимогам сучасних бойових дій.

В цілому зазначене наукове пізнання передбачало детальне обґрунтування вимог до матеріалів, конструктивних рішень та технологічних аспектів проектування кабельної інфраструктури, що відповідає специфіці бойових дій, мобільності підрозділів і забезпечує стійкість системи в умовах сучасної електронної боротьби та природних факторів.

В майбутньому, реалізація даного проекту забезпечить безперебійний зв'язок між підрозділами на всіх рівнях управління, знижуючи ризики втрати зв'язку та покращуючи координацію дії та систему управління в цілому.

Достовірність наукових положень, результатів отриманих в дипломній роботі підтверджується коректною постановкою задач.

Особистий внесок. Всі дослідження, викладені в дипломній роботі, проведені автором в процесі наукової діяльності. Результати, які виносяться на захист, отримані особисто, запозичений матеріал позначений в роботі посиланнями.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕМИ

1.1. Аналіз існуючої польової кабельної системи тактичного рівня в ЗС України

“Проводовий зв’язок – електровз’язок, що здійснюється розповсюдженням сигналами електровз’язку вздовж проводового кабелю з металевими або волоконно-оптичними жилами” [1].

Проводовий зв’язок отримав широке застосування в військах. Він забезпечує зручність ведення переговорів і передач, відносно велику скритність серед інших родів зв’язку, майже не підлягає дії створюємих завад, забезпечує багатоканальність.

Він широко застосовується, в основному, в обороні, в вихідному положенні для наступу та при розташуванні військ на місці.

Для організації проводового зв’язку використовуються різні засоби: проводові лінії, каналоутворюючі засоби, комутаційні, спеціальні і кінцеві засоби зв’язку.

При організації проводового зв’язку необхідно враховувати [1]:

- можливість забезпечення зв’язку тільки між нерухомими ПУ;
- велику вразливість кабельних ліній від вогню артилерії противника ударів авіації, танків, бронетранспортерів, автомашин;
- складність розгортання і зняття ліній на зараженій і важкопрохідній місцевості;
- необхідність у великій кількості сил і засобів для перевезення, розгортання, експлуатаційного обслуговування і охорони ліній зв’язку.

“Одним з найбільш поширених видів електронної комунікації, що використовується в системі військового зв’язку всіх ланок управління, є проводовий телефонний зв’язок – вид електронної комунікації, що забезпечує

передачу голосової інформації по провідним лініям зв'язку на відстань із заданою смугою частот між абонентами та/або операторами” [1].

Проводовий зв'язок, залежно від умов обставин та наявності сил і засобів, може бути організований за напрямками або по осі.

Напрямок проведеного зв'язку – спосіб організації зв'язку між двома ПУ (командирами, штабами) (рисунки 1.1.).

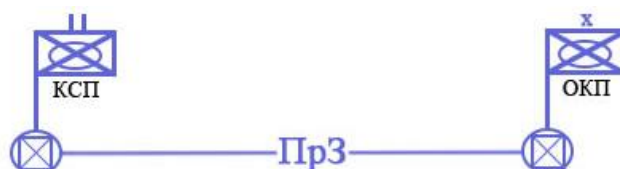


Рисунок 1.1. – Напрямок проведеного зв'язку

Таблиця 1.1. Переваги та недоліки проведеного зв'язку

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> - забезпечується велика стійкість ліній зв'язку; - забезпечується велика пропускну здатність ліній зв'язку. 	<ul style="list-style-type: none"> - збільшується час на організацію проведеного зв'язку; - великий розхід сил та засобів; - виключається маневр каналами зв'язку між напрямками.

“Вісь проведеного зв'язку – спосіб організації зв'язку, при якому зв'язок старшого ПУ (командира, штабу) з декількома підлеглими ПУ (командирами, штабами) здійснюється по одній осьовій провідній лінії, що прокладена в напрямку переміщення ПУ старшого штабу” [1].

На осі проведеного зв'язку обладнуються опорні (допоміжні) вузли зв'язку (далі – ВЗ), від яких прокладаються лінії прив'язки до ПУ старшого та підлеглих штабів.

Таблиця 1.2. Переваги та недоліки прив'язки до ПУ

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> - економія сил і засобів; - швидке встановлення зв'язку; - забезпечення маневру каналами. 	<ul style="list-style-type: none"> - залежність зв'язку з декількома ПУ від стану осьової лінії.

З метою реалізації завдань управління в тактичній ланці на озброєнні в

військах є польові кабелі: легкі (П-274М, П-268) та дальнього зв'язку (П-296, П-270, П-272 тощо), ввідно-з'єднувальні кабелі типу ПТРК, ТТВК, ПРК, ВСЕК та інші, різні типи волоконно-оптичних кабелів (далі – ВОК), апаратура ущільнення П-309, П-303 ОА (ОБ), П-300, П-301, П-302, П-330 (1, 2, 3, 6, 12, 24, 60 каналів тональної частоти (далі – КТЧ)), П-331, апаратура тонального телеграфування П-318, П-327 (1, 2, 3, 4, 6, 12), апаратура комутації каналів П-193М, П-194М, П-198М та інші, кінцева телефонна (ТА-57, П-170, П-171, ТА-01, “Буковель”).

“У 2017 році на постачання Збройних Сил України (далі – ЗСУ). прийняті польовий маршрутизатор тактичної ланки управління ТК ТИП-1 та батальйонний телекомунікаційний комплект (далі – ТК) ТК ТИП-2” [2].

“Батальйонний ТК ТИП-2 та польовий маршрутизатор ТК ТИП-1 призначені для забезпечення службових осіб командно-спостережного пункту (далі – КСП) батальйону (дивізіону) послугами відкритого телефонного зв'язку та відкритої передачі даних, а також надання телекомунікаційного ресурсу мережам спеціального зв'язку” [2].

За прийнятою класифікацією ці технічні засоби телекомунікацій можливо віднести до польових, цифрових, автоматичних, малої ємності комутаційних засобів.

Різновиди військового проводового зв'язку визначаються використанням середовищем передачі. Це можуть бути повітряні проводи, металеві кабелі, ВОК.

“Повітряні проводові лінії зв'язку створюються на основі проводів без обплетення, прокладених між стовпами. Їх системотехнічні властивості (пропускна спроможність, завадозахищеність тощо) низькі, а тому вони швидко витісняються кабельними лініями зв'язку. Лінії зв'язку на металевих кабелях забезпечують задовільну для багатьох застосувань пропускну спроможність і якість передавання інформації” [2]. Так у симетричних кабелів (“вита пара”) пропускна спроможність $C \cong 0,4-0,5$ Мбіт/с, у коаксіальних кабелів $C \cong 1-2$ Мбіт/с. Ймовірність помилки під час передавання біта

інформації Р становить відповідно 10/4–10/5 і 10/5–10/6, але їх застосування пов'язане з такими негативними явищами, як:

- використання дефіцитних металів (50% добувної міді і 25% – свинцю);
- короткі ділянки регенерації (2–6 км) і великий обсяг обладнання лінійного тракту;
- трудомісткість прокладання і монтажу;
- необхідність додаткового захисту від впливу потужного електромагнітного випромінювання, що виникає, наприклад, під час ядерного вибуху.

“ВОК зв'язку дають можливість істотно просунути у процесі розв'язанні деяких із названих проблем і надають такі додаткові переваги” [2]:

- збільшення пропускної спроможності (до гігабіт в секунду – терабіт в секунду);
- підвищення заводо захищеності ($P=10/9-10/12$) і скритності передачі інформації;
- зменшення згасання, маси і габаритів;
- практична відсутність завод між окремими волокнами, що дало можливість відмовитись від двокабельних систем;
- безпечніші в роботі з ними, оскільки не проводять електрики і забезпечують електроізоляцію;
- виготовлення з дешевої сировини, якої багато на Землі.

“Висока пропускна спроможність ВОК дає змогу поетапно нарощувати пропускну спроможність ВОСП шляхом заміни кінцевого обладнання, а зменшення згасання – збільшити ділянки регенерації” [2].

Порівнюючи металевий кабель П-296, у якого $C=2,048$ Мбіт/с, з ВОК “Камелія”, можна відзначити, що у ВОК довжина ділянки регенерації l_p 141 збільшується з 4 до 8 км, маса 100-кілометрової ділянки кабелю зменшується з 18,2 до 5 т, а необхідна для перевезення лінійного обладнання кількість одиниць автотранспорту зменшується з 8 до 2.

Недоліки ВОК: у 4–10 разів вища вартість передавального, приймального і тестового обладнання; висока вартість монтажного обладнання; трудність зрошування і розгалужування; необхідність обереганя від надмірного фізичного впливу і крутих згинів. Волоконний світловод. ВОК складається з надтонких гнучких скляних волокон – волоконних світловодів, якими передаються світлові сигнали (далі – СС). Кожен світловод складається зі скляної серцевини (сердечника), скляної оболонки з меншим коефіцієнтом заломлення ніж у серцевині і захисного полімерного покриття (“кожух”). У свою чергу, “кожух” складається з буферного покриття, зміцнюючого покриття і зовнішньої оболонки.

Поширюючись серцевиною, промінь світла не виходить істотно за її межі, оскільки відбивається від шару оболонки.

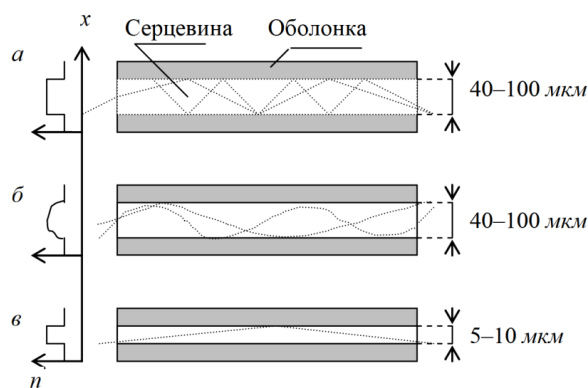


Рисунок 1.3. – Різновиди світловодів

Залежно від діаметра серцевини і розподілу коефіцієнта заломлення n по діаметру світловода розрізняють [3]:

- багатомодове волокно зі ступінчастим змінюванням n (рисунок 1.3, а);
- багатомодове волокно з плавним (градієнтним) змінюванням n (рисунок 1.3, б);
- одномодове волокно (рисунок 1.3, в).

Термін “мода” описує режим поширення світлових променів. В одномодовому волокні використовується серцевина дуже малого діаметра (5–10 μm), сумірного з довжиною хвилі світла. Тому у волокні існує один

промінь, який поширюється вздовж осі світловода, але виготовлення надтонких якісних волокон дуже складне і дає (20–50)% браку, що робить одномодовий кабель дорожчим. Крім того, у надтонке волокно трудно спрямувати промінь світла без втрати великої частини енергії.

“У багатомодових волокнах використовуються серцевини значно більшого діаметра, які легше виготовити. (У стандартах рекомендують відношення діаметрів серцевини/оболонки 50 мкм / 125 мкм і 62,5 мкм / 125 мкм і діаметр “кожуха” 250 і 900 мкм.) У таких серцевинах одночасно існують декілька променів, які відбиваються від оболонки під різними кутами. У багатомодових волокнах з градієнтним змінюванням n поширення променів є складним” [3].

“Багатомодові кабелі дешевші, але їх характеристики значно гірші, тому що інтерференція променів призводить до спотворення передаваних світлових імпульсів. Через це вони використовуються на невеликих відстанях (одиниці км) і на швидкостях до 1 Гбіт/с, а одномодові – на відстанях десятки – сотні км і на швидкостях десятки Гбіт – одиниці Тбіт/с.” [3]

Одномодового режиму можна досягти ускладненням залежності $n(x)$ (рисунок 1.4.), але волокна з таким розподілом теж складні у виготовленні.

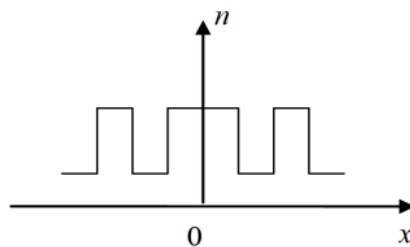


Рисунок 1.4. – Коефіцієнт заломлення W-світловода

Один із кращих способів виробництва світловодів, що є досить складним, полягає у напиленні газоподібного скла, необхідних присадок та формується товста заготівка, що теж складається із серцевини і оболонки у необхідному співвідношенні. Потім заготівку нагрівають і обтискують. Далі розігрівають її кінець, і з нього починає витягуватись волокно зверху вниз у високій (12-метровій) протяжній башті. Внизу башти світловод намотується

на обертовий барабан. Для контролю за діаметром волокна використовується лазер. Залежно від результатів контролю швидкість протягування волокна змінюється так, щоб діаметр залишався незмінним. У процесі опускання у башті волокно охолоджується і протягується крізь рідкий акрилат для створення захисного полімерного покриття. Цей спосіб дає змогу виробляти світловоди довжиною до 50–150 км, які міцніші за сталеві, але мають дуже малу площу перерізу (10/8–10/11 м²) [4].

“Джерелом випромінювання світла у світловод є світлодіод або лазерний діод. Світлодіоди як дешевші використовуються у поєднанні з серцевинами більшого діаметра; лазерні діоди – у поєднанні з серцевинами меншого діаметра, оскільки в них, крім того, вузька ДС. Найдешевшим, швидкодіючим і ефективним нині є лазер типу VCSEL. Слід пам’ятати, що випромінювання зв’язкових лазерів невидиме і небезпечне для органів зору”[4].

Приймання СС здійснюють фотодетектори. Важливими характеристиками волоконних світловодів є: довжина хвилі λ , спектральна крива згасання $\alpha(\lambda)$ (рисунок 1.5.); амплітудно-частотна характеристика, фазо-частотна характеристика і ширина смуги пропускання. Широкосмуговість обмежується дисперсією оптичного випромінювання [4].

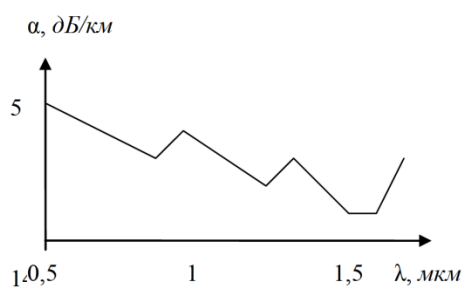


Рисунок 1.5. – Залежність $\alpha(\lambda)$

Дисперсія призводить до розширення світлових імпульсів на вході фотодетектора і внаслідок цього до обмеження пропускної спроможності.

“Крива згасання $\alpha(\lambda)$ свідчить про наявність вікон прозорості, в яких доцільно працювати. У першому вікні прозорості $\lambda_1 = 0,85$ мкм, $\alpha_1 = 2–5$ дБ/км;

у другому – $\lambda_2 = 1,33 \text{ мкм}$, $\alpha_2 = 1-1,5 \text{ дБ/км}$; у третьому – $\lambda_3 = 1,55 \text{ мкм}$, $\alpha_3 = 0,2-0,3 \text{ дБ/км}$ ” [4].

Чим більша довжина робочої хвилі, тим дорожчі випромінювачі світла і фотодетектори.

Тому на коротких дистанціях, де сумарне згасання невелике, вигідно вико-ристовувати $\lambda=0,85 \text{ мкм}$.

“Є два види дисперсії: модова і хроматична (матеріальна і хвильова). *Модова* виникає через різницю ходу променів й існує тільки у багатомодових волокнах. *Хроматична* залежить від ширини спектра імпульсу. З двох її видів матеріальна зі збільшенням λ збільшується, а хвильова – зменшується. В околі $\lambda=1,3 \text{ мкм}$ відбувається їх компенсація. Так виникла “ λ з нульовою дисперсією”, на якій, як вважають, краще працювати у цьому діапазоні. Діапазон $\lambda=1,55 \text{ мкм}$ більше приваблює істотно меншим згасанням і, щоб знизити в ньому дисперсію, у волокні добавили ще один шар оболонки. Так створили волокно типу NZDSF “зі зміщеною нульовою дисперсією”. У сполученні з лазерними діодами воно використовується на магістралях, що збільшило відстань між регенеративними пунктами до 300 км при швидкостях передачі 2,5 Гбіт/с і до 70 км при швидкостях передачі 40 Гбіт/с. Ще один напрям істотного зменшення впливу дисперсії полягає у застосуванні світлових імпульсів дзвіноподібної форми, зворотної до гіперболічного косинусу. Планується перехід до їх промислового застосування” [5].

“ВОК – це один або декілька (до 288) світловодів, об’єднаних в єдину конструкцію, яка забезпечує їх працездатність в заданих умовах експлуатації, а також захист світловодів від пошкоджень і впливу зовнішнього середовища. Розрізняють повітряні, підземні, підводні ВОК і ВОК для приміщень. Основними елементами конструкції ВОК (рисунки 6) є: світловоди, демпферні і зміцнювальні елементи, трубки або інші профільні елементи для укладки світловодів, прокладки, оболонка кабелю. Перед компануванням в кабель світловоди можуть бути зібрані в джгути” [5].

За потреби ВОК може містити струмопровідні жили для дистанційного

електроживлення, але при цьому втрачається несприйнятливість до потужного електромагнітного випромінювання, що виникає, наприклад, під час ядерного вибуху. Тому в польових кабелях такі жили не передбачені. ВОК має нижче граничне навантаження, ніж металевий, тому під час його прокладання можуть знадобитись спеціальні заходи безпеки (Рис. 1.6.).

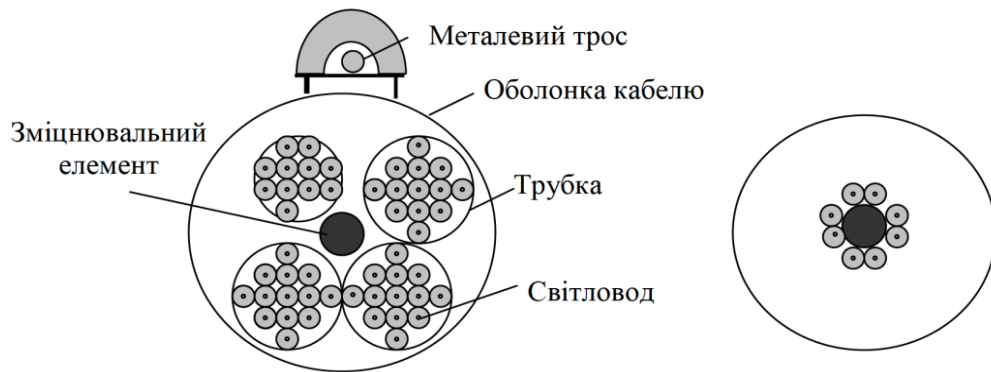


Рисунок 1.6. – Різновиди ВОК (поперечний перетин)

ВОК поділяються на групи, підгрупи і види [6]:

- у групах ВОК розрізняють за призначенням та умовами застосування і позначають так: магістральні (Л), зонові (З), міські (К), підводні вантажонесучі (Г), підводні невантажонесучі (Н), для стаціонарних об'єктів (С), для рухомих об'єктів (Б(П)), з дистанційним управлінням (Д), монтажні (М) та ін.;

- у підгрупах ВОК розрізняють за способом прокладання, конструктивними і технологічними особливостями, які визначаються номером розробки, і позначають так: для стаціонарного прокладання (С), для нестаціонарного прокладання (Н);

- у видах ВОК розрізняють за відношенням кількості світловодів до кількості струмопровідних жил N/M .

Наприклад ЛС 05–8/0 означає магістральний ВОК для стаціонарного прокладання 5-ї розробки, 8 світловодів, без струмопровідних жил.

Деякі характеристики польових ВОК “Каштан” і “Камелія” наведені в таблиці 1, з якої видно, що будівельна довжина ВОК $l_b = 1$ км, довжина ділянок регенерації $l_p = 11–29$ км, довжина ділянок обслуговування $l_o = 187–493$ км, λ

= 0,85 і 1,33 мкм, відповідно $\alpha = 5$ і 0,5 дБ/км.

Таблиця 1.3. Характеристики польових ВОК

Тип ВОК	Довжина ділянки		$\frac{N}{M}$	λ , мкм	Δf , МГц	α , дБ/км
	регенерації, км	обслуговування, км				
Каштан	–	–	4/0; 8/0	0,85; 1,3	500	5
Камелія-1	29	493	–	–	–	0,5–1
Камелія-2	11	187	–	1,3	1000	2
Камелія-5	–	–	2/0; 4/0; 8/0	1,3	200	5

“У процесі будівництва ліній зв’язку використовують роз’ємні і не роз’ємні ВОК. На кінцях будівельних довжин роз’ємних ВОК є напівмуфти, втрати потужності в яких становлять 0,5–1,5 дБ. Для зрощування нероз’ємного з’єднання застосовується метод зварювання (втрати 0,03–0,05 дБ) або метод склеювання (втрати 0,35–0,5 дБ)” [6].

1.2. Характеристики польової кабельної системи тактичної ланки управління

Проводовий зв’язок забезпечує зручність ведення переговорів, скритність серед інших родів зв’язку, майже не підлягає дії створюємих завад, забезпечує зв’язком велику кількість абонентів.

Основним способом організації проводового зв’язку є напрямок до командирів підлеглих підрозділів (взвод, відділення, спостережний пункт, ін.).

Лінії проводового зв’язку розгортаються з початком заняття ПУ (блокпоста), і проводиться їх постійне удосконалення в плані розгортання ліній проводового зв’язку з усіма необхідними абонентами (підрозділами) та підвищення живучості (рисунок 1.7.).

Проводовий зв’язок розгортається: з спостережними постами, вогневою позицією мінометної артилерії, вогневою позицією протитанкової артилерії, іншими вогневими засобами [7].

З метою не допущення пошкодження кабелю під час артилерійських і зенітно-ракетних обстрілів, розгорнутий кабель обов’язково закопується в

землю або на нього вздовж кладуться мішки з піском [7].

За досвідом виконання завдань, здійснювати прив'язку блокпостів до районних ВЗ ПАТ “Укртелеком” (з використанням польового кабелю П-274) при великій протяжності недоцільно, в зв'язку з можливістю захоплення противником філій ПАТ “Укртелеком”, легкістю підключення до каналів зв'язку з метою прослуховування переговорів керівного складу або введення хибної інформації та великою ймовірністю пошкодження ліній зв'язку [8].

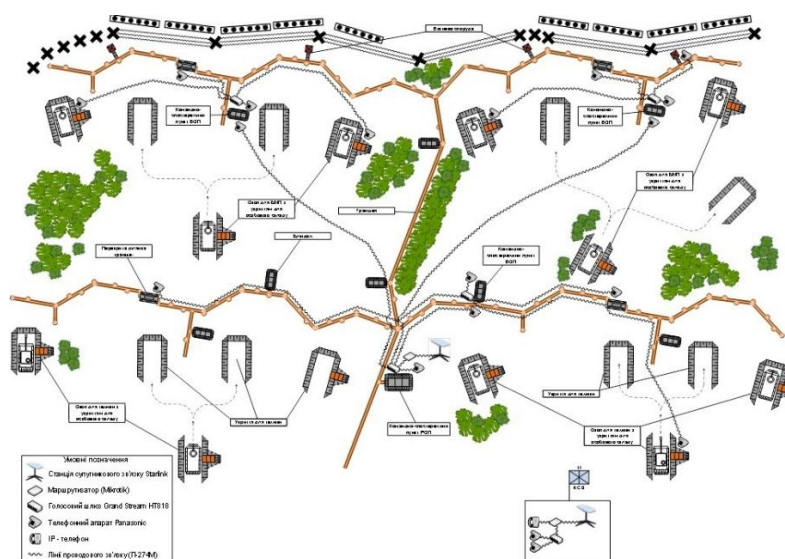


Рисунок 1.7. – Схема організації проводового зв'язку на ротному опорному пункті, взводному опорному пункті (варіант).

Проводовий зв'язок між ротами (батареями) здійснюється через ВЗ КСП батальйону (рисунок 1.8.).

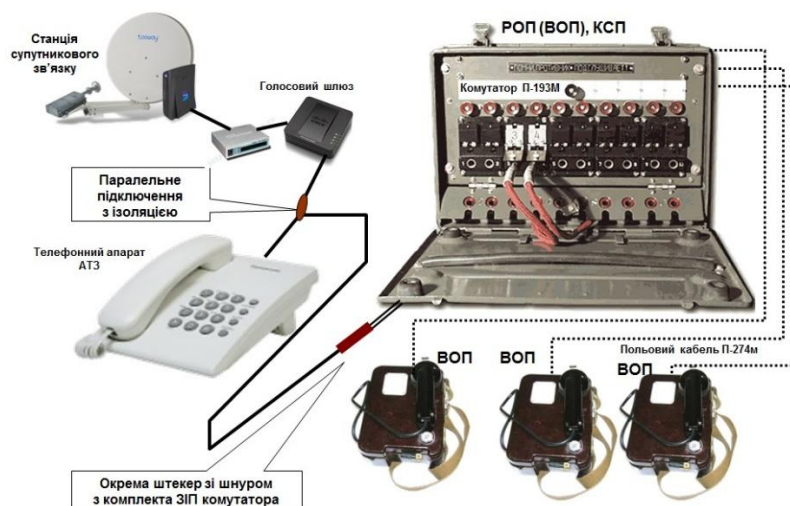


Рисунок 1.8. – Використання супутникового зв'язку “Тоoway” (варіант)

Проводовий зв'язок у вихідному положенні для наступу і в обороні знаходить широке застосування, особливо до початку активних бойових дій, коли використання засобів радіозв'язку і транкінгового зв'язку обмежено або повністю заборонено.

При цьому лінія проводового зв'язку прокладається, як правило, через запасний район розміщення КСП рот.

З командирами рот (батареї) та інших підрозділів батальйону – від КСП силами і засобами взводу зв'язку батальйону (П-274М, ТА-57).

“Проводовий зв'язок у роті (батареї) організовується при розташуванні його на місці, у вихідному районі і в обороні. Найбільш широке застосування проводів засоби зв'язку знаходять в оборонному бою (рисунок 1.9.) та розташуванні на місці” [8].

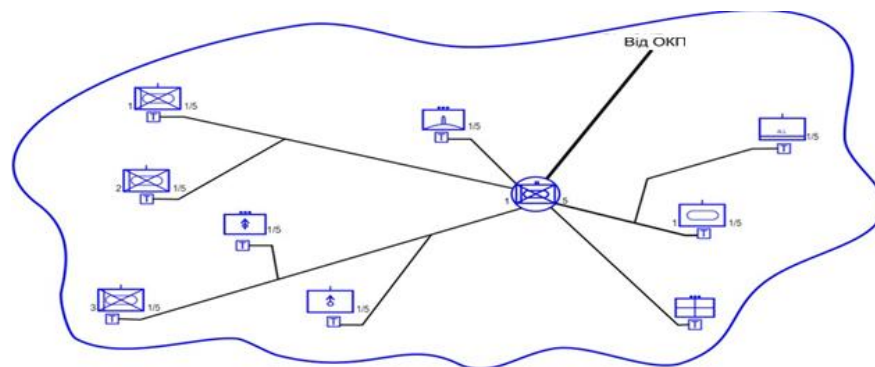


Рисунок 1.9. – Схема проводового зв'язку в районі зосередження (варіант)

“Проводовий зв'язок у механізованому батальйоні (дивізії) організовується в оборонному бою, у районі очікування при прориві оборони противника з ходу, у вихідному положенні для наступу, коли батальйон прориває оборону з рубежу безпосереднього зіткнення із противником, а також для забезпечення внутрішнього зв'язку на КСП батальйону” [9].

Основним способом організації проводового зв'язку є напрямок до командирів підлеглих підрозділів (механізованих рот, мінометної батареї, ін.).

Проводовий зв'язок між підрозділами батальйону здійснюється через ВЗ КСП батальйону.

“У ході наступу проводовий зв'язок у батальйоні, як правило, не

організовується, але всі проводові засоби зв'язку повинні перебувати в постійній готовності до розгортання у випадку різкої зміни обстановки, коли темп наступу підрозділів сповільнюється (наприклад, на рубежах тривалого зіткнення із противником, при форсуванні водних перешкод і при переході від наступу до оборони)” [9].

При наступі з висуванням із глибини проводовий зв'язок у батальйоні організовується у вихідному районі кабелем П-274М. Через нетривале перебування підрозділів у вихідному районі проводовий зв'язок від КСП батальйону організовується за скороченою схемою, тобто по одній проводовій лінії зв'язку – із двома або трьома ротами. Як правило, у вихідному районі від КСП батальйону розгортається 2-3 напрямки проводового зв'язку, за якими забезпечується зв'язок з усіма підрозділами [10].

Через те, що *мб* з похідного порядку розгортається у бойовий порядок і переходить в атаку, проводовий зв'язок на рубежі атаки, як правило, не організовується. А оскільки підтримуючий артдивізіон виходить на рубіж атаки за 2-3 год. до висування батальйону, що дозволяє в артдивізіоні розгорнути проводові лінії завчасно до атаки, то командири механізованих рот можуть на короткий час зупинитися на КСП артбатареї (а командир *мб* – на КСП *адн*) і скористатися проводовим зв'язком *адн* для невідкладних переговорів.

Продовий зв'язок у вихідному положенні для наступу *мб* із положення безпосереднього зіткнення із противником і в обороні знаходить широке застосування, особливо до початку активних бойових дій, коли використання засобів радіозв'язку і транкінгового зв'язку обмежено або повністю заборонено [10].

Продовий зв'язок командира і штабу *мб* із командиром і штабом бригади розгортається за напрямком розпорядженням із зв'язку штабу бригади силами та засобами польового ВЗ (кабель П-274М).

При цьому лінія проводового зв'язку прокладається, як правило, через запасний район розміщення КСП батальйону.

З командирами механізованих рот та інших підрозділів батальйону –

від КСП *мб* силами і засобами взводу зв'язку батальйону (кабель П-274М).

Проводовий зв'язок у *мб* організовується при розташуванні його на місці, у вихідному районі і в обороні. Найбільш широке застосування проводів засоби зв'язку знаходять в оборонному бою та розташуванні на місці [11].

Для організації проводового зв'язку у взводі зв'язку *мб* є [11]:

- легкий польовий кабель П-274М (25 км);
- польові телефонні комутатори П-193М (2 комплекти);
- польові телефонні апарати (далі – ТА) ТА-57-У, ТА-57 (20 комплектів).

Проводовий зв'язок між сусідніми по фронту підрозділами прокладається за принципом: від правого сусіда до лівого.

“З метою забезпечення більшої живучості проводових ліній зв'язку вони розгортаються з урахуванням захисних властивостей місцевості по траншеях, ходах сполучень, осторонь маршрутів руху гусеничної техніки або заглиблюються в землю” [11].

Як вже відмічалось, при цьому лінія проводового зв'язку прокладається, як правило, через запасні позиції розміщення КСП рот (рисунок 1.10.).

На ПУ та на підходах до них всі проводові лінії зв'язку, як правило, заглиблюються в землю або прокладаються в рівчаках і маскуються.

“У батальйоні проводовий зв'язок організовується від КСП *мб* з командирами рот, мінометною батареєю, ПТВ (для *мб* на бронетранспортерах) зенітно-ракетного взводу, гранатометного і розвідувального взводів, взводом матеріального забезпечення, інженерно-саперним взводом, медичним пунктом, постом позначення батальйону, пунктом технічного спостереження” [12].

Також передбачається організація проводового зв'язку з бойовою охороною, бронегрупою, вогневими засідками і командирами приданих підрозділів, які перебувають в безпосередньому підпорядкуванні командира *мб*.

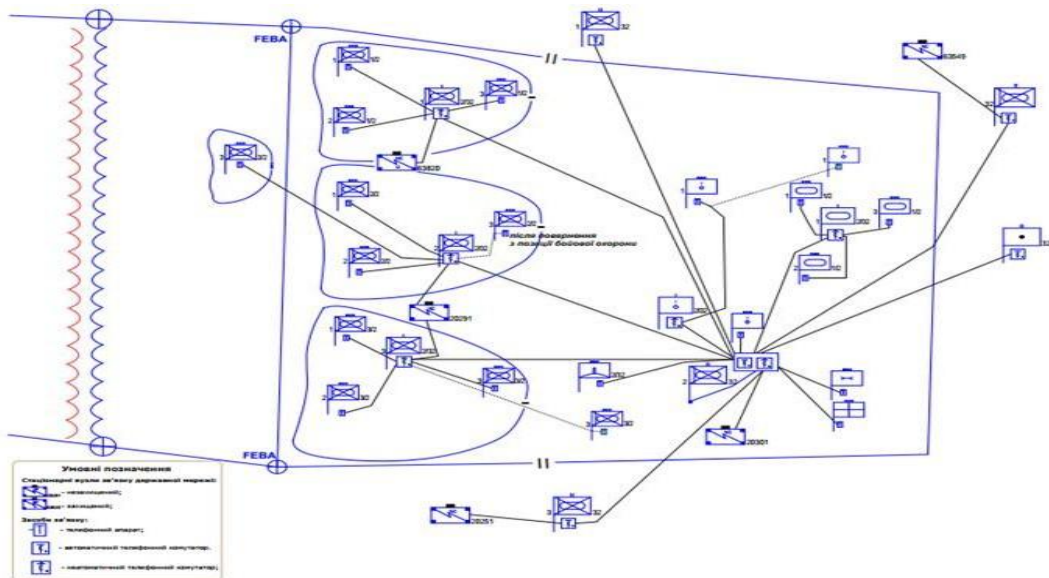


Рисунок 1.10 – Схема організації проводового зв'язку *мб* в обороні (варіант)

Для забезпечення проводового зв'язку на ВЗ КСП *мб* розгортається ручна телефонна станція у складі з'єднаних між собою комутаторів П-193М, що дозволяє обслуговувати до 20 ліній зв'язку.

З метою скорочення витрат кабелю та зменшення трудовитрат на його розгортання зв'язок з деякими абонентами може забезпечуватися по одній лінії. З ротою першого ешелону може забезпечуватись зв'язок із бойовою охороною і спостережними постами. Одну лінію можна використовувати для роти матеріального забезпечення і медичного пункту [10-12].

“Лінії проводового зв'язку від ПУ приданої артилерії розгортаються силами та засобами артилерійських підрозділів. Силами і засобами відділення зв'язку мінбатр від КСП батареї розгортаються лінії проводового зв'язку до вогневих позицій батареї і передового (бокового) спостережного пункту. КСП артилерійського підрозділу розгортається спільно із КСП однією із рот першого ешелону. Тому проводові лінії артилерії можуть утворювати обхідні напрямки зв'язку з командирами рот першого ешелону” [11].

Зв'язок із сусіднім підрозділом з ліва може забезпечуватись за напрямком, організованим силами і засобами ВЗ *мб*.

Проводовий зв'язок у бригаді організовується в оборонному бою, у вихідному положенні для наступу (рисунок 1.11.).

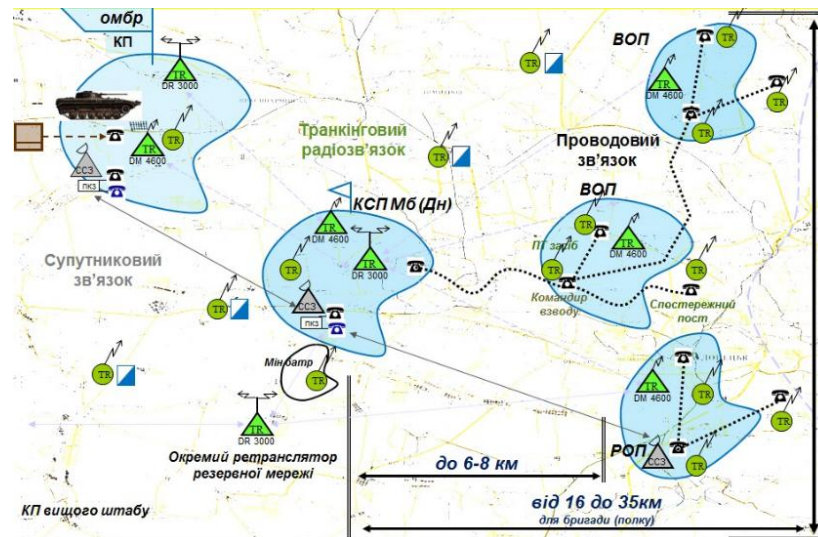


Рисунок 1.11. – Схема організації зв'язку в бригаді (варіант)

“Проводовий зв'язок із КП бригади забезпечується за напрямком, що розгортається силами і засобами польового ВЗ бригади (відповідно до розпорядження зі зв'язку бригади)” [11].

Як правило, цей напрямок зв'язку (кабель П-274М) розгортається від ВЗ КП бригади через КСП батальйону до вихідного пункту на маршруті висування.

Проводовий зв'язок штабом бригади забезпечується силами і засобами польового ВЗ за напрямком відповідно з розпорядженням із зв'язку штабу бригади через запасні місця розгортання ПУ бригади.

Зв'язок із сусідніми батальйонами своєї *ОМБР*, об'єднаний командний пункт (далі – ОКП) *ОМБР*, тилловий командний пункт *ОМБР* забезпечується відповідно з розпорядженням зі зв'язку штабу *омбр*, через ВЗ ОКП *ОМБР*, а з сусідом зліва може забезпечуватись за напрямком, організованим силами і засобами ВЗ *мб* (рисунок 1.12.).

“Для організації проводового зв'язку в загальновійськових підрозділах в теперішній час використовуються легкий польовий кабель П-274М, польові комутатори (П-193М, П-193М2), ТА (ТА-57, ТАІ-43, FF-ОВ/ЗВ, М63). За час ведення російсько-української війни гостро стало питання щодо наявності

польових комутаторів та ТА, всі запаси даних засобів майже вичерпано, як варіант для реалізації мережі проводового зв'язку на рівні РОП-ВОП в батальйонах загальновійськових частин пропонується розгортання проводової мережі з використанням голосових шлюзів Grandstream, аналогових телефонів та легкого польового кабелю П-274М (рисунок 1.13.)” [12].

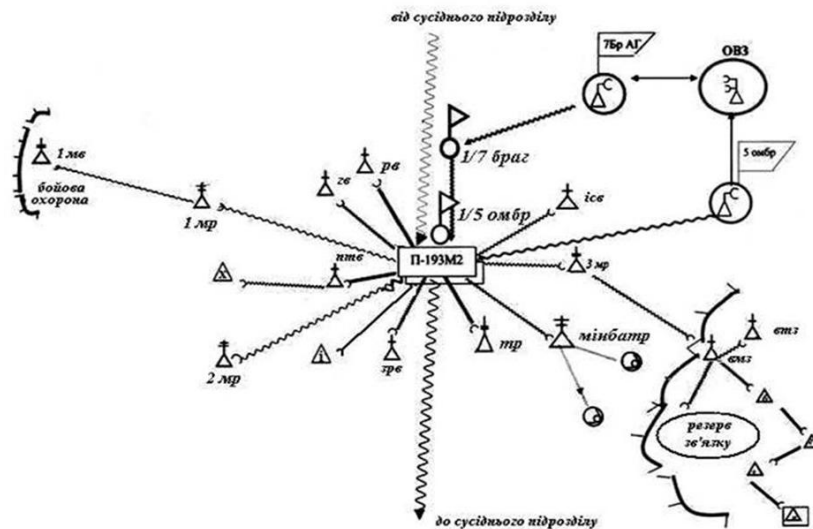


Рисунок 1.12. – Схема організації зв'язку бригади в обороні (варіант)

Функціонал голосових шлюзів дозволяє здійснювати дзвінки між підключеними до нього телефонами без підключення до мережі та реєстрації абонентських номерів на SIP сервері за допомогою інтерактивного голосового меню. У разі використання голосового шлюзу Grandstream (до 8 портів) для входу в меню необхідно натиснути *** і потім 71 – для виклику першого порту, 72 – для другого порту, 73 – третього і так далі до 78 – восьмого порту. Якщо використовувати голосові шлюзи Grandstream (на 16 портів і більше) для входу в меню необхідно натиснути *** і потім 701 – для виклику першого порту, 702 – для другого порту, 703 – третього і так далі до 724 – двадцять четвертого порту.

Для внутрішнього зв'язку між портами шлюзу ніяких додаткових налаштувань не потрібно!

Для забезпечення зв'язку командирів роти на РОП, як приклад (Рисунок 14), можна використати наступну схему: CC3 Starlink – Ethernet адаптер –

Ethernet кабель – маршрутизатор Mikrotik – голосовий шлюз Grandstream.



Рисунок 1.13. – Голосовий шлюз, ТА, польовий кабель

Один з портів голосового шлюзу налаштувати з використанням телефонного номера Єдиної автоматизованої системи зв'язку, що реєструється на SIP сервері, для телефону командира роти для зв'язку з вищим штабом, решту портів голосового шлюзу для зв'язку з підлеглими (рисунок 1.15). При чому, навіть якщо порту призначений номер, який реєструється на SIP сервері, виклики через інтерактивне голосове меню (***) однаково можна здійснювати [13].

Для зручності з'єднання польового кабелю та телефонів використовувати телефонні розетки RJ-12 (рисунок 1.14.).

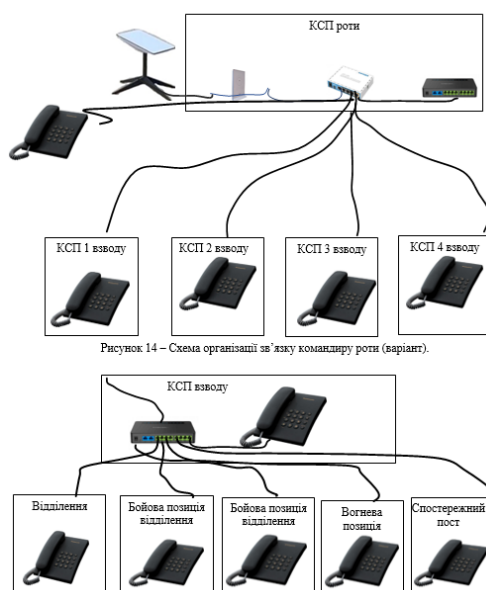


Рисунок 14 – Схема організації зв'язку командирів роти (варіант).

Рисунок 1.14 – Схема організації зв'язку командирів взводу (варіант).

“Проводові лінії зв’язку вдалося практично розгорнути з використанням вищевказаних засобів на відстань понад 4 км, при чому така відстань не впливала на якість зв’язку” [12].



Рисунок 1.15. – Телефонні розетки.

Як правило на КСП ВОП-ів електроживлення відсутнє, тому даний спосіб розгортання ліній проводового зв’язку може бути повністю автономним, як у плані підключення до мережі, так і в плані електроживлення. Замість стандартного підключення до мережі 220 В є кілька способів електроживлення, один з яких акумулятор 12В разом з перетворювачем. На вогневих позиціях, спостережних постах електроживлення аналогових телефонів забезпечується по польовій кабельній лінії зв’язку від голосового шлюзу.




1.3. Аналіз розвитку польової системи зв’язку Збройних Сил НАТО

Розвиток системи зв’язку тактичного рівня управління армії США вбачається в створенні засобів нового покоління, які забезпечать інтеграцію засобів зв’язку тактичного рівня в глобальну інформаційну інфраструктуру.

Проводові засоби зв’язку використовуються для організації зв’язку між взводними, ротними та батальйонними опорними пунктами.

В таблиці 1.4. наведено характеристики основних проводових засобів зв’язку.

Таблиця 1.4. Основні характеристики проводових засобів зв'язку

Назва засобу зв'язку, фірма та країна – виробник	KG-275A маршрутизатор (Cisco, США)	TP-LMSW-10 OPT01-08- польовий комутатор	TSEC / KY-68 DSVT телефонний апарат
Зовнішній вигляд			
Живлення	від 21 до 56 В	від 12-32 В	від 21 до 56 В
Дальність зв'язку, км	до 30	UTP cable (10Base-T, 100Base-TX): 100 m MM optical cable, full duplex: 2 km, SM optical cable, full duplex: 10, 30, 50, 80 or 120 km	до 1,5
Швидкість передачі, Мбіт/с	100		16; 32 кбіт/с
Інтерфейси: вводу/виводу	IEEE 802.3 Ethernet, 10/100/1000 Base T (RJ-45).	IEEE 802.3 10Base-T, 802.3u 100Base-TX a 100Base-FX H323 (SIP1, Call Manager1)	
Розміри, см	8,9x43,8x39,4	576 x 305 x 335 mm (W x D x H), 795 x 518 x 393 mm including transporting box	
Вага, кг	13,6	7,4	4,3

“Система управління оперативно-тактичної лінії управління (далі – ОТЛУ) і тактичні лінії управління (ТЛУ) в армії США поділяється на 6 функціональних областей (рисунк 1.16.)” [13]:

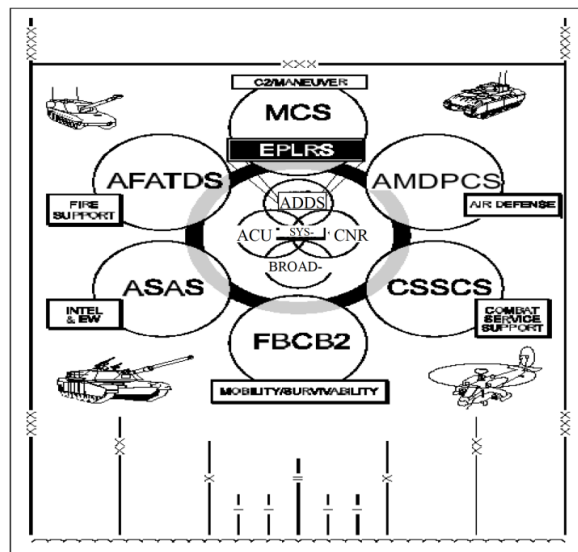


Рисунок 1.16. – Складові системи управління і телекомунікаційної транспортної системи

1. MCS – система управління маневреними силами;
2. AFATDS – система управління польовою вогневою підтримкою;
3. AMDPCS – система управління авіаційним і ракетним повітряним захистом;
4. CSSCS – система управління бойовим тиловим забезпеченням;

5. ASAS – система управління розвідкою і радіоелектронною боротьбою (РЕБ);

6. FBCB2 – система управління силами на полі бою (є тільки в ТЛУ).

Потреби в пересиланні повідомлень для цих систем управління забезпечуються [13]:

- в ОТЛУ (корпусний та дивізійний ешелони) – територіальною системою загального користування (Army Common User System – ACUS);

- у ТЛУ (бригадний та нижчі ешелони) – бойовою системою радіозв'язку (Combat Net Radio – CNR).

“Ще дві телекомунікаційні складові: армійська система розподілу даних (Army Data Distribution System – ADDS) і довідкова інформаційна система (Broadcast System – BS) охоплюють обидві ланки (дивізійний, бригадний та нижчі ешелони)” [14].

Досконалість цієї системи робить її цікавою як можливий прототип для майбутньої системи зв'язку та АСУВ ЗСУ.

Склад ТКК ОТЛУ і взаємодія субсистем комплексів. “Сітчасті ТКК в арміях країн НАТО почали впроваджувати з 70-х років ХХст.: RITA-2000 у Франції, PTARMIGAN у Великобританії, SOTRIN в Італії, AUTOCO-90 в Німеччині, EriTac у Швеції, MSE в США, IRIS в Канаді. Цим комплексам властива аналогія структури, складу елементів і основ бойового застосування” [15].

Розглянемо їх на прикладі MSE (Mobile Subscriber Equipment). “Комплекс MSE призначений для реалізації територіальної ACUS в армійському корпусі 5 дивізійного складу армії США. Загальна територія, на якій забезпечується зв'язок комплексом MSE, становить близько 40000 км (250 км по фронту і 160 км в глибину). Територія поділяється на корпусну і дивізійні зони відповідальності AOR (рисунок 1.17.)” [15].

“Повідомлення між абонентами передаються шляхом доступу до багатоканальних ліній зв'язку, які поєднують між собою ВЗ (Node Center – NC), розташовані на відстані прямої видимості. Кожен вузол має можливість

створювати до 4-х ліній прямої видимості з нормативною відстанню близько 40 км. Пропускна спроможність однієї багатоканальної лінії зв'язку становить 256 *кбіт/с* (16 каналів по 16 *кбіт/с*); загальна пропускна спроможність 4-х ліній – 1024 *кбіт/с*.” [15]

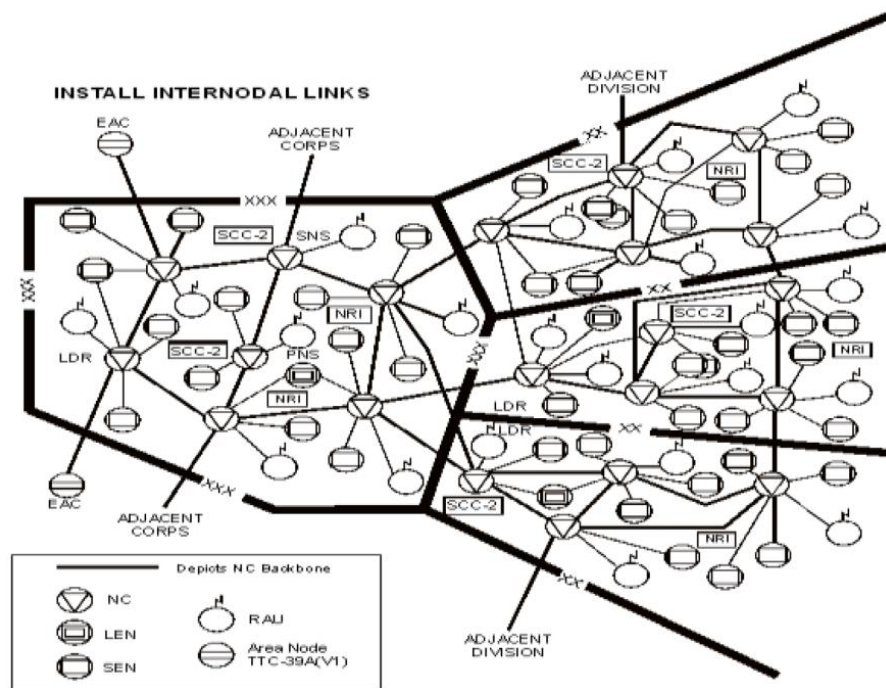


Рисунок 1.17. – Територіальний розподіл елементів комплексу MSE

Доступ всіх абонентів до *NC* по горизонталі й ієрархічній вертикалі здійснюється за допомогою елементів доступу 3-х різновидів (рисунок 1.18., 1.19.), якими є [15]:

великі вузли доступу (Large Extension Node – LEN), які використовуються для підключення абонентів штабів корпусного і дивізійного ешелонів (головного КП, тилового КП);

загальна кількість абонентського доступу до LEN становить:

Телефонних ліній – 26;

ліній передачі даних – 4;

запасних ліній – 2;

всього – 32 лінії з пропускною спроможністю 16 *кбіт/с* кожна;

LEN передають повідомлення абонентів до *NC* за допомогою радіоліній прямої видимості з пропускною спроможністю 512 *кбіт/с*;

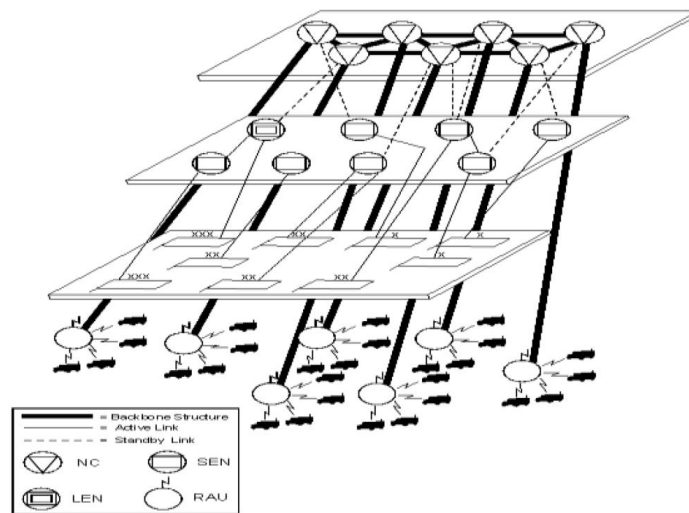


Рисунок 1.18. – Архітектура доступу абонентів до вузлових центрів (NC) комплексів

малі вузли доступу (Small Extension Node – SEN), які використовуються для підключення абонентів штабів тактичного ешелону (бригада, батальйон);

загальна кількість ліній абонентського доступу до SEN становить 16, з них: Телефонних ліній – 10, ліній передачі даних – 4, запасних ліній – 2;

передача повідомлень від SEN до NC здійснюється багатоканальною радіолінією прямої видимості з пропускнуою спроможністю 256 *кбіт/с*;

точки радіодоступу (Radio Access Unit – RAU), які забезпечують підключення мобільних абонентів, що перебувають на відстані до 15 км. Є дві точки радіодоступу до кожного NC:

локальна RAU, що розташована безпосередньо на території розміщення NC і пов'язана з комутаційним обладнанням NC кабельною лінією;

віддалена RAU, що розташована на відстані від NC до 10 км і пов'язана з NC радіолінією прямої видимості.

Обидві RAU подібні щодо можливостей підключення мобільних абонентів, а саме:

абоненти пов'язані з RAU радіолініями НВЧ (30–88 МГц);

кількість водночас працюючих радіоліній доступу мобільних абонентів зі швидкістю передавання 16 *кбіт/с* в кожній становить 8;

кількість абонентів, що обслуговуються однією RAU досягає 50; абоненти, що зареєструвалися в одній RAU, автоматично переключаються до іншої (сусідньої) RAU у разі переміщення з однієї зони обслуговування до іншої;

загальна швидкість пересилання повідомлень до одного NC від віддаленої та локальної RAU становить 256 кбіт/с .

“Загальна кількість абонентів, що обслуговуються комплексом MSE на території відповідальності, досягає 26 100, з них: мобільних абонентів – 1900; абонентів, що передають дані – 16000; абонентів, що передають Тлф несекретні повідомлення – 8200” [15].

“Абонентські кінцеві засоби зв’язку є штатною технікою абонентів і обслуговуються ними. Це цифрові телефони нетаємного зв’язку; цифрові телефони таємного зв’язку; факсимільні апарати; апаратура радіозв’язку мобільних абонентів (Mobil Subscriber Radio Terminal – MSRT), зокрема транкінгового зв’язку. Всі кінцеві засоби передають і приймають цифровий сигнал (далі – ЦС) зі швидкістю 16 кбіт/с . ТА таємного і нетаємного зв’язку забезпечують передавання і відтворення мовних повідомлень, а також даних. Апаратура MSRT обладнана лише телефоном таємного зв’язку, який може передавати і дані. Цифрові факсимільні апарати передають чорно-білі зображення (8 рівнів сірого), до яких належать рукописні повідомлення, діаграми та ін” [15].

Технології інтеграції видів зв’язку в ТКК ОТЛУ. “У комплексі MSE інтеграція різноманітних повідомлень відбувається шляхом використання двох технологій: дейтаграмної передачі пакетів комп’ютерних даних (далі – КД); створенням комутованих віртуальних каналів зв’язку для передачі мовних і факсимільних повідомлень. Для забезпечення дейтаграмної передачі виділяється близько 10% каналів у LEN і створюється пакетна мережа (рисунок 1.19.)” [15].

Транспортування КД виконується відповідно до протоколів X.25 і TSP/IP взаємодії кінцевого і мережного обладнання (рисунок 1.20.).

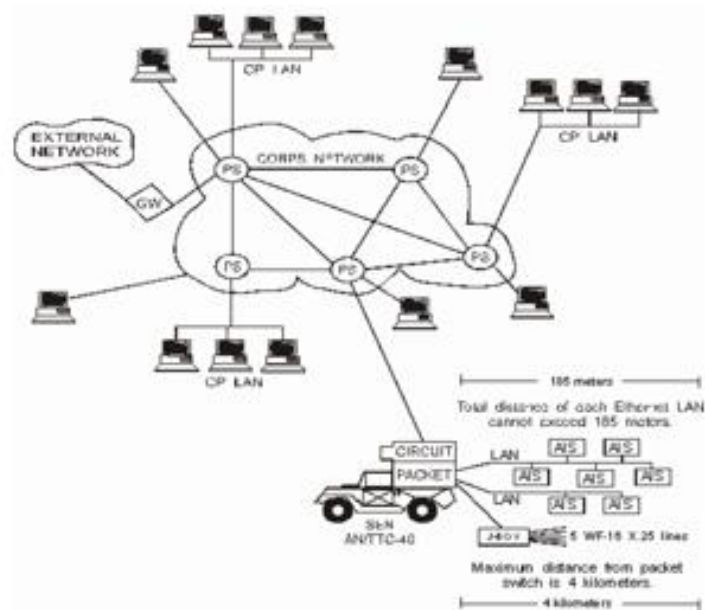


Рисунок 1.19. – Взаємозв’язок засобів автоматизації і телекомунікаційної транспортної системи операційно-тактичної ланки управління

Пакетні комутатори (Packet Switch – PS) пакетної мережі (PN) входять до складу 3-х елементів MSE [16]:

- вузлових центрів (NC);
- малих вузлів доступу (SEN);
- великих вузлів доступу (LEN).

“Підключення комп’ютерів (далі – ПК) до мережі відбувається через PS, що входять до складу SEN і LEN (Рисунок 1.21.). Протоколи X.25 використовуються для транспортування даних від окремих ПК (до SEN передбачено доступ 5 ПК, до LEN – 7), які можуть бути віддалені від вузлів доступу на відстань до 4 км. Протоколи TCP/IP використовуються для підключення ПК, об’єднаних в локальну мережу (LAN) максимальна кількість ПК, що об’єднуються однією LAN, становить 30; максимальна довжина кабелю, до якого підключаються ПК – 185 м. До SEN можуть бути підключені 2 LAN, до LEN – 4 LAN. Швидкість пересилання даних від ПК LAN становить 96 кбіт/с; від відокремлених ПК – 16 кбіт/с.” [16]

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНІХ РОЗРОБЛЕНЬ ПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

2.1. Волоконно-оптичні мережі зв'язку

“У галузі створення кабельної техніки все більше уваги приділяється ВОК, які мають відмінні характеристики усіх типів (мале згасання, високі стійкість, якість, пропускна спроможність тощо), крім однієї. Це складність з'єднання світловодів з роз'ємами і між собою за потреби нарощування довжини кабелю. ВОК коштує не набагато більше металевого, однак його прокладання і виконання монтажних робіт коштують набагато більше через велику трудомісткість, складність точного обрізання під кутом 90°, зрощування і високу вартість монтажного обладнання” [17].

“У світі волоконні світловоди виробляють лише 6–8 фірм, однією з яких є фірма “Корнінг Глас” (США). В Україні волоконні світловоди ще не виробляють, але завод “Одеса-кабель” виробляє ВОК з імпортованих світловодів.

Волоконно-оптичний лінійний тракт (далі – ВОЛТ. Станом на початок 2022 року кабельна мережа України складалась на 73% з симетричних кабелів, на 21% – з коаксіальних кабелів, на 6% – з ВОК. Довжина ВОК становила 6400 км, з яких 900 км – багатомодові на місцевих лініях, але по ВОК передавалось більш ніж 50% трафіка. Ступінь цифровізації магістралей складала 58%, зонових мереж – 20%.” [17]

“На основі ВОК побудовані такі волоконно-оптичні лінії зв'язку (далі – ВОЛЗ), як Київ – Львів – Краків, Київ – Чернігів, Дніпро – Донбас, Олександрія – Харків, Ужгород – кордони зі Словаччиною і Угорщиною, Київ – Одеса з виходом на Італію, Туреччину та інші держави. Було розпочате будівництво ВОЛЗ “Поділля”, “Полісся”, “Вуглик”, “Січ”, “Азов”, “Софія” [17].

Структура ВОЛТ [18]. “Складовою частиною військової багатомодової ВОСП П-336 є ВОЛТ, який є сукупністю технічних засобів, що забезпечують передавання зв’язкових сигналів у межах однієї системи на довжині хвилі $\lambda = 1,33 \text{ мкм}$ зі швидкістю $V = 2,048 \text{ Мбіт/с}$ ” [17].

Структурна схема ВОЛТ польової СП П-336 зображена на рисунку 2.1.

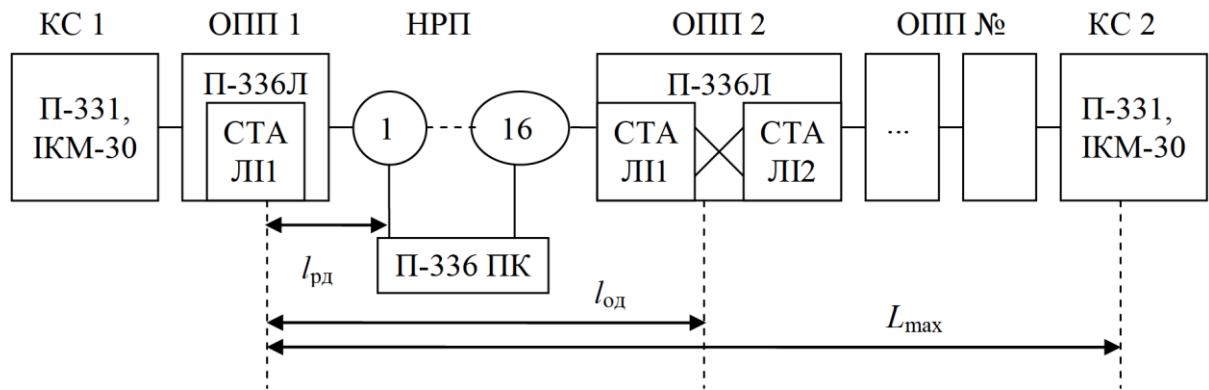


Рисунок 2.1. – Структурна схема ВОЛТ польової системи передачі П-336

На схемі позначено:

КС – кінцева станція з КТА П-331 (“Імпульс”) або ІКМ-30;

ОПП – обслуговуємий перетворювальний пункт, створений на базі апаратури П-336Л, яка виконана у вигляді моноблоку. До її складу входять два комплекти станцій СТА Л1, які обслуговуються. Є можливість використовувати одну з них, а другу тримати в резерві;

Необслуговуємий ретрансляційний пункт, що створюється на базі апаратури П-336Р і П-336ІП. З них: – П-336Р – ретранслятор, в конструкції якого передбачена можливість автономного використання, заглиблення в ґрунт на термін до 2 років, перебування під водою до 5 місяців. Маса ретранслятора становить 25 кг;

П-336ІП – батарея з 18-ю нікель-кадмієвими акумуляторами з 15-денним терміном безперервного електроживлення, після закінчення якого батарея подає сигнал щодо її заміни;

П-336ПК – прилад контролю за цілісністю оптичного кабелю з можливістю контролю за згасанням сигналу в оптичних волокнах, перевірки

працездатності П-336Л і П-336Р, забезпечення ділянкового службового зв'язку з П-336Р у період розгортання ВОЛТ.

Параметри ВОЛТ умовно поділяють на оперативно-технічні та електричні [18].

До оперативно-технічних належить максимальна дальність, швидкість передачі, достовірність і надійність. Максимальна дальність L_{\max} – це протяжність ВОЛТ, за якої ще гарантується перебування параметрів каналів і трактів у межах, заданих допуском. У П-336 з ВОК “Камелія-2” $L_{\max} = 2500$ км.

Швидкість передачі V визначається існуючою ієрархією швидкостей. УП-336 вона становить $2,048$ Мбіт/с.

Достовірність оцінюється ймовірністю помилки в ретрансляції елемента сигналу (біта) $P_{\text{лт}}$.

Надійність оцінюється середнім часом напрацювання на відмову і середнім часом відновлення.

До електричних параметрів ВОЛТ належить вид лінійного коду, тактова частота, ймовірність помилки поодинокого ретранслятора P_0 , амплітуда імпульсів на виході, струм і напруга живлення.

2.2. Технологія плезіохронної цифрової ієрархії (PDH)

Економія ресурсів завжди відігравала неабияку роль під час побудови мереж зв'язку. У той же час вартість тактичної комунікаційної мережі, її прокладання та експлуатація дуже високі. Тому не дивно, що розроблено декілька технологій ущільнення каналів для пересилання групового сигналу одним фізичним кабелем. На таких новітніх технологіях ущільнення, як технологія синхронної цифрової ієрархії (SDH), технології щільного та надщільного хвильового мультиплексування (DWDM, HDWDM) і технологія створення повністю оптичних мереж (AON).

“Прокладання високоякісних ліній зв'язку на великі відстані коштує дуже дорого. Тому в перших глобальних мережах часто використовували вже

існуючі канали зв'язку, що раніше призначалися для іншої мети (наприклад, Тлф КТЧ, що призначалися для пересилання аналогових сигналів)” [19].

Швидкість пересилання даних такими каналами дуже низка (десятки *кбіт/с*).

“Така швидкість у глобальних мережах може бути використана хіба що для передавання електронної пошти. Крім того, ці канали вносять великі спотворення в дискретний сигнал і вимагають складних процедур контролю і регенерації (що і виконує технологія X.25 з початку 70 років ХХ ст.)” [19].

“Але наприкінці 60-х років у Тлф мережах з'явилися високошвидкісні канали, що з'єднували автоматичні телефонні станції (далі – АТС) і давали можливість передавати одночасно в цифровій формі десятки і сотні розмов. Була розроблена спеціальна технологія плезіохронної (майже синхронної) цифрової ієрархії (PDH, Plesiochronous Digital Hierarchy), що призначена для створення первинних, чи опорних мереж зв'язку (далі – ОМЗ). Такі мережі не обслуговують безпосередньо користувачів, а є фундаментом для побудови цифрових каналів “точка – точка”, що з'єднують устаткування так званої накладеної, чи вторинної мережі, яка працює вже безпосередньо на кінцевого користувача” [19].

“Спочатку технологія PDH, що забезпечувала швидкість передавання до 139 *Мбіт/с*, була внутрішньою технологією Тлф компаній. Згодом ці компанії стали здавати частину своїх PDH-каналів в оренду підприємствам і відомствам, що використовували їх для створення власних Тлф і комп'ютерних мереж” [19].

“Принцип побудови цифрових систем передачі (далі – ЦСП) PDH. У первинних ЦСП (ІКМ-30) під час мультиплексування каналних цифрових потоків (далі – ЦП) використовується їх побайтне об'єднання, тобто об'єднання з чергуванням байтів різних каналів. У вторинних ЦСП і ЦСП вищих рівнів здійснюється мультиплексування з чергуванням бітів різних каналів, а не байтів” [19].

“Вхідні швидкості чотирьох різних потоків можуть не збігатися. Тоді у

потоки з меншими швидкостями додаються біти, що їх вирівнюють. З потоків з більшими швидкостями для вирівнювання швидкостей частина бітів вилучається. Інформація про місце розташування вставлених і вилучених бітів також передається, на що витрачається кілька відсотків пропускнуої спроможності лінії. На приймальній стороні для відновлення переданих кодових комбінацій біти, що вирівнювали швидкості, відповідно вилучаються чи вставляються. Такий процес передавання ЦП дістав назву плезіохронного (майже синхронного), а ЦСП дістала назву системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії” [19].

“Таких причин декілька, а саме: – складність операцій мультиплексування, демуптиплексування і неможливість виділення будь-якої складової потоку без повного його де мультиплексування. Вставка і вилучення бітів, що вирівнюють швидкості, дуже утруднюють визначення місця розташування бітів у ЦП. Це, у свою чергу, утруднює виділення у проміжному пункті необхідного ЦП, наприклад, 64 кбіт/с чи 2048 кбіт/с з потоку $139,264 \text{ Мбіт/с}$. Для цього в проміжному пункті необхідно цілком демуптиплексувати прийнятий потік, вилучаючи і додаючи, де це необхідно, біти, що вирівнювали швидкості; виділити необхідний потік; зібрати залишки у новий потік, вилучаючи і додаючи біти, що вирівнюють швидкості. За наявності в мережі великої кількості проміжних пунктів, апаратна реалізація такої ЦСП стає дуже складною, а її експлуатація в сучасних умовах стає економічно не вигідною; – недостатня канална ємність для сучасних первинних і транспортних мереж, де потрібні не сотні і тисячі, а десятки тисяч і сотні тисяч каналів; – відсутність розвинутих вмонтованих процедур автоматизованого контролю та управління мережею, без яких неможливо задовольнити сучасні вимоги до якості і надійності зв’язку” [20].

Усі ці недоліки усунуті в SDH-технології і в синхронних ЦСП.

2.3. Технології щільного та надщільного хвильового мультиплексування (DWDM, HDWDM) і створення повністю оптичних мереж (AON)

Технологія хвильового мультиплексування (WDM) дає змогу істотно збільшити швидкість пересилання сигналів в одному одномодовому волокні (ОВ).

“За цією технологією діапазон довжин хвиль, наприклад, 1530–1560 нм поділом за довжиною хвилі розбивається на кілька оптичних хвильових каналів, що пролягають в одному ОВ. Якщо довжини хвиль сусідніх каналів розрізняються на 3,2 нм, то в зазначеному діапазоні (рисунок 2.2.) можна розмістити 8 оптичних каналів” [20].

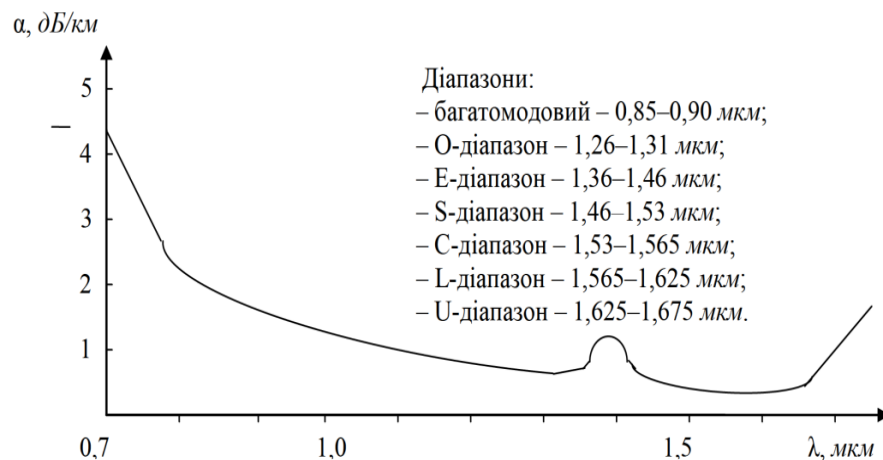


Рисунок 2.2. – Залежність коефіцієнта згасання оптоволокна від довжини хвилі сигналу

Якщо в кожному з них функціонує система SDH рівня STM-64, то сумарна швидкість передавання одним ОВ становитиме 80 Гбіт/с.

Стандартної класифікації WDM не існує, тому зустрічаються системи передачі WDM і з іншими характеристиками.

“Подальший розвиток технології WDM спрямовано на збільшення кількості оптичних каналів в одному ОВ через зменшення рознесення сусідніх каналів за довжиною хвилі, чи за частотою. Унаслідок цього розроблені технологія і системи передавання щільного хвильового мультиплексування DWDM” [20].

ITU-T рекомендує такі варіанти рознесення сусідніх каналів: – на 100 ГГц (0,8 нм), що дає змогу створити 40 каналів; – на 50 ГГц (0,4 нм), що дає змогу створити 80 каналів.

“Деякі компанії випускають експериментальні зразки елементів для реалізації надщільної DWDM (High– DWDM), які здатні працювати з рознесенням 25 ГГц (0,2 нм), що дає змогу створити в тому самому діапазоні хвиль (і частот 192–196 ТГц) 160 каналів зі швидкістю передавання 10 Гбіт/с кожен. Загальна швидкість передавання дорівнюватиме 1,6 Тбіт/с (рисунок 2.3). У лабораторіях уже працюють версії 200-канальних систем, у яких довжини хвиль у сусідніх каналах відрізняються на величину 0,1 нм” [21].

“Спосіб реалізації цих технологій наведено на рисунку 2.3. З нього видно, що до суматора підходять декілька ОВ. По кожному з них надходять сигнали у своєму хвильовому діапазоні, наприклад, λ_1 , λ_2 , λ_3 , λ_4 , які об’єднуються у суматорі і далі поширюються по одному волокну. На протилежному кінці ВОК вони розділяються спеціальним розгалужувачем з оптичними фільтрами. У кожному вихідному ОВ розгалужувача є коротка ділянка, що містить оптичний фільтр, настроєний на одну з робочих хвиль. Так здійснюється хвильове розділення каналів” [21].

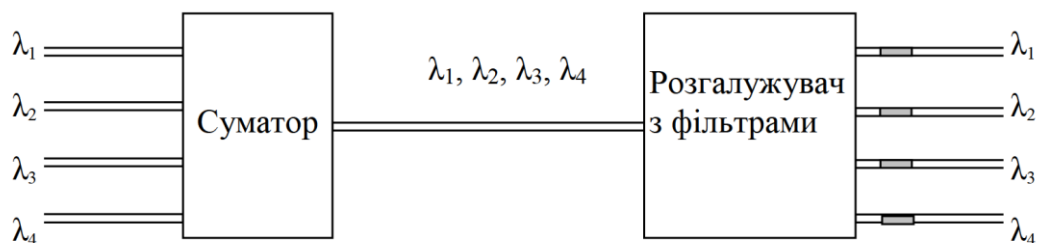


Рисунок 2.3. – Залежність коефіцієнта згасання оптоволоконна від довжини хвилі сигнал

Однією з новітніх розробок є комутовані DWDM-системи, у яких комутація здійснюється перестроюваними оптичними фільтрами (рисунок 2.3).

“Перестроювання здійснюється за допомогою інтерферометрів Фарбі – Перо або Маха – Цандера, що дає змогу перейти від постійної до змінної комутованої системи” [22].

Елементи, що використовуються для ущільнення і розділення (призма, дифракційна решітка, фільтр) є пасивними, а отже, надійними елементами.

“Тому, об’єднуючи сигнали різних довжин хвиль у одному ОВ, можна отримати пропускну спроможність, яка лінійно залежить від кількості об’єднаних каналів. Смуга пропускання одного ОВ становить 25 000 ГГц. У ній можна розмістити до 2500 каналів по 10 Гбіт/с, а також збільшити пропускну спроможність до 40–80 Гбіт/с на кожній хвилі, використовуючи під час модуляції багатопозиційні сигнали. Висока щільність світлових каналів у технологіях DWDM, HDWDM досягається завдяки дуже високій (10–11) відносній стабільності несучої частоти, її вузькому спектру, низькому рівню шуму” [23].

“Технології DWDM, HDWDM призначені для створення глобальних оптичних магістралей нового покоління, що працюють на мультимегабітних і терабітних швидкостях за принципом комутації каналів. Вони займаються тільки об’єднанням різних хвиль в одному світловому пучку, їх розділенням і комутацією світлових каналів. Кодування інформації і пересилання даних до їх завдання не входять” [23].

“Наступним кроком у створенні магістральних тактичних комунікаційних мереж є створення цілком оптичних мереж (AON, All-optical Network) з оптичними пристроями: узгодження, змішування (конвертації), підсилення, розділення, комутації, регенерації, ущільнення й іншими оптичними елементами. Виключення перетворення СС в електричну форму для його відновлення дозволить істотно спростити й здешевіти мережу, тому що зникне необхідність великої кількості дуже дорогих лазерів з високоточною температурною стабілізацією. Окремі фрагменти такої мережі вже існують, але до створення мережі великого масштабу пройде ще деякий час, тому що в технології AON поки що відсутня система управління, подібна наявній у мережах SDH” [23].

Елементна база DWDM, HDWDM, AON. Джерела випромінювання. “Останнім часом в цих системах застосовуються лазерні діоди трьох типів:

DFB, DBR і VCSEL. Ширина спектру сигналів на виході діодів першого типу 100 МГц, другого типу – 1 МГц. Особливістю діодів третього типу є висока технологічність: на одному чіпі можна розмістити матрицю діодів, кожен з яких може випромінювати коливання з заданою довжиною хвилі відповідно до необхідних планів частот” [24].

“Оптичні підсилювачі – є новою важливою розробкою. Без них необхідно через кожні 10–30 км розділяти груповий оптичний сигнал (далі – ОС) на індивідуальні ОС за окремими хвильовими каналами, перетворювати їх в електричні сигнали (далі – ЕС), підсилювати і відновлювати їх форму традиційним способом, виконувати зворотне перетворення кожного ЕС у індивідуальний ОС, ущільнювати їх знову у груповий ОС. Оптичний підсилювач здатний підсилювати і деякою мірою відновлювати груповий ОС через 150 і більше кілометрів. При цьому нема потреби у проміжних розділеннях і ущільненнях сигналів, що істотно спрощує і здешевлює мережу та її обслуговування” [23].

“Оптичний підсилювач складається зі вставки кварцу, легованого ербієм, лазера накачування, блока узгодження з ОВ, загороджувального фільтра. Частота накачування має перевищувати частоту сигналу, інакше сигнал ослаблятиметься, а не підсилюватиметься. Стандартні оптичні підсилювачі працюють в діапазоні 1530–1565 нм, а для накачування використовують випромінювання з довжиною хвиль 980 або 1480 нм. Частота накачування усувається з вихідного сигналу за допомогою оптичного фільтра. Сучасні ербієві оптичні підсилювачі дають змогу збільшити оптичну ділянку лінії зв’язку (де не виконується перетворення сигналу в електричну форму) до 700–1000 км” [23].

Для підсилення в *L*-діапазоні кварц легують ербієм і тулієм. (*L*-діапазон – це четверте вікно прозорості (1570–1605 нм). Саме в ньому відстань між сусідніми хвильовими каналами можна зменшити до 50–25 ГГц і збільшити кількість хвильових каналів до 80–200, а пропускну спроможність

ОВ – до $0,8\text{--}2$ Тбім/с). Для підсилення на довжині хвилі 1300 нм як присадку використовують празеодимій.

“Оптичне волокно. Найкращим для застосування в сучасних DWDM-системах є волокно типу NZDSF, у якого нульова дисперсія спостерігається на хвилі, що лежить недалеко за межами вікна прозорості ($1,53\text{--}1,56$ мкм)” [23].

Завдяки цьому у вікні прозорості характеристика дисперсії має невелике значення і однаковий знак, а тому її легше компенсувати. Для компенсації хроматичної дисперсії в оптичну лінію з волокном типу NZDSF включають відрізок волокна з характеристикою дисперсії протилежного знаку. Це дає змогу вирівняти швидкості поширення світлових хвиль різної довжини і зменшити сумарне значення дисперсії. На жаль, у такий спосіб не можна компенсувати поляризаційну дисперсію, але її вплив стає істотним на швидкостях пересилання даних більш як 10 Гбім/с.

“Регенератори. Оскільки повністю компенсувати дисперсію неможливо, то потрібні регенератори, хоча у разі використання оптичних підсилювачів регенераційна ділянка збільшується. Регенератор складається з таких блоків: демультіплексування групового ОС; перетворення ОС кожної довжини хвилі у ЕС за допомогою фотодіодів, чутливих до довжини хвилі; електричної регенерації ЕС за амплітудою, формою і тактовою частотою; перетворення ЕС в ОС за допомогою лазерного генератора; мультіплексування ОС у груповий ОС” [23].

“Мультіплексор і демультіплексор. Оптичний мультіплексор виконує операцію об’єднання (ущільнення) декількох ОС у груповий ОС. Оптичний демультіплексор виконує операцію виділення з групового ОС окремих ОС за такою ознакою, як довжина хвилі. Їх принцип дії показаний на рисунку 2.3” [23].

“Оптичний конвертер – це перетворювач довжини хвилі сигналу з використанням гетеродинування і нелінійної ділянки на прохідній характеристиці оптичного підсилювача. При цьому можна перетворити ОС в ЕС або ОС в ОС, але іншої довжини хвилі. Необхідність останнього залежить

від наявності вільних (від перенесення сигналів) хвиль на даній ділянці мережі” [23].

“Фотонний комутатор (маршрутизатор) – це пристрій, який дає змогу спрямувати будь-яку з хвиль вхідного сигналу кожного порту у будь-який з вихідних портів (за умови, що ніякий інший сигнал цього порту не використовує цю хвилю, інакше варто виконати перетворення хвиль)” [23].

“У фотонних комутаторах використовують різні оптичні механізми, наприклад, перестроювані фільтри (рисунок 2.3) або сукупність маленьких (менше міліметра) поворотних або висувних дзеркал. Дзеркальний комутатор застосовується після демультимплексора, де груповий ОС уже розділений за хвильовою ознакою на ОС. Внаслідок повороту дзеркальця на відповідний кут ОС, що падає на нього, спрямовується на необхідне вихідне оптоволокно, де він складається з ОС інших довжин хвиль, спрямованих на те саме оптоволокно вихідного порту” [23].

Комутатори з поворотними дзеркалами у 30 разів менші за традиційні оптоелектронні і споживають у 100 разів менше енергії. Тому вони знайшли застосування у пристроях комутації 256×256 і 1024×1024 канали. Однак у цих комутаторів низька швидкодія і висока чутливість до вібрації. Тому перевага віддається фотонним комутаторам, у яких використовується ефект зміни коефіцієнта заломлення від величини електричного поля.

Проблеми управління великою оптичною мережею і шляхи їх розв’язання. Проблемами є неоднорідність підмереж, розширення та удосконалення мережі, тривалий час оброблення заявок на певну величину пропускної спроможності, неврахування особливостей різних видів трафіка, захлинання маршрутизаторів [25].

Для розв’язання цих проблем розглядаються дві моделі: традиційна оверлейна і перспективна однорангова. В обох моделях частина проблем розв’язується завдяки винаходу нового способу маршрутизації, названого багатопротоковою комутацією позначок (MPLS) і узагальненою MPLS, тобто GMPLS. GMPLS забезпечує автоматичне управління не тільки

маршрутизаторами, а й крос-конекторами та іншими пристроями систем АТМ і DWDM, динамічний розподіл їх ресурсів: ВОК, робочих хвиль, слотів TDM.

Стосовно оверлейної моделі ІТУ розробляє специфікації автоматично комутованої транспортної мережі (ASTN) і автоматично комутованої оптичної транспортної мережі (AOTN).

2.4. Цифрові абонентські лінії

“Коли швидкість передавання інформації абонентськими лініями (далі – АЛ) досягла 64 кбіт/с , то подальший розвиток у цьому напрямі на деякий час припинився. Але нові види послуг, необхідність (для здешевлення) пересилання КД через Internet потребували подальшого підвищення пропускної спроможності АЛ. Тоді і виникла низка пропозицій, які можна позначити спільною назвою xDSL-технології. DSL – це цифрова АЛ, а *x* визначає інші букви, що віддзеркалюють різні види технологій” [25].

Виявилось, що обмежувальним чинником у разі нарощування швидкості пересилання інформації до рівня $33,6 \text{ кбіт/с}$ була не фізична природа аналогової АЛ, а вузькосмугові ($3,1 \text{ кГц}$) фільтри, що встановлені на АТС для зменшення перехресних завад між різними КТЧ [25].

Отже, щоб зняти це обмеження, треба підключити АЛ до спеціального комутатора, в якому такі фільтри відсутні. На жаль, ємність і пропускна спроможність АЛ залежить від їх довжини, діаметра перерізу та якості (рисунок 2.4.). Тому в межах “останньої милі” можна розраховувати на ширину смуги частот до $1,1 \text{ МГц}$ (у витої пари 3 категорії).

“Перша пропозиція була спрямована на створення асиметричної DSL, тобто ADSL, в якій за допомогою ЧПК у модемі смуга частот поділялася на три неоднакові частини: 4 кГц – діапазон звичайного КТЧ – для доступу до Тлф мережі загального користування (ТМЗК); 10–20% – для пересилання КД від абонента до комутатора; 80–90% – для пересилання КД від комутатора до абонента” [25].

“Однак, у цей час найперспективнішим вважається метод дискретної мультитоновної модуляції, в якому ширина смуги частот АЛ, що дорівнює 1,1 МГц, поділяється на 256 незалежних частотних каналів по 4312,5 Гц (рисунок 2.4.).

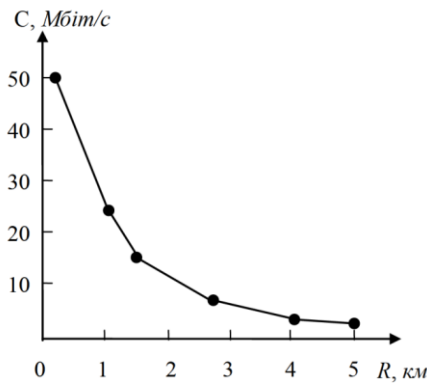


Рисунок 2.4. – Залежність пропускної спроможності від довжини виті пари 3 категорії

Перший канал призначається для Тлф зв'язку, 2–6 канали не використовуються, оскільки створюють захисну смугу. Решта каналів розподіляється у необхідному співвідношенні для пересилання КД у прямому і зворотному напрямках. Під час використання, наприклад, в кожному з 224 каналів квадратурної АМ і передавання кожним з них 4000 символів на секунду по 15 біт інформації на символ загальна швидкість пересилання становить 13,44 Мбіт/с. На коротких дистанціях при якісних каналах (рисунок 2.5.) швидкість 8 Мбіт/с – цілком реальна, але сьогодні реалізовані швидкості 1 Мбіт/с від комутатора і 256 кбіт/с від абонента” [25].

“Типова організація ADSL зображена на рисунку 2.6. З неї видно, що лінія як складова АТС закінчується в приміщенні абонента невеличким

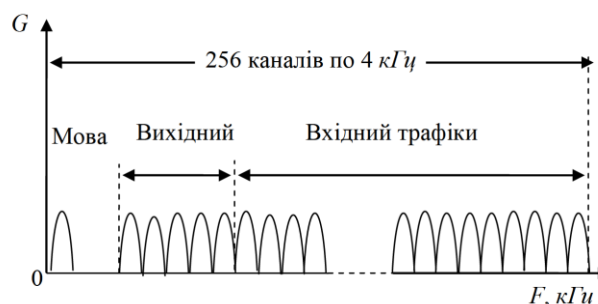


Рисунок 2.5. – Розподіл каналів у ADSL у разі мультитоновної модуляції

пристроєм узгодження NID. Решта пристроїв у цьому приміщенні: розгалужувач P, телефон або факс, ADSL-модем і ПК належать абоненту. Розгалужувач може входити до складу NID. Він є аналоговим фільтром, що виділяє смугу частот 0–4000 Гц і спрямовує її на телефон або факс, а решту сигналів – на ADSL-модем. Останній є цифровим сигнальним процесором, настроєним на роботу як 224 КАМ-модеми, що працюють одночасно на різних частотах” [26].

Щодо ПК ADSL-модем може бути внутрішнім або зовнішнім. Для зовнішнього ADSL-модема необхідно організувати високошвидкісне з’єднання модема з системним блоком ПК за допомогою мережної карти Ethernet.

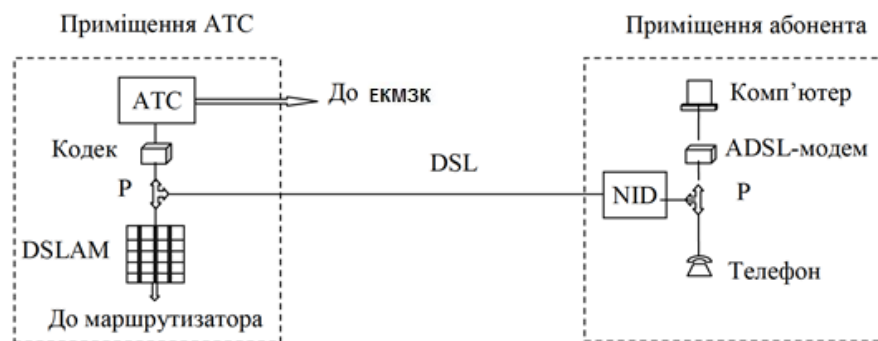


Рисунок 2.6 – Типова конфігурація обладнання ADSL

“На протилежному кінці лінії (в приміщенні АТС) теж є розгалужувач (Splitter). У ньому мовна складова групового сигналу відділяється від даних і надходить через кодек на звичайний телефонний комутатор (АТС). Решта складових (на частотах, вищих за 26 кГц) надходить на мультиплексор DSLAM, тобто концентратор навантаження, який містить сукупність xDSL-модемів, встановлених у спільне шасі, та дисплей для зручності конфігурування і діагностики. У нього може бути вмонтований також той самий розгалужувач. У процесі перетворення КАМ-сигналу у бітову послідовність з неї формуються пакети і надсилаються через маршрутизатор або комутатор у магістраль“ [26].

Повне розділення мови і даних сприяє втіленню ADSL-технології. Для

цього достатньо придбати ADSL-модем, розгалужувач і підключити до них абонентську апаратуру. Вартість цього варіанту (з розгалужувачем) більша, але він працює надійно і забезпечує швидкість пересилання інформації до 8 Мбіт/с. Вартість варіанту без розгалужувача менша, але забезпечує меншу надійність та швидкість (1,5 Мбіт/с) і потребує встановлення мікрофільтрів у ТА ($z_{fв} = 3400 \text{ Гц}$) і в модемі ($z_{fн} = 26 \text{ кГц}$).

2.5. xDSL-модеми і технології

“Головна функція модемів – модуляція і демодуляція сигналів. Сучасні модеми, крім того, виконують такі функції, як синхронізація, адаптивна корекція, компенсація відлуння, завадостійке кодування і декодування, захист від похибок, стиснення даних, тестування каналу зв’язку, формування кадрів певної довжини тощо (рисунки 2.6)” [26].

Модеми і технології для телефонних ліній. “Абонентам необхідно отримати доступ до бази даних або до інших віддалених абонентів через магістраль, використовуючи свою абонентську Тлф лінію і поставивши необхідні пристрої у своєму приміщенні. Тому за допомогою постачальників послуг вони почали активно впроваджувати різні види xDSL-технологій: асиметричну – ADSL, симетричну – SDSL, зі змінною швидкістю – RADSL, надшвидку – VDSL та ін. Ці технології забезпечують таку можливість за допомогою xDSL-модемів. На відміну від звичайних модемів (V.34, V.90), розрахованих на роботу у смузі пропускання 3100 Гц, xDSL-модеми дають змогу працювати у смузі порядку 1 МГц. Величина цієї смуги залежить від довжини і діаметра перерізу АЛ та її якості. Досягнення xDSL-технологій багато в чому визначаються також досягненнями техніки кодування, які розглядалися раніше” [26].

“Так ADSL-модем, підключений до короткої лінії між абонентом і АТС, створює три канали з уже відомими характеристиками. Асиметрія їх швидкостей необхідна тому, що від бази даних до абонента йде більший потік

інформації, ніж у зворотному напрямку. Для забезпечення асиметрії швидкостей смуга пропускання абонентського закінчення ділиться між каналами несиметрично” [26].

Технологія SDSL дає змогу на одній парі абонентського закінчення організувати два симетричних канали пересилання даних (наприклад, для пересилання даних між штабами). КТЧ ця технологія не передбачає. Швидкість пересилання даних в обох напрямках може становити 2–7 *Мбіт/с*, але як і в ADSL-технології вона залежить від характеристик лінії.

З двох розглянутих технологій для індивідуальних користувачів більше підходить ADSL-технологія, а для колективних – SDSL-технологія.

Кабельні модеми і технології. “Останнім часом для швидкісного доступу до баз даних почали застосовувати абонентські закінчення кабельного телебачення, задля яких розроблені кабельні модеми. У цих мережах доступу використовується телевізійний кабель з опором 75 *Ом* для пересилання даних з високою якістю від бази даних до абонента і в зворотному напрямку” [25].

“Сучасні телевізійні кабелі добре функціонують на частотах до 550–750 *МГц* і навіть вище. Як правило, для вихідних каналів, що йдуть від абонента, виділяють частоти 5–42 *МГц*, а для вхідних – частоти 54–750 *МГц*, з яких частоти 54–550 *МГц* використовують для передавання телевізійного і частотно-модульованого сигналів, а частоти 550–750 *МГц* – для пересилання даних. Зазвичай використовується схема, у якій в кожній смузі частот з 6 або 8 *МГц* вхідного каналу застосовується КАМ-64, а в кабелях відмінної якості – КАМ-256. Це дає змогу забезпечити швидкість пересилання інформації 27–39 *Мбіт/с* на канал в 6 *МГц* (європейські значення на третину вищі), що ставить підвищені вимоги до пропускної спроможності магістралей” [25].

Для вихідного каналу не зовсім підходить навіть КАМ-64, оскільки на його частотах високий рівень завад від мікрохвильових пристроїв і радіостанцій. Тому застосовують менш швидкий (10 *Мбіт/с*), але надійніший метод QPSK-маніпуляції, який забезпечує передачу 2 бітів за символ, замість 6 чи 8. Через це асиметрія пропускних спроможностей вхідного і вихідного ка-

налу стає ще більшою [24-26].

Для забезпечення доступу до магістралі потрібен кабельний модем – тобто пристрій, що має 2 інтерфейси: один – до ПК, другий – до кабельної мережі. Ці модеми виготовляються згідно зі стандартом DOCSIS (у США) і EuroDOCSIS (в Європі). Їх інтерфейс між модемом і ПК – це Ethernet зі швидкістю 10 Мбіт/с (іноді USB). Незабаром ці модеми стануть внутрішніми модемами ПК. Другий інтерфейс складніший.

“Кабельні модеми, як і ADSL-модеми, перебувають на постійному підключенні та готовності до роботи. Робота абонентського модему починається з ініціалізації і відбувається так. Після подачі напруги він починає прослуховувати вхідний канал у пошуках спеціального пакета, який час від часу посилає розподільювач каналів, розташований на стику волоконно-оптичної магістралі і кабельних мереж доступу. Він містить повідомлення щодо системних параметрів для модемів, що включаються до роботи. Після виявлення спеціального пакета модем оголошує свій намір щодо сумісної роботи. Розподільювач призначає йому вхідний і вихідний частотні канали і часові “вікна” згідно із заявленою пропускною спроможністю за технологією STDM” [26].

Щоб потрапити до них, модем за допомогою спеціального пакета вимірює дальність до розподільювача і враховує її, визначаючи дійсний момент відправки розподільювачем опорного СС.

У разі звернення кількох абонентів по спільному каналу до розподільювача одночасно виникає колізія, яка розв’язується повторним зверненням через деякий випадковий інтервал часу за методом АЛОНА.

Ethernet не можна використовувати як інтерфейс на протилежному кінці кабелю саме тому, що розподільювач каналів, не здатний прослуховувати лінію.

Перший пакет, який модем надсилає розподільювачу, містить запит щодо часу доби і IP-адреси, що надається згідно з протоколом DHCP. Наступний крок пов’язаний із захистом інформації, для цього здійснюється

обмін ключами, наприклад, за допомогою алгоритму Діфі – Хеллмана. Закінчується ініціалізація ідентифікацією модему в захищеному каналі. Після цього абонент може працювати з базою даних. Усі дані в обох напрямках передаються у вигляді, зашифрованому за допомогою коду Ріда – Соломона.

Управління вхідними даними в мережі доступу здійснюється не так, як вихідними [26]:

відправник, яким є розподілювач каналів, єдиний, хто претендує на лінію;

трафік вхідного каналу зазвичай набагато більший трафіка вихідного каналу, а тому використовує пакети набагато більшого розміру (204 байта), з яких дані займають у пакеті 184 байта (згідно з Міжнародним стандартом MREG-2 13 818).

2.6. Зразки техніки зв'язку вітчизняних виробників

“Для організації зв'язку тактичної ланки управління пропонується комплексна апартна зв'язку (далі – КАЗ) К-1501 та Командно-штабна машина (далі – КШМ) К-1450” [15].

На базі КАЗ розгортаються мобільні ВЗ ПУ.

Обладнання КАЗ дозволяє виконувати наступні завдання [15]:

радіорелейні станції Р-450 забезпечують з'єднання між ПУ для створення опорної тактичної мережі;

модем М-101 забезпечує з'єднання по кабельним лініям зв'язку;

цифрова автоматична комутаційна система К-201 дозволяє розгорнути на ПУ абонетську телефонну мережу з гнучкою системою нумерації;

сервер, комутатори LAN А-101 та маршрутизатори А-201МЕ призначені для побудови локальної обчислювальної мережі ПУ;

виріб К-1301 послуговує для комутації обладнання КАЗ між собою.

КШМ являє собою мобільний пункт керування, що дозволяє командирі управляти підлеглими підрозділами по радіо, проводовим засобам зв'язку

і засобами телекомунікацій.

Обладнання КШМ:

КХ радіостанція, забезпечує радіозв'язок з вищою ланкою командування до 350 км;

УКХ радіостанція Р-030У послуговує для організації незалежних радіомереж, що можуть комутуватись за допомогою радіошлюзу Р-1261Т та забезпечувати команду зв'язок з підлеглими різного рівня;

модем М-1201 з маршрутизатором А-201Т послуговують для забезпечення з'єднання по польовим лініям зв'язку та доступ до віддалених локальних обчислювальних мереж;

портативні радіостанції Р-002У забезпечують доступ до УКХ мереж на відстані до 2 км;

польовий комутатор К-1210 дозволяє розгорнути абонентську телефонну мережу малої ємності до 10 абонентів.

“У всіх радіостанціях для забезпечення захисту інформації реалізовано режим ППРЧ (псевдовипадкового переключення робочої частоти). Цифрові радіостанції повністю сумісні з радіостанціями старого парку. Принцип організації радіомереж відповідає стандарту STANAG-5606” [15].

“Універсальний Базовий Комплект інформатизації і зв'язку – основний елемент побудови інформаційної тактичної мережі управління підрозділами, що забезпечує командира наступними інформатизаційними можливостями” [15]:

загальну інформаційну базу даних всіх взаємодіючих підрозділів;

GPS навігацію і контроль руху мобільних об'єктів (озброєння, військової техніки (далі – ОВТ), окремих військовослужбовців);

обмін текстовою командною інформацією;

підготовку рішення і аналіз обстановки на електронній карті (схемі) місцевості;

автоматизовану систему сповіщення особового складу;

управління підрозділами з використанням інформаційних можливостей

сучасної обчислювальної техніки на марші і на заздалегідь підготовлених позиціях.

Універсальний Базовий Комплект інформатизації і зв'язку може бути використаний будь-яким видом і родом військ як основа для побудови інформаційної тактичної мережі управління і для інтеграції в єдине інформаційне середовище спеціалізованих розрахункових завдань і раніше впроваджених інформаційних систем (рисунок 2.7.).

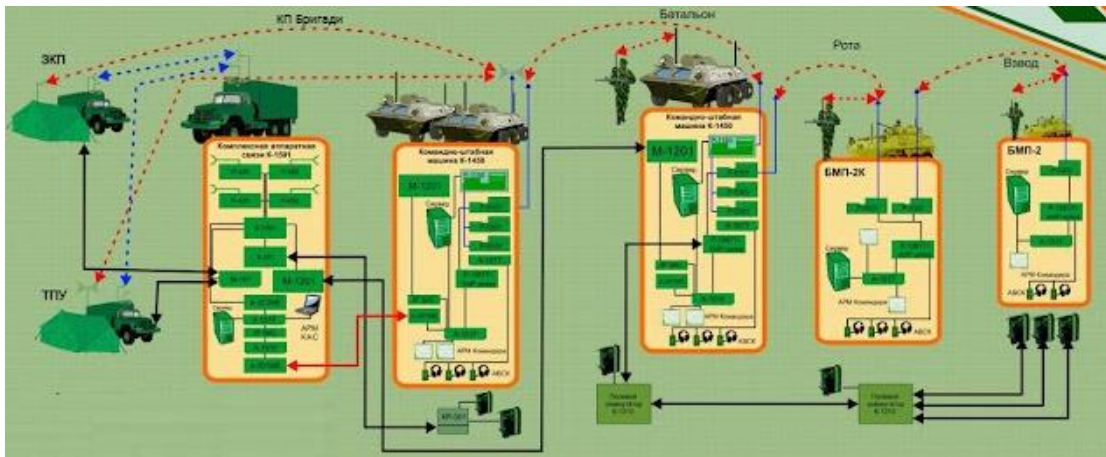


Рисунок 2.7. – Схема інтегрованої системи управління тактичної ланки (варіант).

На ринку України запропонований виріб ТК Вirevii T1, який призначений для забезпечення службових осіб сервісами відкритого телефонного зв'язку та відкритої передачі даних, а також для надання телекомунікаційного ресурсу мережам спеціального зв'язку (рисунок 2.8.). ТК T1 має можливість підключення стільникових мереж та супутникового зв'язку.

ТК T1 застосовується з метою: організації зв'язку підрозділу тактичного рівня (взвод, мобільна вогнева група).

ТК T1 забезпечує:

маршрутизацію IP-трафіку між мобільними групами та штабом, батальйонами (дивізіоном, бригадою), КСП батальйону (дивізіону), ПУ вищих ланок управління та стаціонарними ІТВ системи зв'язку ЗСУ (не менше 2-х IP-мереж);

розгортання абонентської мережі відкритого телефонного зв'язку

відповідно до діючих вимог та її підключення до автоматичної телефонної мережі ЗСУ;

розгортання відкритої локально-обчислювальної мережі;

маскування передачі відкритої інформації за стандартами RFC 4301-4309, 5764 по будь-яких каналах передачі даних між ПУ тактичної ланки управління та стаціонарними ІТВ ЗСУ;

фільтрацію мережевих пакетів відповідно до заздалегідь визначених правил фільтрації.



Рисунок 2.8. – ТК Burevii T1

Склад і технічні характеристики ТК T1 наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики ТК T1

Порти	Призначення	К-ть	LAN/WAN	Тип	Додатково
	«Відкрита мережа» або мережа «Дніпро» в залежності від конфігурації		2	LAN	RG45
		1	LAN	TypeC	Power Delivery
		1	WAN	RG45	Starlink PoE
		1	WAN	USB	Motorola data port/LTE
Живлення		1	Вихід	Weipu 7 pin	Зарядка 4x портативних р/с
		2	Вихід	USB	USB QC
		1	Вхід	XT60	Напруга заряду 25,2В
		1	Вхід	IEC320	220В

“ПАТ Одеський кабельний завод “Одеса-кабель” пропонує виріб – кабель (КРМ 4x2x0,78), рисунок 2.9, який призначений для прокладання по поверхні ґрунту, у ґрунті на глибині до 1,5 метрів, через водні перешкоди глибиною до 10 метрів та підвішування на опорах” [25].

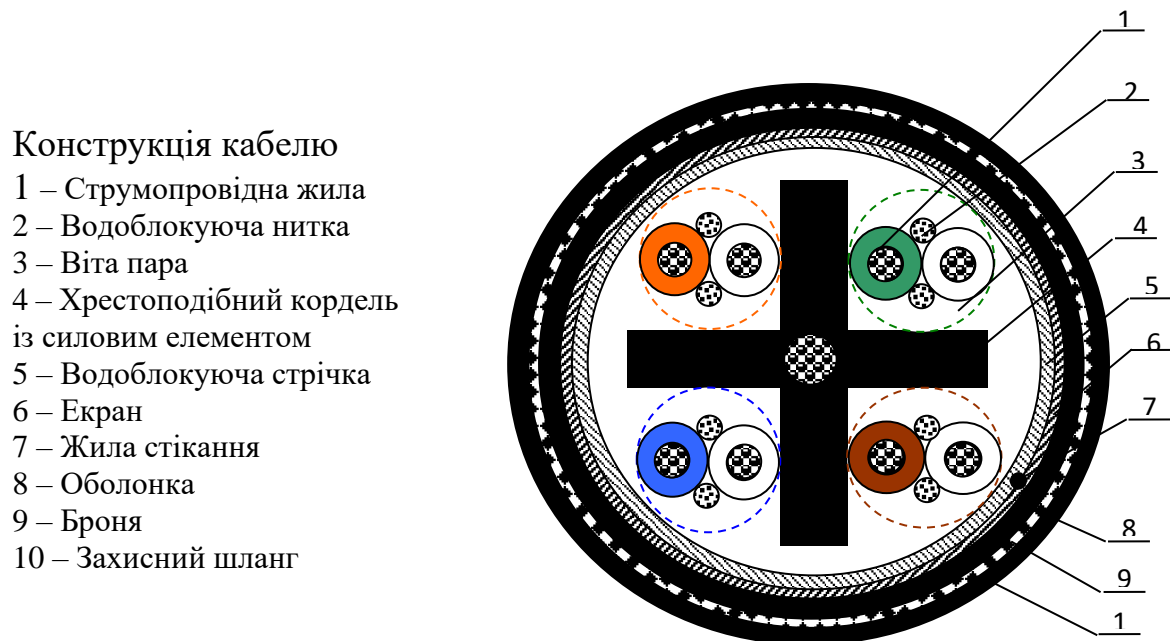


Рисунок 2.9 – Кабель (КРМ 4x2x0,78)

“Експлуатація при частотах до 100 МГц в умовах підвищених електромагнітних впливів. Швидкість передачі – 100 Мб/с із максимальною довжиною лінії до 200 м. Кабель підтримує роботу протоколів: PBX, V.11, X.21, ISDN, Ethernet (10Base-T), ATM-25/52/155 Mbit/s, 100VG-AnyLAN, Fast Ethernet (100BASE-TX), Token Ring 16 /100 Mbit/s, Gigabit Ethernet (1000BASE-T), Firewire 100 Mbit/s, VoiP, PoE/PoE+, HDBaseT, xDSL” [25].

Кабель відповідає стандартам ANSI/TIA/EIA-568-A ISO/IEC для Cat5e та ISO/IEC 11801 для класу D.

Технічні характеристики кабелю:

Температурний діапазон експлуатації від -50°C до +75°C.

Радіус вигину не менше 6 діаметрів кабелю.

Даний виріб пропонується (доцільно) використовувати як внутрішньо вузловий кабель.

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ПОЛЬОВОЇ КАБЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ (БРИГАДА, БАТАЛЬЙОН (ДИВІЗІОН), РОТА (БАТАРЕЯ), ВЗВОД, ВІДДІЛЕННЯ, СПОСТЕРЕЖНИЙ ПУНКТ)

3.1. Визначення кількісних показників призначення польового кабелю тактичного рівня.

Обґрунтування кількісних показників польової кабельної системи тактичного рівня (далі – ПКСТР) є завданням багатокритеріального вибору. Постановка будь-якої задачі багатокритеріального вибору включає три об'єкти – безліч можливих рішень, векторний критерій та відношення переваги Замовника. Рішення задачі багатокритеріального вибору полягає у відшуканні так званої множини вибраних рішень, яка може складатися з одного елемента, але в загальному випадку, воно є підмножиною безлічі можливих рішень.

Розробка виробу повинна проводитися на основі спіральної моделі життєвого циклу відповідно до стандартів основних параметрів при максимальному використанні уніфікованих деталей, складальних одиниць, типових технологічних процесів та обладнання з максимальним застосуванням вітчизняних матеріалів та напівфабрикатів.

Створення нових зразків військових засобів кабельної мережі має базуватись на [27]:

- забезпеченні потреб управління на відповідному рівні;
- аналізі недоліків існуючих засобів аналогічного призначення, з метою їх усунення;
- застосуванні сучасних методів передачі сигналів;
- застосуванні сучасної елементної бази;
- застосуванні передових технологій проєктування та виробництва;

перевагах знову розроблюваних виробів над кращими вітчизняними та зарубіжними аналогами;

перспективах розвитку ОВТ, що визначають вимоги до системи управління.

Визначальним етапом процесу життєвого циклу нових зразків військових засобів ПКСТР є розробка загальних (оперативно-тактичних) вимог, що визначають їх загальні технічні характеристики.

Загальні вимоги (ЗВ) до ПКСТР повинні містити вимоги до параметрів, виконання яких забезпечує реалізацію функції виробу.

“ЗВ до зразка ОВТ - це упорядкована сукупність якісних і кількісних показників, що визначають призначення, завдання, об’єкти дії, умов застосування, рівень ефективності зразка (комплексу, системи) ОВТ, які необхідні для виконання небойових завдань підрозділами (військовими частинами)” [27].

Склад та значення технічних характеристик виробів, вимоги до яких встановлюються в нормативних документах до зразків озброєння та військової техніки, повинні відповідати умовам їх експлуатації, конструктивно-технічним вимогам, вимогам безпеки, а також умовам їх виготовлення, зберігання та транспортування.

Технічні параметри ПКСТР, які пропонуються в ЗВ можуть встановлюватися шляхом [27]: інтерполювання технічних параметрів, встановлених у нормативних документах; розрахунку значень із застосуванням відповідних методик; експертних оцінок.

Мета та область застосування виробу, а також умови їх застосування досліджені та визначені в розділі 2 цього звіту.

Виходячи із завдань та функцій управління в тактичній ланці, а також задач та складу ПУ необхідні технічні характеристики ПКСТР.

Польовий оптичний кабель призначений для побудови [27]:

ліній прив’язки до опорних, допоміжних ВЗ польової ОМЗ, ВЗ транспортної мережі спеціального призначення та інших операторів різних

форм власності, радіорелейних, супутникових, тропосферних станцій;

ліній прямого зв'язку між ПУ тактичної ланки управління;

ліній зв'язку взаємодії з іншими військовими формуваннями та правоохоронними органами за необхідністю;

відкритих (закритих) абонентських мереж зв'язку ПУ;

відкритих (закритих) локальних мереж ПУ;

ліній дистанційного керування радіо випромінюючими (групою радіо випромінюючих засобів) засобами винесеними за межі ВЗ.

Визначення показників щодо типів інтерфейсів ПКСТР.

Фізична реалізація інтерфейсів повинна забезпечувати можливість прокладання його по поверхні ґрунту, в ґрунт, через водні перешкоди та підвішування на опорах.

Будівельні довжини кабелю повинні надійно з'єднуватися з арматурою та приєднуватися до апаратних (станцій) без застосування додаткових пристосувань і герметизуючих ущільнень.

Вимоги щодо характеристик зовнішніх інтерфейсів [27]:

1. Приєднання абонентів, до проводової мережі, повинно здійснюватися кабелем через ввідний абонентський щиток;

2. Пропускна спроможність, а також стійкість до зовнішніх факторів, що впливають, і вимоги щодо конструктивних характеристик інтерфейсів визначається відповідно до загальних вимог.

3.2. Обґрунтування кількісних показників пристосованості польової кабельної системи тактичного рівня до експлуатації та збереження працездатності.

На підставі досліджень, що проведені у Розділі 2 цього звіту встановлено, що ПКСТР відноситься до виробів багаторазового циклічного застосування, що експлуатуються в умовах помірно-холодного клімату.

Обґрунтування кількісних показників пристосованості ПКСТР до експлуатації та збереження працездатності визначаються шляхом інтерполяції кількісних даних, що зазначені в нормативних документах, а саме [28]:

Обґрунтування кількісних показників до надійності ПКСТР. Оцінка показників надійності виробів має здійснюватися у взаємозв'язку з ефективністю їх функціонування та військово-економічною ефективністю.

Обґрунтування кількісних показників до надійності ПКСТР повинна проводитись розрахунковим методом на всіх етапах виконання ДКР.

Методи оцінки надійності та ефективності виробів військового призначення встановлюються нормативними документами.

Для виробів (елементів виробу), які не мають аналогів, оцінка показників надійності повинна проводитись експертним методом відповідно до ГОСТ 23554.0–79, ГОСТ 23554.1–79 та ГОСТ 23554.2–81 [28].

Вимоги та довідкові дані щодо надійності виробу ПКСТР встановлюють у технічному завданні на ДКР у вигляді показників надійності відповідно до ГОСТ 20.39.403–81 [28].

Відповідно до ГОСТ 22851–77 показники можуть бути середніми, призначеними та гамма-відсотковими.

3.3. Обґрунтування кількісних показників раціональності техніко-економічних рішень

3.3.1 Обґрунтування вимог до конструкції ПКСТР. За конструкторсько-технічними показниками ПКСТР має відповідати вимогам ГОСТ 20.39.308-76, та забезпечувати можливість транспортувати його усіма видами транспорту (повітряним, залізничним, водним, автомобільним) згідно з ГОСТ 18690-82 (зі змінами та доповненнями), на будь-які відстані [28].

Конструкція виробу повинна забезпечувати виконання вимог стандартів на вироби, призначені для багаторазового циклічного застосування в умовах впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів на відкритому повітрі та/або у приміщеннях.

3.3.2 Обґрунтування вимог до ергономіки та технічної естетики ПКСТР. За ергономічними показниками ПКСТР має відповідати вимогам ГОСТ 15845-80 та ГОСТ Р 50462-92 [28].

Вимоги технічної естетики встановлюють у вигляді вимог щодо забезпечення художньо-конструкторського проектування виробу (групи виробів) з метою оптимальної реалізації в структурі та формі виробів функціональних, техніко-конструктивних, ергономічних та естетичних вимог, а також у вигляді естетичних вимог до характеристик зовнішньої будови ПКСТР.

3.3.3 Обґрунтування вимог до показників стандартизації та уніфікації. Завдання вимог щодо стандартизації та уніфікації на розробку виробу має здійснюватися відповідно до вимог ГОСТ 15.207-79 та ГОСТ 20.39.402-81 [28].

3.3.4 Обґрунтування вимог до безпеки експлуатації. Експлуатаційна безпека ПКСТР на всіх стадія життєвого циклу визначається системою стандартів.

Вимоги безпеки, щодо запобігання травмам та збиткам повинні встановлюватись за факторами [29]: ураження електричним струмом; вогню; теплової небезпеки; механічної небезпеки.

При створенні та експлуатації виробу необхідно брати до уваги: екстремальні умови експлуатації виробу; можливі умови несправностей; непрямі несправності; передбачуване неправильне використання; зовнішні фактори, що впливають (температура, висота, забруднення, вологість, перенапруга від грозових розрядів у кабельних мережах або системі кабельного розподілу тощо).

Конструкція виробу повинна бути безпечною в нормальному та в аварійному режимах роботи, а також при впливі різноманітних перешкод природного (блискавки та грозових розрядів) та штучного (випромінювання ліній електропередач, контактних мереж залізниць) походження та інших перешкод об'єктів промислового та військового призначення.

Конструкція кабелю повинна забезпечувати захист від [30]: ураження електричним струмом; впливу іонізуючих та електромагнітних випромінювань; наслідків вибуху вибухонебезпечних елементів, пристроїв, речовин та матеріалів; вогню; шкідливих та небезпечних речовин, що можуть утворюватися при функціонуванні кабелю, а також при впливі зовнішніх факторів.

3.3.5 Обґрунтування вимог до часових показників приведення польового кабельної мережі у готовність до застосування за призначенням. Розгортання ПКСТР повинне закінчуватися приведенням його у готовність до встановлення зв'язку.

“Під часом розгортання ($T_{\text{розг}}$) розуміється інтервал часу від моменту отримання особовим складом розрахунку сигналу на розгортання до моменту приведення польової кабельної лінії в готовність до встановлення зв'язку (готовність до передачі інформації)” [30].

ВИСНОВКИ

Сучасні бойові операції вимагають постійного вдосконалення засобів зв'язку, що забезпечують надійне передавання даних між підрозділами, штабами та іншими елементами тактичної ланки. Польові кабельні системи, що використовуються для з'єднання технічних засобів на тактичному рівні, є критично важливими для забезпечення безперебійної роботи всіх елементів військової інфраструктури. Актуальність обґрунтування вимог до таких систем визначається необхідністю їхньої інтеграції з іншими видами зв'язку (радіо, оптоволоконними каналами, бездротовими технологіями) та адаптацією до швидко змінюваних умов бойових дій.

Основною вимогою до польових кабельних систем є їхня здатність витримувати екстремальні умови експлуатації. Враховуючи динамічні зміни ситуації на полі бою, кабельні лінії повинні забезпечувати стійкість до впливу фізичних і хімічних факторів навколишнього середовища, а також до механічних навантажень (перепади напруги, тиск, розтягування). Польова кабельна система повинна бути мобільною та компактною, що дозволяє швидко розгорнути її в будь-якому місці та в мінімальні терміни. Мобільність системи забезпечує оперативність у виконанні завдань і швидкість реагування на зміни в бойовій ситуації, що є важливим для ефективної комунікації між підрозділами та забезпечення безперервності зв'язку.

Не менш важливим аспектом є забезпечення електромагнітної сумісності кабельних систем із іншими технічними засобами зв'язку. В умовах сучасної електронної боротьби та інтенсивного використання електронних засобів впливу, кабельні лінії повинні мати достатній захист від електромагнітних завад, а також бути здатними ефективно працювати в умовах електронного противника.

Розробка кабельних систем повинна передбачати їх інтеграцію в єдину структуру комунікаційних засобів. Це дозволить досягти більш високого рівня взаємодії між різними підрозділами та дозволить оперативно змінювати

конфігурацію зв'язку залежно від тактичної ситуації. Кабельні системи повинні забезпечувати не тільки передачу голосової інформації, а й даних, зокрема для систем управління вогнем, радіолокаційних станцій, а також для передачі мультимедійної інформації. Таке поєднання з іншими засобами забезпечить більш ефективне управління та швидке прийняття рішень на полі бою.

Для спрощення обслуговування та ремонту кабельних систем необхідно впроваджувати модульний принцип побудови. Стандартизація компонентів забезпечить сумісність різних виробників кабельних систем, що є важливим для інтеграції з іншими елементами технічного оснащення, як на тактичному рівні, так і на стратегічному. Також стандартизація дозволить знизити витрати на виробництво, обслуговування та ремонт кабельних систем.

Одним із важливих критеріїв вибору кабельних систем є їхня економічна ефективність. Зважаючи на обмеженість ресурсів, важливо забезпечити баланс між вартістю матеріалів, технологій виготовлення та функціональністю системи.

Враховуючи швидкий розвиток технологій, польові кабельні системи мають великі перспективи для подальшого вдосконалення. Одним із напрямків є інтеграція оптоволоконних кабелів, які дозволяють досягти значно більшої швидкості передачі даних і кращої якості сигналу на більших відстанях. Застосування новітніх матеріалів, таких як політетрафторетилен (PTFE) або армовані полімерні композити, дозволяє значно знизити вагу кабелів, підвищити їхню стійкість до механічних пошкоджень і забезпечити більш високу зносостійкість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Army Regulation 25–1. Information Management Army Information Technology. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://armypubs.army.mil/epubs/.pdf>.
2. Joint Publication 6-0 (Joint Communications System, June 2015) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://irp.fas.org/doddir/dod/jp6_0.pdf.
3. Указ Президента України №473/2021 “Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 серпня 2021 року “Про Стратегічний оборонний бюлетень України”.
4. Військовий стандарт 01.112.001. Військовий зв’язок. Терміни та визначення.
5. ДТУ 2621–94 Зв’язок телефонний. Загальні поняття. Терміни та визначення
6. Будівельна кліматологія. ДСТУ–Н Б В.1.1–27:2010 К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2010 р. 132с.
7. Міжнародний стандарт МЕК 60950–1:2005 “Обладнання інформаційних технологій. Вимоги до безпеки. Частина I. Загальні вимоги” (IEC 60950-1:2005 “Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements”).
8. Про затвердження Інструкції з формування оперативно-стратегічних, оперативно-тактичних та загальних вимог до перспективних (нових, модернізованих) систем (комплексів, зразків) ОВТ ЗСУ. Наказ Головнокомандувача ЗС України №127 від 28.08.2020 р.
9. Огороднійчук М. Д., Чайка Ю. Д., Оксіюк О. Г. Комплекси і засоби військових телекомунікаційних мереж : навч. посіб. / за ред. проф. М. Д. Огороднійчука – К. : НУОУ, 2020. – 384 с.
10. Закон України Про національну безпеку України (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2018, № 31, ст.241). Документ 2469-VIII, чинний,

поточна редакція – Редакція від 09.08.2024, підстава - 3858-IX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text>.

11. Закон України Про наукову і науково-технічну діяльність (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2016, № 3, ст.25). Документ 848-VIII, чинний, поточна редакція – Редакція від 27.06.2024, підстава - 3760-IX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>.

12. Закон України Про науково-технічну інформацію (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1993, № 33, ст.345). Документ 3322-XII, чинний, поточна редакція – Редакція від 19.04.2014, підстава - 1170-VII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3322-12#Text>.

13. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 159 Про затвердження Порядку проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки. Документ 159-2021-п, чинний, поточна редакція – Редакція від 16.06.2022, підстава - 674-2022-п [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/159-2021-%D0%BF#Text>.

14. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 161 Про внесення змін до Порядку складання єдиного наскрізного плану створення зразка (системи, комплексу) озброєння, військової і спеціальної техніки. Документ 161-2021-п, чинний, поточна редакція – Прийняття від 17.02.2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/161-2021-%D0%BF#Text>.

15. Постанова Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 234 Про затвердження Порядку розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення, а також припинення випуску існуючих видів такої продукції. Документ 234-2021-п, чинний, поточна редакція – Прийняття від 03.03.2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/234-2021-%D0%BF#Text>.

16. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 160 Про затвердження Порядку проведення випробувань та прийняття на

озброєння (постачання) зразків озброєння, військової та спеціальної техніки, засобів і обладнання іноземного виробництва. Документ 160-2021-п, чинний, поточна редакція – Прийняття від 17.02.2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/160-2021-%D0%BF#Text>.

17. Є.О. Живило, Г.В. Головка, О.В. Шефер Сервіси зв'язку об'єднаних комунікаційних мереж: навч. посіб., за ред. Є.О. Живило. – П.: ПНТУ “Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка”, 2023. – 81с.

18. Mannel W. Future communications concepts in support of the U.S. Army command and control – IEEE Transactions on Communications, 2020, v. 28. – № 9. – P. 1540–1550.

19. Tactical communication system STORCZUK – 2022. The present state. – Poland : 2020. – 19 p.

20. В. Г. Шолудько, В. В. Ольшанський, С. А. Пивоварчук, М. І. Стойчев, В. В. Філіпов Організація військового зв'язку: Навчальний посібник.– К.: Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, 2021. – 259 с.

21. An Experience in Determining a Cost Versus Quality of Service Characteristic in Order to Define Optimal Investment Level .O. C / I yrillo, M.A. Pelegrini, G. Quiroga, C.F.M. Almeida, C.M.V. Tahan, M.R. Gouvea // 24th International Conference & Exhibition on Electricity Distribution (CIRED), CIRED – Open Access Proceedings Journal. – 2021. – Volume 2017. – Issue 1. – P. 500-503. <https://doi.org/10.1049/oap-cired.2021.1241>.

22. Л.О. Бондаренко, О.Б. Плугова, І.В. Цимбал, Ю.О. Черниш Основні інноваційні напрямки розвитку системи зв'язку Збройних Сил України // Збірник наукових праць ВІТІ. – К.: ВІТІ, 2016. – Вип. 1. – С. 19-24.

ДОДАТОК

Загальні вимоги до польової кабельної системи тактичного рівня (бригада, батальйон (дивізіон), рота (батарея), взвод, відділення, спостережний пункт)

1. Цільове призначення польової кабельної системи тактичного рівня

1.1. ПКСТР призначена для розгортання з'єднувальних ліній, абонентських телефонних та локальних мереж, ліній прив'язки до ОМЗ, з метою надання базових та функціональних сервісів кінцевим споживачам, а також для дистанційного управління радіозасобами з використанням широкосмугових технологій передавання сигналів.

2. Склад ПКСТР.

2.1. ПКСТР складається з:

польового кабельного обладнання;
засобів комутації/маршрутизації;
кінцевих пристроїв.

2.2. Польове кабельне обладнання (далі – пко) повинно складатися з кабелю, щитків (ввідних, перехідних), а також майна (обладнання) для зберігання, транспортування, розгортання та обслуговування.

2.2.1. Склад комплектів пко уточнюється під час проектування ПКСТР (бригада, батальйон (дивізіон), рота (батарея), взвод, відділення, КСП).

2.3. Засоби комутації/маршрутизації.

2.3.1. Польовий комутатор (далі – комутатор) призначений для розгортання телефонних станцій з метою забезпечення телефонного зв'язку абонентам з телефонними апаратами системи МБ–ЦБ/АТС в ручному та з телефонними апаратами системи АТС в автоматичному режимах, а також дистанційного керування радіостанціями.

2.3.2. ТК призначений для забезпечення службових осіб сервісами відкритого телефонного зв'язку та відкритої передачі даних, надання телекомунікаційного ресурсу мережам спеціального зв'язку, маршрутизації IP-трафіку, а також для підключення до ЕКМ по каналам передачі даних Ethernet з використанням каналотворюючих засобів (радіорелейних, тропосферних, радіо у тому числі стільникових мереж та супутникового зв'язку).

2.4. Кінцеві пристрої.

2.5.1. Телефонний апарат польовий військового призначення (далі – ТА) призначений для забезпечення телефонного зв'язку по двопроводовим кабельним лініям зв'язку в стаціонарних та польових системах зв'язку.

2.5.2. IP телефон військового призначення (далі – IP ТА) призначений для забезпечення телефонного (відеотелефонного) зв'язку, що здійснюється за допомогою протоколу IP через мережу передачі даних.

2.5.3. Автоматизоване робоче місце / планшет військового призначення (далі – АРМ) призначений для автоматизації операцій взаємодії користувача з ПК в ході виконання бойових (спеціальних) завдань з використанням інформаційних (автоматизованих) систем, а також для тимчасового та тривалого зберігання вхідних і результуючих даних.

3. Основні завдання ПКСТР

На ПКСТР покладаються основні завдання:

забезпечення стійкого зв'язку та своєчасного прийому сигналів і команд бойового управління;

забезпечення безперервного управління підлеглими (приданими) частинами (підрозділами) у любых умовах ведення бойових дій;

забезпечення прийому і передачі сигналів оповіщення і попередження частин (підрозділів) про безпосередню загрозу використання противником засобів масового враження, попередження про повітряного противника, про радіоактивне, хімічне і бактеріологічне (біологічне) зараження;

забезпечення обміну інформацією між взаємодіючими частинами (підрозділами);

передача розпоряджень і прийом донесень логістичного забезпечення бойових дій частин (підрозділів).

4. Об'єкти (цілі) дій

Об'єктом дій є система управління тактичного рівня (бригада, батальйон (дивізіон), рота (батарея), взвод, відділення, КСП) ЗСУ. Ціль дій – забезпечення надійної доставки інформації, яка циркулює в тактичній ланці управління, підвищення ефективності, прискорення та покращення взаємодії між окремими підрозділами (користувачами), системами озброєння та інтеграції функціонуючих розрізнених комунікаційних мереж.

5. Умови бойового застосування ПКСТР

Побудова ПКСТР залежить від ряду умов, найбільш важливими з яких є: характер та умови бойових дій; роль, місце, бойовий склад, задачі, бойовий порядок частин (підрозділів); прийнята організація управління та взаємодії; ступінь впливу противника на систему; наявність, стан сил і засобів зв'язку.

5.1. Усі складові ПКСТР повинні застосовуватися цілодобово, за будь-яких сезонних, погодних, кліматичних зон України та відповідати вимогам зі стійкості визначеним згідно ГОСТ В 20.39.404-81 (група виконання 2У), або аналогічних за змістом стандартів країн НАТО.

5.2. Елементи ПКСТР повинні відповідати вимогам зі стійкості до впливу механічних факторів, вимогам зі стійкості до впливу факторів агресивного середовища згідно з ДСТУ ІЕС 60794-1-1-2002, ГОСТ В 20.39.301–76, ГОСТ В 20.39.304 –76, ГОСТ В 20.39.305–76 та ГОСТ В 20.39.306–76. ГОСТ Р МЕК 332-2-96.

5.3. ПКСТР повинна забезпечувати електромагніту сумісність (ЕМС) згідно ГОСТ В 25.232.-82 та ДСТУ 2794-94, або аналогічних за змістом стандартів країн НАТО.

5.4. Кількісні та якісні показники щодо своєчасності, живучості та надійності елементів ПКСТР повинні відповідати вимогам керівних документів.

5.5. Робота ПКСТР має бути організована у цілодобовому режимі (24 години на добу, 7 діб на тиждень – 24x7) безперервно, за виключенням ситуацій, коли необхідне тимчасове припинення роботи її окремих елементів на час усунення наслідків аварій та поломок обладнання.

5.6. Час готовності ПКСТР до застосування за призначенням ($T_{\text{розг}}$) не повинно перевищувати час готовності ПУ (об'єктів) до роботи ($T_{\text{ПУ роб}}$) і визначається математичним виразом: $T_{\text{розг}} \leq T_{\text{ПУ роб}}$.

5.7. Усі елементи ПКСТР щодо надійності, повинні відповідати вимогам ГОСТ В 20.39.403-81, або аналогічних за змістом стандартів країн НАТО.

5.8. Консервація складових комплектів ПКСТР та її зберігання повинні відповідати вимогам ГОСТ В 25674-83, ГОСТ В 20.39.308-76, ГОСТ ВД 9.014 – 80, ОСТ 4 ГО.054.047.

5.9. Експлуатаційна та технічна документація елементів ПКСТР повинна розроблятися відповідно до вимог ГОСТ В 15.501-90. Експлуатаційна та технічна документація повинні поставлятися у друкованому вигляді по одному комплекту на кожну партію. Вся експлуатаційна та технічна документація повинна бути виконана на державній мові.

5.10. Усі елементи ПКСТР при транспортуванні повинні відповідати спеціальним вимогам щодо впливу кліматичних факторів, від ударів при вантаженні та вивантаженні відповідно до вимог ГОСТ В 20.39.301-76, ГОСТ В 20.39.304-76, ГОСТ В 20.39.305-76, або аналогічних за змістом стандартів країн НАТО.

5.11. Вимоги щодо нерозповсюдження горіння встановити відповідно до ІЕС 60332-1 та ІЕС 60332-3 залежно від умов застосування елементів ПКСТР.

5.12. Маркування елементів ПКСТР повинно відповідати вимогам ГОСТ В 20.39.308-76. Маркування наноситься на незнімних частинах виробів, доступних для огляду місцях. Надписи гравіруються або виконуються

способами, що забезпечують стійкість надписів на весь час експлуатації виробів.

6. Бойові можливості

ПКСТР повинна цілодобово забезпечувати зв'язок з командирами (начальниками) частин (підрозділів) видів та родів військ ЗСУ під час підготовки і ведення бойових дій.

При існуючій системі управління військами, прийнятих принципів організації зв'язку і при використанні елементів ПКСТР організується:

пряма проводова лінія або проводова лінія прив'язки (доступу);

проводовий телефонний зв'язок;

IP-телефонія (мережа) передачі даних;

внутрішній телефонний зв'язок на ОКП, ТКП, КСП;

лінії проводового зв'язку на РОП, ВОП.

6.1. Польове кабельне обладнання.

Кабель КРМ 4х2 повинен забезпечувати можливість прокладання його по поверхні ґрунту, в ґрунт на глибину до 1,5 метрів, через водні перешкоди глибиною до 10 метрів та підвішування на опорах.

6.1.1. Чотирьохпарний (двохчетвірочний) мідний кабель з захищеними роз'ємами RJ-45 та елементами комплектів зовнішнього використання за електричними параметрами КРМ 4х2 повинен відповідати Cat5e згідно класифікації А1М8І/ТІА/ЕІА-568-А, з уточненням в Т8В-95, ІSO/IEC 11801.

6.1.2. Кабель КРМ 4х2 повинен забезпечувати функціонування кінцевих пристроїв та з'єднувальних ліній:

при довжині лінії до 100 м однією будівельною довжиною повинна бути до 1000 Мбіт/с;

при довжині лінії до 150 м – до 100 Мбіт/с.

6.1.3. КРМ 4х2 повинен забезпечувати швидкість передачі – 100 Мбіт/с з максимальною довжиною лінії до 200 м та підтримувати роботу протоколів: РВХ, V.11, X.21, ISDN, Ethernet (10Base-T), АТМ-25/52/155 Mbit/s, 100VG-

AnyLAN, Fast Ethernet (100BASE-TX), Token Ring 16/100 Mbit/s, Gigabit Ethernet (1000BASE-T), Firewire 100 Mbit/s, VoIP, PoE/PoE+, HDBaseT, xDSL.

6.1.4. Сумарне наведене перехідне загасання на дальньому кінці в частотному діапазоні від 1 МГц до максимальної еталонної частоти 100 МГц повинно бути вказана в розроблених Технічних умовах на конкретний зразок польового кабельного обладнання.

6.1.5. Мінімальна зворотне загасання будь-якої пари в частотному діапазоні від 1 МГц до 100 МГц повинно бути вказана в розроблених Технічних умовах на конкретний зразок польового кабельного обладнання.

6.1.6. Сумарне перехідне загасання на ближньому кінці в частотному діапазоні від 1 МГц до 100 МГц повинно бути вказана в розроблених Технічних умовах на конкретний зразок польового кабельного обладнання.

6.1.7. Характеристичний імпеданс будь-якої пари в частотному діапазоні від 1 МГц до 100 МГц повинен бути $N \pm 15\%$, де N - номінальна величина, зазвичай становить 100, 120 або 135 Ом. Величина N повинна бути вказана в розроблених Технічних умовах на конкретний зразок польового кабельного обладнання.

6.1.8. КРМ 4x2 повинен мати міцність на розрив з допустимим зусиллям 120 кг, кут вигину $\pm 90^\circ$, кут закручування, не менше $\pm 360^\circ$.

6.1.9. Мінімальне напрацювання на відмову - не менше 50 000 годин або не менш 300 циклів прокладок.

6.1.10. Мінімальний термін зберігання в опалюваних приміщеннях - 20 років, під навісом - 15 років.

6.1.11. Гарантійний термін експлуатації комплектів кабельного обладнання має бути не менше 2 років і визначається з дати введення комплектів в експлуатацію.

Комплект ЗІП повинен знаходитись в окремій упаковці, що виключає його пошкодження.

6.1.12. Строк служби - 20 років.

6.1.13. У технічних умовах та експлуатаційній документації повинен бути наведений перелік комплектуючих виробів і деталей, які мають ресурс (термін служби) менший ніж ресурс елементів з вказівкою періодичності їх заміни.

6.1.14. Ремонт кабелю повинен здійснюватися засобами ремонтних підрозділів зв'язку.

6.1.15. Кожна будівельна довжина кабелю КРМ 2×4 повинна зберігатись на барабанах (катушках) у горизонтальному положенні.

6.1.16. Повинні бути розроблені касети для транспортування та перенесення кабелю на барабанах (по 2 та 3 барабана у касетах). Вага кабелю на барабані не повинна перевищувати 20 кг.

6.1.17. Для зберігання кабелю КРМ 2×4 на барабані (катушці) на відкритих площадках повинен бути передбачений герметичний чохол.

6.1.18. Польовий оптичний кабель – одномодові оптичні волокна, які повинні відповідати вимогам Рекомендацій ІТУ-Т G.652.

Польовий оптичний кабель призначений для розгортання польових ліній зв'язку, ліній прив'язки до ОМЗ, ліній дистанційного керування радіозасобами, внутрішньовузлових ліній зв'язку ІТВ, ліній абонентських та локальних мереж на ПУ.

Кабель польовий оптичний повинен забезпечувати можливість прокладання його по поверхні ґрунту, в ґрунт, через водні перешкоди та підвішування на опорах.

Загальні вимоги до елементу ПКСТР – польового оптичного кабелю, надаються окремо.

6.1.19. Ввідний щиток ВЩ-1 призначений для підключення до кабелю КРМ 4х2 абонентів телефонної мережі за допомогою кабелю П-274М або кабельних шнурів з роз'ємами типу RJ-12.

ВЩ-1 повинен виконуватись у міцному вологонепроникному корпусі із захисною кришкою. Контактна система ВЩ-1 повинна складатися з контактної колодки типу розетка RJ-45, чотирьох контактних роз'ємів типу

розетка RJ-12, та чотирьох пар паралельно з'єднаних з ними клем натискного типу (або різьбових).

6.1.20. Виносний ввідний щиток ВЩ-2 призначений для розгортання локально-обчислювальних мереж та абонентських телефонних мереж при винесенні телекомунікаційного обладнання за апаратні зв'язку та розміщення його на захищених пунктах управління.

ВЩ-2 повинен виконуватись у міцному вологонепроникному корпусі із захисними кришками. Контактна система ВЩ-2 повинна складатися з абонентської контактної групи та станційної контактної групи.

6.1.21. Станційна контактна група повинна складатися з:

десяти контактних колодок типу розетка RJ-45 у захищеному виконанні;
чотирьох пар клем натискного типу (або різьбових);

двох роз'ємів апаратних напівмуфт П-296;

двох роз'ємів апаратних напівмуфт ПТРК 10x2 АП-10.

6.1.22. Абонентська контактна група повинна складатися з:

двадцяти восьми роз'ємів типу розетка RJ-12;

одинадцяти роз'ємів типу розетка RJ-45.

6.1.23. Перехідний щиток ПЩ-1 призначений для з'єднання будівельних довжин кабелю КРМ 4x2 з кабелем ПТРК 5x2.

ПЩ-1 повинен виконуватись у цупкому вологонепроникному корпусі із захисними кришками.

Контактна система ПЩ-1 повинна складатися з контактної колодки типу розетка RJ-45 та апаратних напівмуфт ПТРК 5x2 АП-5.

Незадіяна пара з АП-5 повинна бути виведена на окрему пару клем натискного типу (або різьбових).

6.1.24. Перехідний щиток ПЩ-2 призначений для з'єднання будівельних довжин кабелю КРМ 4x2 між собою або будівельної довжини кабелю КРМ 4x2 з патч-кордом, з кабелем кручена пара Cat5e з роз'ємами RJ-45.

ПЩ-2 повинен виконуватись у цупкому вологонепроникному корпусі із захисними кришками.

Контактна система ПЩ-2 повинна складатися з двох контактних колодок типу розетка RJ-45.

6.1.25. Перехідний щиток ПЩ-3 призначений для підключення кабелю КРМ 4x2 до кабелю П-296.

ПЩ-3 повинен виконуватись у цупкому вологонепроникному корпусі.

Контактна система ПЩ-3 повинна складатися з контактної колодки типу розетка RJ-45 та роз'єму П-296.

6.1.26. Перехідний щиток ПЩ-4 призначений для підключення двох кабелів КРМ 4x2 до одного кабелю ПТРК 10x2.

ПЩ-4 повинен виконуватись у металевому вологонепроникному корпусі.

Контактна система ПЩ-4 повинна складатися з двох контактних колодок типу розетка RJ-45 та однієї апаратної напівмуфти ПТРК 10x2 АП-10.

Незадіяні пари з АП-10 повинні бути виведенні на окремі пари клем натискного типу (або різьбових).

6.2. Засоби комутації.

Польовий комутатор (далі – ПК) призначений для забезпечення телефонним зв'язком у польових умовах абонентів з телефонними апаратами системи “місцева батарея–центральна батарея – АТС” (“МБ – ЦБ/АТС”) у ручному режимі, з телефонними апаратами системи АТС в автоматичному режимі та для керування радіостанціями.

6.2.1. Загальними умовами бойового застосування ПК є:

необхідність надання телекомунікаційних послуг посадовим особам різнорідних та різновидових угруповань військ (сил), що ведуть бойові дії;

значний просторовий розмах ведення операцій (бойових дій);

швидка реконфігурація системи зв'язку виходячи із задач, що поставленні та змін обстановки;

динамічна топологія мереж зв'язку (внаслідок переміщення ІТВ та ПУ, їх знищення та відмов, а також впливу на радіоканали навмисних завад противника);

нестабільність каналів, обмеженість та неоднорідність телекомунікаційних ресурсів ВЗ;

високе психологічне та фізичне навантаження на персонал, що обслуговує телекомунікаційні мережі у зв'язку з високою небезпекою знищення противником ІТВ (ВЗ), їх елементів та ПУ в цілому.

6.2.2. Комутатор повинен забезпечувати:

телефонний зв'язок 10 абонентам по двопровідним польовим кабельним лініям, але допускати включення ліній іншого типу;

можливість збільшення ємності за рахунок об'єднання однотипних комутаторів;

циркулярне з'єднання абонентів;

підключення до мереж автоматичного телефонного зв'язку, в тому числі до телефонної мережі загального користування.

6.2.3. Телефонний комутатор повинен мати 9 (дев'ять) абонентських комплектів для підключення телефонів системи МБ або радіостанцій та 1 (один) абонентський комплект для підключення до автоматичних комутаційних систем ЦБ/АТС.

6.2.4. Абонентські комплекти, в залежності їх призначення, повинні мати режими роботи:

місцевої батареї;

центральної батареї;

АТС;

управління радіостанцією.

6.2.5. Розмовні прилади РМ комутатора повинні забезпечувати задовільну розбірливість мови при згасанні лінії до 43,4 дБ на частоті 800 Гц в умовах акустичних шумів з рівнем, що не перевищує 80 дБ.

Загасання, що вноситься в розмовні ланцюги повинне становить близько 0,9 дБ на частоті 800 Гц.

Індуктор робочого місця комутатора повинен забезпечувати стійке здійснення виклику з комутатора на телефон через лінію з загасанням до 45,0 дБ на частоті 16 Гц.

Заняття станції АТС (ЦБ) повинне забезпечуватися по сполучній лінії загасанням не менше 8,7 дБ.

6.2.6. В режимі управління радіостанцією комутатор повинен забезпечувати дистанційне управління напівдуплексними радіостанціями, схеми яких пристосовані для дистанційного управління, з застосуванням польового кабелю типу П-274М та телефонних апаратів системи МБ.

Дальність роботи комутатора з радіостанціями в режимі дистанційного керування визначається технічними даними радіостанцій.

6.2.7. Джерело електроживлення комутатора – акумуляторна батарея з номінальною напругою 27В або джерело постійного струму від 10 до 30В (номінальне значення 27В).

6.2.8. В режимі ЦБ та АТС ТК повинен забезпечувати живлення АЛ номінальною напругою 27В, підтримку імпульсного і тонального набору в режимі АТС.

6.2.9. Час розгортання польового комутатора із транспортуємого положення без встановлення зв'язку не повинен перевищувати 10 хвилин.

6.2.10. Термін служби польового комутатора – не менше 10 років з моменту вводу в експлуатацію.

6.2.11. Гарантійний термін експлуатації – не менше 2 років з дня вводу в експлуатацію в межах гарантійного терміну зберігання.

6.3. Засоби маршрутизації.

6.3.1. ТК повинен забезпечувати:

маршрутизацію IP-трафіку між мобільними групами та штабом, батальйонами (дивізіоном, бригадою), КСП батальйону (дивізіону), ПУ вищих ланок управління та стаціонарними ІТВ системи зв'язку ЗСУ (не менше 2-х IP-мереж);

розгортання абонентської мережі відкритого телефонного зв'язку відповідно до наданих вище вимог та її підключення до автоматичної телефонної мережі ЗСУ;

розгортання відкритої локально-обчислювальної мережі;

маскування передачі відкритої інформації за стандартами RFC 4301-4309, 5764 по будь-яких каналах передачі даних між ПУ тактичної ланки управління та стаціонарними ІТВ ЗСУ;

фільтрацію мережевих пакетів відповідно до заздалегідь визначених правил фільтрації.

6.3.2. Маршрутизатор у ТК забезпечує:

підключення до електронно-комунікаційної мережі одночасно по двом окремим каналам передачі даних Ethernet;

статичну та динамічну маршрутизацію IP-пакетів між локально-обчислювальною мережею КСП батальйону (дивізіону), ОКП бригади та інформаційно-телекомунікаційною мережею ЗСУ;

підтримку протоколів динамічної маршрутизації BGPv4, OSPFv2, IS-IS, RIPv2;

підтримку технології VLAN 802.1q на усіх портах Ethernet;

підтримку наступних механізмів захисту на усіх портах Ethernet:

BPDU Guard;

BPDU Root Guard;

Loop Guard або Unidirectional Link Detection;

Dynamic ARP Inspection та IP Source Guard, або їх функціональні аналоги;

підтримку технології підміни IP-адрес (NAT) на портах підключення;

канали передачі даних до інформаційно-телекомунікаційної мережі;

комутацію локально-обчислювальної мережі Ethernet;

маскування передачі відкритої інформації за стандартами RFC 4301-4309, 5764 по будь-яких каналах передачі даних;

диференціацію та пріоритезацію типів трафіку (QoS) на всіх каналах зв'язку, включаючи замасковані;

дистанційне керування за протоколами SSH та HTTPS;
фільтрацію пакетів за параметрами мережевого та транспортного рівнів за заздальгідь налагодженим правилам фільтрації.

6.3.3. SIP телефон у ТК забезпечує:

підключення до SIP-серверу;

реєстрацію телефонної лінії на програмно-апаратному комплексі VoIP АТС на основі програмного рішення Asterisk (або аналогу) з авторизацією за ім'ям користувача та паролем;

обов'язкове маскуваннн голосового трафіку та службової інформації, яка використовується для підключення до (або) взаємодії з автоматичною телефонною мережею ЗСУ згідно з такими параметрами:

маскуваннн службової інформації за допомогою механізму TLSv1.2 (згідно з рекомендаціями RFC 5246 та усіма доповненнями до нього);

маскуваннн голосового трафіку на рівні AES-256 за допомогою механізму SRTP;

маскуваннн ключів за допомогою розширення DTLS-SRTP (RFC 5764) на рівні AES-128;

дистанційне керування за протоколами SSH та HTTPS.

6.3.4. Телекомунікаційне обладнання та джерело безперебійного живлення у ТК повинно зберігати свою працездатність у діапазоні температур від -25 до + 40 °С та при відносній вологості від 0 до 95% без конденсації.

6.3.5. Обладнання ТК повинне забезпечувати автоматичне керування конфігурацією та моніторинг стану, які включають в себе:

автоматичне отримання IP-адреси на зовнішніх каналах зв'язку;

автоматичне завантаження еталонної конфігурації при старті маршрутизатору;

періодичну перевірку актуальної конфігурації на відповідність еталонній.

Будь-яке керування конфігурацією має відбуватись в рамках маскованої сесії. Стан обладнання та інформація про технічні параметри має

відображатись на центральному сервері управління й моніторингу в разі його наявності.

6.4. Кінцеві засоби.

6.4.1. Польовий телефонний апарат повинен застосовуватися в якості кінцевого пристрою телефонного зв'язку у системах та комплексах управління на колісному і гусеничному, в складі КШМ, штабних машин, КАЗ та інших військових об'єктів різного призначення, на стаціонарних об'єктах зв'язку та в польових умовах на відкритому повітрі.

6.4.1.1. Польовий телефонний апарат повинен забезпечувати:

організацію безпосередньо телефонного зв'язку по двопроводовій польовій кабельній лінії з однотипним або аналогічним телефонним апаратом, абонентський доступ до мереж автоматичного телефонного зв'язку, в тому числі до електронної комунікаційної мережі і ведення переговорів із застосуванням радіозасобів військового призначення;

безпосередній зв'язок з телефонними апаратами в МБ без заміни елементів живлення по кабельних лініях зв'язку з загасанням на частоті 800 Гц не менше 48 дБ з надійним проходженням сигналів "Виклик" цілодобово на протязі не менше 30 діб в режимі розмови не менше 50% часу і відправки виклику не менше 50 разів на добу;

в режимі МБ дистанційне управління радіостанціями військового призначення (у телефонному режимі) по двопроводовій лінії із застосуванням кабелю типу П-274М на відстані не менш ніж 2 км.;

в режимі ЦБ телефонний апарат повинен забезпечувати підключення по двопроводовій лінії до АТС (автоматичних комутаційних систем) з імпульсним та тональним набором номеру і ручних комутаторів з лінійною напругою 48 та 60 В.

6.4.1.2. ТА повинен виключати можливість прослуховування розмов в приміщенні через підключену АЛ при віджатій тангенті або покладеній мікротелефонній трубці.

6.4.1.3. Для ТА повинно бути передбачено підключення до додаткового джерела живлення від бортової мережі об'єкту напругою 10В-30В постійного струму. При цьому, при відключенні (зникненні) напруги 10В-30В, ТА повинен виконувати основні функції без перерви від власного джерела електроживлення, яке повинно складатись з стандартних батарейок (акумуляторів). Тип і номінал напруги батарейок (акумуляторів) повинен бути узгоджений із Замовником на етапі технічного проектування.

6.4.1.4. Електричний опір постійного струму в режимі очікування виклику, режимі відбою, при напрузі джерела живлення 60 В повинен бути не менше – 250 кОм.

Модуль вхідного електричного опору в режимі ЦБ:

в режимі очікування виклику на частоті 1000 Гц повинен бути не менше – 10 кОм:

в режимі виклику повинен бути в межах:

на частоті 25 Гц – від 4 до 20 кОм;

на частоті 50 Гц – від 3 до 20 кОм.

Рівень визивного акустичного сигналу в положенні регулятора, відповідному:

Максимальної гучності не менше – 70 дБА;

Мінімальної гучності – від 40 до 60 дБА.

Приймач визивного сигналу повинен спрацьовувати при напрузі сигналу на вході ТА – 20 ± 5 В.

Тривалість паузи між послідовними сигналами набору номера з частотним способом передачі сигналів повинна бути не менше – 50 мс.

Тривалість паузи між послідовними сигналами набору номера з частотним способом передачі сигналів в автоматичному режимі повинна бути не менше – 50 мс.

Тривалість розмикання шлейфу АЛ при нормованому відбої повинна бути не менше – 800 мс.

6.4.1.5. Електроживлення ТА повинне здійснюватися:

від автономного елемента електроживлення;
лінійним струмом від комутаційних систем в режимі ЦБ;
напругою 10В–30В постійного струму бортової мережі об'єкту із захистом від помилкової зміни полярності.

6.4.1.6. Час розгортання ТА із транспортуемого положення без встановлення зв'язку не повинно перевищувати 60 секунд.

6.4.1.7. Термін служби ТА – не менше 10 років з моменту вводу в експлуатацію.

6.4.1.8. Гарантійний термін експлуатації – не менше 2 років з дня вводу в експлуатацію в межах гарантійного терміну зберігання.

6.4.2. IP телефон військового призначення повинен забезпечувати зв'язок що здійснюється за допомогою протоколу IP через мережу передачі даних.

6.4.2.1. IP ТА повинен забезпечувати зв'язок що здійснюється за допомогою протоколу IP через мережу передачі даних.

6.4.2.2. IP ТА повинен використовувати протоколи: SIP, SCCP (Skinny), UNISim, H.323, MGCP.

6.4.2.3. IP ТА повинен мати здатність підтримувати аудіокодеків: G.711, G.726, G.729.

6.4.2.4. Інтерфейс IP ТА 10/100 Мбіт/с Fast Ethernet (або Wi-Fi).

6.4.2.5. Інтерфейс IP ТА для резервного підключення до телефонної лінії.

6.4.2.6. Максимальної гучності не менше – 70 дБА;

Мінімальної гучності – від 40 до 60 дБА.

Приймач визивного сигналу повинен спрацьовувати при напрузі сигналу на вході IP ТА – 20 ± 5 В.

Тривалість паузи між посилками сигналу набору номера з частотним способом передачі сигналів повинна бути не менше – 50 мс.

Тривалість паузи між посилками сигналу набору номера з частотним способом передачі сигналів в автоматичному режимі повинна бути не менше – 50 мс.

Тривалість розмикання шлейфу АЛ при нормованому відбої повинна бути не менше – 800 мс.

6.4.2.7. Електроживлення ІР ТА повинне здійснюватися:

від автономного елемента електроживлення;

лінійним струмом від комутаційних систем в режимі ЦБ;

напругою 10В–30В постійного струму бортової мережі об'єкту із захистом від помилкової зміни полярності.

6.4.2.8. Час розгортання ІР ТА із транспортуємого положення без встановлення зв'язку не повинно перевищувати 60 секунд.

6.4.2.9. Термін служби ІР ТА – не менше 10 років з моменту вводу в експлуатацію.

6.4.2.10. Гарантійний термін експлуатації – не менше 2 років з дня вводу в експлуатацію в межах гарантійного терміну зберігання.

6.4.3. Автоматизоване робоче місце / планшет військового призначення повинен забезпечувати обробку, відображення та аналіз даних з метою автоматизації процедур контролю, збереження та видачі необхідної інформації.

6.4.3.1 АРМ повинен забезпечувати:

вирішення певного класу завдань, об'єднаних загальною технологією обробки інформації, єдністю режимів роботи й експлуатації при функціонуванні в складі інформаційних (автоматизованих) систем, що прийняті на озброєння (допущені до експлуатації) у ЗСУ;

формалізацію професійних знань, щодо можливості надання за допомогою АРМ самостійно автоматизувати нові функції і вирішувати нові завдання в процесі накопичення досвіду роботи з системою;

модульна побудова, що забезпечує сполучення АРМ з іншими елементами системи обробки інформації, а також модифікацію і нарощування можливостей АРМ без переривання його функціонування.

6.4.3.2. Вимоги до АРМ:

не менше 2 Гб вільного місця на жорсткому диску;

не менше 1024 МВ пам'яті оперативного запом'ятовуючого пристрою;
процесор – не гірше Intel Core Duo 2200МГц;
мережева карта – не гірше 100Mbit.

6.4.3.3. Вимоги до програмного забезпечення:

операційна система - OS Android або Windows 7/8/10;
інтернет браузер - Google Chrome, Version – не нижче 69;
компонент цифрового підпису.

6.4.3.4. Пропускна здатність каналу зв'язку 10 Мбіт/сек.

6.4.3.5. Електроживлення IP ТА повинне здійснюватися:

від автономного елемента електроживлення;
лінійним струмом від комутаційних систем в режимі ЦБ;
напругою 220 В промислової мережі електроживлення.

6.4.3.6. Час розгортання АРМ із транспортуемого положення без встановлення зв'язку не повинно перевищувати 2 хв.

6.4.3.7. Термін АРМ – не менше 10 років з моменту вводу в експлуатацію.

6.4.3.8. Гарантійний термін експлуатації – не менше 2 років з дня вводу в експлуатацію в межах гарантійного терміну зберігання.

6.5. Бойові та функціональні можливості, а також окремі технічні характеристики ПКСТР та її складових можуть бути уточнені на етапі проектування та/або формування технічних завдань на їх створення.

7. Вимоги щодо взаємодії

7.1. ПКСТР повинна забезпечувати сумісну роботу з ЕКМ ЗСУ та ЕКМЗК.

7.2. Комплектуючі елементи обладнання ПКСТР повинні відповідати сучасному рівню розвитку мікроелектроніки та бути технічно сумісними за конструктивними, електричними і експлуатаційними характеристиками та не використовувати компоненти, виробником яких є країна-агресор.

7.3. ПКСТР та КА повинні забезпечувати сумісну роботу та з'єднання до: польових апаратних та станцій зв'язку різного призначення (КШМ, штабних машин, КАЗ, тощо);

комунікаційного обладнання, яке розміщено за межами польових апаратних та станцій зв'язку різного призначення;

комплексів управління озброєнням різного призначення.

Перелік апаратних (станцій), комунікаційного обладнання та комплексів управління визначається (затверджується) Замовником.