

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут інформатики та радіоелектроніки
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра захисту інформації
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему «Розробка вдосконаленого способу маскування
лінійного коду»

Виконав: студент 6 курсу, групи РТ-813м
спеціальності (напряму підготовки)

125 Кібербезпека

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Литовка Тетяна Василівна

(прізвище та ініціали)

Керівник Щекотихін О. В., к.т.н., доцент
кафедри захисту інформації

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет _____ ПРЕ, ФРЕТ _____
 Кафедра _____ захисту інформації _____
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) _____ магістр _____
 Спеціальність _____ 125 Кібербезпека _____
 (код і назва)
 Напрямок підготовки _____ Безпека інформаційних і комунікаційних систем _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри захисту інформації,
 проф., д.т.н., Карпуков Л. М.
 “ _____ ” _____ 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Литовці Тетяні Василівні _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка вдосконаленого способу маскуванню лінійного коду»

керівник проекту (роботи) _____ Щекотихін О. В., к.т.н., доцент кафедри захисту інформації _____

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 7 ” листопада 2018 року №328

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 3 грудня 2018 року _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Література в галузі захисту інформації, посібники у сфері волоконно-оптичних ліній зв'язку, міжнародні патенти на корисні моделі та пристрої

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Дослідження проблеми безпечної передачі конфіденційної інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку, аналіз відомих способів і методів несанкціонованого з'єму інформації о оптичного волокна, огляд існуючих способів захисту від НСД, розробка вдосконаленого способу маскуванню лінійного коду, а також _____ пристрою, _____ що _____ реалізує _____ цей спосіб.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Схема роботи способу захисту інформації шляхом впровадження додаткового етапу маскуванню лінійного коду; кодограми роботи вдосконаленого способу маскуванню лінійного коду.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Основний	Щекотихін О. В., доцент кафедри захисту інформації		
Охорона праці	Коробко О. В., старший викладач кафедри ОПНС		
Економічна частина	Левченко Н. М., проф. кафедри ПТБД		
Нормо-контроль	Нікуліщев Г. І., старший викладач кафедри захисту інформації		

7. Дата видачі завдання _____ 3 жовтня 2018 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір теми дипломної роботи, вивчення її актуальності	3.10 – 7.10	
	Підбір необхідної літератури за темою	8.10 – 12.10	
	Ознайомлення з історією розвитку волоконно-оптичних мереж передачі інформації	13.10 – 17.10	
	Аналіз існуючих способів несанкціонованого доступу до ВОЛЗ та зняття конфіденційної інформації	18.10 – 26.10	
	Дослідження методів захисту волоконно-оптичних ліній зв'язку	27.10 – 3.11	
	Розробка вдосконаленого способу маскування лінійного коду	4.11 – 10.11	
	Розробка пристрою для реалізації розробленого способу	11.11 – 16.11	
	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	17.11 – 19.11	
	Розрахунок кошторису на розробку нового пристрою	20.11 – 25.11	
	Оформлення пояснювальної записки	26.11-30.11	

Студент _____

(підпис)

Литовка Т. В. _____

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____

(підпис)

Щекотихін О. В. _____

(прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота: 100 сторінок, 29 рисунків, 16 таблиць, 23 джерела.

Проводиться дослідження існуючих способів передачі інформації в волоконно-оптичних лініях зв'язку. Аналізується проблема захисту інформації від несанкціонованого доступу під час її передачі по волоконно-оптичним лініям зв'язку, вирішується проблема поліпшення надійності конфіденційної інформації та покращення якості інформаційного сигналу на приймальній стороні, що є актуальним завданням усунення каналів витоку інформації.

Метою роботи є розробка більш надійного способу передачі конфіденційної інформації у ВОЛЗ для ефективного захисту від НСД шляхом впровадження додаткового маскуванню лінійного коду перед його передачею та демаскування на приймальному боці, а також розробка пристрою, що реалізує цей спосіб.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що запропоновано вдосконалені спосіб і пристрій маскуванню лінійного коду при передачі інформації в волоконно-оптичних лініях зв'язку, що дозволяє створити безпечний канал передачі інформації з підвищеними захищеністю та надійністю, а також покращеною якістю передаваного інформаційного сигналу на приймальній стороні. Спосіб включає додатковий етап маскуванню лінійного коду перед його відправкою, а також демаскування на приймальній стороні та передача отриманої інформації для подальшої її обробки, а пристрій реалізує його за допомогою найпростіших елементів.

Практична цінність результатів роботи полягає в тому, що розроблені спосіб і пристрій маскуванню лінійного коду призначені для забезпечення безпечного каналу передачі інформації шляхом технічних вдосконалень. Результати роботи можуть бути використані фахівцями для удосконалення систем передачі інформації у ВОЛЗ з метою підвищення їх захищеності, надійності та якості передаваної інформації.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ, МАСКУВАННЯ ЛІНІЙНОГО КОДУ, НЕСАНКЦІОНОВАНИЙ ДОСТУП, ЛІНІЙНИЙ ТРАКТ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ОВ – оптичне волокно

ВОЛЗ - волоконно-оптична лінія зв'язку

НСД – несанкціонований доступ

ВОЛТ – волоконно-оптичний лінійний тракт

ОТ – оптичне тунелювання

НВЧ – надвисоке випромінювання

ПВВ – повне внутрішнє відображення

ЛВС (LAN) – локальна обчислювана мережа

WDM – спектральне ущільнення каналів

ВОСП – волоконно-оптичні системи передачі

ВОК – волоконно-оптичний кабель

ВОЛП – волоконно-оптична лінія передачі

ІК – інфрачервоний діапазон

ВОЛТ – волоконно-оптичний лінійний тракт

ІС – інформаційний сигнал

СРК – спектральний розподіл каналів

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

НСІ – несанкціонований з'єм інформації

ОК – оптичний кабель

ОР – оптичний розгалужувач

ОЛЗ – оптична лінія затримки

RZ – код з поверненням до нуля

NRZ – код без повернення до нуля

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Пошук літературних джерел в галузі захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку та їх аналіз	10
1.1 Підгрунття вибору теми дипломної роботи та її актуальність	10
1.2 Основи волоконної оптики та волоконно-оптичні системи передачі інформації.....	15
1.2.1 Закон Снелліуса та повне внутрішнє відображення у волоконній оптиці.....	15
1.2.2 Волоконно-оптичні системи передачі інформації.....	19
1.3 Переваги використання оптичного волокна у системах передачі.....	24
2 Дослідження способів та методів несанкціонованого з'єму інформації з волоконно-оптичних ліній зв'язку.....	26
2.1 Порушення повного внутрішнього відображення.....	26
2.1.1 Зміна кута падіння.....	28
2.1.2 Механічний вигин.....	28
2.1.3 Акустичний вплив на оптоволокно.....	29
2.1.4 Вплив розтягуванням оптоволокна.....	31
2.1.5 Скручування ОВ та вплив стаціонарних електричних полів.....	33
2.1.6 Оптичне тунелювання.....	33
2.2 Реєстрація розсіяного випромінювання.....	33
2.3 Параметричні методи реєстрації випромінювання, що проходить по оптоволокну.....	34
2.3.1 Вплив низьких температур.....	35
2.3.2 Розрив оптоволокна.....	35
2.3.3 Спосіб лінзового фокусування.....	35
2.3.4 Компенсаційний спосіб.....	36
3 Огляд способів захисту оптичного лінійного тракту від несанкціонованого доступу	37
3.1 Захист ВОЛТ на рубежі оптичного волокна.....	37

3.1.1 Оптичне волокно з поверхневою металізацією.....	37
3.1.2 Багатошарове оптичне волокно.....	39
3.1.3 Вторинні захисні покриття волоконних світловодів.....	39
3.2 Захист інформації на рубежі волоконно-оптичного кабелю.....	41
3.3 Захист ВОЛЗ на рубежі прокладки ВОК.....	43
3.4 Захист ВОЛЗ методами перетворювання передаваної інформації.....	43
3.4.1 Захист лінійного тракту за допомогою скремблювання.....	43
3.4.2 Захист лінійного тракту за допомогою надлишкового кодування.....	45
3.4.3 Спектральне розділення 2-х каналів	46
3.4.4 Аналіз та порівняння відомих способів захисту інформації методом маскуваня	47
4 Розробка вдосконаленого способу маскуваня лінійного коду.....	59
4.1 Пошук аналогів та аналіз недоліків відомих способів захисту інформації зі спектральним ущільненням каналів.....	59
4.2 Розробка вдосконаленого способу маскуваня лінійного коду.....	61
4.3 Пошук аналогів та аналіз недоліків відомих пристроїв, що здатні реалізувати систему зі спектральним ущільненням каналів.....	65
4.4 Розробка пристрою, що реалізує вдосконалений спосіб маскуваня лінійного коду.....	68
4.5 Рубежі захисту оптичного волокна від несанкціонованого доступу.....	69
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	72
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	72
5.2 Заходи із забезпечення техніки безпеки.....	74
5.3 Заходи із забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	76
5.4 Заходи із забезпечення пожежної безпеки.....	80
5.5 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях. Основні норми поведінки і дії при аваріях с викидом сильнодіючих отруйних речовин.....	83
6 Економічна частина.....	87
6.1 Розрахунок заробітної плати робітників	87
6.2 Відрахування у єдиний соціальний внесок.....	88

6.3 Розрахунок витрат на спеціальне обладнання.....	89
6.4 Розрахунок витрат на комплектуючі проекту	89
6.5 Розрахунок витрат на послуги сторонніх організацій	90
6.6 Розрахунок витрат на споживання електроенергії.....	91
6.7 Амортизаційні відрахування.....	91
6.8 Бальна оцінка економічної ефективності проекту.....	93
6.9 Розрахунок економічної ефективності проекту.....	96
Висновки	97
Перелік посилань	98

ВСТУП

В даний час все більше конфіденційної інформації проходить саме волоконно-оптичними лініями зв'язку. Такий стан речей легко пояснити тим, що з точки зору надійності та захищеності волоконно-оптичні лінії посідають провідне місце серед безпечних мереж передачі інформації, при цьому зберігається надвисока пропускна здатність каналу передачі, висока завадостійкість та інші позитивні властивості.

Але, при певних умовах, за яких зловмисник має безпосередній доступ до волоконно-оптичної лінії, перехоплення інформації та її трактування стає цілком можливим [1-3]. Тому, виникає актуальна задача створення більш надійного способу передачі інформації по волоконно-оптичним лініям зв'язку шляхом впровадження додаткових методів захисту.

Тому метою роботи є розробка більш надійного способу передачі конфіденційної інформації в ВОЛЗ для ефективного захисту від НСД шляхом впровадження додаткового етапу маскуванню лінійного коду перед його передачею та демаскування на приймальному боці, а також розробка пристрою, що реалізує цей спосіб.

Дана робота направлена на дослідження існуючих методів нападу на волоконно-оптичну лінію зв'язку, аналіз методів захисту та розробка оптимального способу захисту від несанкціонованого доступу для унеможливлення розшифрування отриманих даних зловмисником.

Розділ з охорони праці в дипломній роботі направлений на розробку конкретних засобів забезпечення безпеки в процесі роботи для найманих працівників, в тому числі їх інформування щодо правильної поведінки при надзвичайних ситуаціях.

Економічний розділ досліджує, які саме витрати потребує реалізація дипломного проекту та підтверджує розрахунками, розробка і виготовлення пристрою для маскуванню лінійного коду має значну економічну ефективність при існуючих витратах.

1 ПОШУК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ В ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ У ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ЛІНІЯХ ЗВ'ЯЗКУ ТА ЇХ АНАЛІЗ

1.1 Підгрунття вибору теми дипломної роботи та її актуальність

В процесі підбору та дослідження літературних джерел було виявлено, що оптичне волокно та оптоволоконні технології розвивались ще кілька десятиліть років тому. Застосування світла в якості середі передачі інформації вперше був продемонстрований ще у ХІХ столітті. Проте застосування принципу поширення світла в оптоволоконні було ускладнене тим, що на той момент відповідні необхідні технології були просто відсутні або недостатньо розвинуті.

Передача інформації за допомогою світла потребує наступних компонентів: джерело інформації, оптичний передавач, середовище розповсюдження сигналу, оптичний тракт і приймач інформації. Нижче можна прослідкувати в якій послідовності були винайдені компоненти, що нині використовуються у ВОЛЗ.

Розробка оптичного волокна почалась у 1951 році. Перші дослідження на предмет створення ліній зв'язку на основі оптичних діелектричних волокон були розпочаті в СРСР Косинським, Кузмічевим, Власовим і іншими. Але в той час майже ніхто не вбачав практичну користь від цих досліджень.

Експерименти зі світлопоглинання скла розпочалися у 1958 році. Варгін і Вайнберг довели, що на цю величину впливають домішки кольорових металів, внесеними шихтою і вогнетривами. Так, було визначено, що світлопоглинання ідеально чистого скла дуже мале. Тому у 1963 році в інституті хімії Академії наук СРСР вже були створені перші світловоди, що мали довжину всього у кілька метрів. На той час постала проблема великих втрат в оптоволоконні. У 1970 на кілометровій ділянці енергія зменшується в 100 разів, що складає 20 дБ на 1 км втрат. [4] На практиці це підтвердив інженер відомої американської фірми «Corning Glass» Капроні і його співробітники, які прослідкували втрати на реальних світловодах. З цього часу почався стрімкий розвиток у галузі волоконної

оптики. Тому часто саме 1970 рік зветься початком епохи волоконно-оптичного зв'язку, що займає третє місце з 10 найвидатніших технічних досягнень ХХ століття (за оцінками вчених США).

Трохи з історії розвитку наступного компоненту ВОЛЗ. У 1952 році академіки Басов і Прохоров (рис.1.1) заявили, про можливість розробки підсилювача та генератора НВЧ випромінювання. Таке ж повідомлення, і у той же час висунув американець Таунс. Колективи радянських і американських вчених майже одночасно, у 1954 році, незалежно один від одного створили молекулярний генератор, названий мазером (СРСР) та лазером (США). Мазер - це абревіатура від англійської назви *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, посилення мікрохвиль за допомогою вимушеного випромінювання. А лазер - *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, бо Таунс проводив свої експерименти зі світлом, а не з мікрохвилями. [5] В результаті, винахідники лазера Басов, Прохоров і Таунс у 1964 році були визнані гідними Нобелівської премії.

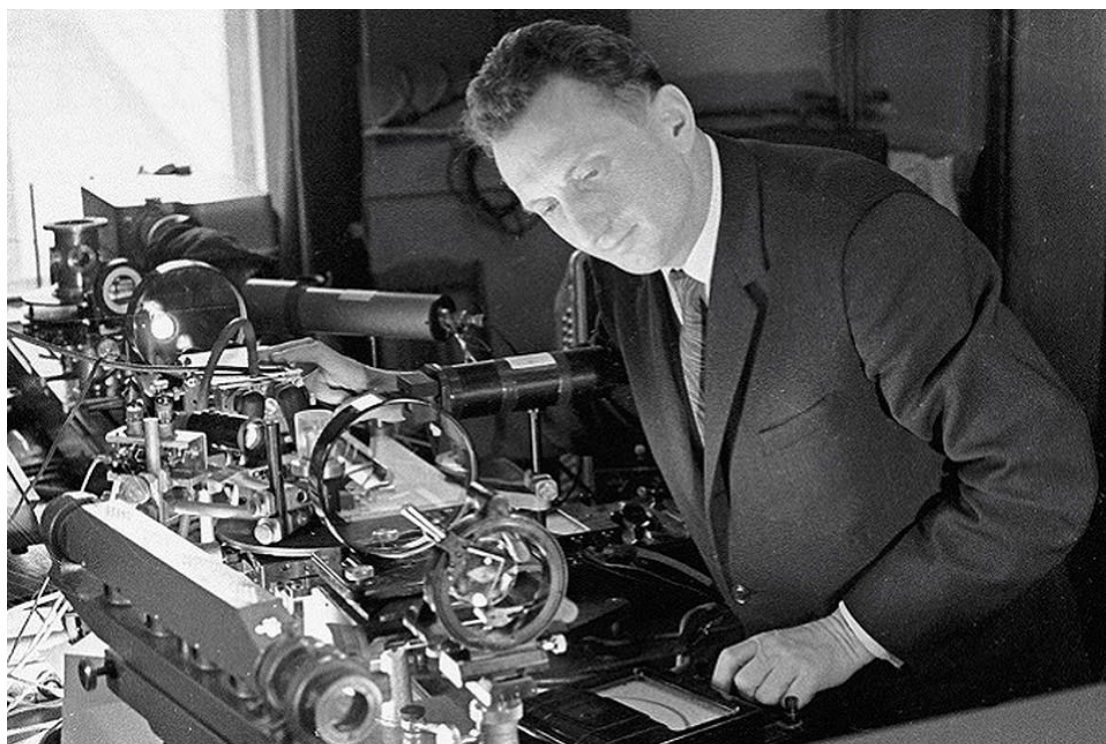


Рисунок 1.1 – Фото А. Прохорова з мазером

У своєму розвитку фотоприймачі випередили появу оптичного волокна і випромінювачів. Перші фотодіоди, фототріоди, фототиристри і т. д. з'явилися у 60-тих рр.

З того часу технологія волоконної оптики почала активно розвиватися в системах зв'язку. Почали розроблятися засоби захисту інформації у таких лініях зв'язку, та, очевидно, розроблялися і методи несанкціонованого підключення та зняття інформації з цих самих ліній. Як приклад одвічної боротьби методів нападу на волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ) та засобів їх захисту приведу наступний короткий опис реальних подій.

У книзі «Історія підводного шпигунства проти СРСР» ("Blind Man's Bluff") американських авторів Шеррі Зонтаг і Крістофера Дрю докладно розповідається про використання підводних човнів США в розвідувальних цілях.

Починаючи з 1970-х років перед розвідниками встали більш складні завдання: їм довелося безпосередньо підключатися до підводних кабелів. В результаті зради одного із співробітників в 70-і роки КДБ дізналося місце підключення до одного з кабелів і зняло апаратуру. Пристрій з написом «Зроблено в США» зараз виставлено в музеї КДБ в Москві. Після того випадку КДБ неодноразово знаходив прослуховуючі пристрої на підводних кабелях.

У 1988 році через Атлантику був прокладений перший оптоволоконний кабель - і перед розвідниками виникла нова проблема. Якщо кабель заходить на територію США, то зняти інформацію можна в наземному центрі прийому сигналу, але що робити з азіатськими і європейськими підводними кабелями? Тут знову не обійтися без підводних човнів. Найсучаснішим підводним човном США, який займається установкою апаратури для перехоплення трафіку з оптоволоконних кабелів, є «Джиммі Картер» (бортовий номер SSN23) рис.1.2, укомплектований для служби 19 лютого 2005 року. Підводний човен вартістю \$ 3,2 млрд. оснащений засекреченим обладнанням для прослуховування оптоволоконних кабелів, що прокладені на дні морів, океанів тощо.

В результаті внесених в конструкцію модифікацій субмарина стала довшою на 30 метрів, оскільки в середині корпусу у неї з'явився ще один великий

відсік під назвою «багатоцільова платформа» або коротко MMP (Multi-Mission Platform).

Ніяких особливих подробиць про конструкцію цілком таємного відсіку MMP не публікується, відомо лише, що тут забезпечується «більш гнучкий інтерфейс субмарини з океаном, включаючи можливості запускати і приймати на борт дистанційно керовані підводні апарати».



Рисунок 1.2 – Підводний човен «Джиммі Картер» (SSN23) з багатоцільовою платформою MMP

«Джиммі Картер» прийшов на зміну легендарному підводному човну «Парч» (бортовий номер SSN683), який встановив чимало прослуховуючих пристроїв на підводні кабелі в роки «холодної війни» і пішов зі служби тільки в 2004 році. Через природу засекречених операцій поки не відомо, яким чином

здійснювалось прослуховування на оптоволокну, але є припущення про встановлення спліттерів. Ці пристрої здійснюють розподіл сигналу: основна частина якого йде по кабелю, як і раніше, а менше 1% сигналу йде у відгалуження. Установка розгалужувача або іншими словами спліттера - досить складне завдання, тому що кожен канал може містити до 192 окремих волокон і силовий кабель на 10000 вольт. Складним завданням є також запис і аналіз сигналу, оскільки по оптоволокну проходить гігантська кількість інформації, так що потрібна додаткова спеціальна апаратура.

Крім підключення до підводних кабелів спецслужби займаються проведенням тунельних операцій підключаючись до підземних кабелів зв'язку іноземних посольств і потужним вузлам військового зв'язку. Підземне шпигунство - один з найстаріших і екзотичних видів розвідки. Зараз таємні тунелі найчастіше використовуються для підключення до чужих ліній зв'язку.

У 1951 році в Австрії ЦРУ і британська розвідка MI-6 провели операцію «Срібло» [6], проривши тунель через кордон британської та радянської зон окупації і підключившись до телефонного кабелю радянської військової комендатури, західні розвідники більше року слухали переговори російських військових з підвалу магазину тканин, продавців в якому весь цей час успішно зображували агенти MI-6. Отримавши цінну інформацію в ході операції «Срібло», в 1954 році ЦРУ і MI-6 приступили до аналогічної операції «Золото» в Берліні. За рік техніки цих спецслужб прорили на глибині 4,5 м підземний тунель довжиною 150 м і діаметром 1,8 м з підвалу складу боєприпасів армії США в Західному Берліні до радянського вузла зв'язку в Східному Берліні. В кінці квітня 1956 року, через рік після початку прослуховування, секретний тунель нібито «випадково» виявили радянські солдати. І тільки на початку 1960-х років на Заході дізналися, що високопоставлений співробітник MI-6 і агент КДБ Джордж Блейк повідомили в Москву про тунель ще до початку його будівництва. Так що вся інформація, що надходила по ньому, була спеціально підготовлена радянськими спецслужбами. Скільки дезінформації пішло через Берлінський тунель американської та англійської розвідок, важко поррахувати.

Дослідження показало, що заради інформації, особливо заради державної таємниці, чи конфіденційної інформації, спецслужби готові піти на великі затрати та покласти багато зусиль на реалізацію розвідувальних чи зловмисних планів та операцій. Тому у наш 2018 рік, у наше століття інформаційних технологій захист інформації складає найвищий пріоритет, як на державному рівні, так і на рівні окремих підприємств.

1.2 Основи волоконної оптики та волоконно-оптичні системи передачі інформації

1.2.1 Закон Снелліуса та повне внутрішнє відображення у волоконній оптиці

Якісний опис процесу поширення хвиль в ОВ дає променева теорія, яка дозволяє також отримати деякі важливі кількісні результати. Більш повний і чіткий опис хвиль в ОВ забезпечує теорія електромагнітного поля.

Заломлення світла. Коли промінь світла (рис. 1.3) входить під кутом падіння α в оптично більш щільне середовище (наприклад, скло або воду) з оптично менш густого середовища (наприклад, повітря), то його напрямок поширення щодо нормалі до поверхні падіння змінюється, тобто він переломлюється під кутом заломлення β .

Для ізотропних середовищ, тобто матеріалів або речовин, які мають однакові властивості в усіх напрямках, справедливий закон заломлення Снелліуса: відношення синуса кута падіння α до синусу кута заломлення β є величиною постійною і також ідентично відношенню швидкостей світла c_1 в першому середовищі і c_2 в другому середовищі[7,8]:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}, \quad (1.1)$$

де α - кут падіння; β - кут заломлення; c_1 - швидкість світла в середовищі 1; c_2 - швидкість світла в середовищі 2.

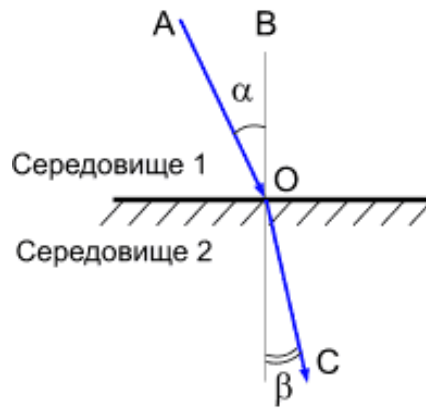


Рисунок 1.3 – Заломлення світла

З двох прозорих середовищ оптично більш щільною називається та, в якій швидкість світла менше.

При переході з вакууму (\approx повітря), в якому світло поширюється зі швидкістю c_0 , в середу зі швидкістю світла c має силу співвідношення:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_0}{c} = n, \quad (1.2)$$

Відношення швидкості світла c_0 в вакуумі до швидкості світла c в середовищі називається показником заломлення n відповідного середовища. Показник заломлення вакууму (\approx повітря) n_0 дорівнює 1.

Для двох різних середовищ з показниками заломлення n_1 і n_2 і швидкостями світла в них c_1 і c_2 мають силу наступні вирази:

$$c_1 = \frac{c_0}{n_1} \quad \text{та} \quad c_2 = \frac{c_0}{n_2} \quad (1.3)$$

Звідси виводиться інша форма закону заломлення Снелліуса:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1.4)$$

Відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення дорівнює зворотному відношенню відповідних показників заломлення.

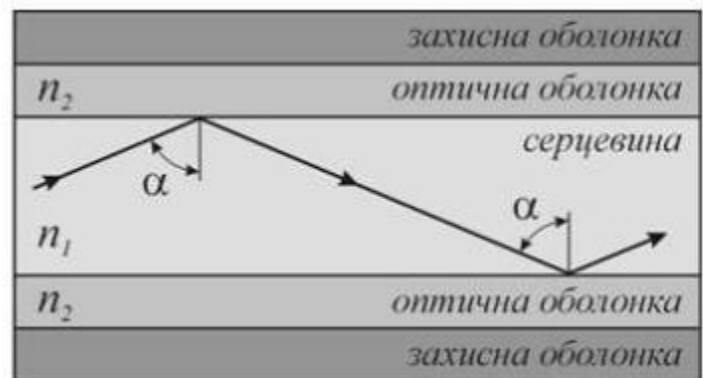
Приклад. При показнику заломлення $n_1 = 1,5$, що зазвичай приймається для скла в волоконному світловоді, швидкість світла в світловоді дорівнює

$$c_1 = \frac{300000 \text{ км/с}}{1,5} = 20000 \text{ км/с} = 200 \text{ м/мкс},$$

або затримці світла на 5 мкс на кожен кілометр світловода, або 5 нс на кожен метр світловода.

Показник заломлення n середовища залежить головним чином від довжини хвилі світла. Для довжин хвиль в інфрачервоному діапазоні, які важливі для оптичного зв'язку з використанням кварцового скла, він постійно зменшується в міру збільшення довжини хвилі.

На рис. 1.4 зображено явище повного внутрішнього відображення в ОВ.



а) загальна будова оптоволоконна б) поздовжній переріз

Рисунок 1.4 - Явище повного внутрішнього відображення в оптоволоконні

Оскільки $n_1 > n_2$, то видно, що $\beta > \alpha$. Отже, збільшуючи кут падіння α оптичного променя, можна досягнути такого стану коли заломлений промінь почне ковзати на границі “серцевина-оболонка” без переходу в оптичну оболонку. Кут падіння, при якому спостерігається такий ефект, називається гранич-

ним кутом повного внутрішнього відображення $\alpha_{\text{гр}}$ і визначається з наступного виразу:

$$\sin \alpha_{\text{гр}} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1.5)$$

Для всіх кутів α , які більші за граничний $\alpha_{\text{гр}}$, буде мати місце тільки відображення світла, а заломлена хвиля буде відсутня. Це явище називається повним внутрішнім відображенням (ПВВ) і саме воно лежить в основі передачі випромінювання по оптичному волокну.

При чому залежно від виду оптичного волокна явище ПВВ може виглядати по-різному. Це пов'язано з тим, що коли випромінювання лазера надходить в сердцевину волокна, то сигнал передається по ньому у вигляді окремих мод (можна сказати променів світла). Причому входять «промені» під різними кутами, тому час поширення енергії окремо взятих мод різниться. Це проілюстровано на рис. 1.5 [9]:

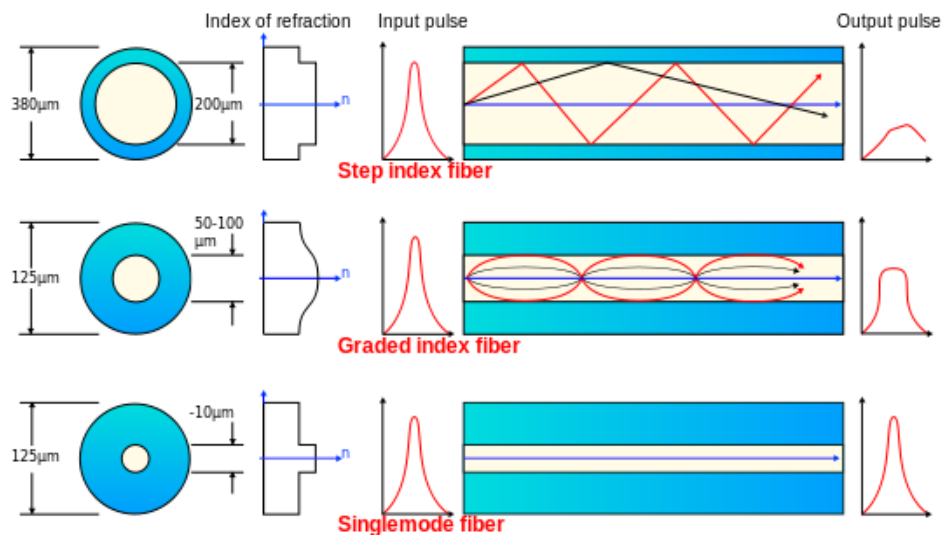


Рисунок 1.5 - Профілі заломлення світла в залежності від типу ОВ

Тут зображено 3 профіля заломлення: ступінчастий і градієнтний для багатомодового волокна і ступінчастий для одномодового.

Видно, що в багатомодових волокнах моди світла поширюються за різними шляхами, але, через постійний коефіцієнт заломлення сердцевини з вони мають однакову швидкість. Тобто ті моди, які змушені йти по ламаній лінії

приходять пізніше, ніж моди, що йдуть по прямій. Тому вихідний сигнал розтягується в часі.

Інша справа з градієнтним профілем, ті моди які раніше йшли по центру - сповільнюються, а моди, які йшли по ламаному шляху, навпаки, прискорюються. Це сталося тому, що коефіцієнт заломлення сердечника тепер непостійний. Він збільшується параболічно від країв до центру.

Це дозволяє збільшити швидкість передачі і отримати сигнал на прийомі з кращими розпізнавальними якостями.

Завдяки такому різноманіттю можна скласти таблицю, що пояснює області застосування оптоволокна (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 - Область застосування ОВ

Багатомодове волокно	Одномодове волокно	
MMF 50 (62.5) / 125 Градієнтне	SF 9/125 Ступінчасте	SF 9/125 зі зміщеною дисперсією (З ненульовою зміщеною дисперсією)
ЛВС (GigaEther, FDDI, ATM)	Протяжні ЛВС, магістралі SDH	Надпротяжні магістралі SDH

На даний час магістральні кабелі майже всі йдуть з ненульовою зміщеною дисперсією, що дозволяє використовувати на цих кабелях спектральне ущільнення каналів (WDM) без потреби заміни кабелю.

А при побудові пасивних оптичних мереж часто використовують багатомодове волокно.

1.2.2 Волоконно-оптичні системи передачі інформації

Волоконно-оптичні системи передачі (ВОСП) - це сукупність оптичних пристроїв і оптичних ліній передачі, що забезпечують формування, обробку і передачу оптичних сигналів. Передача сигналу у волоконно-оптичній лінії пе-

редачі (ВОЛП) здійснюється по волоконно-оптичному кабелю (ВОК), основою якого є оптичне волокно (ОВ) у вигляді тонкої прозорої багатошарової діелектричної нитки з надчистого кварцового скла. [10]

Фундаментальним відзнакою волоконно-оптичних систем зв'язку (ВОСЗ) від більш традиційних систем електричного зв'язку є те, що в якості несучих інформацію хвиль використовуються інфрачервоні (ІК) світлові хвилі. Світлові хвилі відрізняються від радіохвиль в принципі тільки одним - частотою (в оптиці замість частоти ν частіше використовується довжина хвилі $\lambda = c / \nu$, де c - швидкість світла у вакуумі). У табл. 1.2 показані співвідношення різновиду хвиль до їх частоти та довжини.

Таблиця 1.2 - Співвідношення різновиду хвиль до їх частоти та довжини

Вид хвилі	Частота ν	Довжина хвиль λ
ІК світлові хвилі	200-300 ТГц	850-1600 нм
Радіохвилі НВЧ	1-100 ГГц	0,3-30 см
Радіохвилі ВЧ	1-1000 МГц	0,3-300 м

В якості оптичного сигналу, що передається по ОВ, використовується електромагнітне випромінювання, яке лежить в ближньому інфрачервоному (ІК) діапазоні хвиль. ОВ в цьому діапазоні характеризується нерівномірністю загасання, утворюючи на деяких ділянках ІК-діапазону вікна прозорості, де загасання мінімальне. Неоднорідність загасання світла в ОВ обумовлена неідеальністю середовища і наявністю домішок. Причому найбільший внесок у втрати вносять водні іони гідроксильної групи (ОН), які, резонуючи, створюють піки поглинання. На рис. 1.6 приведена типова залежність загасання α , дБ/км від довжини хвилі λ , мкм для стандартного ОВ на основі кварцового скла. Пунктирна лінія на малюнку відповідає ОВ з пригніченим водним піком. Цифрами

1,2,3 відзначені вікна прозорості, буквами O, E, S, C, L, U - робочі діапазони довжин хвиль в інтервалі 1260 ... 1675 нм.

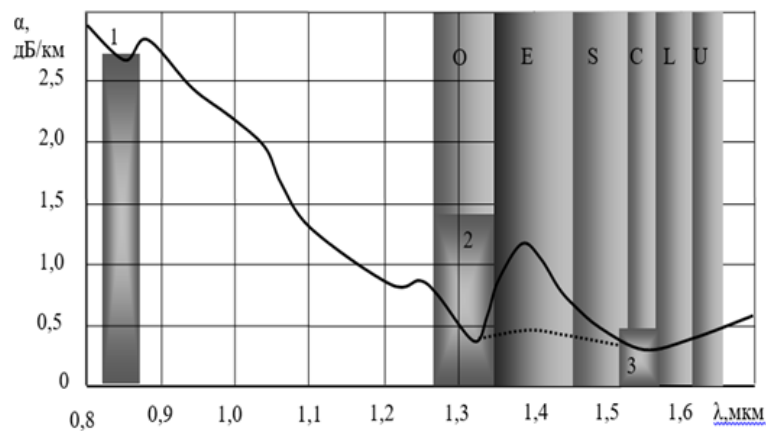


Рисунок 1.6 - Типова залежність загасання в кварцовому оптоволокну

Вікна прозорості ОВ визначили робочі довжини хвиль для ВОСП. Для першого вікна робоча довжина хвилі становить 850 нм. Для цієї довжини хвилі були розроблені технології виготовлення і конструкції ОВ із загасанням до 3 дБ/км. Для другого вікна при робочій довжині хвилі 1310 нм отримані ОВ з загасанням до 0.35 дБ/км. Використання третього вікна на довжині хвилі 1550 нм дозволило знизити загасання в ОВ до 0.18 дБ/км. У зв'язку з розширенням робочого діапазону оптичних волокон Сектором стандартизації Телекомунікацій Міжнародного союзу електрозв'язку МСЕ-Т (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization - ITU-T) були затверджені додаткові спектральні діапазони в інтервалі 1260 ... 1675 нм, наведені в табл. 1.3.

Область можливих застосувань ВОЛЗ досить широка - від лінії міського та сільського зв'язку та бортових комплексів (літаки, ракети, кораблі) до систем зв'язку на великі відстані з високою інформаційною ємністю.

Багатоканальні ВОСП широко використовуються на магістральних і зонових мережах зв'язку, а також для пристрою сполучних ліній між міськими АТС. Пояснюється це великою інформаційною здатністю ОК та їх високою за-

хищеністю від завад. Особливо ефективні економічні підводні оптичні магістралі.

Таблиця 1.3 - Робочі діапазони довжин хвиль в інтервалі 1260 - 1675 нм

Позначення діапазону	Смуга хвиль і частот діапазону	Найменування діапазону
O	1260...1360 нм (237,931...220,436 ТГц)	Основний (Original)
E	1360...1460 нм (220,436...205,337 ТГц)	Розширений (Extended)
S	1460...1530 нм (205,337...195,943 ТГц)	Короткохвильовий (Short wavelength)
C	1530...1565 нм (195,943...191,561 ТГц)	Стандартний (Conventional)
L	1565...1625 нм (191,561...184,488 ТГц)	Довгохвильовий (Long wavelength)
U	1625...1675 нм (184,488...178,981 ТГц)	Наддовгий (Ultra-long wavelength)

Під волоконно-оптичною лінією зв'язку (ВОЛЗ) надалі будемо розуміти волоконно-оптичну систему, що складається із пасивних та активних елементів, що призначена для передачі інформації у оптичному (як правило - ближньому інфрачервоному) діапазоні.

Активними компонентами можуть виступати: мультиплексор, демультиплексор, лазер, фотоприймач, регенератор, підсилювач тощо. В якості пасивних елементів можуть бути: оптичний кабель, оптична муфта, оптичний крос.

До складу ВОЛЗ входить (рис.1.7): передавач оптичної потужності (ПОМ) з вихідною потужністю P_s , приймач оптичної потужності (ПрОМ), що забезпечує при вхідній оптичній потужності P_r прийом і перетворення оптичного сигналу з заданим коефіцієнтом помилок BER, і волоконно-оптичний лінійний тракт (ВОЛТ), що має довжину L і загасання α . Приймально-передавальна

пара (ПОМ-Пром) має енергетичний потенціал E , який залежить від потужності ПОМ, спектральної щільності шуму, чутливості промити і швидкості передачі B . Заданий енергетичний потенціал E обмежує довжину волоконно-оптичного тракту L , загасання якого (з урахуванням експлуатаційного запасу) не повинно перевищувати енергетичний потенціал E . [11]

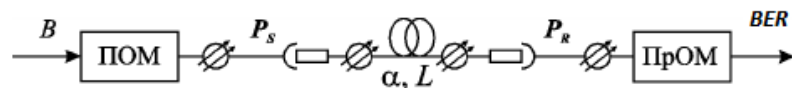


Рисунок 1.7 - Структурна схема ВОЛЗ

Вразливостями ВОЛЗ з боку зловмисників є:

- кабельні сегменти;
- вузли з'єднання будівельних довжин оптичного кабелю в захисних оптичних муфтах.

Протягом усього лінійного тракту і на його елементах зловмисник може успішно здійснювати тривалий, несанкціонований доступ до інформації, що практично не виявляється, за допомогою спеціальних засобів доступу до цифрового кодового потоку і здійснювати вивід на запис, прослуховування або ретрансляцію несанкціоновано отриманих даних або мови.

У зв'язку з цим актуальною і закономірною є завдання захисту лінійного тракту ВОЛЗ.

Відомо, що волокно являє собою хвилевідну структуру, в якій оптичне випромінювання поширюється по закону повного внутрішнього відображення [7,8]. Проте, навіть після формування статичного розподілу поля в волокні, невелика частина розсіяного випромінювання все ж проникає за межі відбиває оболонки і може бути каналом витоку інформації, що передається.

Можливість існування побічних оптичних випромінювань з бічної поверхні ОВ обумовлена низкою конструктивних і технологічних факторів, наведених на рис. 1.8:

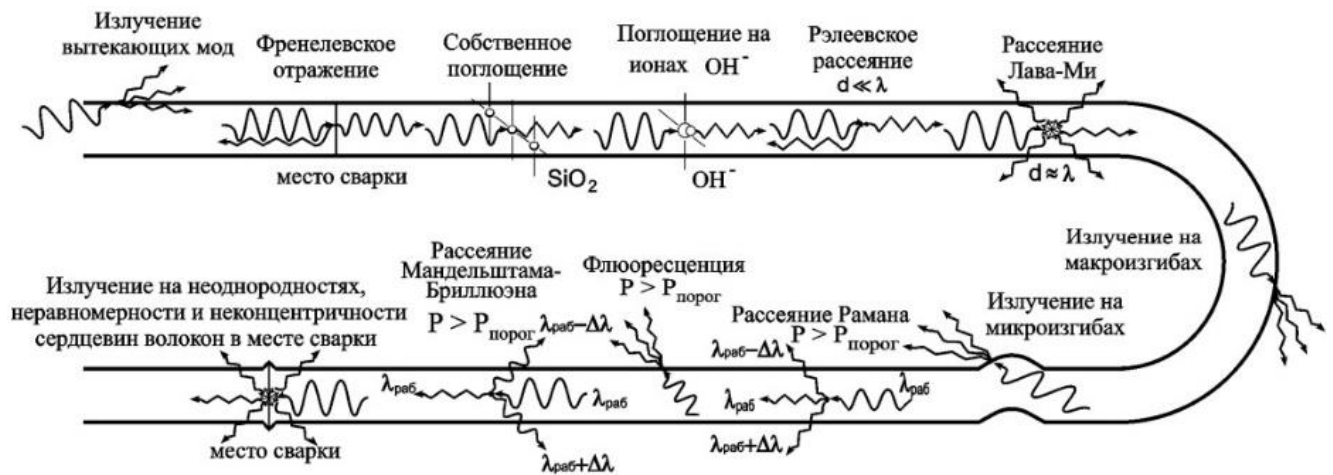


Рисунок 1.8 - Причини випромінювання і розсіювання в ОВ

1.3 Переваги використання оптичного волокна у системах передачі

Сучасні ВОСП будуються у вигляді цифрових систем передачі (ЦСП) з імпульсно-ковою модуляцією - ІКМ (Pulse Code Modulation - PCM). Імпульсно-кова модуляція заснована на дискретизації з постійним кроком у часі переданого аналогового сигналу з подальшим квантуванням за рівнем амплітуд отриманих вибірок з поданням їх чисельних значень в двійковому коді. Здійснюється ІКМ з використанням аналого-цифрових перетворювачів (АЦП).

У порівнянні з дротяними системами ВОСП мають ряд істотних переваг:

- висока завадостійкість;
- слабка залежність якості передачі від довжини лінії зв'язку;
- висока стабільність параметрів каналів зв'язку;
- ефективність використання високої пропускну здатності оптоволоконної лінії зв'язку при побудові багатоканальних систем;
- висока уніфікацією і надійність апаратури цифрової обробки сигналів.

Крім перерахованих переваг ВОСП мають підвищену захищеність від несанкціонованого доступу за рахунок:

- високої захищеності від зовнішніх електромагнітних полів. Лінії оптичної зв'язку з цим не сприйнятливі будь-яким електромагнітним зовнішніх впливів;

- в ВОЛЗ відсутні проблеми перехресних перешкод від поруч розташованих ОВ і виключається перехід конфіденційної інформації з одного ОВ в інше;

- висока скритність переданої інформації, що обумовлено дуже малою інтенсивністю розсіюється випромінювання;

- захищеність переданої інформації за рахунок можливості прокладки ВОЛЗ в зонах важкодоступних для зловмисників.

У зв'язку з усе більш зростаючими обсягами інформації, що передається, ВОСП будуються як багатоканальні цифрові системи, здатні по одному оптоволокну за допомогою ущільнення каналу зв'язку передавати, в тому числі в дуплексному режимі, цифрові потоки від багатьох джерел сигналу.

В даний час ВОСП широко використовуються в наступних магістральних і транспортних мережах зв'язку:

- плезіохронних транспортних мережах PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy);

- синхронних транспортних мережах Sonet / SDH (Synchronous Digital Hierarchy);

- технології асинхронного режиму передачі ATM (Asynchronous Transfer Mode);

- хвильовому або спектральному мультиплексуванні WDM (Dense Wave Division Multiplexing);

- оптичних транспортних мережах OTN (Optical Transport Network);

- Ethernet;

- оптичних системах доступу ON (Optical Network);

- пасивних системах доступу PON (Passive Optical Network);

- локальних мережах LAN (Local Area Network) тощо.

По всім цим магістральним і транспортним мережам зв'язку може передаватися конфіденційна інформація, котру необхідно захищати від несанкціонованого доступу (НСД), тому це підтверджує актуальність даної дипломної роботи.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ТА МЕТОДІВ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО З'ЄМУ ІНФОРМАЦІЇ З ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ

Несанкціонований доступ (НСД) до ВОЛЗ, незважаючи на складність і дорожнечу, все таки можливий. Способи знімання, які можуть бути використані для перехоплення інформації з ВОЛЗ, можна розділити на дві групи[3]:

- за способом з'єднання: без дискретний, дискретний, локальний, протяжний;

- за способом реєстрації і підсилювача: пасивні - реєстрація випромінювання з бічної поверхні оптоволокна; активні - реєстрація випромінювання, що виводиться через бічну поверхню оптоволокна за допомогою спеціальних засобів, що змінюють параметри сигналу.

На відміну від всіх інших середовищ передачі інформації, для формування каналів витоку на ділянках ВОЛЗ, як правило, вимагають прямого доступу до оптоволокну і спеціальних заходів відведення частини випромінювання з оптоволокна або реєстрації проходження випромінювання. Основні фізичні принципи формування каналів витоку в ВОЛЗ можна розділити на наступні типи:

- порушення повного внутрішнього відображення;
- реєстрація розсіяного випромінювання на довжинах хвиль основного інформаційного потоку і комбінаційних частотах;
- параметричні методи реєстрації випромінювання, що проходить.

Основні методи несанкціонованого з'єму інформації з ОВ представлені в табл. 2.1

2.1 Порушення повного внутрішнього відображення

Порушення повного внутрішнього відображення, що приводить до витоку інформації може здійснюватися наступними способами [2]:

- зміна кута падіння - використання зовнішнього впливу для зменшення кута падіння до значення, меншого значення граничного кута падіння, при якому починає спостерігатися повне внутрішнє відбиття;

- зміна ставлення кута заломлення оболонки до показника заломлення серцевини оптоволокна - використання зовнішнього впливу для збільшення кута повного внутрішнього відображення до значень, великих характерних кутів падіння в світловоді;

- оптичне тунелювання - полягає в проходженні випромінювання через оболонку оптоволокна з показником заломлення меншим, ніж у серцевини, при кутах падіння великих кута повного внутрішнього відображення тощо.

Таблиця 2.1 – Способи зняття інформації з ОВ

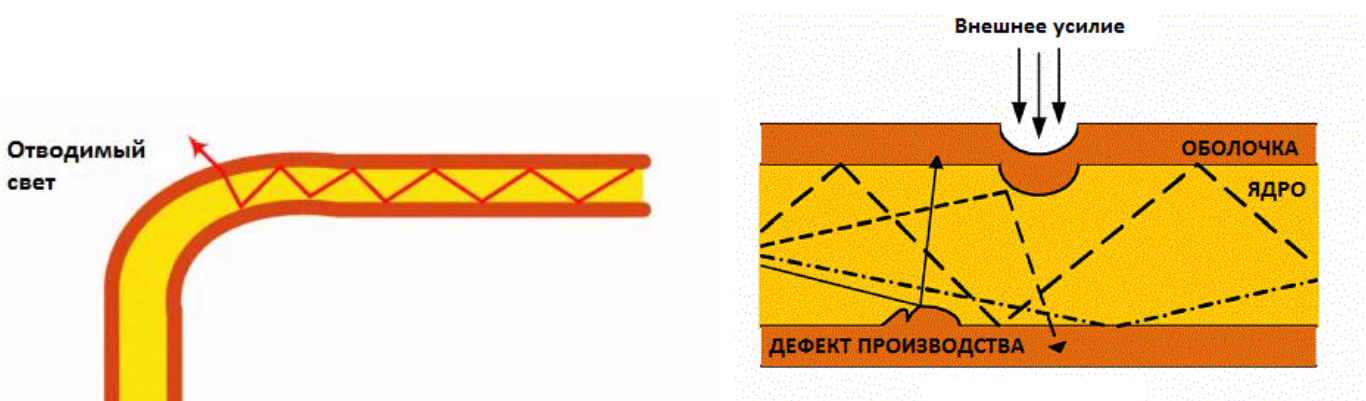
Порушення повного внутрішнього відображення	Макрозгиб, мікрозгиб, механічний вигин, скручування, розтягнення, вплив акустичних полів, оптичне тунелювання, вплив статичних електромагнітних полів
Реєстрація розсіяного випромінювання на довжинах хвиль основного інформаційного потоку і комбінаційних частотах	Пряма зміна розсіяного випромінювання на довжинах хвиль носія інформації
	Зміна розсіяного випромінювання на комбінаційних частотах
	Реєстрація випромінювання на основі спеціальної обробки ОВ зовнішніми полями, такими як теплове, електромагнітне, радіаційне
Параметричні методи реєстрації проходить випромінювання	Використання низьких температур
	Розрив оптоволокна
	Лінзове фокусування
	Компенсаційний спосіб

2.1.1 Зміна кута падіння

Зміна кута падіння може бути досягнуто наступними методами [12]:

- макрозгиб;
- мікрозгиб;
- акустичний вплив;
- розтягнення;
- скручування;
- вплив статичних електромагнітних полів;
- оптичне тунелювання.

На рис. 2.1 показано макро та мікро згиби оптоволокна.



а) Макрозгиб ОВ

б) Мікрозгиб ОВ

Рисунок 2.1 – Ілюстрація згибів оптоволокна

2.1.2 Механічний вигин

Зміна кута падіння може досягатися за допомогою механічного впливу на оптоволокно, наприклад, його вигином (рис.2.2)[12-13]. При вигині оптичного волокна змінюється кут падіння електромагнітної хвилі на кордоні серцевина-оболонка. Кут падіння стає менше граничного кута, що означає вихід частини електромагнітного випромінювання із світловода. Вигин оптичного волокна

призводить до сильного побічного випромінювання в місці вигину, що створює можливість несанкціонованого зйому інформації в локалізованій області.

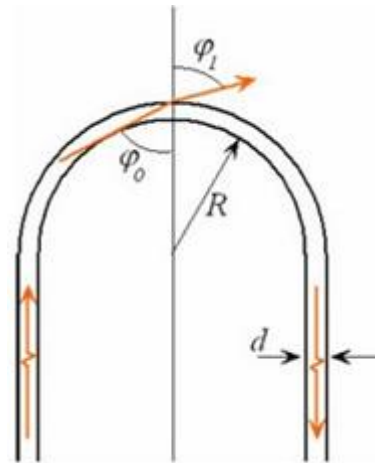


Рисунок 2.2 - Формування каналу витoku при вигині радіусом R оптоволоконна з діаметром серцевини d , φ_0 - кут падіння, φ_1 - кут заломлення

Порушення повного внутрішнього відображення при механічному впливі можливе не тільки при вигині волокна, але і при локальному тиску на оптоволоконно, що викликає неконтрольоване розсіяння (на відміну від вигину) в точці деформації.

2.1.3 Акустичний вплив на оптоволоконно

Порушення повного внутрішнього відображення при механічному впливі можливе не тільки при вигині волокна, але і при локальному тиску на оптоволоконно, що викликає неконтрольоване розсіяння (на відміну від вигину) в точці деформації.

Зміни кута падіння можна домогтися не тільки зміною форми оптоволоконна при механічному впливі, але і за допомогою акустичного впливу [3,7,8]. В серцевині оптоволоконна створюється дифракційна решітка періодичної зміни показника заломлення, яка викликана впливом звукової хвилі. Електромагнітна хвиля відхиляється від свого первісного напрямку, і частина її виходить за межі каналу поширення.

Фізичним явищем, за допомогою якого можливо вирішити поставлену задачу, є дифракція Брегга на високочастотному звуці (> 10 МГц), довжина хвилі Λ якого задовольняє умові: $(\lambda L/\Lambda 2)$, де λ - довжина хвилі електромагнітного випромінювання, L - ширина області поширення звукової хвилі. Деформації, створювані пружною хвилею, формують періодична зміна показника заломлення всередині оптоволокна для світла є дифракційними ґратами (рис. 2.3, рис. 2.4).

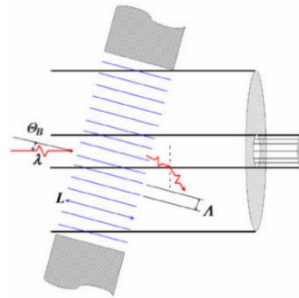


Рисунок 2.3 - Формування дифракційної решітки в серцевині оптоволокна звуковою хвилею

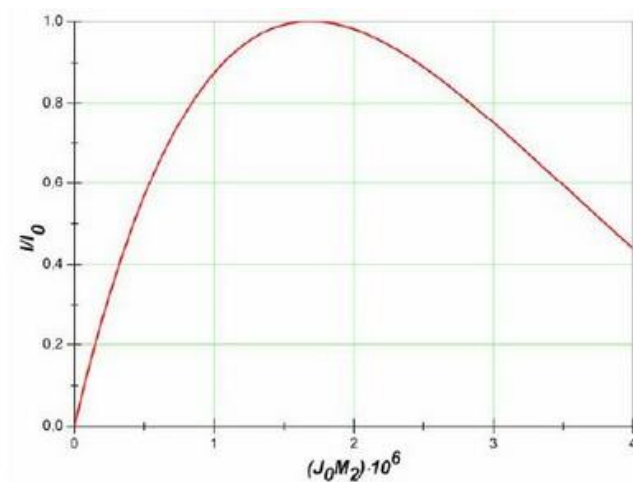


Рисунок 2.4 - Залежність інтенсивності дифракційного максимуму від інтенсивності звукової хвилі

З графіка видно, що навіть при невисоких інтенсивностях звукової хвилі виведене електромагнітне випромінювання дуже багато для реєстрації його сучасними фотоприймачами.

При фіксованій інтенсивності звуку, шляхом зміни області озвучування L , можна домогтися максимального значення інтенсивності в дифракційному максимумі, тим самим збільшити інтенсивність світла відведеного в канал витоку.

2.1.4 Вплив розтягуванням оптоволокна

Іншим зовнішнім впливом, що змінює ставлення показника заломлення оболонки до показника заломлення серцевини оптоволокна (n_2/n_1), є механічна дія без зміни форми волокна, наприклад, розтягнення (рис.2.5). [13]

При розтягуванні оптичного волокна відбувається зміна показників заломлення серцевини і оболонки оптичного волокна на Δn_1 і Δn_2 . При цьому збільшується значення кута повного внутрішнього відбиття від φ_r до φ'_r .

З урахуванням того, що плавлений кварц витримує великі напруги (до 10^6 Па в ідеальному стані), то, прикладаючи великі механічні напруги до оптоволокну, можливо домогтися зміни граничного кута на величину $\varphi'_r - \varphi_r \approx 10^{-6} \sin \varphi_r$, чого може виявитися досить для виведення частини інтенсивності основного інформаційного потоку за межі оптичного волокна.

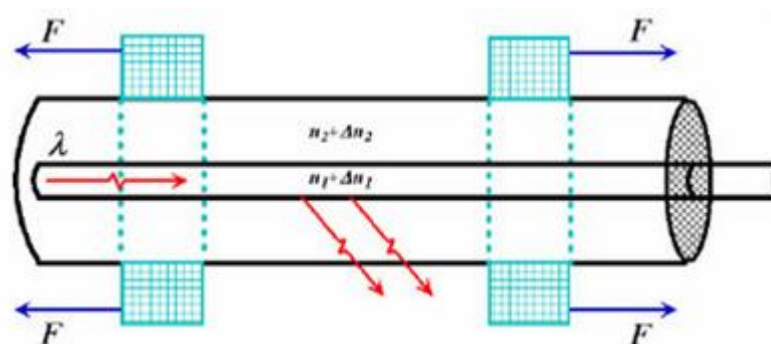


Рисунок 2.5 - Формування каналу витоку інформації розтягуванням оптоволокна при впливі зовнішнього зусилля F

2.1.5 Скручування ОВ та вплив стаціонарних електричних полів

До способів, що викликають зміну ставлення показника заломлення оболонки до показника заломлення серцевини оптоволоконного шляхом механічної напруги так само відноситься і скручування оптоволоконного.

До безконтактних способів зміни відношення (n_2/n_1) можна віднести вплив стаціонарних електричних полів, які змінюють показник заломлення серцевини і оболонки на Δn_1 і Δn_2 .

2.1.6 Оптичне тунелювання

Способом, який дозволяє захоплювати частину електромагнітного випромінювання, що виходить за межі серцевини інформаційного оптоволоконного додатковим світловодом, не вносячи додаткових втрат і зворотного розсіювання, є оптичне тунелювання (рис. 2.6), де n_1 , n_2 - показники заломлення серцевини і оболонки оптоволоконного, n_3 - показник заломлення додаткового оптоволоконного. [13].

Явище оптичного тунелювання полягає в проходженні оптичного випромінювання з середовища з показником заломлення n_1 через шар з показником заломлення n_2 меншим n_1 в середу з показником заломлення n_3 при кутах падіння великих кута повного внутрішнього відображення. На принципах оптичного тунелювання в інтегральній і волоконній оптиці створюються такі пристрої як оптичний розгалужувач, оптофони, волоконно-оптичні датчики фізичних величин.

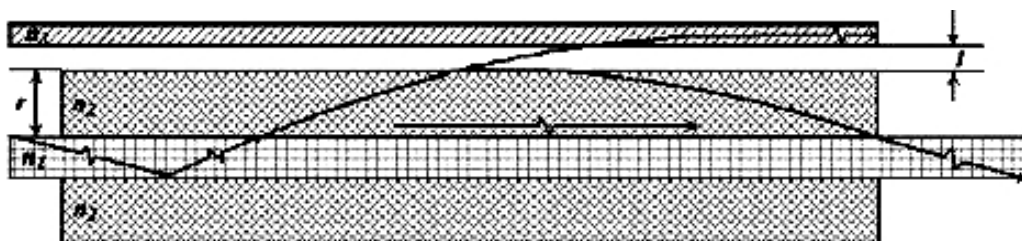


Рисунок 2.6- Формування каналу витоку оптичним тунелюванням

Таким чином, випромінювання періодично переходить з одного хвилеводу в інший, якщо не враховувати втрати на поглинання, розсіювання.

Відмінною особливістю оптичного тунелювання є відсутність назад розсіяного випромінювання, що утрудняє детектування несанкціонованого доступу до каналу зв'язку. Цей спосіб знімання інформації найбільш скритний.

Спеціальні напилювані покриття і оптичні мастила оптоволоконна, які призводять до ефекту інтерференції світла в тонких плівках, що дозволяє виводити частину випромінювання без зворотного розсіювання.

Незважаючи на те, що зміни значення граничного кута, що викликаються як механічними напруженнями, так і електричним полем, малий комплексний вплив з іншими способами може привести до ефективного способу формування каналу витоку. Розглянуті вище методи мають один спільний недолік, який дозволяє легко фіксувати канали витоку, створені на їх основі. Це визначається значним зворотним розсіюванням світла в місцях каналів витоку. За допомогою зворотної рефлектометрії розсіяного світла такі підключення легко детектуються з високим просторовим і тимчасовим розширенням [2,8].

2.2 Реєстрація розсіяного випромінювання

Оптичні волокна мають малі втрати (0,2-0,18 дБ/км на довжині хвилі 1,55 мкм), що дозволяє передавати інформацію на великі відстані без ретрансляції сигналу. Ретрансляційні ділянки становлять понад 100 км. Це вимагає створення світлових імпульсів великої величини. Значна величина потужності, що вводиться в оптичне волокно, створює підвищене розсіювання на близькому до ретранслятору ділянці, яке може бути використане для знімання інформації.

Сучасні фотоприймачі дозволяють вимірювати світлові потоки дуже малої величини.

Розсіяне випромінювання дозволяє сформувати канали витоку інформації, засновані на наступних фізичних принципах:

- пряма зміна розсіяного випромінювання на довжинах хвиль носія інформації;
- зміна розсіяного випромінювання на комбінаційних частотах;
- реєстрацію випромінювання на основі спеціальної обробки оптоволокон на зовнішніми полями, такими як теплове, електромагнітне, радіаційне, з метою збільшення інтенсивності розсіяного випромінювання.

Таким чином, за допомогою зовнішнього впливу можна посилити втрати в світоводі на локальних ділянках, забезпечуючи формування каналів витоку інформації.

2.3 Параметричні методи реєстрації випромінювання, що проходить по оптоволокну

При поширенні по оптоволокну оптичного випромінювання, що є носієм інформації, воно викликає зміну фізичних властивостей середовища передачі інформації.

Модуляцію властивостей оптоволоконна в залежності від інтенсивності світлових імпульсів можливо реєструвати спеціальними високочутливими пристроями.

Зміна властивостей оптоволоконна є основою для формування каналу витоку інформації.

Наступні параметри оптоволоконна піддаються модуляції світловим потоком:

- показник заломлення;
- показник поглинання світлового потоку оптоволоконна при проходженні світла;
- малі зміни геометричних розмірів внаслідок фотопружного ефекту;
- реєстрація модуляції властивостей поверхні оптоволоконна.

Сучасна техніка вимірювань дозволяє реєструвати незначні, дуже малі зміни фізичних властивостей оптоволоконна. Так використання спектроскопії

втрата дозволяє реєструвати зміну показника поглинання, що викликає при проходженні по оптоволокну інформаційного потоку світла.

2.3.1 Вплив низьких температур

Цікавим є також протяжне безрозривне знімання інформації, яке можна здійснити на прямому волокні під впливом низьких температур. Справа в тому, що при низьких температурах відбувається зміна коефіцієнтів заломлення скла, в результаті чого в серцевині може підвищитися рівень розсіювання.

2.3.2 Розрив оптоволокна

Пристрої розривного НСД дозволяють здійснювати більш надійне знімання інформації. Однак розривне підключення вимагає тимчасового виключення лінії, що може сигналізувати про наявність самого доступу. Ймовірно, «для маскування», паралельно з підключенням можуть бути здійснені і навмисні пошкодження кабелю.

2.3.3 Спосіб лінзового фокусування

Основним і найбільш популярним способом безрозривного локального НСД є спосіб лінзового фокусування сингулярних (впливаючих) мод на вигині волокна. Цей спосіб знайшов застосування в апаратах для зварювання ОВ (і юстирування). [1]

Очевидно, що для того, щоб здійснити НСД до інформації, необхідно дістатися до самого волокна ВОЛЗ і будь-яким чином зчитати інформацію, знявши частину оптичної потужності через розгалужувач оптичний, внісши втрати і не порушуючи при цьому функціонування каналу зв'язку.

2.3.4 Компенсаційний спосіб

Компенсаційні способи принципово поєднують в собі переваги перших двох груп - скритність і ефективність, але пов'язані з технічними труднощами при їх реалізації. Вивід випромінювання, формування і зворотне введення через бічну поверхню повинні здійснюватися з коефіцієнтом передачі, близьким до одиниці. Однак статистичний характер розподілу параметрів ОВ по довжині (діаметрів, показників заломлення серцевини і оболонки та ін.), спектральної смуги напівпровідникового лазера і характеристик пристрою знімання призводить до того, що різниця між виведенням і введенням назад рівнями потужності носить імовірнісний характер. Тому коефіцієнт передачі може приймати різні значення. Здійснення знімання інформації цим способом можливо за допомогою спліттерів.

Слід зазначити, що захисні оболонки і елементи конструкції кабелю істотно послаблюють бічне випромінювання. Тому перехоплення інформації будь-яким їх перерахованих вище способів можливий тільки при порушенні цілісності зовнішньої захисної оболонки кабелю і безпосередньому доступі до оптичних волокон.

Вищенаведені способи знімання інформації з оптичного волокна спростовує твердження про неможливість зняття інформації шляхом формування каналів витoku.

У зв'язку з цим необхідно ознайомлення з можливими методами захисту інформації, що передається з використанням волоконно-оптичних ліній зв'язку.

3 ОГЛЯД СПОСОБІВ ЗАХИСТУ ОПТИЧНОГО ЛІНІЙНОГО ТРАКТУ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ

Лінійний тракт являє собою сукупність технічних засобів, що створює систему передачі інформації.

В даній дипломній роботі буде розглядатися лінійний тракт, що побудований за допомогою волоконно-оптичних компонентів, далі волоконно-оптичний лінійний тракт (ВОЛТ).

Оскільки загроза витоку інформації по лінійному тракту відома давно, то проблемою приховування інформації спеціалісти з галузі захисту інформації також почали цікавитись ще з моменту появи нових способів передачі конфіденційної інформації. Тому в дипломній роботі значну увагу приділено способам захисту інформації при передачі по ВОЛТ.

Основні способи захисту ВОЛТ представлено у табл.3.1.

3.1 Захист ВОЛТ на рубежі оптичного волокна

Для знімання інформації з ОВ необхідно здійснити фізичний контакт з його поверхнею. Правильний вибір конструкції ОВ дозволяє підвищити захищеність ВОЛЗ від НСД, так як ускладнює фізичний контакт з поверхнею, що відбиває волокна.

3.1.1 Оптичне волокно з поверхневою металізацією

Металізоване покриття ОВ підвищує температурний діапазон використання волокна до 700-800 °С. Поверхневий шар дозволяє збільшити апертурне число для одномодового випромінювання.

Металева плівка, нанесена на поверхню кварцового волокна, має високу адгезію і міцність до розчавлення чи навантажень, хорошу радіаційну стійкість і хімічну стійкість до агресивних середовищ, температуростійкість визначаєть-

ся властивостями металу і можливо адаптувати волокно до заданих температурних умов.

Металізоване покриття є відбиваючою оболонкою ОВ і не допускає випромінювання з його поверхні. У разі порушення металізованого покриття істотно зростають втрати, що може бути виявлено відомими методами (контроль НСД з ВОЛЗ і перервана передача конфіденційної інформації).

Таблиця 3.1 – Способи захисту ВОЛТ від НСД.

Захист оптичного волокна	Поверхнева металізація
	Багатошаровість ОВ
	Використання одномодового волокна з ненульовою дисперсією
Захист волоконно-оптичного кабелю	Наявність як захисних, так і допоміжних оболонок
	Використання ВОК без кольорового маркування ОВ
	ВОК з ненульовою зміщеною дисперсією
Спосіб прокладки волоконно-оптичного кабелю	Прокладка ВОК у ґрунт, по дну океану, підвіс кабелів разом з лініями електропередачі тощо
Перетворювання інформації, що передається	Скремблювання, надлишкове кодування, спектральне розділення двох каналів
Додаткові засоби захисту	Використання маскування лінійного коду
Моніторинг	Рефлектометрія та відеоспостереження

3.1.2 Багатошарове оптичне волокно

Відомий метод захисту з використанням багатошарового оптичного волокна зі спеціальною структурою відображаючих і захисних оболонок. Конструкція такого волокна має 4-шарову структуру з одномодової серцевиною.

Оптичне волокно складається з чотирьох шарів: центральної світлопровідної серцевини, внутрішньої відбиваючої оболонки, світлопровідної оболонки і зовнішньої відбиваючої оболонки.

Спроби проникнути до серцевини виявляються зі зміни рівня контрольного (шумового) сигналу або по змішуванню його з інформаційним сигналом. Місце НСД визначається з високою точністю за допомогою рефлектометра.

На рис. 3.1 позначено 1 - центральна світлопровідна серцевина. 2 - внутрішня відбиваюча оболонка. 3 - світлопровідна оболонка. 4 - зовнішня відбиваюча оболонка.

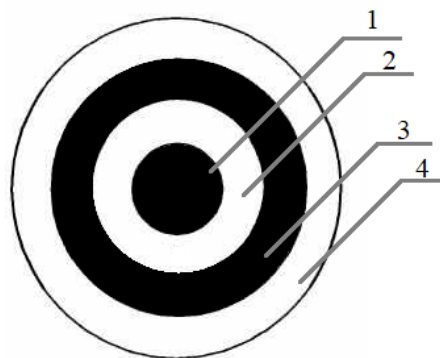


Рисунок 3.1 - Чотиришарове оптичне волокно

3.1.3 Вторинні захисні покриття волоконних світловодів

При виробництві ВОК застосовуються кілька видів вторинних покриттів, кожне з них оптимізовано для виконання певного завдання.

Варіанти конструктивного виконання вторинних захисних покриттів волоконних світловодів представлені на рис. 3.2, де а) щільне буферне покриття із зовнішнім діаметром 0,9 мм; б) щільне буферне покриття із зовнішнім діамет-

ром 0,6 мм; в) двошарове захисне покриття із зовнішнім діаметром 0,9 мм і внутрішнім м'яким шаром; г) мікромодульною конструкція (волокно укладено вільно в трубку, заповнену гелієм); д) модульна конструкція (трубчасте покриття); е) типу mini-breakout.

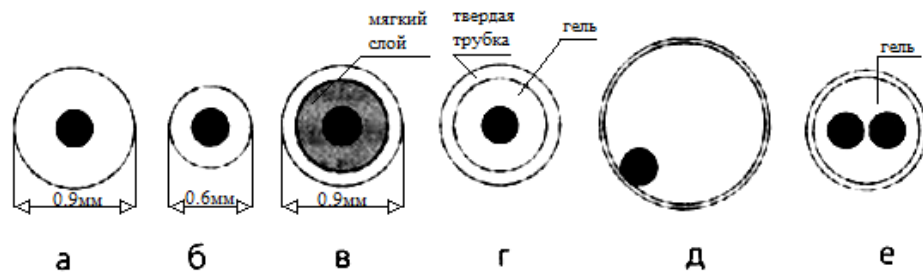


Рисунок 3.2 - Варіанти конструктивного виконання вторинних захисних покриттів волоконних світловодів

Аналіз конструкцій шести варіантів захисних покриттів ОВ, дозволяє зробити наступні висновки.

1. Конструкції ОВ варіантів «д» і «е» характеризуються найменшою захищеністю від НСД, тому що волокна вільно укладені в трубці, що є їх захисним покриттям. Видалення цього захисного покриття легко здійснюється без контакту зі світловодами, що не вимагає спеціальних заходів для збереження їх цілісності.

2. Конструкція ОВ варіанту «г» також недостатньо захищена від фізичного контакту з відбиваючою оболонкою. Світловод вільно покладений в трубку із зовнішнім діаметром 0,9 мм. Решта внутрішнього простору вільна або може бути заповнена гелем. Така конструкція ОВ дозволяє легко встановити контакт з відбиваючою оболонкою ОВ після розтину трубки і видалення гелю.

3. Конструкція ОВ варіанту «в» теж недостатньо захищена в зв'язку з тим, що після розтину трубки вторинне м'яке покриття можна видалити, хоча виконати це складніше ніж у варіанті «г». Про це свідчить те, що за один тех-

нологічний цикл обробки ОВ може бути видалено захисне покриття на ділянці 1-2 метра.

4. Найбільш захищеними від НСД є конструкції ОВ варіантів «а» і «б», в яких застосовують щільне вторинне буферне покриття, яке без зазору укладено на первинне захисне покриття і відбиваючу оболонку. Завдяки такій конструкції ОВ максимальна довжина, що знімається за один технологічний цикл щільного покриття, становить 5 сантиметрів, що значно ускладнює встановлення фізичного контакту з відображає оболонкою світловоду.

Підвищеної захищеністю від доступу до відбиває оболонці мають волокна в стрічкової конструкції в якій кілька волокон укладені в один ряд і залиті загальним захисним покриттям. У такій конструкції оброблення вторинного покриття одного ОВ і його витяг з стрічки перешкоджають поруч розташовані волокна, які можуть бути пошкоджені.

3.2 Захист інформації на рубежі волоконно-оптичного кабелю

При виборі волоконно-оптичного кабелю (ВОК) для реалізації захисту від НСД лінії зв'язку, слід звертати увагу на конструкцію самого кабелю. До складу ВОК має входити якомога більше (в межах можливості прокладки) як захисних, так і допоміжних оболонок. Наявність таких оболонок значно ускладнює НСД з ОВ для зловмисника. Структура ВОК з різними оболонками представлена на рис. 3.3.

Використання ВОК без кольорового маркування ОВ утрудняє зловмисникові визначення оптоволокна, з передаваною по ньому конфіденційною інформацією. При використанні ВОК, що містять велику кількість ОВ перехоплювачеві необхідно робити НСД з певного волокна за яким передається необхідна йому конфіденційна інформація.

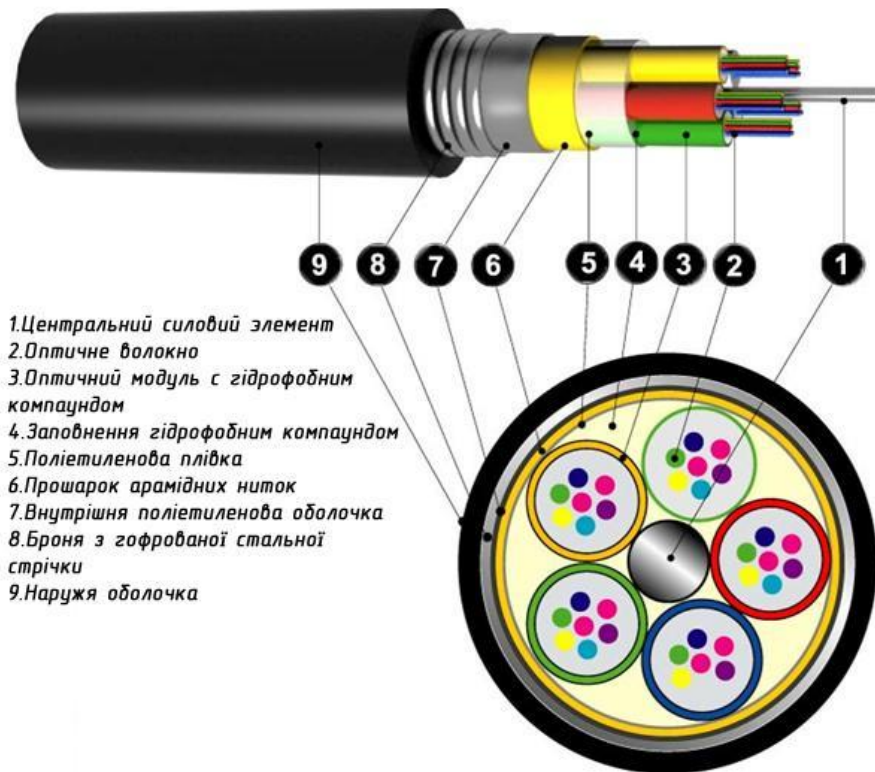


Рисунок 3.3 – Структура ВОК.

Так як зазвичай ОВ в ВОК мають кольорове забарвлення захисних оболонок або кільцеве маркування і волокна при з'єднанні будівельних довжин ВОК з'єднуються між собою з позначенням цього маркування, то це може полегшити перехоплювачі знаходження нульового волокна, якщо він заздалегідь знає його маркування. Відсутність маркування змушує перехоплювача послідовно проводити підключення до великої кількості ОВ в ВОК; досліджувати передаваний в них трафік і методом перебору знаходити потрібне ОВ з якого необхідно робити НСД. Така операція є трудомісткою і тривалою і може послужити можливістю визначення НСД службі захисту лінії зв'язку.

Використання ОВ в ВОК з ненульовою зміщеною дисперсією для спектрального ущільнення інформації з одночасною передачею по одному ОВ каналів корисної інформації і каналів з маскуючою інформацією.

Саме за рахунок цих особливостей конструкції і способів передачі інформації в ВОК виникає можливість у захисників інформації вибрати такий тип кабелю, який би став серйозним рубежем захисту від НСД, використовуючи

особливості передачі інформації, які розкриває волоконна оптика в системах зв'язку. При використанні в ВОК оптичного волокна з ненульовою зміщеною дисперсією по одному ОВ можлива передача великих потоків інформації на високих швидкостях на різних довжинах хвиль технології WDM. При цьому конфіденційна інформація передається на одній довжині хвилі, а на інших довжинах хвиль передається маскуюча інформація, що ускладнює зловмисникові знайти потрібне ОВ в багатоволоконному ВОК, а потім знайти потрібну довжину хвилі з конфіденційним трафіком серед великої кількості довжин хвиль з маскуючим трафіком.

3.3 Захист ВОЛЗ на рубежі прокладки ВОК

Прокладка ВОК у важкодоступних місцях являється важливим аспектом в захисті інформації у ВОСП. Підвіс кабелів разом з лініями електропередачі, прокладка ВОК у ґрунт і каналізацію, підводна прокладка, чи прокладка у нестандартних місцях – все це ускладнює задачу зловмисника дістатися до кабелю, а потім до оптичної серцевини та спробувати зняти інформацію. Правильний підбір ВОК згідно з місцем прокладення кабелю, розрахунок його параметрів та передбачення допоміжних опорних конструкцій представляє собою один з рубежів захисту від НСД.

3.4 Захист ВОЛЗ методами перетворювання передаваної інформації

3.4.1 Захист лінійного тракту за допомогою скремблювання

Перемішування даних скремблером перед передачею їх у лінію за допомогою потенційного коду являється способом логічного кодування.

Методи скремблювання полягають в побітному обчисленні результуючого коду на основі бітів початкового коду та отриманих у попередніх тактах бітів результуючого коду. Наприклад, скремблер може вирахувати наступне відношення:

$$B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}, \quad (3.1)$$

де B_i — двійкова цифра результуючого коду, що отримана на i -му такті роботи скремблера, A_i — двійкова цифра початкового коду, що поступає на i -му такті на вхід скремблера, B_{i-3} і B_{i-5} — двійкові цифри результуючого коду, отримані на попередніх тактах роботи скремблера, відповідно на 3 і на 5 тактів раніше поточного такту, \oplus — операція виключного АБО (складання по модулю 2). Наприклад, для початкової послідовності 110110000001 скремблер покаже наступний результуючий код: $B_i = A_i = 1$ (перші три цифри результуючого коду будуть співпадати з початковим, так як ще немає потрібних попередніх цифр).

Таким чином, на виході скремблера з'явиться послідовність 110001101111, в якій слідування одиниць та нулів відрізняється від присутнього в початковому коді (рис. 3.4).

$$\begin{aligned} B_2 &= A_2 = 1 \\ B_3 &= A_3 = 0 \\ B_4 &= A_4 \oplus B_1 = 1 \oplus 1 = 0 \\ B_5 &= A_5 \oplus B_2 = 1 \oplus 1 = 0 \\ B_6 &= A_6 \oplus B_3 \oplus B_1 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\ B_7 &= A_7 \oplus B_4 \oplus B_2 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\ B_8 &= A_8 \oplus B_5 \oplus B_3 = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0 \\ B_9 &= A_9 \oplus B_6 \oplus B_4 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1 \\ B_{10} &= A_{10} \oplus B_7 \oplus B_5 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1 \\ B_{11} &= A_{11} \oplus B_8 \oplus B_6 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\ B_{12} &= A_{12} \oplus B_9 \oplus B_7 = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \end{aligned}$$

Рисунок 3.4 – Результуючий код.

Після отримання результуючої послідовності приймач передає її дескремблеру, який відновлює вихідну послідовність на підставі зворотного співвідношення:

$$C_i = B_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = (A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}) \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = A_i \quad (3.2)$$

Різні алгоритми скремблювання відрізняються кількістю доданків, що дають цифру результуючого коду, і зрушенням між складовими. Так, в мережах ISDN при передачі даних від мережі до абонента використовується перетворення зі зрушеннями в 5 і 23 позиції, а при передачі даних від абонента в мережу - зі зрушеннями 18 і 23 позиції [3,11].

3.4.2 Захист ВОЛЗ за допомогою надлишкового кодування

Надлишкові коди засновані на розбитті вихідної послідовності біт на порції, які часто називають символами. Далі кожен вихідний символ замінюється на новий, який має більшу кількість біт, ніж вихідний.

Розглянемо принцип надлишкового кодування на прикладі логічного коду 2В/3В. У вихідному коді 2В використовуються коди 00, 01, 10, 11; в коді 3В використовуються коди 000, 001, 010, 100, 101, 110, 111, 011. З даної послідовності 3В вибираються коди, відмінні від вихідної послідовності 2В і ними замінюються вихідні коди 2В. Наприклад, замість кодів 2В використовуються 4, так звані, дозволені коду 3В, а інші чотири - заборонені відкидаються (табл. 3.2).

Окрім усунення постійної складової і додання коду властивості самосинхронізації, надлишкові коди дозволяють приймачу розпізнавати спотворені біти. Якщо приймач приймає заборонений код, значить на лінії відбулося спотворення сигналу. Використання надлишкових кодів при передачі інформації по лінії зв'язку змінює проходження символів вихідної інформації, що підвищує її захищеність. [3,11]

Таблиця 3.2 - Принцип надлишкового кодування.

Вихідні	00	01	10	1
Дозволені лінійні коди	101	010	110	11
Заборонені коди	000	001	100	11

Використання надлишкових кодів ускладнює розпізнавання інформації, перехопленої злоумисниками з лінії зв'язку.

3.4.3 Спектральне розділення 2-х каналів

Відомий спосіб захисту інформації в оптичному тракті, який використовує спектральне розділення каналів. З цією метою на стику між лінійним і стаціонарним оптичним кабелем (ОК) на вході в лінійний оптичний тракт впроваджується оптичний мультиплексор, один з входів якого підключений до стаціонарного кабелю, з виходу якого настає інформаційний сигнал (ІС) з робочою довжиною хвилі λ_1 , а на другий вхід подається додатковий сигнал (сигнал перешкоди) з робочою довжиною хвилі λ_2 . Оптичний мультиплексор забезпечує об'єднання двох сигналів з різними довжинами хвиль λ_1, λ_2 , для передачі по одному оптичному волокну (ОВ). У зв'язку з тим, що фотоприймач являє собою широкопasmовий пристрій знімання інформації з ОВ без застосування складних оптичних фільтрів, заздалегідь налаштованих на довжину хвилі ІС, стає практично неможливим. На виході оптичного тракту встановлюється демультимплексор, що забезпечує розподіл сигналів з різними довжинами хвиль λ_1, λ_2 . Інформаційний сигнал на довжині хвилі λ_1 подається на фотоприймач, а сигнал маскуючої перешкоди з довжиною хвилі λ_2 відкидається.

Як сигнал перешкоди пропонується використовувати інший інформаційний сигнал. У цьому випадку волоконно-оптична система передачі (ВОСП)

працює в режимі спектрального розподілу каналів (СРК). Такий режим дозволяє в два рази збільшити пропускну здатність використовуваного в ОК, забезпечивши одночасно високий рівень захисту інформації в обох каналах оптичного трафіку [14].

Ступінь захищеності ВОСП можна додатково підвищити, якщо в якості сигналів перешкоди використовувати псевдовипадкові кодові комбінації, а на виході демультиплексора, з якого знімається сигнал перешкоди, поставити оптичний атенюатор, фотоприймач і вимірник коефіцієнта помилок. Значення загасання атенюатора вибирається таким, щоб при зменшенні рівня сигналу на виході оптичного тракту, викликаного несанкціонованим підключенням до лінії, помітно зростав коефіцієнт помилок, і тим самим визначався режим знімання інформації з ОК з подальшим перериванням зв'язку [10].

Для підвищення чутливості при визначенні моменту несанкціонованого підключення до ОК робоча довжина хвилі додаткового сигналу λ_2 вибирається поблизу довжини хвилі відсікання оптичного волокна. У цьому випадку навіть невеликі механічні дії і вигини ОВ призводять до різких змін потужності на виході волокна, які можуть бути легко зареєстровані [12,13].

Так як довжина хвилі відсікання ОВ має технологічний розкид, то доцільно для кожного оптичного тракту вибирати величину λ_2 експериментально.

3.4.4 Аналіз та порівняння відомих способів захисту інформації методом маскуванню

Розглянуті у попередньому пункті способи приховування інформації давно відомі та знайдені їх недоліки і методи обходу такого захисту. Але, на даний час з кожним днем з'являється все нові методи маскуванню інформації. Цей розділ присвячений аналізу способів захисту інформації, що нещодавно побачили світ та мають великий потенціал.

Під маскуванню будемо розуміти зміну форми переданої інформації по оптичній лінії, що ускладнює її розпізнавання при несанкціонованій зміні.

Оскільки маскування лінійного коду вже має багато дієвих варіацій як і у самому способі маскування, так і в фізичній його реалізації, то доцільним буде розглянути найбільш цікаві варіації цих способів.

3.4.4.1 Маскування інформації способом багаторазового спектрального розподілу

Недоліком способу спектрального розподілу двох каналів є передача всієї інформації, що захищається, на одній довжині хвилі, а маскуючого сигналу на іншій довжині хвилі [14,15].

Подальше підвищення захищеності інформації в оптичному тракті методом спектрального розподілення можна досягти багаторазовим розподілом переданого повідомлення на частини і передача цих частин на різних довжинах хвиль і маскуванням цих частин на кожній довжині хвилі [1].

Суть запропонованого способу захисту пояснюється на одному з можливих прикладів з використанням структурної схеми рис. 3.5 і кодограми 3.6.

Аналогова інформація повідомлення A в електронному вигляді перетворюється в аналого-цифровому перетворювачі (АЦП) в цифровий потік даних, який поділяється в електронному комутаторі на кілька частин - пакети $D_1 \div D_4$. Перший пакет D_1 є опорним, і несе в собі інформацію про синхронізацію. Пакети $D_1 \div D_4$ надходять на електронно-оптичні перетворювачі, де перетворюються з електричних в оптичні сигнали, причому кожен на різній довжині хвилі випромінювання $\lambda_1 \div \lambda_4$. Окремі оптичні сигнали подаються на мультиплексор, де проводиться їх мультиплексування в загальний потік O на різних довжинах хвиль $\lambda_1 \div \lambda_4$ і їх передача по ВОЛЗ в спільному оптичному волокні.

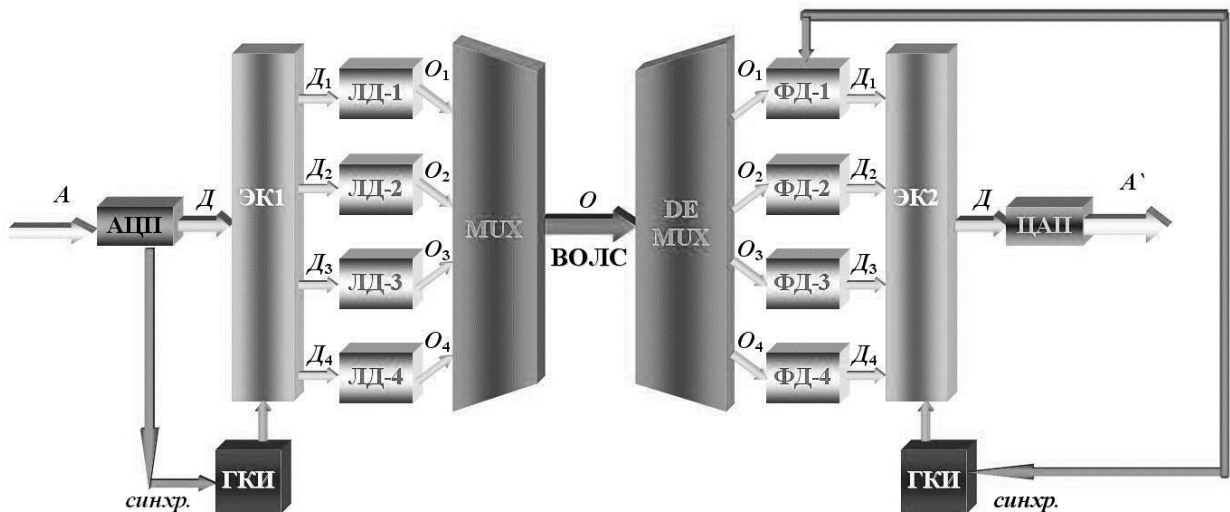


Рисунок 3.5 - Структурна схема маскування інформації шляхом її розподілу і передачі частин на різних довжинах хвиль

В результаті проведених перетворень по ВОЛЗ передається не вся інформація на одній довжині хвилі, а тільки її частина, решта ж інформації передаються на інших довжинах хвиль [1].

На протилежному кінці лінійного тракту виконуються зворотні перетворення: загальний сигнал з ВОЛЗ надходить на демультиплексор оптичних сигналів, на виході якого загальний потік розподіляється і формуються оптичні сигнали на різних довжинах хвиль $\lambda_1 \div \lambda_4$, які надходять на селективні оптичні фотоприймачі. Оптичні сигнали в оптичних фотоприймачах перетворюються в електричні сигнали. Отримані сигнали надходять на входи електронного комутатора, який синхронізований з комутатором, і в якому збирається весь цифровий потік. В цифро-аналоговому перетворювачі (ЦАП) узагальнений цифровий потік перетвориться в аналоговий.

Таким чином, якщо на ділянці прокладки ВОЛЗ зломисник намагається зняти інформацію, підключивши пристрій несанкціонованого зйому інформації (НЗІ), то ймовірність того, що він виявить весь потік інформації, що передається на різних довжинах хвиль дуже низька.

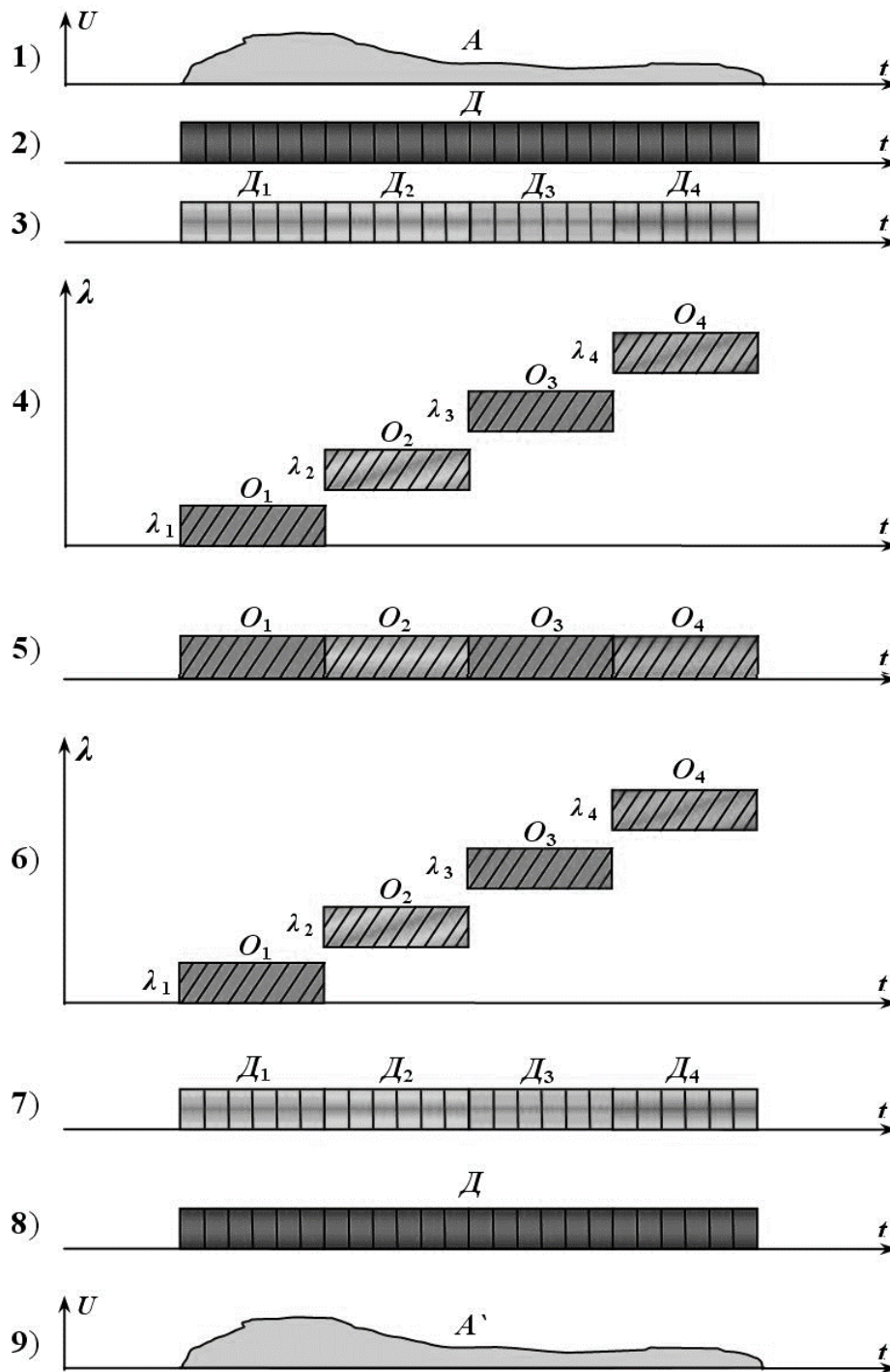


Рисунок 3.6 - Кодограми передачі інформації з використанням її поділу на частини

Можна припустити, що для знімання інформації використовувався широкосмуговий фотоприймач, що дозволив зняти послідовно інформацію на всіх довжинах хвиль $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$.

Для подальшого підвищення захищеності переданої інформації від НЗІ запропоновано удосконалити розглянутий спосіб захисту інформації в ВОЛЗ.

Для цієї мети в схему (рис. 3.7) вносяться додаткові елементи: суматори імпульсів і віднімаючі пристрої, а також генератор маскуючих імпульсів (рис. 3.8).

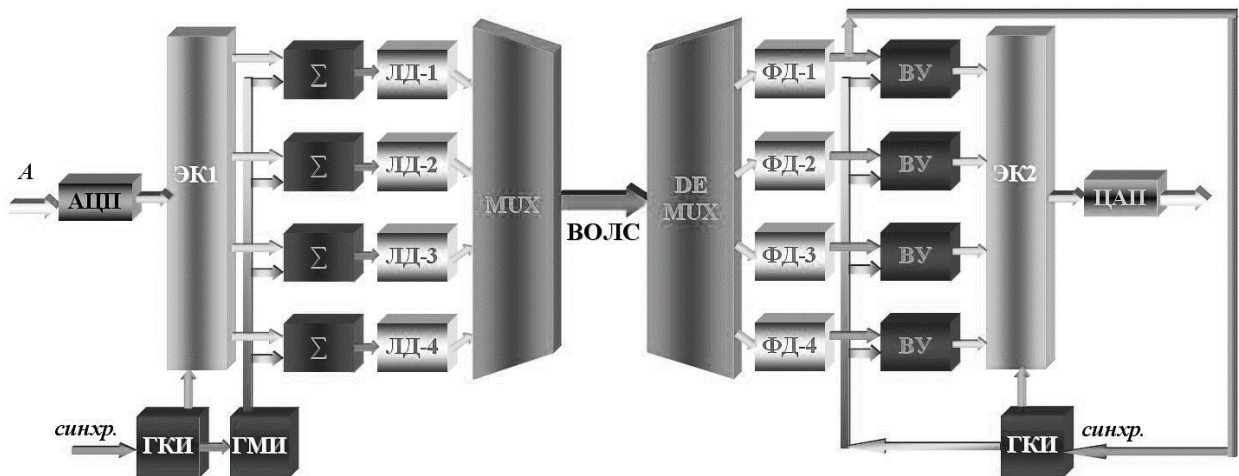


Рисунок 3.7 - Структурна схема маскування шляхом заповнення порожніх часових інтервалів псевдовипадковими імпульсами

Часові інтервали, які виникають після розподілу початкового потоку інформації на кілька частин, заповнюються маскуючими псевдовипадковими сигналами. При цьому в загальному потоці в ВОЛЗ після їх мультиплексування створюються суцільні оптичні потоки на різних довжинах хвиль $\lambda_1 \div \lambda_4$, що складаються з суми інформаційних і маскуючих сигналів, які утворюють додаткові перешкоди для відбору пакетів, що несуть корисну інформацію.

На приймальному кінці ВОСП ці сигнали розділяються по довжинах хвиль на демультимплексорі, перетворюються з оптичних в електричні, з яких за допомогою віднімаючих пристроїв, синхронізованих з суматорами виключаються із загального потоку інформації маскуючі сигнали. Решта пакетів, що несуть корисну інформацію, за допомогою електронного комутатора збирають в загальний цифровий потік, перетворений з допомогою ЦАП в аналогову інформацію.

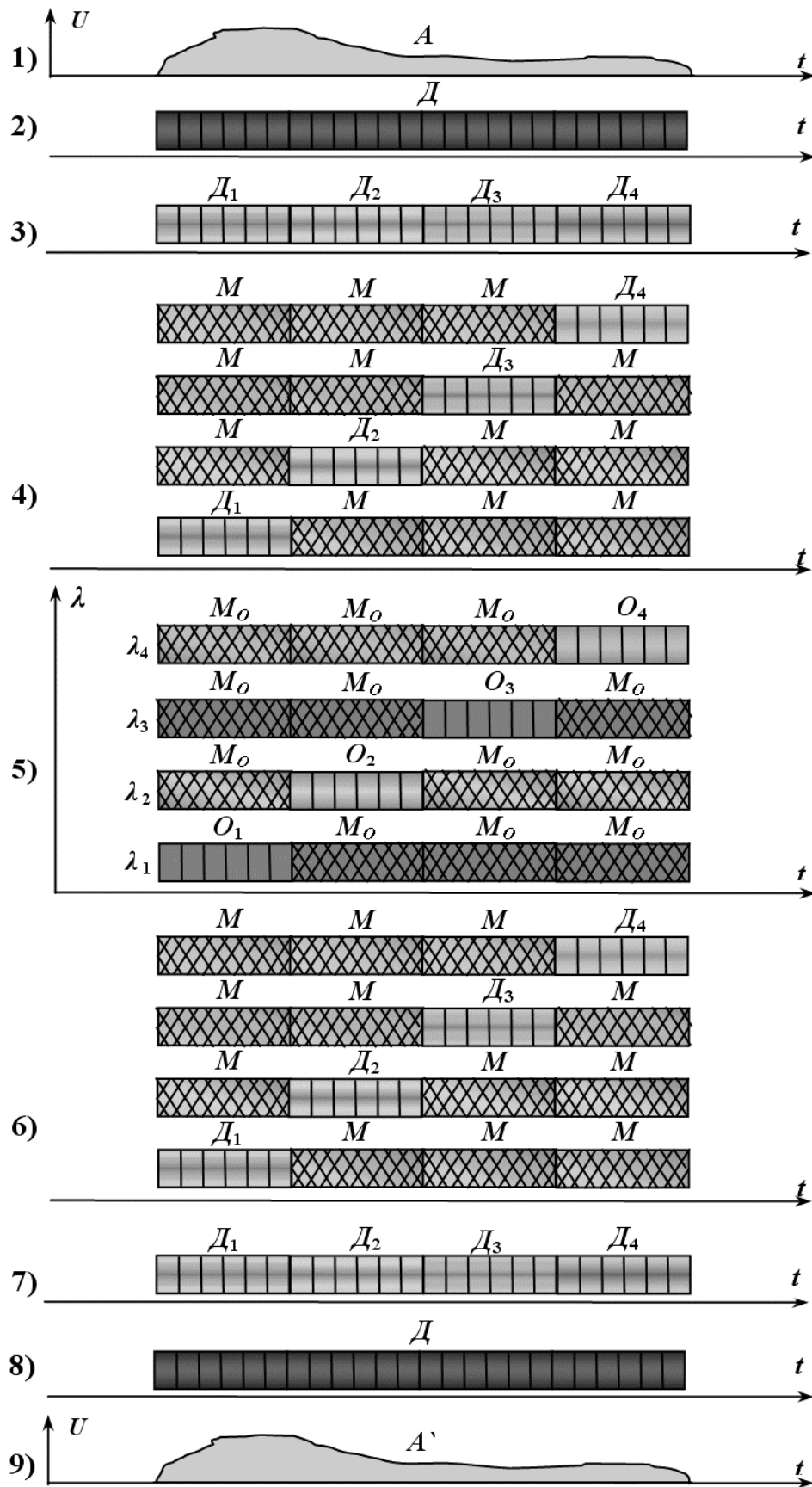


Рисунок 3.8 - Кодограми маскування спектральних каналів

Для подальшого підвищення захищеності вищеописаного способу захисту інформації потік корисної інформації після перетворення в цифрову форму розбивається на частини різної довжини, розмір яких кожного разу змінюється за заданою програмою, що не дає можливості зловмиснику визначити реальні розміри окремих частин, на які поділений загальний потік інформації, що підлягає захисту, і перехопити його (рис. 3.9).

На стороні прийому, виділення і формування корисного потоку інформації проводиться комутуючим пристроєм, який по черзі підключає свої входи до спільного виходу на час проходження пакетів з корисною інформацією. Комутуючий пристрій виробляє перемикання за програмою аналогічній передавальному пристрою, яка працює синхронно з програмою передавача. Пакети з маскуючими сигналами, які надходять після перемикання з одного входу на інший - відкидаються. [1,14,15]

У розглянутому способі перетворення і кодування інформації в ВОЛЗ ступінь захисту від НЗІ досить висока, оскільки важко з'ясувати зміст переданої інформації, яка складається з декількох частин, переданих на різних довжинах хвиль і маскованої додатковими псевдовипадковими послідовностями. Крім того, для НЗІ необхідне використання спеціального обладнання, яке дозволяло б визначати довжини хвиль переданих оптичних сигналів, налаштовувати на них приймальну апаратуру і вести прийом одночасно на різних довжинах хвиль.

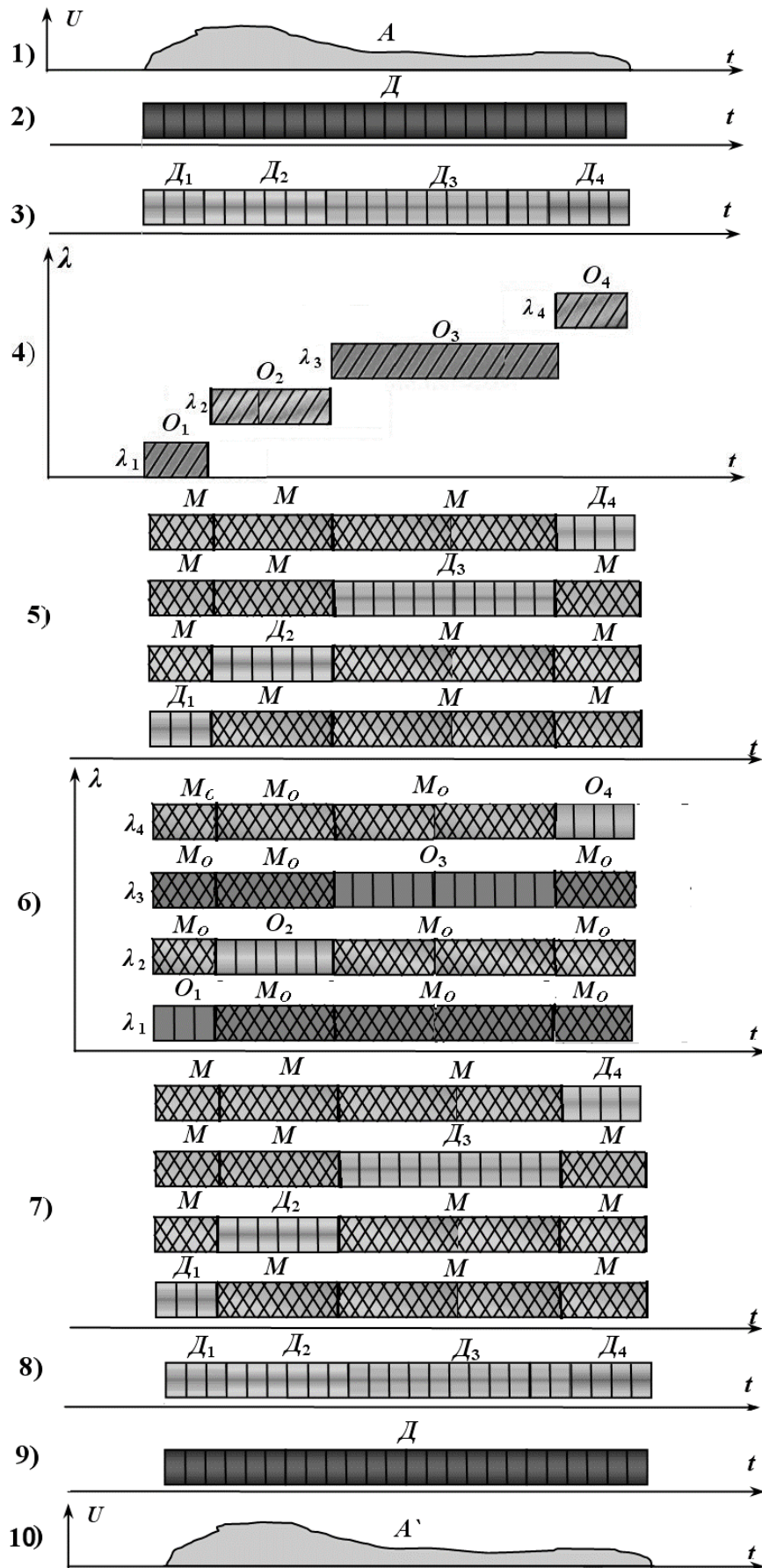


Рисунок 3.9 - Кодограми розподілу переданої інформації на нерівні частини

3.4.4.2 Маскування лінійного коду з використанням розгалужувачів та оптичної лінії затримки

Джерело [14] пропонує для маскування лінійного коду в оптичному тракті при використанні коду типу RZ застосувати оптичну лінію затримки (ОЛЗ), яка підключається на вході лінійного оптичного тракту за допомогою розгалужувачів оптичних (РО) відповідно до рис. 3.10. Величина часу затримки залежить від типу RZ коду, і для RZ-25% становить $T/2$, де T - тривалість тактового інтервалу.

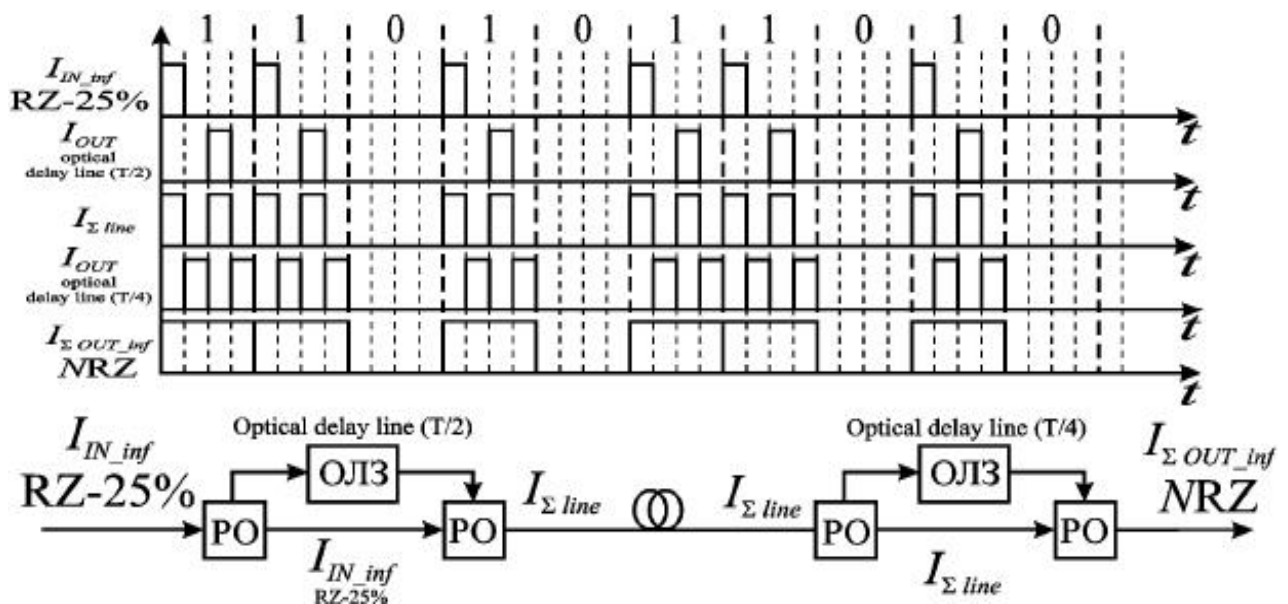


Рисунок 3.10 - Маскування лінійного коду

Для виділення сигналу на приймальному кінці можна використовувати аналогічну ОЛЗ, з'єднану з двома РО. При цьому на виході ВОЛЗ отримуємо сигнал в коді типу NRZ, відповідний інформаційному вхідному сигналу. Таким чином в лінійному тракті передача одиниць здійснюється чотирма послідовними посилками 1,0,1,0, що ускладнює розпізнавання переданої інформації. Приймач отримує чітку «1» за весь такт в зв'язку з тим, що перший розгалужувач перед ним передає на перший вихід першу і третю чверті сигналу RZ, а на другому виході лінія затримки передає другу і четверту чверть сигналу RZ. Всі чотири чверті сигна-

лу об'єднуються останнім перехідником в єдиний сигнал «1», який передається за час T .

При використанні волоконно-оптичних засобів передавання лінійного коду RZ-0,25 існує можливість, використовуючи виключно такі пасивні оптичні елементи, як оптичні лінії затримки та оптичні розгалужувачі, провести додаткове маскування (кодування) сигналу на вході в лінію з метою захисту інформації, що передається ВОЛЗ [2].

Запропоновані методи можна розвинути та удосконалити, і поширити його на інші види коду RZ. Узагальнена формула для коду RZ виглядає як:

$$RZ = \frac{1}{2^{n+1}}, \quad (4.1)$$

де RZ – це n – ціле додатне число.

Побудова лінійного тракту з ростом числа n буде зводитись на приймальному кінці до підключення певної кількості ланок, що виконують розділення сигналу навпіл, затримку однієї з складових на відповідну частину тактового інтервалу та подальше їх складання. На приймальному кінці функцію переводу лінійного коду в код NRZ буде виконувати така ж ланка з використанням оптичної лінії затримки на час $T/2^{n+1}$. Кількість одиниць у кодових комбінаціях оптичного лінійного тракту буде в 2^n раз більше, ніж у початкових комбінаціях.

Наприклад, на рис. 3.11 зображено метод маскування лінійних кодових комбінацій оптичного сигналу з метою захисту його від несанкціонованого доступу до лінійного тракту та подальшого його декодування на приймальному кінці при використанні оптичного коду RZ-0,125. На рис. 3.12 показано побудову лінійного тракту, що використовує даний метод. Побудова лінійного тракту в цьому випадку містить на одну ступінь оптичної затримки більше, ніж у попередньому випадку.

Оптичний сигнал, що використовує код RZ-0,125, подається на дільник PO_1 та лінію затримки $ОЛЗ_1$ на чверть тактового інтервалу ($T/4$). Після чого складові частини сигналу складаються, і на виході оптичного суматора (PO_2)

утворюється кодовий сигнал з подвійною кількістю одиниць ($I_{\Sigma 1}$). Цей сигнал подається на розгалужувач PO_3 . Одна з складових частин після виходу з діляника проходить через оптичну лінію затримки $ОЛЗ_2$ (час затримки $T/2$) та складається з незатриманою частиною у суматорі PO_4 . Кількість одиниць після такого процесу формування в кодовій комбінації буде в чотири рази більше, ніж у вихідній.

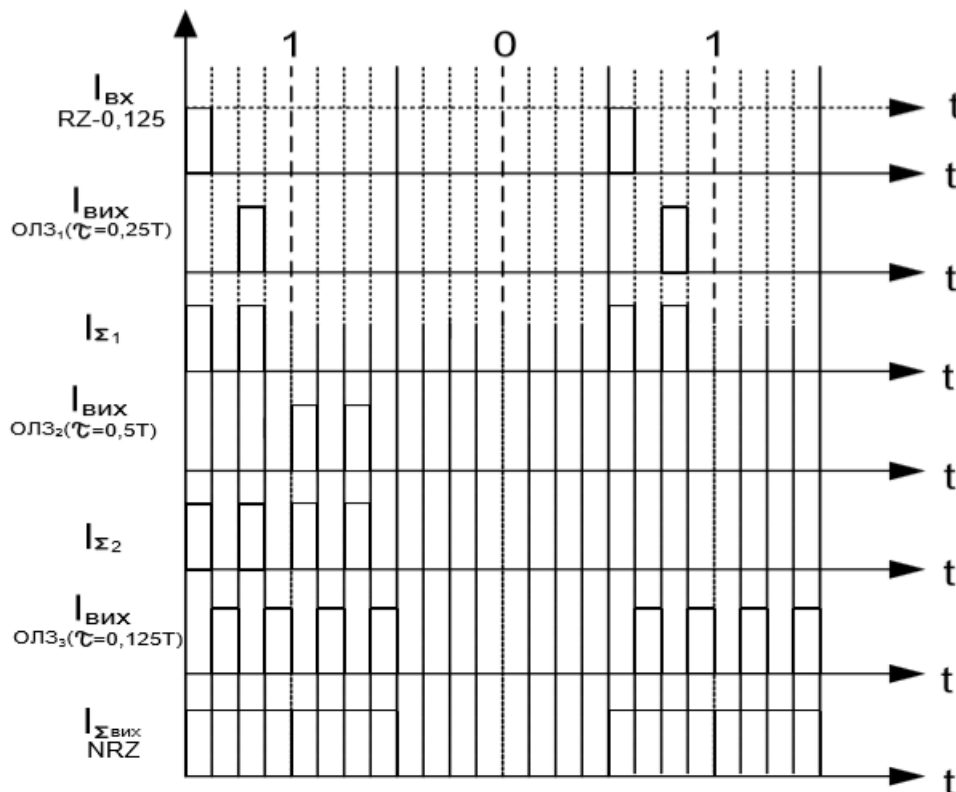


Рисунок 3.11 – Метод кодування та декодування оптичного сигналу в кодї RZ-0,125 при передачі лінійним трактом

Сформований та захищений сигнал $I_{\Sigma 2}$ з виходу PO_4 подається у лінійний тракт. На виході з лінійного тракту сигнал подається на оптичний розгалужувач PO_5 який розділяє його на дві складові частини. Одна з цих частин проходить через оптичну лінію затримки $ОЛЗ_3$ (час затримки $T/8$) і складається з незатриманою частиною кодової комбінації у оптичному суматорі PO_6 . При цьому, на виході PO_6 утворюється оптичний сигнал, з кодовими комбінаціями, що адекватні початковим кодовим комбінаціям, тільки в кодї NRZ ($I_{\Sigma \text{вих NRZ}}$) [2].

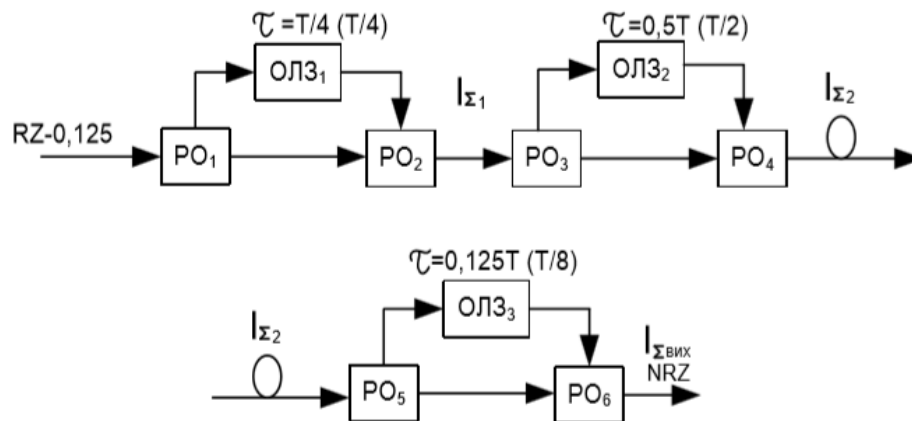


Рисунок 3.12 – Побудова лінійного тракту, що використовує кодування та декодування оптичного сигналу в кодї RZ-0,125 за допомогою пасивних елементів

Найважливішим недоліком, що поєднує вищерозглянуті у цьому та попередніх пунктах даної роботи методів маскуваннн лінійного коду є те, що кодуються лише біти ІС, що містять двійкову одиницю, двійкові нулі передаються по лінії без зміни. У зв'язку з цим зловмиснику легко відрізнити передачу незамаскованих "0" і видозмінені "1"[3].

4 РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОГО СПОСОБУ МАСКУВАННЯ ЛІНІЙНОГО КОДУ

Усі перелічені вище способи захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку мають свої вразливості. До ВОЛЗ є можливість проникнути зловником на будь-якому етапі, тому треба вживати додаткових засобів захисту.

В даній роботі вже з'ясовано, який тип ОВ більш захищений та не дозволяє знімати випромінювання з нього; також обрано ОК, в якій міститься якомога більше волокон; система передачі побудована обов'язково зі спектральним ущільненням каналів; методи прокладки кабелів теж враховують усі небезпеки як зі сторони місця прокладки та погодних умов, так і зі сторони легкого доступу до кабелю зловмисника. Звичайних методів захисту ВОЛЗ недостатньо і треба вживати додаткових засобів. Цей пункт присвячено розробці більш вдосконаленого способу захисту інформації від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичних лініях зв'язку.

4.1 Пошук аналогів та аналіз недоліків відомих способів захисту інформації зі спектральним ущільненням каналів

Відомий спосіб захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичній лінії зв'язку [16], що полягає у виявленні підключення до волоконно-оптичної лінії зв'язку шляхом формування обмежених по рівню потужності інформаційного і контрольного оптичних сигналів, введення їх у волоконно-оптичну лінію зв'язку, прийому вказаних сигналів, виділення контрольного сигналу і порівняння рівня його потужності з рівнем потужності опорного сигналу, виявлення підключення до волоконно-оптичної лінії зв'язку і формування сигналу управління передачею інформації.

Недоліком цього способу є низька ефективність захисту інформації від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичній лінії зв'язку, оскільки залишається можливість несанкціонованого підключення до волоконно-оптичної

лінії зв'язку і виведення з неї передаваних інформаційного і контрольного оптичних сигналів при високій скритності перехоплення через незначну зміну коефіцієнта передачі волокна для досить протяжної (більше 200-300 м) волоконно-оптичної лінії зв'язку.

Відомий спосіб захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичній лінії зв'язку[17], що полягає в тому, що на передавальній стороні волоконно-оптичної лінії зв'язку формують інформаційний сигнал і маскуючий синхросигнал, формують сумарний сигнал шляхом змішування маскуючого синхросигналу і інформаційного сигналу, формують передаване оптичне випромінювання шляхом модуляції сумарним сигналом, що підлягає передачі робочого оптичного випромінювання, вводять у волоконно-оптичну лінію зв'язку передаване оптичне випромінювання, а на приймальній стороні з волоконно-оптичної лінії зв'язку виводять приймане оптичне випромінювання, визначають рівень середньої потужності прийнятого оптичного випромінювання, виділяють маскуючий синхросигнал і інформаційний сигнал з прийнятого оптичного випромінювання шляхом його демодуляції і фільтрації, при цьому порівнюють рівень середньої потужності прийнятого оптичного випромінювання із зумовленим рівнем середньої потужності оптичного випромінювання, при перевищенні різниці вказаних рівнів середньої потужності оптичного випромінювання зумовлений пороговий рівень формує сигнал тривоги і забороняє введення передаваного оптичного випромінювання у волоконно-оптичну лінію зв'язку.

Відомий спосіб забезпечує більш високу ефективність захисту інформації від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичній лінії зв'язку, оскільки навіть у разі несанкціонованого підключення до волоконно-оптичної лінії зв'язку і виведенні з неї передаваних інформаційного сигналу і маскуючого синхросигналу забезпечує додатковий захист інформації за рахунок маскуванню передаваного інформаційного сигналу в квантових шумах передаваного маскуючого синхросигналу.

Недоліком відомого способу захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичній лінії зв'язку являється низька якість інформації, що приймається, що обумовлено зменшенням відношення сигнал/шум інформаційного сигналу, що виділяється, оскільки при детектуванні робочого оптичного випромінювання детектується як інформаційний сигнал, так і маскуючий синхросигнал. При цьому невідфільтрована частина маскуючого синхросигналу додається до власних шумів детектора, погіршуючи результуюче відношення сигнал/шум.

Найбільш близьким до запропонованого способу, що прийнято за прототип, є спосіб захисту інформації від несанкціонованого доступу у лініях зв'язку [18].

Вказаний спосіб полягає в перетворюванні аналогової інформації в цифрову, перетворюванні електричних сигналів в оптичні, розділенні інформації, яку треба захистити, на дві або більше частин, кожна з яких, окрім першої, перетворюють на інші довжини хвиль, перша хвиля і всі перероблені хвилі мультиплекуються, передаванні отриманої інформації по волоконно-оптичній лінії зв'язку, а на приймальному кінці з інформацією виконують зворотні перетворювальні дії і передають для подальшої обробки відомими способами.

Недоліком відомого способу є те, що хоча передача інформації виконується частинами на різних довжинах хвиль, але виконується у звичайних кодах NRZ або RZ, в яких відкрито передаються двійкові одиниці і двійкові нулі, та, в разі передачі повідомлення, легко розшифровуються.

4.2 Розробка вдосконаленого способу маскування лінійного коду

На кафедрі Захисту інформації ЗНТУ проведено доопрацювання вищеписаних методів маскування інформації, що істотно затрудняє розшифровку передованого повідомлення зловмисником.

Для подальшого захисту інформації в лінії зв'язку при передачі імпульсів двійкового нуля ці імпульси перетворюються в таку саму форму, як і імпу-

льси при передаванні двійкової одиниці, а на приймальній стороні замасковані імпульси «нуля» відкидаються. [19,20].

На запропонований спосіб виконання маскуванню двійкового нуля подано заявку на корисну модель, що має реєстраційний № u201709443 від 26.09.2017, а від 12.03.2018 офіційно зареєстровано та опубліковано патент на цю корисну модель за номером UA 123836 [21].

В основу корисної моделі поставлено завдання розробки способу захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу з поліпшеними характеристиками, тобто з підвищеною захищеністю, надійністю та з покращеною якістю інформаційного сигналу на приймальній стороні, які досягаються шляхом технічних удосконалень.

Вирішення цієї задачі досягається тим, що виконується маскуванню інформаційного сигналу перед передачею по волоконно-оптичній лінії зв'язку, тобто забезпечується однакова форма заповнення кожної частини тактового інтервалу T як при передачі двійкового нуля, так і при передачі двійкової одиниці, а на приймальній стороні виконуються зворотні перетворювальні дії.

При цьому виконують наступні перетворювальні дії. Перед передаванням інформації вона проходить етап маскуванню, а саме, інформацію, яку треба захистити, розподіляють за кодом RZ-1/4, тобто на чотири частини тактового інтервалу T , причому двійкова одиниця передається однією чвертю тактового інтервалу T на його початку, затримується на час рівний $1/2$ частині тактового інтервалу та передається як на початку тактового інтервалу, так і у третій його чверті разом на протязі кожного тактового інтервалу T , маскуванню інформації виконується також при передачі двійкового нуля, передавання якого відбувається заміною відсутнього в тактовому інтервалі T нульового посилення на посилення імпульсів відповідних двійковій одиниці, та виконуються такі ж перетворювальні дії як для двійкових одиниць, передача замаскованих двійкових одиниці та нуля відбувається на двох обов'язково сусідніх довжинах хвиль стандартного частотного плану WDM, які мультиплексуються і передаються одночасно, на приймальному боці після демультіплексування інформація маскова-

них двійкових нулів відкидається, а двійкових одиниць передається для подальшої обробки, в процесі якої інформація на $1/4$ та $3/4$ частинах кожного тактового інтервалу T коду RZ- $1/4$ затримується на час, що дорівнює $1/4$ частині тактового інтервалу, відповідно інформація відображається на $2/4$ та $4/4$ частинах у кожному тактовому інтервалі при передаванні двійкової одиниці, а на виході приймача отримується інформація в коді NRZ.

Запропонований спосіб захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичних лініях зв'язку дозволяє передавати інформаційні сигнали як двійкових нулів, так і двійкових одиниць в однаковій формі. При цьому досягається позитивний технічний результат – надійне маскування інформації, що передається у волоконно-оптичних лініях зв'язку та чітке її розпізнавання на приймальній стороні.

Таким чином, нові ознаки при взаємодії з відомими ознаками забезпечують виявлення нових властивостей – шляхом технічних удосконалень розроблений спосіб захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу з поліпшеними характеристиками, тобто з підвищеною захищеністю, надійністю та з покращеною якістю інформаційного сигналу на приймальній стороні.

На рис. 4.1 показані кодограми спектрального способу маскування інформаційних сигналів при передачі інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку.

Спосіб працює наступним чином. Наприклад, необхідно безпечно, швидко та якісно передати конфіденційну інформацію від мікрофона, що являє собою сигнал в аналоговій формі. Для цього виконуються наступні перетворювальні дії. Перш за все отримуємо інформацію у вигляді інформаційних сигналів, що являються наслідком перетворення сигналів з аналогової форми в цифрову, а потім в оптичні та представляють собою набір двійкових одиниць і нулів, розподіляємо їх у коді RZ- $1/4$ на певній довжині хвилі λ_1 (кодограма 1). Наступним кроком отримані у коді RZ $1/4$ інформаційні сигнали затримуються на час, що дорівнює половині тактового інтервалу, що для коду RZ- $1/4$ представляє со-

бою чотири окремих частини, тобто на час рівний $T-1/2$ (кодограма 2) та поєднуються з першою його чвертю, що передається за час $T-1/4$ (кодограма 3) в результаті чого у кожному тактовому інтервалі T передаються сигнали на довжині хвилі $L1$ при передачі двійкової одиниці у часі $T-1/4$ та $T-3/4$, а при передачі двійкових нулів інформаційні сигнали відсутні.

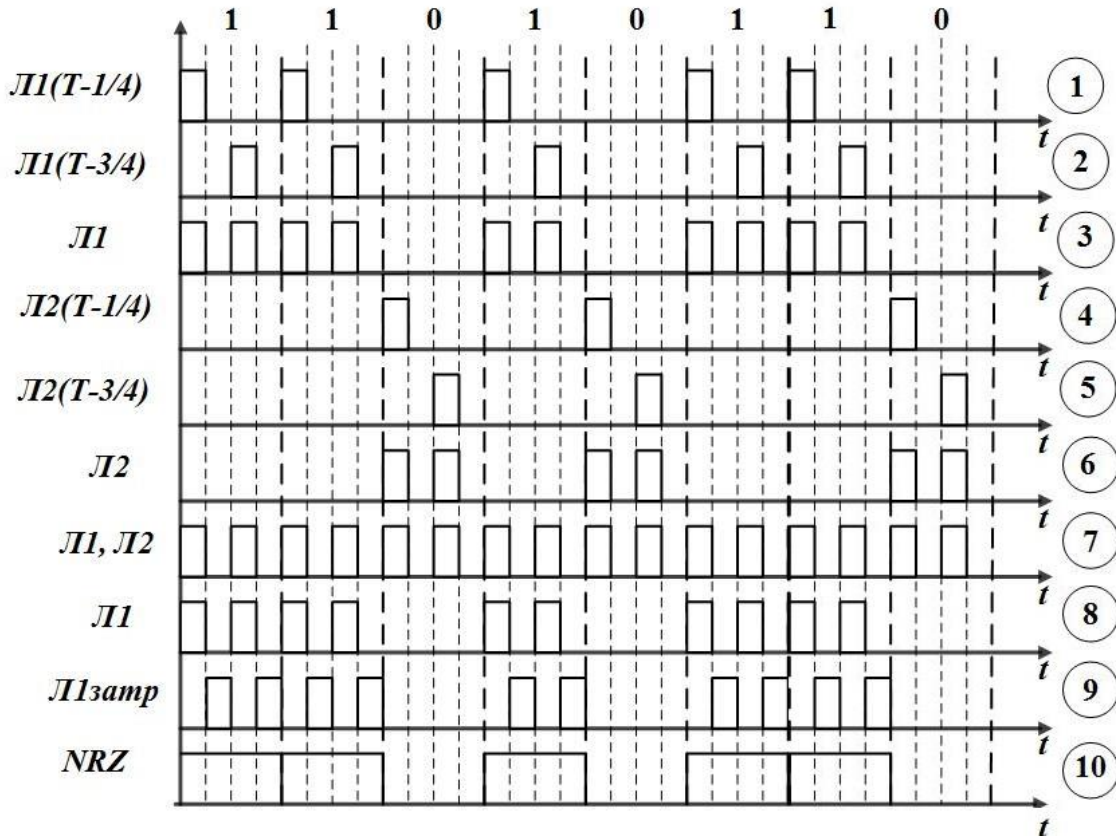


Рисунок 4.1 - Спосіб захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу (кодограми)

Для забезпечення більш високої захищеності передаваних сигналів переходимо до етапу маскування інформаційних сигналів двійкових нулів, де допоміжний маскований сигнал, що генерується на сусідній довжині хвилі частотного плану WDM, тобто на довжині хвилі $L2$ при передачі двійкового нуля, передається на першій чверті тактового інтервалу $T-1/4$ (кодограма 4), далі затримується на час рівний $T-1/2$ та відображається у третій чверті тактового інтервалу, тобто у часі $T-3/4$ (кодограма 5) та поєднується з першою його чвертю, що передається за час $T-1/4$ (кодограма 6).

Отримані сигнали мультиплекуються, в результаті чого у кожному тактовому інтервалі T передаються сигнали на довжині хвилі $L1$ та $L2$ при передачі як двійкової одиниці, так і двійкового нуля у часі $T-1/4$ та $T 3/4$ рівномірно на протязі кожного тактового інтервалу T , тобто інформаційний та маскований сигнали передаються у вигляді суцільного потоку даних коду RZ-1/4 (кодограма 7), що унеможлиблює зрозуміти перехоплювачеві де нуль, а де одиниця.

На приймальному боці після демультіплексування допоміжні масковані сигнали при передачі двійкового нуля відкидаються і залишаються лише інформаційні сигнали при передачі двійкової одиниці в моменти часу $T-1/4$ і $T-3/4$ (кодограма 8), які затримуються у часі на $1/4$ тактового інтервалу та передаються відповідно у моменти часу $T-2/4$ і $T-4/4$ (кодограма 9). Усі отримані чотири інформаційні сигнали у кожній частині тактового інтервалу $T-1/4$, $T-2/4$, $T-3/4$, $T-4/4$ підсумовуються, в результаті чого виходить сигнал чітко переданий на протязі всього тактового інтервалу T при отриманні двійкової одиниці. Так як допоміжні масковані сигнали при передачі двійкового нуля відкинуті, то у відповідних чвертях тактового інтервалу відсутні інформаційні сигнали і на приймальному боці потрапляє інформація у чітко розрізняємому форматі коду NRZ (кодограма 10). Таким чином конфіденційна інформація у чіткому форматі швидко знайшла свого адресата, причому введене маскування забезпечило її надійний захист.

4.3 Пошук аналогів та аналіз недоліків відомих пристроїв, що здатні реалізувати систему зі спектральним ущільненням каналів

Відомий пристрій захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичній лінії зв'язку[16], що містить дві приймально-передавальні станції і волоконно-оптичні лінії зв'язку. Кожна станція має передатчик, приймач, аналізатор несправностей, формувач дозволених рівнів і перетворювач модового складу. Пристрій виявляє підключення до волоконно-оптичної лінії зв'язку шляхом формування обмежених по рівню потужності ін-

формаційного і контрольного оптичних сигналів, введення їх у волоконно-оптичну лінію зв'язку, прийому вказаних сигналів, виділення контрольного сигналу і порівняння рівня його потужності з рівнем потужності опорного сигналу, виявлення підключення до волоконно-оптичної лінії зв'язку і формування сигналу управління передачею інформації.

Недоліком цього пристрою є низька ефективність захисту інформації від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичній лінії зв'язку, оскільки залишається можливість несанкціонованого підключення до волоконно-оптичної лінії зв'язку і виведення з неї передаваних інформаційного і контрольного оптичних сигналів при високій скритності перехоплення через незначну зміну коефіцієнта передачі волокна для досить протяжної (більше 200-300 м) волоконно-оптичній лінії зв'язку.

Відомий пристрій захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичній лінії зв'язку [17], що включає: оптичне волокно, що забезпечує двосторонній оптичний зв'язок між двома прокладеними терміналами; кожен з двох терміналів, включаючи перші засоби, приєднані до сусіднього кінця оптичного волокна, означає прийом оптичної енергії, модульованої даними, переданими від іншого з двох терміналів; друге сполучення, приєднане до сусіднього кінця оптичного волокна, для передачі модульованої оптичної енергії на інший з двох терміналів; передана оптична енергія має дуже велику задану середню оптичну потужність та модульовану на них інформацію з дуже невеликим індексом модуляції.

Недоліком цього пристрою є те, що захист сигналів з обмеженими шумами трохи витончений. Його експлуатація пов'язана з сигнальною схемою, оскільки її ступінь захисту частково залежить від кількості енергії, доступної для вторгнення, перед тим як активізувати сигнал тривоги. Якість отриманої інформації залежить від співвідношення сигнал/шум.

Відомий пристрій захисту інформації від несанкціонованого доступу у лініях зв'язку [18], що містить аналого-цифровий перетворювач, електронні комутатори, перетворювачі електричного сигналу випромінювання, мультипле-

ксор оптичного сигналу, волоконно-оптичну лінію зв'язку, демультиплексор оптичних сигналів, оптичні приймачі, цифро-аналоговий перетворювач та генератор комутаційних імпульсів.

Робота відомого пристрою полягає в перетворюванні аналогової інформації в цифрову, перетворюванні електричних сигналів в оптичні, розділенні інформації, яку треба захистити, на дві або більше частин, кожна з яких, окрім першої, перетворюють на інші довжини хвиль, перша хвиля і всі перероблені хвилі мультиплекуються, передаванні отриманої інформації по волоконно-оптичній лінії зв'язку, а на приймальному кінці з інформацією виконують зворотні перетворювальні дії і передають для подальшої обробки відомими способами.

Недоліком відомого способу є те, що хоча передача інформації виконується частинами на різних довжинах хвиль, але виконується у звичайних кодах NRZ або RZ, в яких відкрито передаються двійкові одиниці і двійкові нулі, та, в разі передачі повідомлення, легко розшифровуються.

Найбільш близьким до запропонованого пристрою, що прийнято за прототип, є система зв'язку волоконно-оптичної комунікації [22], що містить інформаційний передавач для генерації інформаційного сигналу; інформаційний приймач для прийому зазначеного інформаційного сигналу; оптичне волокно, яке має розривне скляне покриття, яке з'єднує зазначений інформаційний передавач і згаданий інформаційний приймач для передачі зазначеного інформаційного сигналу; згадане розрядне скляне покриття складається з скла, що має високі внутрішні напруги; і засоби для відключення зазначеного інформаційного передавача від спроби проникнення вказаного оптичного волокна.

Недоліком цієї системи є те, що інформація передається у відкритому вигляді. Захищеність системи досягається використанням оптичного волокна та звичайного сигналу тривоги, який може обірватися у випадку доступу до волоконно-оптичної комунікації.

4.4 Розробка пристрою, що реалізує вдосконалений спосіб маску-вання лінійного коду

На кафедрі Захисту інформації ЗНТУ завершена робота з подачі заявки на винахід на один з можливих пристроїв, що реалізує запропонований спосіб маскування двійкового нуля. Ця заявка на пристрій має номер u201809015, а станом на 18.11.2018 рік вона знаходиться на стадії формальної експертизи (рис. 4.2)



Рисунок 4.2 – Стан діловодства за заявкою на корисну модель за номером u201809015

Пристрій відноситься до області передачі інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку та може застосовуватись для захисту конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу.

Запропонований пристрій захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичних лініях зв'язку дозволяє передавати інформаційні сигнали як двійкових нулів, так і двійкових одиниць в однаковій формі. При цьому досягається позитивний технічний результат – надійне маскуванню інформації, що передається у волоконно-оптичних лініях зв'язку та чітке її розпізнавання на приймальній стороні.

У зв'язку з тим, що заявка на корисну модель цього пристрою все ще знаходиться на стадії розгляду та прийняття, в дипломній роботі склад цього пристрою або його структурну схему привести неможливо. Але після опрацювання заявки можна буде віднайти більш детальне описання патенту у базі України за номером поданої заявки, тобто u201809015.

У розробленому способі перетворення і кодування інформації в ВОЛЗ ступінь захищеності від НЗІ досить висока, оскільки важко виявити зміст інформації, що передається, яка складається з двох частин - корисною і маскувальною інформації, при передачі якої в лінію надходять однакові імпульси як при передачі "одиниці", так і при передачі "нуля".

Крім того, для НЗІ необхідне використання спеціального обладнання, яке дозволило б з'ясувати довжини хвиль переданих оптичних сигналів, налаштувати на них апаратуру.

Використання запропонованого способу представляє реальну можливість досягти заданої мети - значного поліпшення захищеності від НЗІ переданої в ВОЛЗ інформації.

4.5 Рубежі захисту оптичного волокна від несанкціонованого доступу

Підводячи підсумок дослідження, що проводились в дипломній роботі, запропоновано наступні рубежі захисту ОВ від НСД, які представлені у табл.4.1

Таблиця 4.1 – Рубежі захисту ОВ від НСД.

Таблиця 4.1 – Рубежі захисту ОВ від НСД

Номер	Рубіж захисту	Спосіб захисту
1	Вибір оптичного волокна	Використання оптичного волокна зі зміщеною дисперсією та з поверхневою металізацією
2	Вибір середовища прокладки оптичного кабелю	Прокладка в каналізацію без використання столбців у місці прокладки або підвіс разом з електромережею
3	Вибір оптичного кабелю в залежності від середовища його прокладки	Використання посиленого кабелю з наповнювачами із суцільною бронею та під напругою
4-5	Закріплення кабелю	Посилений захист муфт та використання розподільних коробок
6-7	Захист коду	Використання кодування сигналу (скремблювання) та спектрального ущільнення каналу
8	Спостереження та моніторинг	Контроль лінії передачі за допомогою рефлектометрії та візуального спостереження уразливих місць
9	Додатковий захист сигналу	Використання маскування лінійного коду за запропонованому у цій роботі способу, що відповідає патенту на корисну модель за номером UA123836

Перелічені рубежі захисту оптичного волокна, та інформації, що ним передається, на схематично зображено на рис.4.3

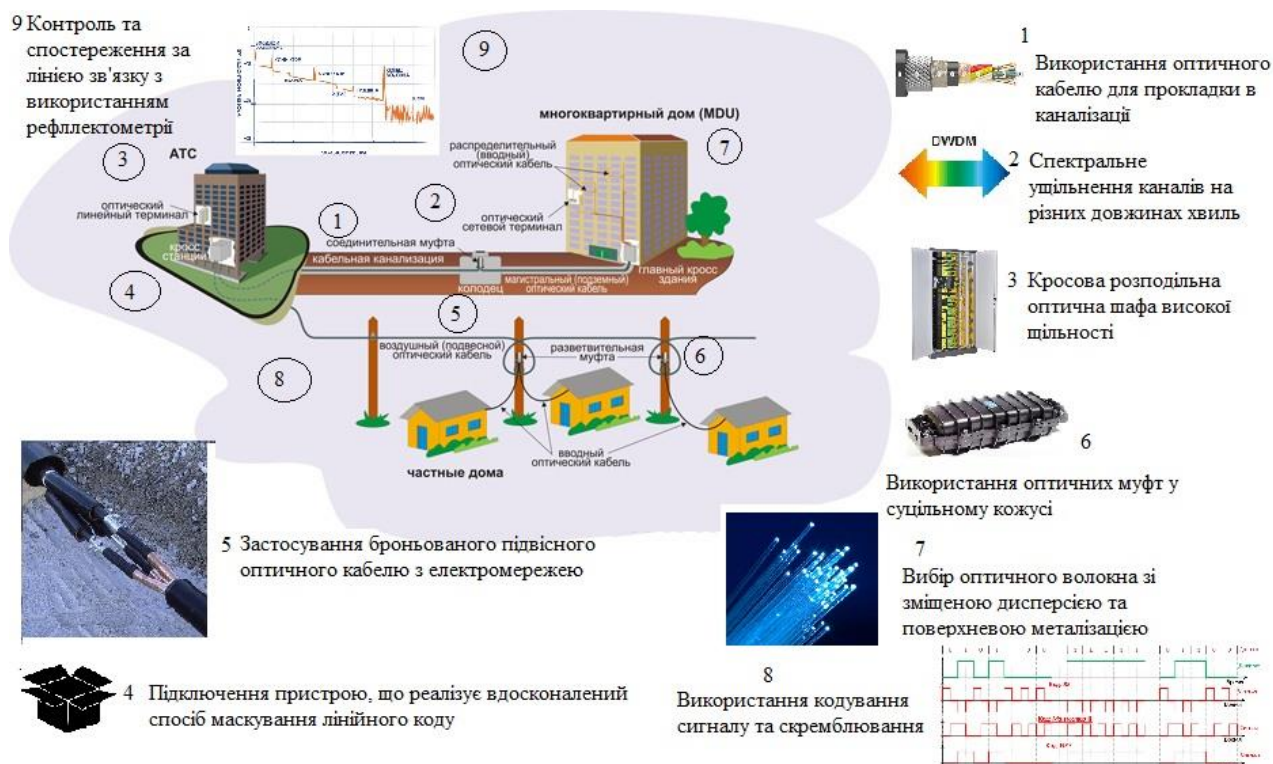


Рисунок 4.3 – Схема застосування рубежів захисту ВОЛТ

Зазираючи наперед, дослідження теми дипломної роботи, зокрема розробка безпечної середовища та мережі передачі конфіденційної інформації, наштовхнуло на думку подальшого використання квантового розподілу ключів на оптоволоконні. Даний підрозділ представляє інтерес для щоденного вдосконалення мереж зв'язку. Попереднє дослідження такого напрямку показані у роботі «Порівняльний аналіз протоколів квантового розподілення ключів» у 2018 році.[23]

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

В дипломній роботі досліджується тема «Розробка вдосконаленого способу маскування лінійного коду», що передбачає роботу інженера в місцях установки приладу маскування лінійного коду, а також робота спеціаліста в офісному приміщенні за комп'ютером для контролю цього приладу, що може призвести до потенційних небезпек, які розглянуті в даному підрозділі.

До потенційних небезпек фізичного характеру працівників будемо відносити:

- механічне травмування, що може настати через недотримання техніки безпеки та правил користування електричними приладами та лазерними установками, нехтування спеціальних засобів захисту, зокрема спецодягом;
- ураження та травмування електричним струмом, у зв'язку з наявністю несправності електрообладнання, порушенням правил техніки безпеки при користуванні електричними установками та обладнанням, що може спонукати працівника отримати електротравми або призвести до летального наслідку;
- механічне травмування через неергономічне та нераціональне розташування робочих місць та захаращеності робочої зони;
- вірогідність травмування, в наслідок недотримання техніки безпеки в місцях встановлення приладу для маскування лінійного коду.

До потенційних небезпек психофізіологічного характеру при даній роботі можна віднести:

- нервово-психічні порушення та навантаження через специфіку виконуваної роботи, що може призвести також до захворювання організму всезагального характеру;
- виконання монотонної роботи, що призводить до розсіювання уваги та роздратованості.

Потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру представлені наступним переліком:

- порушення мікроклімату на робочому місці, через відсутність приладів, що забезпечують нормований повітрообмін та нормальну роботу опалювальної системи, які можуть викликати захворювання загального характеру;
- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;
- фізичні недомагання, у зв'язку зі статичним напруженням м'язів при тривалій роботі, зокрема м'язів спини, шиї, рук і ніг, що може призвести до ушкодження опорно–рухового апарату людини;
- погіршення роботи зорового м'язу через постійну напруженість зорових органів, в наслідок одноманітної пози, тривалого розумового навантаження, 6–8 годинною роботою за комп'ютером, що спричиняє порушення зору та зорової активності, а також до виникнення захворювань загального характеру;
- вірогідність інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання, що пов'язані зі специфікою роботи, що спонукає захворювання загального характеру.

Недотримання правил пожежної безпеки призводить до наступних потенційних небезпек:

- вірогідність пожежі та загоряння, через несправність електричного обладнання, порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, зловживання електроприладами на робочому місці;
- вірогідність поширення вогнища через відсутність або неправильно підібраних засобів пожежогасіння.

При виникненні надзвичайних ситуацій або при прояві їх наслідків можливі такі потенційні небезпеки як:

- невірні дії працівників та обслуговуючого персоналу в умовах надзвичайних ситуацій та після них, зокрема неправильність дій при наданні першої медичної допомоги, що спричиняють додаткове травмування людей чи призводять до летального наслідку;

- відсутність координації працівників та обслуговуючого персоналу при надзвичайних ситуаціях, що ведуть до панічної обстановки та загибелі людей.

5.2 Заходи із забезпечення техніки безпеки

Для виключення травмованості персоналу при роботі з оптичним волокном та лазерними установками в проекті передбачено організаційні, технічні та індивідуальні засоби захисту, розроблені згідно з ГОСТ 12.1.040-83 ("ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения").

До засобів захисту відносяться:

- до виконання робіт на волоконно-оптичних кабелях допускаються лише повнолітні особи, що пройшли медогляд, прослухали вступний та первинний інструктажі, закінчили навчання та стажування на робочому місці, склали тест з перевірки знань на вимоги з охорони праці, які мають свідоцтво чи диплом, що засвічує відповідну спеціалізацію та кваліфікацію, а також групу з електробезпеки не нижче III;
- регулярне проведення інструктажів та навчальних заходів з питань охорони праці (вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий) з усіма працівниками з метою попередження можливих травмувань;
- контроль знань працівників з техніки безпеки на підприємстві та правил роботи з лазерними та електроустановками, періодична атестація персоналу;
- проведення навчання з надання першої медичної допомоги пораненим в результаті нещасних випадків, а також опрацювання поведінки персоналу в разі надзвичайної ситуації;
- при використанні будь-яких хімічних речовин при роботі з оптичним волокном обов'язково читається інструкція використовуваного хімікату та приймаються усі належні засоби безпеки, зазначені в інструкції;

- правильна та ергономічна організація робочого місця та робочих поверхонь. Наприклад для лабораторних та виробничих приміщень обираю робочу поверхню чорною, що не відбиває світло і стійка до впливу хімічних препаратів, яка легко очищається; конструкція столу така, що у його швах і по краях не скупчуються осколки волокна. Натомість для польових умов вживаються чорні килимки з матовою поверхнею.

- використання мікроскопів з вбудованими лазерними фільтрами, що послаблюють рівень випромінювання на 2-35 дБ залежно від довжини хвилі для захисту зору;

- при роботі з лазерами класу 3 персоналу надягаються захисні окуляри з відповідними фільтрами;

- при обробці волокон, монтажі конекторів і зрощенні кабелів індивідуальним засобом захисту виступають звичайні захисні окуляри;

- використання додаткових індивідуальних засобів захисту при роботі з хімічними речовинами, що зазначені в інструкції до цих речовин;

- спеціальне взуття та спецодяг, які витримують робочі(високі) рівні температури та мають захист від інфрачервоного випромінювання, які в той самий час є м'якими і повітронепропускними (наприклад сукно або брезент).

Аби запобігти травмованості та ураження електричним струмом необхідне електроустаткування встановлено згідно з вимогами наступних стандартів:

- «Правила устрою електроустановок» (далі «ПУЕ») і ГОСТ 12.1.030–81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», опір захисного заземлення електрообладнання має величину, що не перевищує 4 Ом;

- НПАОП 40.1–1.32–01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок», приміщення, де розташовані електронні-обчислювальні машини (ЕОМ), різноманітне обладнання, відноситься до класу пожежонебезпечної зони П–Па, через це передбачено мінімальну ступінь захисту ізоляції устаткування IP44;

- ГОСТ 12.1.009–76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» приміщення і обладнання у ньому мають подвійну ізоляцію, що включає робочу та додаткову ізоляцію;

- ГОСТ 12.2.007.0–75 (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» Комп'ютери або ЕОМ, їх периферійні пристрої та додаткове обладнання для їх експлуатації, ремонту та налагодження за способом захисту людини від травмування та ураження електричним струмом, належать до I класу, бо вкриті подвійною ізоляцію, елемент для заземлення та занулення, що містить заземлюючий стрижень і жилку зі заземлюючим контактом.

Користування електроустановками і електроустаткуванням відбувається згідно з НПАОП 40.1–1.01–97 «Правил безпечної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1–1.21–98 «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Встановлено огороження дротів, що знаходяться під напругою, для того, щоб виключити можливість випадкового дотику до них персоналу. Дотримання правил безпеки персоналом при користуванні електричними установками помічається у відповідному журналі для кожної зміни.

5.3 Заходи із забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Вірогідність механічного травмування виникає при нераціональному розташуванні робочих місць, чи пов'язане з недбалістю і неухважністю працівників та обслуговуючого персоналу. Щоб запобігти фізичного травматизму збільшено відстань між робочими місцями працівників, що відповідає більш раціональному та зручному розташуванню робочих зон.

Через постійні стресові ситуації та нервово-емоційні навантаження, у працівників підвищується вірогідність отримання захворювання загально-невротичного характеру.

Для зниження нервово-емоційного стану працівників, запобігання їхньої втоми, покращення кровообігу, передбачено перерви у роботі по 15 хвилин кожні дві години у спеціально обладнаному приміщенні – кімнаті для відпочинку.

З метою запобігання кістково – м'язового порушення у працівників через тривале статичне положення тіла та напруження м'язів спини, шиї, рук і ніг, виконується виробнича гімнастика, що включає фізичні вправи кілька разів впродовж робочого дня. Така фізична розминка допомагає також відпочити та набратися енергії для подальшої роботи.

Для зменшення шкідливого впливання монотонії при виконанні службових обов'язків застосовується чергування операцій текстового набору та операцій обробки числових даних (зміна змісту робіт), а також чергується редагування даних і набору текстів (зміна як змісту, так і темпу роботи) тощо.

Безперервна робота за персональним комп'ютером або ЕОМ без регламентованого відпочинку не перевищує двох годин. Обідня перерва за тривалістю визначається чинним законодавством про працю, а також підпорядковується правилам внутрішнього трудового розпорядку підприємства і триває одну годину впродовж робочої зміни. За 8-годинному робочому графіку регламентовані перерви для II категорії працівників встановлено через кожні 2 години від початку зміни тривалістю по 15 хв. до обідньої перерви та після неї. У нічну зміну регламентовані перерви не залежать від групи або категорії робіт, та збільшують свою тривалість на 60 хв.

Під час роботи за ПК, на фізіологічний стан людини мають шкідливий вплив електромагнітні випромінювання. Для зменшення наслідків впливання на людину та зниження негативних показників на робочому місці до допустимих значень, що відповідає ГОСТу 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», установки, що генерують електромагнітне поле, містять в собі захисні елементи (екрани, поглиначі тощо). Захисні елементи відповідають вимогам стандартів та технічним умовам на конкретні види установок та обладнання. Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» та ДСанПіН

3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», усі ПК обладнанні рідкокристалічними моніторами, що запобігають рентгенівському та електромагнітному опромінюванню на робочому місці.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» в офісному приміщенні передбачено природне та штучне освітлення. В свою чергу природне освітлення здійснюється через світлові отвори, що забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) на рівні значенням 1,5%. Від прямих сонячних променів, що являють собою світлові відблиски на екранах моніторів та клавіатурі, створено захист у вигляді матуючих плівок та встановлених жалюзі на вікнах. Штучне освітлення в офісному приміщенні здійснюється системою загального рівномірного освітлення, що забезпечує значення освітленості на поверхні робочого столу становить 300-500 лк. Штучне освітлення виконано за допомогою люмінесцентних ламп типу ЛБ, при застосуванні яких дотримано наступні умови:

- температура повітря у приміщенні не опускається нижче 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах не менше, ніж 90% номінальної.

Мікроклімат у лабораторних та виробничих приміщеннях (температура, відносна вологість повітря та швидкість його переміщення) створені відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Виконувані роботи в офісному приміщенні належать до категорії Іб - легка робота, тому для них створено наступні оптимальні значення параметрів метеорологічних умов:

- у холодну пору року: температура встановлена на рівні 21-23 С; відносна вологість повітря складає 40-60%; швидкість переміщення повітря близько 0,1 м/с;

- у теплу пору року: температура встановлена на рівні 22-24 С; відносна вологість повітря складає 40-60%; швидкість переміщення повітря близько 0,2 м/с.

Повітрообмін важливий компонент для забезпечення нормального мікроклімату на робочому місці, тому його необхідно забезпечити в кожному приміщенні. Тому для приміщення, що має площу 50 м^2 , висоту 3 м , та в якому працюють 7 осіб розраховано необхідний повітрообмін за кратністю та відповідно до кількості працівників.

1. Розрахунок повітрообміну за кратністю виконано за формулою:

$$L = n \cdot S \cdot H , \quad (5.1)$$

де L — повітрообмін у приміщенні, $\text{м}^3/\text{год}$; n — нормована кратність повітрообміну: для офісів $n = 2,5$; S — площа приміщення, м^2 ; H — висота приміщення, м .

$$L = 2.5 \cdot 50 \cdot 3 = 375 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

2. Розрахунок повітрообміну відповідно до кількості працівників:

$$L = N \cdot L_{\text{норм}}, \quad (5.2)$$

де L — повітрообмін у приміщенні, $\text{м}^3/\text{год}$; N — кількість працівників, осіб; $L_{\text{норм}}$ — норма витрати повітря на одну людину, що складає $60 \text{ м}^3/\text{год}$ при роботі в офісі.

$$L = 7 \cdot 60 = 420 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Вентиляція офісів є необхідним і дуже важливим заходом для підтримки нормальних мікрокліматичних умов робочої зони. Обладнуючи систему вентиляції у приміщенні дотримано ГОСТ 12.1.005-88. «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.» та ГОСТ 12.4.021-75. «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования.». Система вентиляції

припускає повітроводи. Вони або монтуються за підвісними стелями або розведення йде в коробках по периметру офісу. Повітря плавно подається і видаляється з кімнати або через вентиляційні отвори в стінах, або через спеціальні розетки, вставлені на стелі.

5.4 Заходи із забезпечення пожежної безпеки

Відповідно до теми дипломної роботи «Розробка вдосконаленого способу маскування лінійного коду», передбачається робота інженера в місцях установки приладу для забезпечення маскування лінійного коду, а також робота спеціаліста в офісному приміщенні за комп'ютером для контролю цього приладу. Саме тому в цьому підпункті буде розглянуто засоби із забезпечення пожежної безпеки для роботи в офісному приміщенні. Слід зауважити, що інженер, який виїздить на місце установки приладу ознайомлюється з технікою проти-пожежної безпеки відповідно до місця проведення регламентованих робіт та керується нею.

Класифікація офісного приміщення здійснена відповідно до стандарту ДБН В.1.1–7–02. «Державні будівельні норми України. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва» та відноситься до класу А - пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір).

Також офісне приміщення класифікується до категорії громадські будівлі та споруди, що відповідає «НАПБ Б.03.002–2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

Виходячи з цих норм та відповідно до ГОСТ 12.1.004-91. «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования для офисного помещения рассчитанного на 7 человек, что имеет объем 50 м² та висоту 3 м та призначене для роботи за комп'ютером, обираємо два порошкових вогнегасника ВП-1(з), оскільки він до-

силь ефективний для приміщень класу А, а також ним можна гасити пожежу на електроустановках.

Також в офісних приміщеннях встановлено безпроводні датчики диму Страж М-501 для завчасного реагування на загрозу утворення пожежі.

Для постійної підтримки пожежної безпеки в офісі здійснено комплекс організаційних заходів, що відповідають документу «Правила пожежної безпеки в Україні», а саме:

1. Запроваджено відповідний протипожежний режим.
2. Підготовлено й затверджено загально об'єктовий мануал щодо заходів пожежної безпеки й інструкції, які впроваджені для всіх вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщень, а також контроль знань згідно з основними положеннями цих інструкцій всіх працівників.
3. Складено план-схему евакуації людей у випадку виникнення та поширення пожежі.
4. Затверджено систему сповіщення працівників та обслуговуючого персоналу про небезпечну пожежну обстановку, усі працівники з ним ознайомлені.
5. Визначено категорію будівлі і офісного приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою згідно з нормативами, а також визначено класи робочих зон відповідно до «правил будови електроустановок».
6. На прилеглий території, безпосередньо у будівлях та приміщеннях розміщено спеціальні знаки для забезпечення пожежної безпеки, та встановлено відповідні таблички з вказівкою номеру телефону та описано порядок виклику пожежної служби.
7. Визначено дії працівників та обслуговуючого персоналу при настанні загрози чи при виникненні неконтрольованого загоряння, пожежі, аварії.
8. Створено стенди з правилами вимкнення обладнання та установок, розроблено інструкцію зі зняття напруги з електроустановок, розповсюджено номера виклику відповідних аварійних служб тощо.

9. Визначено заходи із пожежної безпеки, для обов'язкового дотримання усіма працівниками, що приступають до виконання своїх обов'язків за комп'ютером, під час роботи з ним та після її завершення, що запобігають вірогідності виникнення пожежі.

10. Встановлені спеціальні місця для паління, які позначені знаками пожежної безпеки або написами - "місце для паління" та облаштовані урнами для недопалків.

11. Фурнітура, меблі та офісне обладнання розміщені на достатній відстані, що забезпечує вільний прохід до дверей під час евакуації для безпечного виходу з робочого приміщення.

12. Електричні прилади та установки, включаючи підключення до електромереж, використовуються тільки у справному стані, що визначаються з урахуванням рекомендацій та інструкцій підприємств, що їх виготовили. У випадку виявлення пошкодження електромережі, несправності вимикачів, розеток та інших електроустановок, усі прилади негайно безпечно вимикаються з мережі працівниками та вживаються необхідні заходи із забезпечення приведення цих електроприладів у пожежобезпечний та нормальний стан.

13. На робочих місцях та в офісному приміщенні в цілому уся документація, папір, інші горючі матеріали, що використовуються чи зберігаються, знаходяться на безпечній відстані 1,2 м від електроцитів, мають відстань 0,5 м до електросвітильників, 0,6 м до сповіщувачів системи автоматичної пожежної сигналізації, а також забезпечують 0,15 м від обладнання централізованого водного опалення.

14. Засоби із забезпечення протипожежного захисту утримуються в робочому та справному стані, що перевіряється відповідальними за них особами.

5.5 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях. Основні норми поведінки і дії при аваріях з викидом сильнодіючих отруйних речовин.

Згідно із ресурсом Правила поведінки та дії населення при надзвичайних ситуаціях (пам'ятка населенню), оповіщення населення про надзвичайні ситуації – на сайті nadoest.com, а також за допомогою ресурсу desn.gov.ua Поради населенню щодо дій в екстремальних умовах, було чітко визначено що таке сильнодіючі отруйні речовини та описано дії населення при настанні аварій з викидом цих речовин.

До сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) в Україні відносяться хлор, аміак, синильна кислота, фосген, сірчаний ангідрид та ін. Ці речовини у випадку аварійних ситуацій являють собою небезпеку для населення, а тому необхідно чітко знати що ж саме необхідно робити, коли виникає така небезпечна ситуація.

Аварії та катастрофи часто супроводжуються викидом СДОР в атмосферу і на земну поверхню. Вдихання зараженого повітря може привести до ураження органів дихання, а також очей, шкірних покривів та інших органів.

Хлор являє собою газ зеленувато-жовтого кольору з різким задушливим запахом. Він важче за повітря. При випаровуванні і з'єднанні з паром води в повітрі стелиться над землею у вигляді туману зеленувато-білого кольору, може проникати в нижчі і підвальні приміщення будинків і споруд. При виході в атмосферу із несправних ємностей димить. Пари сильно подразнюють органи дихання, очі і шкіру.

Ознаки отруєння хлором: різка біль в грудях, сухий кашель, блювання, порушення координації руху, задишка, різь в очах, сльозотеча. Можливі летальні наслідки при вдиханні великих концентрацій.

Засоби індивідуального захисту: цивільні протигази усіх типів, камери захисні дитячі, а при їх відсутності – ватняна марлева пов'язка або рушник, попередньо змочені водою або 2 % розчином питної соди.

Аміак – це безбарвний газ з різким задушливим запахом. Легший за повітря. Добре розчиняється у воді. При виході в атмосферу із несправних ємностей димить. Небезпечний при вдиханні. Пари сильно подразнюють органи дихання, очі і шкіру.

Ознаки отруєння аміаком: прискорене серцебиття, порушення частоти пульсу, нежить, кашель, різь в очах і сльозотеча, важке дихання, а при тяжкому отруєнні – нудота і порушення координації руху, галюцинації. При високих температурах можливі летальні наслідки.

Засоби індивідуального захисту: на об'єктах, що використовують аміак, – промислові марки КД і М, ізольовані і киснево-ізольовані протигази. При їх відсутності – ватняна марлева пов'язка або рушник, попередньо змочені водою або 5% розчином лимонної кислоти.

Порядок дій після проголошення про аварію з викидом СДОР.

Отримавши інформацію про викид в атмосферу сильнодіючих отруйних речовин і про небезпеку хімічного зараження, необхідно надіти засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) органів дихання, найпростіші засоби захисту шкіри (плащі, накидки) і покинути район аварії.

Якщо відсутні ЗІЗ і вийти з району аварії неможливо, необхідно залишатися у приміщенні, увімкнути гучномовець місцевого радіомовлення (радіоприймач, телевізор) і чекайти повідомлень відділу з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення міста. Щільно закрийте вікна і двері, димоходи, вентиляційні віддушини (люки). Вхідні двері завісити шторою, використовуючи ковдри і будь-які щільні тканини. Заклеїти щілини в вікнах і стики рам плівкою, лейкопластиром або звичайним папером від проникнення в приміщення пару (аерозолів) сильнодіючих отруйних речовин.

Залишаючи квартиру (будинок), виключити джерела електроенергії, з собою взяти особисті документи, необхідні речі, надіти протигаз або ватняну марлеву пов'язку, накидку або плащ, гумові чоботи.

Виходити із зони хімічного зараження необхідно в сторону, яка перпендикулярна напрямку вітру. Обов'язково обходити переходи через тунелі, яри,

лощини – в низьких місцях може бути висока концентрація сильнодіючих отруйних речовин.

Почувши розпорядження про евакуацію, слід уважно прислухатися до вказівок відділу (штабу ЦО) з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення області (міста обласного підпорядкування, району) і ретельно виконувати їх.

При евакуації транспортом обов'язково уточнити час і місце посадки. Не запізнюватися і не приходити раніше призначеного строку. Якщо є така можливість, то попередити про евакуацію і від'їзд сусідів.

Вийшовши із зони зараження, треба зняти верхній одяг і провітрити його на вулиці, прийняти душ, умитись з милом, ретельно вимити очі і прополоскати ротову порожнину.

При підозрі на ураження СДОР необхідно виключити будь-які фізичні навантаження, приймати велику кількість рідини (чай, молоко і т. д.) та звернутися до медичного працівника або в медичний заклад.

Основний спосіб захисту – своєчасно покинути небезпечну зону або осередок ураження.

Якщо не вдалося покинути приміщення до підходу отруйної хмари, треба залишитись у приміщенні та зробити герметизацію вікон, дверей, вентиляційних отворів, надіти простіші засоби захисту (ватняну марлеву пов'язку, рушник, змочені водою).

Про можливість повернення до місця проживання (роботи) буде додатково повідомлення після ліквідації наслідків аварійної ситуації з використанням електронних засобів інформації.

Надання медичної допомоги при ураженні сильнодіючими отруйними речовинами.

В першу чергу необхідно захистити органи дихання від подальшої дії сильнодіючих отруйних речовин.

На потерпілого необхідно надіти протигаз або ватняну марлеву пов'язку, попередньо змочивши її при отруєнні хлором водою або 2 % розчином питної

соди, а при отруєнні аміаком – водою або 5% розчином лимонної кислоти, і вивести (вивести) його із зони ураження. У випадках отруєння сильнодіючими отруйними речовинами потерпілому забезпечити спокій і тепло.

При виході із зони зараження вимити очі і відкриті ділянки тіла (чаєм, молоком і т.д.) і звернутися за допомогою до медичного працівника або до медичного закладу.

При отруєнні аміаком необхідно винести потерпілого із зони зараження, шкіряні покрови, очі, ніс, рот вимити водою. В очі закапати дві-три краплі 30% розчину альбуциду, в ніс оливкове масло.

При отруєнні хлором треба винести потерпілого із зони зараження. При зупинці дихання зробити штучне дихання. Шкіряні покрови, рот, ніс вимити 2 % розчином питної соди або водою.

При отруєнні СДОР необхідно діяти у відповідності з отриманими розпорядженнями управління (відділу) з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення області (міста обласного підпорядкування, району).

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В економічній частині дипломної роботи за темою «Розробка вдосконаленого способу маскування лінійного коду» вирішено розрахувати доцільність пристрою як для виробника, так і для споживача.

Вирішено, що розробник буде одночасно і виробником, який на свій ризик та за свої власні кошти здійснює розробку нового технічного рішення для реалізації його споживачам.

Кошторис витрат на розробку і виготовлення пристрою розраховано у нижче приведених підрозділах.

Усі розрахунки виконувались згідно з «Методичними вказівками до виконання економічного розділу дипломних та магістерських проектів для студентів усіх форм навчання» за редакцією Р. Г. Бобровникової та В.В. Кругликової, вказівки випущено в ЗНТУ у 2012 році.

6.1 Розрахунок заробітної плати робітників

Кошторис витрат на розробку і виготовлення пристрою починається з розрахунку основної заробітної плати розробників та робітників.

Витрати у цій графі складаються з планового фонду заробітної плати усіх категорій працюючих, що задіяні в реалізації проекту по розробці та виготовленню нового пристрою. Розрахунок витрат на заробітну плату відбувається з урахуванням трудомісткості робіт.

Тривалість робіт складається з урахуванням терміну реалізації проекту, що оговорюється із замовником. В даному випадку очікуваний результат реалізації проекту складає не більше одного місяця. Тому усі подальші розрахунки вказані для періоду в один місяць, що конкретно складає 22 робочих днів.

Розраховану основну заробітну плату для працівників, задіяних у реалізації проекту зведено до табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок основної заробітної плати працівників

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1	Керівник проекту	12000	22	12000
2	Інженер	7000	22	7000
3	Інженер	7000	22	7000
Всього				26000

6.2 Відрахування у єдиний соціальний внесок

Наступний розділ кошторису - це відрахування у єдиний соціальний внесок (ЄСВ), що складають 22% від розрахованої заробітної плати розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення. Розрахунки по даній графі витрат представлені у табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Витрати на відрахування у ЄСВ

Працівник	Заробітна плата за весь термін роботи над проектом, грн.	Відрахування у ЄСВ
Керівник проекту	12000	2640
Інженер	7000	1540
Інженер	7000	1540
Всього	26000	5720

6.3 Розрахунок витрат на спеціальне обладнання

Для розробки нового технічного рішення і його реалізації необхідно наступне спеціальне обладнання, що представлено у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Кошторис витрат на спеціальне обладнання

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Ціна покупки одиниці обладнання, грн.	Разом, грн
1. Прилад Fluke Networks MultiFiber Pro для вимірювання втрат в оптичних лініях	2	5000	10000
2. Набір інструментів Pro'sKit 1PK-940KN для роботи з оптоволоконом	2	6000	12000
3. Ноутбук IBMPC486/64	2	18000	36000
4. Паяльна станція для оптоволоконна SB Scandinavia EasySplicer	1	30000	30000
Всього			88000

Програмне забезпечення для ноутбуку входить у його вартість, тому окремих витрат на ОС не передбачається.

6.4 Розрахунок витрат на комплектуючі проекту

В даному проекті на розробку та реалізацію пристрою маскування лінійного коду передбачені витрати на комплектуючі.

Перелік комплектуючих та їх вартість перелічені у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за один., грн.	Сума, грн.
Оптичний фільтр CATV FTTH 1310/1490/1550/1610nm Optical Fused Fwdm Filter Wdm	1	1547,72	1547,72
Оптичний мультиплек- сор/демультиплексор DWDM Mux/Demux A-GEAR- C37	2	1892,64	3785,28
Оптичний розгалужувач PLC 1x64 SC/APC	6	185,19	1111,14
Генератор оптичних сигналів 40G	1	5400,0	5400,0
Транспондер MC-215WH A-GEAR	2	614,50	1229
Логічний пристрій MVD-18/42	1	110,0	110,0
Лазерний перетворювач оптичних сигналів в електричні STP-1300	2	144,13	288,26
Всього			13471,4

Для розрахунків бралися ринкові ціни листопада 2018 р.

6.5 Розрахунок витрат на послуги сторонніх організацій

В цей розділ витрат включається оплата послуг сторонніх організацій, які необхідні для нормальної роботи працівників при реалізації проекту. З такими організаціями співпраця відбувається за підписаним договором про працю з обох сторін.

До цих витрат належать послуги Інтернет-провайдеру «ДіаНет», за допомогою якого працівники мають постійний вихід у мережу Інтернет, що забезпечує їх нормальну роботу. Провайдер здійснює безкоштовне підключення, а щомісячна передплата складає 115 грн. Ці кошти покривають термін реалізації проекту.

Ще одна стаття витрат у цій графі – використання послуг клінінгової компанії двічі на тиждень. Один виклик спеціаліста з клінінгової компанії складає 300 грн. В місяць ми маємо 4 тижні, а отже 8 викликів спеціаліста. Тобто витрати за місяць роботи складуть 2400 грн.

Загальна сума витрат на використання послуг сторонніх організацій на термін в 1 місяць складе: $115+2400=2515$ грн.

6.6 Розрахунок витрат на споживання електроенергії

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \times \Pi \times \Phi \times K_{\Pi}, \quad (6.1)$$

де V – вартість 1кВт – години електроенергії, 1,67 грн/кВт-год; Π – установленна потужність обладнання, кВт, 0,7 кВт; Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, 176 годин; K_{Π} – коефіцієнт використання потужності, 0,6.

$$V_e = 1,67 \times 0,7 \times 176 \times 0,6 = 123,45 \text{ (грн)}$$

6.7 Амортизаційні відрахування

В загальному розумінні амортизація – це процес переносу вартості основних коштів та нематеріальних активів з мірою їх фізичного чи морального зношення по частинам на собівартість продукції, що виготовляється.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань, необхідно вирахувати коефіцієнт амортизації, що визначається за наступною формулою:

$$K = \frac{1}{N} \cdot 100\% , \quad (6.2)$$

де N – це повний термін корисного використання обладнання.

Прилад Fluke Networks MultiFiber Pro для вимірювання втрат в оптичних лініях. Його первісна вартість 5000 грн. Повний термін його корисного використання 2 роки (або 24 місяці). За формулою 6.2 коефіцієнт амортизації складає: $1/24 \cdot 100\% = 4,17\%$. Тоді амортизаційні відрахування на один місяць цього приладу складуть $5000 \cdot 4,17\% = 208,5$ грн.

Оскільки в проекті використовуються два таких пристрої, то сума помножується на 2: $208,5 \cdot 2 = 417$ грн.

Аналогічні розрахунки були проведені для всього обладнання і представлені у табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Амортизаційні відрахування

Найм. обл-ня	Первісна вартість, грн.	Термін корисного використання обл-ня, міс.	К-ть обл-ня, шт.	КА, %	Величина амортизаційних відрахувань на одиницю обл-ня, грн/міс.	Разом, грн/міс.
1. Прилад для вимірювання втрат	5000	24	2	4,17	208,5	417,0
2. Набір інструментів	6000	48	2	2,08	124,8	249,6

Продовження таблиці 6.5 – Амортизаційні відрахування.

Найм. обл-ня	Первісна вартість, грн.	Термін корисного використання обл-ня, міс.	К-ть обл-ня, шт.	КА, %	Величина амортизаційних відрахувань на одиницю обл-ня, грн/міс.	Разом, грн/міс.
3. Ноутбук	18000	48	2	2,08	374,4	748,8
4. Паяльна станція	30000	48	1	2,08	624,0	624,0
Всього						2039,4

Амортизаційні відрахування на місяць роботи складають 2039,4 грн.

6.8 Бальна оцінка економічної ефективності проекту

Маркетингові дослідження, проектні розробки, де прямий розрахунок економічної ефективності не є можливим, оцінюються за допомогою бальної системи.

Ця система передбачає оцінку проекту за наступними показниками:

- важливість розробки (K_1);
- можливість застосування результатів розробки (K_2);
- теоретична значимість та ступінь новизни дослідження (K_3);
- складність розробки (K_4).

Шкали бальної оцінки перелічених показників представлені у таблицях 6.6, 6.7, 6.8 та 6.9 відповідно.

Таблиця 6.6 – Шкала оцінки важливості розробки(K_1)

№	Показник	Кіл-ть балів
1	Ініціативна робота, що не є частиною комплексної програми.	1
2	Робота, що виконується за договором про науково-технічну допомогу.	3
3	Робота є частиною відомчої програми.	5
4	Робота є частиною відомчої комплексної програми.	7
5	Робота є частиною відомчої міжнародної програми.	8

Розробка K_1 складає 5 балів.

Таблиця 6.7 – Шкала оцінки можливості застосування результатів розробки (K_2)

№	Показник	Кіл-ть балів
1	У даному підрозділі	1
2	В даній організації	3
3	В багатьох організаціях	5
4	В масштабі країни	8

Розробка K_2 складає 8 балів.

Таблиця 6.8 – Шкала оцінки теоретичної значимості та ступеня новизни дослідження (K_3)

№	Показник	Кіл-ть балів
1	Аналіз, узагальнення та класифікація відомої інформації. Подібні результати були відомі в досліджуваній галузі.	2
2	Отримання нової інформації, що доповнює знання про суть досліджуваних процесів, що не були раніше відомі.	3

Продовження таблиці 6.8 – Шкала оцінки теоретичної значимості та ступеня новизни дослідження (K_3)

№	Показник	Кіл-ть балів
3	Отримання нової інформації, що змінює знання про суть досліджуваних процесів, не відомих раніше.	5
4	Створення нових теорій та методик.	6
5	Отримання інформації, що дозволяє формувати нові напрямлення, не відомих раніше.	8

Розробка K_3 складає 3 бали.

Таблиця 6.9 – Шкала оцінки складності розробки (K_4).

№	Показник	Кіл-ть балів
1	Робота виконується одним підрозділом, витрати менше 10000 грн.	1
2	Робота виконується одним підрозділом, витрати 10000 – 50000 грн.	3
3	Робота виконується одним підрозділом, витрати 50000 - 250000 грн.	5
4	Робота виконується з участю багатьох підрозділів, витрати 250000 – 500000 грн.	7
5	Робота виконується декількома організаціями, витрати більше 500000 грн.	8

Розробка K_4 складає 5 балів.

Загальна оцінка розраховується множенням отриманих коефіцієнтів, тобто $I_n = 5 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 5 = 600$.

Питомий ефект на кожен бал з урахуванням інфляції у 2018 році складає 300 грн. Загальний ефект від місячної розробки складає: $E = I_n \cdot 300 = 180000$ грн.

6.9 Розрахунок економічної ефективності проекту

Економічна ефективність від реалізації проекту визначається за допомогою коефіцієнта ефективності, що характеризує частку загального ефекту від розробки, припадає на одну грн витрат відповідно формулі 6.2.

$$K = \frac{E}{\Sigma} \quad (6.2)$$

Отже економічна ефективність від реалізації проекту з розрахунку на одну гривню витрат за формулою 6.2 складає:

$$\begin{aligned} K &= \frac{180000}{(26000 + 5720 + 88000 + 13471,4 + 2515 + 123,45 + 2039,4)} \\ &= \frac{12000000}{137869,25} = 1,31 \end{aligned}$$

В результаті проведених досліджень, можна сказати, що реалізація проекту, а саме розробка і виготовлення пристрою для маскуванню лінійного коду принесе дохід у розмірі 180000 грн, що при витратах 137869,25 грн та один місяць виконання робіт, є економічно вигідним вкладенням, а також необхідним у сфері захисту інформації.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі був проведений аналіз існуючих способів передачі інформації в волоконно-оптичних лініях зв'язку. Вирішена проблема захисту інформації від несанкціонованого доступу під час її передачі по волоконно-оптичним лініям зв'язку, здійснено поліпшення надійності конфіденційної інформації та покращення якості інформаційного сигналу на приймальній стороні, що є відповідне актуальному завданню – ускладнення та усунення каналів витоку інформації.

В результаті роботи був розроблений більш надійний спосіб передачі конфіденційної інформації в волоконно-оптичній лінії зв'язку для ефективного захисту від несанкціонованого доступу шляхом впровадження додаткового маскуванню лінійного коду перед його передачею та демаскування на приймальному боці, а також відбулася відповідна розробка пристрою, що реалізує цей спосіб.

У розділі з охорони праці застосовано конкретні засоби забезпечення безпеки в процесі роботи для найманих працівників, в тому числі їх вчасне інформування щодо правильної поведінки при надзвичайних ситуаціях.

Дослідження та розрахунки в економічному розділі показали, що реалізація дипломного проекту у вигляді розробки і виготовлення пристрою для маскуванню лінійного коду має значну економічну ефективність при існуючих витратах.

При підготовці до написання дипломної роботи були зроблені декілька публікацій, приймання активної участі у наукових конференціях, випущено один патент на корисну модель №123836 від 12.03.2018 (вдосконалений спосіб маскуванню лінійного коду), подання заявки № u201809015 на другий патент на корисну модель (пристрій, що реалізує спосіб), представлення роботи на першому та другому етапах Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт з Кібербезпеки у 2017-2018 році, де посіла третє почесне місце та нагороджена почесною грамотою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Карпуков Л.М., Щекотихін О.В., Сметанін М.Н. Метод захисту інформації в ВОЛЗ. «Фотон-Експрес», 2009, №4, С 34-36.
2. Манько О, Шматок О., Петренко А. «Використання пасивних оптичних пристроїв для захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку та мережах» Захист інформації, том 19, №2, квітень-червень. С 143-147, 2017.
3. Литовка Т.В. Акусто-оптоволоконный канал утечки речевой информации и методы защиты/ Щекотихин О. В., Литовка Т. В.// Тижень науки: щорічна наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів, 13-17 квітня 2015 р.: тези доповідей. – Запоріжжя, 2015. – С. 374-375.
4. Василик О. Оптоволоконные кабели //Компьютерное обозрение – 6 июня 1997. Режим доступа: https://ko.com.ua/optovolokonnyye_kabeli_119803
5. Ломов В.М. 100 великих научных достижений России // М.В. Ломов. М.:2017 – 570 с. Режим доступа: https://www.e-reading.club/bookreader.php/1023027/Lomov_-_100_velikih_nauchnyh_dostizheniy_Rossii.html
6. Крупнейшие провалы в истории разведки: операция «Золото» / Военное обозрение – 14 декабря 2012. Режим доступа: <https://topwar.ru/22064-krupneyshie-provaly-v-istorii-razvedki-operaciya-zoloto.html>
7. Оптичні системи передачі: Підручник для вузів. Б. В. Скворцов, В. М. Иванов, В. В. Крухмалев і ін; Під ред. В. І. Иванова - М .: Радио и связь, 1994 – 224 с.
8. Д. Стерлінг, Технічне керівництво з волоконної оптики. М .: Лорі, 1998, 288 с.
9. Томаси У. Электронные системы связи / М.:Техносфера,2007.-1360с.
10. Яковлев А. В. Волоконно-оптичні системи передачі конфіденційної інформації. - Електров'язок, №10, С 11-13.

11. Манько А. А., Каток В.Б., Задорожній М.Д. «Захист інформації на волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу.» Ювелійна науково-технічна конференція «Правове, нормативне та Метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні» Україна, Київ, 2001.№2.

12. Гришачев В.В., Кабашкин В.Н., Фролов А.Д. «Физические принципы формирования каналов утечки информации в волоконно-оптических линиях связи.» // "Информационное противодействие угрозам терроризма" №3, 2005 г. – С 75-76.

13. Гришачев В.В., Кабашкин В.Н., Фролов А.Д. «Анализ каналов утечки информации в волоконно-оптических линиях связи: нарушение полного внутреннего отражения.» // "Информационное противодействие угрозам терроризма" №4, 2005 г.

14. Каток В.Б., Манько А. А., «Захист інформації в оптичних лінійних трактах методом спектрального розподілу.» Ювелійна науково-технічна конференція «Правове, нормативне та Метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні» Україна, Київ, 1998.

15. Деклараційний патент № 45771 від 25.11.2009 НО4В10/12. Україна. Спосіб передачі інформації в системах оптичного зв'язку / Щекотихін О.В., Сметанін І. Н., Карпуков Л. М.

16. Пат. 2110894 РФ, МПК Н 04 В 10/00. Способ защиты информации от несанкционированного доступа в волоконно-оптических линиях связи [Электронный ресурс] / Ивченко С. Н., Шубин В. В.; заявл. 14.03.1995; опубл. 10.05.1998.— Режим доступу: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2110894&TypeFile=html.

17. Пат. 4435850 США, МПК Н 04 В 9/00. Secure fiber optic data transmission system [Электронный ресурс] /J. Bowen, D. Baldwin, P. Couch; заявл. 16.02.1982; опубл. 06.03.1984. – Режим доступу: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fmeta.html%2FPTO%>

18. Пат. 11328 Україна, МПК Н 04 К 1/10. Спосіб захисту інформації у лінії зв'язку [Електронний ресурс] / О. В. Щекотихін, Д. М. Піза, В. І. Мисленков; заявл. 23.06.2005; опубл. 15.12.2005, Бюл. № 12. – Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/getdocument.php?claimnumber=u200506198&doctype=ou>

19. Литовка Т.В. Вдосконалений метод маскуванню лінійного коду / Литовка Т.В., Щекотихін О.В. // Тиждень науки: Щорічна наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених и аспірантів, 18-21 квітня 2017 р. : тези доповідей. - Запоріжжя 2017.

20. Карпуков Л. М. Спосіб шифрування методом маскировки лінійного коду / Карпуков Л.М., Щекотихін О.В., Савченко Д.К., Литовка Т.В. // Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: ІХ Міжн. наук.-практ. конф., 03-05 жовтня 2018 р. : тези доповідей.– Запоріжжя, 2018. – С.215-216.

21. Пат. 123836 Україна, МПК Н04К 1/10 (2006.01), Н04В 10/25 (2013.01). Спосіб захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу [Електронний ресурс] / О.В. Щекотихін, Л.М. Карпуков, Д.К. Савченко, Т.В. Литовка. – № u2017 09443, заявл. 29.09.2017, опубл. 12.03.2018, Бюл.№ 5, 2018 р. – 4 с. Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=245125>

22. Пат. 4174149 США, МПК Н 04 В 10/85. Secure fiber optics communication system [Електронний ресурс] /James A. Rupp; заявл. 19.08. 1976; опубл. 13.11. 1979. – Режим доступу: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=NIPOFF&p=1&u=%2Fnethtml%2FPTO%2Fsearch-adv.htm&r=1&f=G&l=50&d=PTXT&S1=4174149.PN.&OS=pn/4174149&RS=PN/4174149>

23. Литовка Т.В. Порівняльний аналіз протоколів квантового розподілення ключів / Литовка Т.В., Неласа Г.В. // Тиждень науки: щорічна наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів, 16-20 квітня 2018 р.: тези доповідей. – Запоріжжя, 2018. – С. 917-919.