

АНАЛІЗ КАНАЛІВ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ, ЯКА ПЕРЕДАЄТЬСЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЮ ЛІНІЄЮ ЗВ'ЯЗКУ

Постановка проблеми в загальному вигляді. Реалізація стратегії ефективного децентралізованого управління бізнесом інформаційно-телекомунікаційними засобами потребує залучення широкого спектру сучасних засобів передачі, прийому, обробки та зберігання інформації. Значне насичення таких засобів призводить до збільшення числа можливих технічних каналів витоку інформації (КВІ) і, відповідно, до підвищення ймовірності здійснення несанкціонованого доступу (НСД) до інформації, яка в них циркулює з боку недобросовісних конкурентів та кримінальних структур [1].

Одними з перспективних каналів передачі інформації, що потребують ефективного захисту від НСД, є волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ), оскільки витік потужності сигналу, який передається, з каналу близько 0,001% дозволяє ймовірному противнику, за наявності сучасних приймальних пристроїв, відновити інформацію [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням застосування ВОЛЗ для організації каналів передачі інформації приділено значну увагу фахівців, таких як Е. Л. Портнова [3], В. В. Виноградова [4], В. Г. Шарварка [5], Р. Л. Фримана [6], Д. Дж. Стерлінга [7] та ін. Поряд з цим, проблемі захисту інформації, що передається по ВОЛЗ від НСД шляхом її витоку технічними каналами приділена незначна увага.

Вперше у вітчизняній науковій літературі технічні аспекти даної проблеми розкрито в монографії авторів В. О. Хорошко та А. О. Чекаткова [2]. Ряд питань розглянуто в роботах А. А. Хорева [8], Г. А. Бузова, С. В. Калинина та А. В. Кондратьєва [9]. Але комплексного дослідження, присвяченого даному питанню в спеціалізованій науковій літературі [2–9] не виявлено.

Таким чином, як видно з приведеного критичного аналізу останніх досліджень і публікацій, які доступні з відкритого друку [2–9], питанню дослідження ВОЛЗ з точки зору технічного КВІ, приділено недостатню увагу.

Отже, вирішення зазначеної проблеми є нагальною потребою сьогодення, в рамках якої задача аналізу технічних каналів витоку інформації, яка передається ВОЛЗ є актуальною.

Метою статті є ґрунтовний науково-технічний аналіз каналів витоку інформації, яка передається ВОЛЗ, як базису для розробки формалізованих математичних моделей для відповідних каналів.

Викладення основного матеріалу досліджень. За останні два десятиліття ВОЛЗ знайшли широке застосування в інформаційно-телекомунікаційних засобах і на даний час використовуються, як правило, в наземних системах зв'язку. З кожним роком сумарний об'єм інформації, яка передається ВОЛЗ збільшується, а вартість передачі біта інформації – зменшується. Прикладом цього є перша трансатлантична ВОЛЗ ТАТ-8, яка забезпечила різке збільшення передаваної інформації, а вартість одного телефонного каналу зменшилася в 100 разів: з 1 млн. доларів до 10 тис. доларів [6]. В середньому об'єм використання ВОЛЗ подвоюється кожні два роки, а ціна передачі інформації постійно і суттєво знижується. Попит на розширення смуги частот інформаційного обміну в світі продовжує зростати, і його ніщо не може задовольнити окрім оптичного волокна [10].

Масовість використання ВОЛЗ пояснюється їх перевагою порівняно з супутниковими, радіорелейними, бездротовими та мідними лініями зв'язку. До основних переваг ВОЛЗ відносять наступні [3-7, 11]: висока широкосмуговість (можливість передачі всього радіочастотного спектру – від 3 $\kappa\Gamma\text{ц}$ до 200 $\Gamma\Gamma\text{ц}$); захищеність від зовнішніх електромагнітних полів; висока швидкість передачі даних (3,2 Tбіт/с на одне оптичне волокно); низькі втрати потужності сигналу (мінімальне затухання 0,3 дБ/км для довжини хвилі 1550 нм); відсутність взаємних впливів між сигналами, які передаються різними оптичними волокнами; малі масогабаритні характеристики (одножильний волоконно-оптичний кабель має вагу 4 кг/300 м , а коаксіальний кабель в 9 раз більшу – 36 кг/300 м ;

мідний кабель діаметром 11 см може передати 40300 дуплексних телефонних каналів, в той час як по волоконно-оптичному кабелю діаметром 1,27 см можливо здійснити передачу до 1 млн. телефонних каналів); економічна рентабельність (ціна на волоконно-оптичні кабелі зв'язку з одномодовими оптичними волокнами, в залежності від параметрів та характеристик, знаходиться в межах від 890 до 4230 доларів за кілометр).

Відомо [4-7], що сучасні ВОЛЗ, в залежності від показника заломлення серцевини і модової структури світла, поділяються на дві групи: багатомодові (зі ступінчатим та градієнтним профілем показника заломлення) та одномодові (зі ступінчатим, сегментним та трикутним профілем показника заломлення). На сьогоднішній день для організації локально-обчислювальних мереж, таких наприклад як *Ethernet*, *Fast/Gigabit Ethernet*, *FDDI*, *ATM* використовуються багатомодові волокна стандарту *MMF 50/125* та *MMF 62,5/125*, а для мереж *Ethernet*, *Fast/Gigabit Ethernet*, *FDDI*, магістралей *SDH* та *ATM* одномодові стандарту *SF 8...10/125* [6].

Основними причинами виникнення технічних каналів витоку інформації, яка передається ВОЛЗ можуть бути порушення технологічних вимог щодо способів прокладання та умов застосування ВОЛЗ, а також конструктивні та технологічні особливості лінії.

З усієї множини відомих технічних КВІ [2, 8, 9] на рис. 1 приведено можливі канали витоку інформації та детально охарактеризовано оптичні канали.

Аналіз рис. 1 показує, що технічні КВІ, яка передається ВОЛЗ можна віднести до оптичних каналів витоку інформації, що утворюються за рахунок відбиття світлової енергії в ближній інфрачервоній області електромагнітного спектру, розповсюдження енергії сигналу в яких може здійснюватися як по направляючим лініям так і у вільний простір.

Природними передумовами виникнення витоку інформації, яка передається ВОЛЗ є штучні процеси, наприклад дефекти з'єднання поверхонь оптичних волокон [2, 7], такі як радіальна та кутова неузгодженості; наявність зазору між торцями волокон; наявність взаємної непаралельності торців волокон; різниця в діаметрі серцевин оптичних волокон (рис. 2).

Як показав аналіз [4, 6, 7], з метою з'єднання оптичних волокон використовуються: оптичні роз'єми, механічні з'єднання або з'єднання методом зварювання. З практики відомо [6], що оптичні роз'єми використовуються на кінцях кабелю, а з'єднання оптичних волокон застосовується для проміжних секцій. При чому, оптичні роз'єми вносять втрати порядку 0,3-0,5 дБ оптичної енергії на один роз'єм. З'єднання методом зварювання дає мінімальні втрати на рівні 0,04 дБ на одне з'єднання, тоді як механічні з'єднання мають затухання на порядок вище 0,1 - 0,8 дБ [6]. Однак, механічні з'єднання в порівнянні зі з'єднаннями методом зварювання широко використовуються для коротких ліній, довжиною менше 50 км [4].



Рис. 1. Класифікація технічних каналів витоку інформації

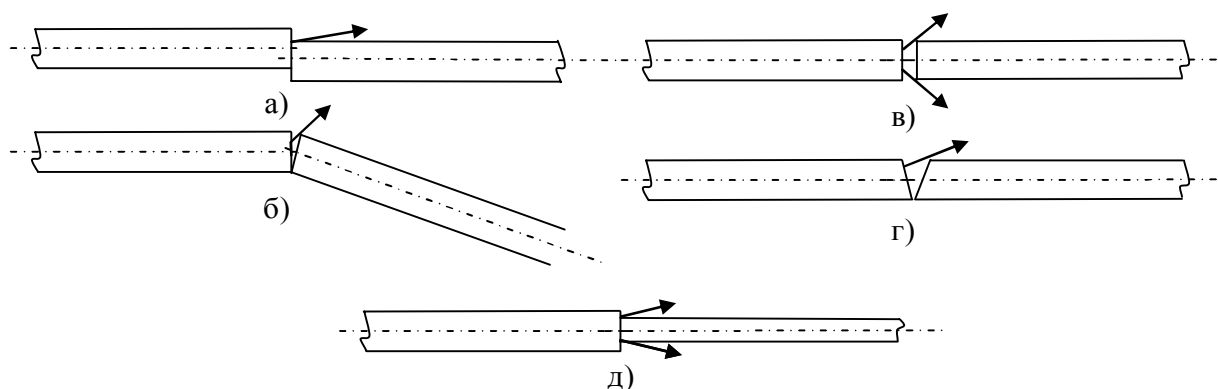


Рис. 2. Міжволоконні канали витоку інформації:

- а) радіальна неузгодженість; б) кутова неузгодженість; в) наявність зазору між торцями; г) наявність взаємної непаралельності торців; д) різниця в діаметрі серцевин

Іншими каналами витоку інформації є канали, які виникають з причини виникнення мікро- та макровикривлень [4, 6, 7]. Такі канали виникають на етапі виробництва та прокладки волоконно-оптичного кабелю. У результаті відбувається випромінювання оптичної енергії в навколишній простір, чим створюються передумови НСД до інформації, яка передається ВОЛЗ.

Мікровикривлення виникають з причини не ідеальності волокон (рис. 3).

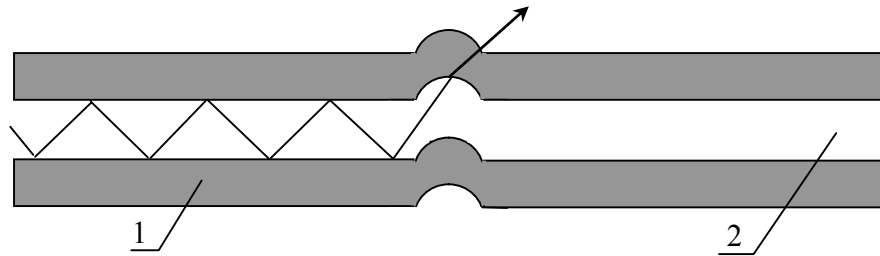


Рис. 3. Канал витоку інформації через мікрвикривлення: 1 – оболонка; 2 – серцевина

Втрати сигналу можуть бути досить великими і, в деяких випадках, перевищують 100 дБ/км [6]. Основна причина виникнення такого розсіювання полягає у викривленні осі волокон, які невідворотні в процесі виготовлення кабелю.

Макровикривлення притаманні мінімальним радіусам вигину волоконно-оптичного кабелю (рис. 4). Виробник кабелю зобов'язаний вказувати в специфікації мінімальний радіус вигину. З метою зменшення ймовірності витоку інформації за рахунок макровикривлень типовий радіус вигину волоконно-оптичного кабелю не повинен бути менше 10 – 30 см , в залежності від типу кабелю [6]. Зменшення радіусу вигину неминуче призведе до розсіювання і витоку енергії сигналу.

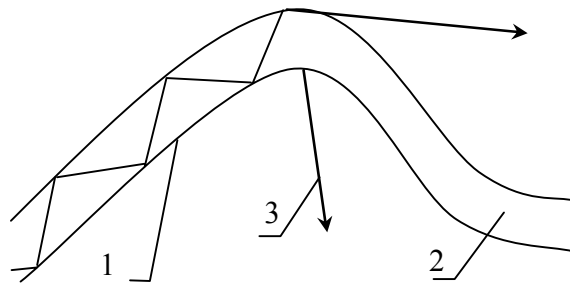


Рис. 4. Канал витоку інформації через макровикривлення:
1 – оболонка; 2 – серцевина; 3 – радіус вигину

За діапазоном випромінювання канали витоку інформації, яка передається ВОЛЗ, характеризуються випромінюванням оптичної енергії на довжинах хвиль ближньої інфрачервоної області, оскільки саме ці хвилі є носієм інформації у ВОЛЗ [5].

Аналіз літератури [2, 5, 6, 12] показав, що відомо чотири основні вікна прозорості, які є робочими діапазонами довжин хвиль для ВОЛЗ (рис. 5).

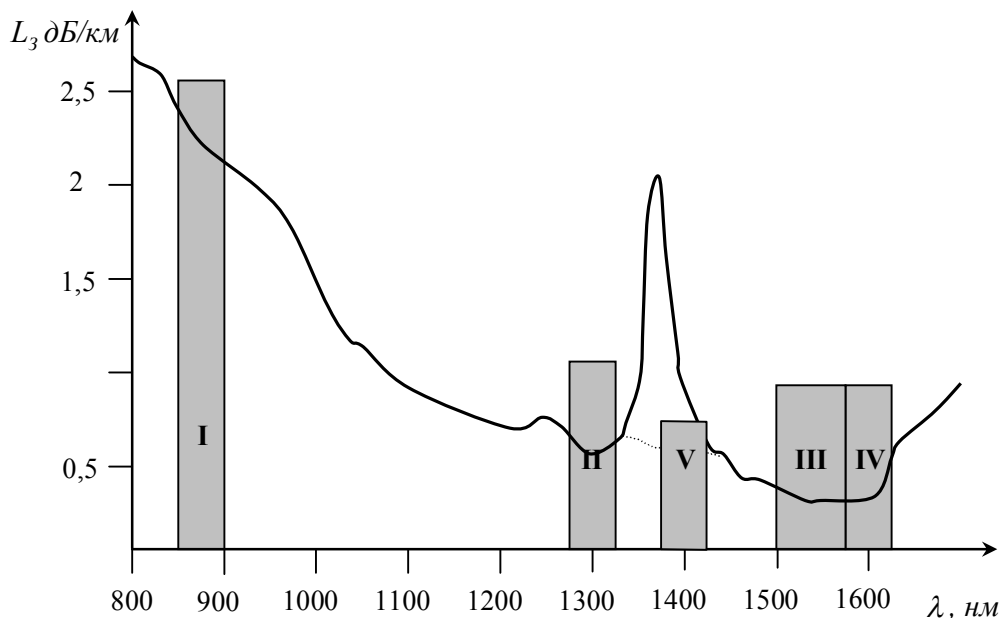


Рис. 5. Затухання сигналу в оптичному волокну на різних довжинах хвиль

За рахунок використання сучасних технологій очищення від іонів *ОН* (водяних піків) розроблено п'яте вікно прозорості (1400 нм), що дозволило зменшити затухання сигналу до 0,32 дБ/км [2, 12].

Світловий потік, який поширюється ВОЛЗ, розповсюджується по направляючим лініям за рахунок повного внутрішнього відбиття (рис. 6), у іншому випадку – відбувається витік інформації за рахунок випромінювання оптичної енергії в навколишнє середовище [3-7]. Внаслідок штучних процесів (дефекти з'єднання поверхонь оптичних волокон, мікро- та макровикривлення) відбувається випромінювання оптичної енергії у вільний простір (див. рис. 2, 3, 4, 6) і, тим самим, створюються передумови НСД до інформації [2, 6, 7].

Виходячи з конкретної реалізації елементів, вузлів і деталей, специфічних особливостей утворення КВІ та спираючись на дані рис. 1 приведемо класифікацію відомих способів НСД до інформації, яка передається ВОЛЗ.

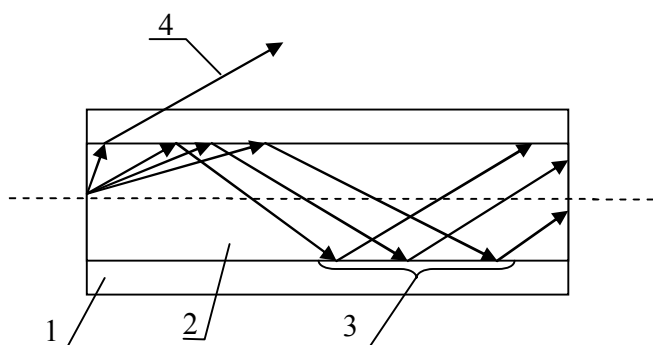


Рис. 6. Канал витку інформації за рахунок випромінювання енергії сигналу в навколишнє середовище: 1 – оболонка; 2 – сердцевина; 3 – повне внутрішнє відбиття світлової енергії; 4 – витік інформації у вільний простір

На сьогодні відомо два основні способи НСД до інформації, яка передається ВОЛЗ – контактний та безконтактний [2].

Перший спосіб (рис. 7) передбачає видалення захисного шару кабелю, зняття світловідбиваючої оболонки та вигинання оптичного кабелю на радіус до 10 – 30 см, в залежності від типу кабелю [2]. Даний спосіб передбачає механічне врізування та встановлення фотодіода для прийому оптичного випромінювання.

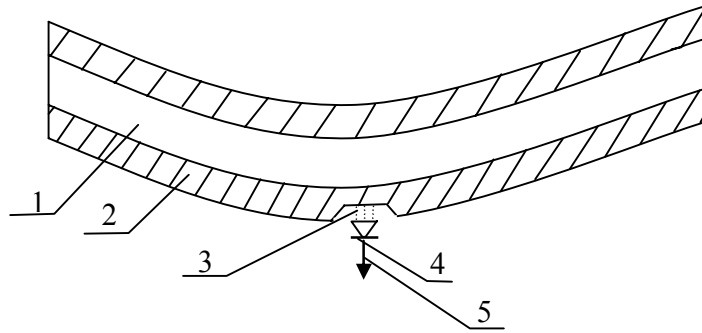


Рис. 7. Контактний спосіб несанкціонованого доступу до інформації:
1 – серцевина; 2 – оболонка; 3 – КВІ; 4 – фотодіод; 5 – електричний сигнал

Контактний спосіб, наведений на рис. 7, практично виключає можливості виявлення витoku інформації за рахунок зниження потужності випромінювання [2], оскільки втрати енергії сигналу при прослуховуванні наприклад переговорів, в залежності від радіусу вигину кабелю, не перевищують 0,01-1,0 дБ.

Безконтактний спосіб підключення до ВОЛЗ подано на рис. 8 [2].

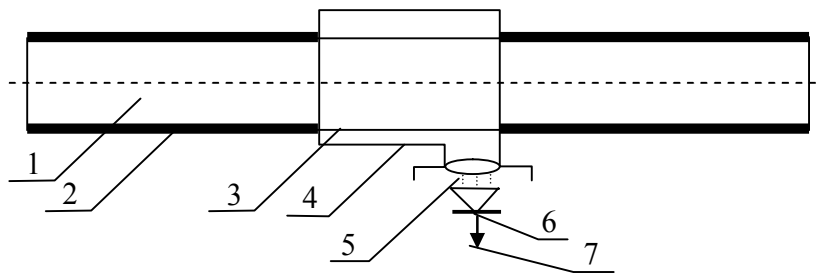


Рис. 8. Безконтактний спосіб несанкціонованого доступу до інформації:
1 – серцевина; 2 – оболонка; 3 – оптичний кабель зі стравленою оболонкою; 4 – скляна трубка; 5 – КВІ; 6 – фотодіод; 7 – електричний сигнал

Він передбачає використання скляної трубки в якості елемента зняття світлового сигналу [2]. Трубка заповнюється рідиною з високим коефіцієнтом заломлення та з відігнутим кінцем і жорстко фіксується на оптичному кабелі, з якого завчасно знята екрануюча оболонка. На відігнутому кінці трубки встановлюється об'єктив, що фокусує світловий потік на фотодіод, з подальшим поданням даного сигналу на підсилювач сигналів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, приведений у статті узагальнений аналіз каналів витoku інформації, яка передається ВОЛЗ показує, що розвиток і удосконалення технології передачі інформації по опто-волокну має стійку динаміку до подальшого прогресу щодо винайдення нових способів НСД до інформації по технічним КВІ. Подальше загострення проблеми захисту інформації пов'язано із відсутністю математичних моделей технічних каналів витoku інформації, яка передається ВОЛЗ, що призводить до актуалізації задачі детальних наукових досліджень, спрямованих на вивчення властивостей та особливостей ВОЛЗ, як технічних КВІ.

Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка аналітичної моделі волоконно-оптичного каналу витoku інформації.

Список літератури

1. Поповский В. В. Защита информации в телекоммуникационных системах: Учебник / В. В. Поповский, А. В. Персиков – Харьков : ООО "Компания СМИТ", 2006. – 238 с.
2. Хорошко В. А. Методы и средства защиты информации / В. А. Хорошко, А. А. Чекатов. – К. : Юниор, 2003. – 478 с.
3. Портнов Э. Л. Оптические кабели связи / Портнов Э. Л. – М. : Информсвязь, 2000. – 112 с.
4. Виноградов В. В. Волоконно-оптические линии связи : учебное пособие для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / Виноградов В. В., Котов В. К., Нуприк В. Н. – М. : ИПК „Желдориздат“, 2002. – 278 с.
5. Шарварко В. Г. Волоконно-оптические линии связи : учебное пособие / Шарварко В. Г. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2006. – 170 с.

6. *Фриман Р. Л.* Волоконно-оптические системы связи : 3-е дополненное издание / Фриман Р. Л. – М. : Техносфера, 2006. – 496 с.
7. *Дональд Дж. Стерлинг.* Техническое руководство по волоконной оптике / Дональд Дж. Стерлинг ; [пер. з англ. А. Московченко]. – М. : Издательство "Лори", 1998. – 195 с.
8. *Хорев А. А.* Способы и средства защиты информации / Хорев А. А. – М. : МО РФ, 2000. – 316 с.
9. *Бузов Г. А.* Защита от утечки информации по техническим каналам : учебное пособие / Бузов Г. А., Калинин С. В., Кондратьев А. В. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с.
10. *Состояние* и перспективы рынка волоконно-оптического кабеля и оборудования [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.opticstoday.com/katalog-statej/stati-na-russkom/volokonno-opticheskie-technologiei/sostoyanie-i-perspektivy-rynka-volokonno-opticheskogo-kabelya-i-oborudovaniya.html>.
11. *Волоконно-оптические кабели.* ОАО Одескабель. Прайс-лист – Режим доступа : <http://www.odeskabel.com>.
12. *Заславский К. Е.* Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением (ВОСП-WDM) : учебное пособие / Заславский К. Е. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2002. — 67 с.

*Рецензент: д.т.н., проф. Давлет'янс О.И.
Надійшла 17.02.2010 р.*