

УДК 621.396

О.О. Казіміров<sup>1</sup>, М.І. Новіков<sup>1</sup>, А.І. Потіхенський<sup>2</sup>, А.І. Куртов<sup>2</sup><sup>1</sup>Академія внутрішніх військ МВС України, Харків<sup>2</sup>Національний університет "Юридична академія України ім. Ярослава Мудрого", Харків**НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ВІДОМЧИХ СТРУКТУР**

В статті розглядається необхідність створення відомчих систем проводового зв'язку на основі впровадження волоконно-оптичних систем передачі.

**Ключові слова:** світловод, волоконно-оптична система передачі, лінія зв'язку.

**Вступ**

**Постанова проблеми.** Сучасний стан відомчих мереж зв'язку не відповідає рівню розвитку існуючих систем зв'язку та не задовольняє специфічних потреб державних структур у телекомунікаційному забезпеченні. Основною причиною цього є недостатня дієвість державної та відомчих стратегій розвитку мереж зв'язку. У секторі фіксованого відомчого зв'язку в основному використовується застаріле обладнання переважно аналогових систем комутації і передачі. Кінцеве обладнання специфічне і різне за типами. В існуючих системах зв'язку силових та збройних формувань постійно виникають фінансові і технічні протиріччя з телекомунікаційними системами приватної форми власності, які забезпечують послуги відомчим системам. В цих умовах, актуальним становиться вирішення питання створення сучасних мереж електров'язку для відомчих структур України.

В основі створення таких систем повинно полягати створення сучасної системи проводового зв'язку.

**Мета статті** проаналізувати існуючі направляючі системи проводового зв'язку та обґрунтувати необхідність створення сучасних систем проводового зв'язку для відомчих структур на основі впровадження волоконно-оптичних систем передачі.

**Виклад основного матеріалу**

**Вибір доцільної направляючої середи.** В залежності від типу направляючої середи, існують наступні системи проводового зв'язку такі як кабелі, хвилеводи та світловоди.

Проводові лінії слід порівнювати за рядом показників: широкополосність, згасання, захищеність від перешкод та вартість. Дуже часто застосовується спеціальний параметр - вартість каналу приведена до одного кілометра лінії зв'язку, яка знижується із збільшенням ємності передачі [1, 2].

Ємність систем передачі в значній ступені визначається типом направляючої середи (табл. 1).

Частотна залежність згасання різних ліній передачі ілюструється рис. 1.

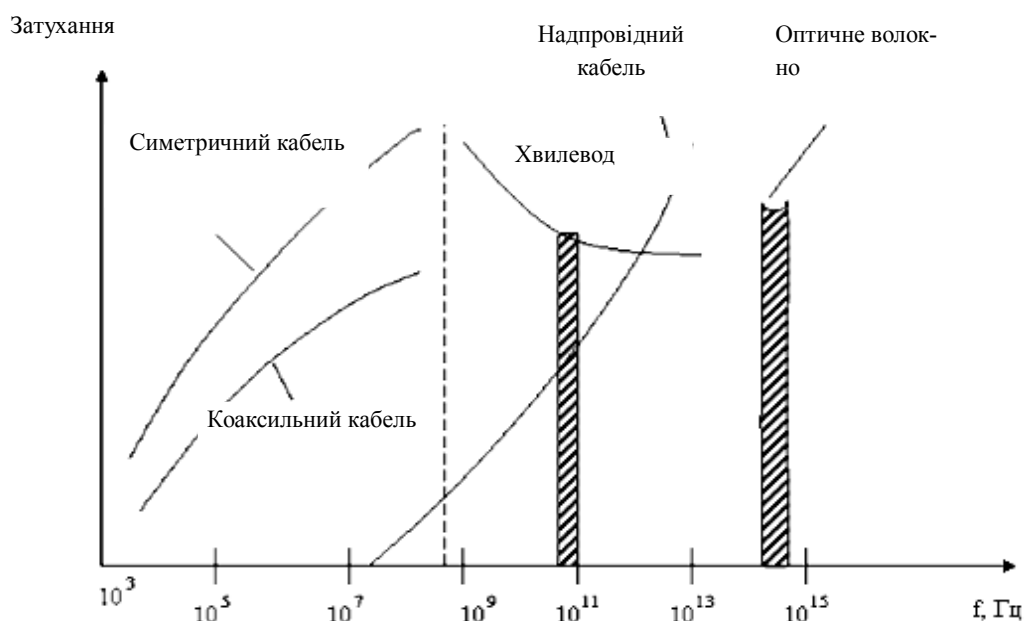


Рис. 1. Частотна залежність згасання різних ліній передачі

Таблиця 1  
Ємність сучасних систем передачі

Направляюча середа	Кількість каналів ТЧ
Повітряні лінії	10
Симетричний кабель	100
Коаксильний та надпровідний кабелі	10000
Хвилевод	100000
Світловід (оптичний кабель)	1000000

Аналіз рис. 1 дозволяє зробити наступні висновки:

- симетричні кабелі різко збільшують своє затухання із збільшенням частоти;
- в коаксильних кабелях затухання зростає більш плавно;
- хвилеводи, не пропускаючи електромагнітні коливання нижчих частот, в області високих частот ( $10^{10}$  -  $10^{11}$  Гц) мають досить мале затухання, причому з ростом частоти затухання зменшується;
- затухання надпровідного кабелю має дуже малі значення аж до  $10^9$  Гц, а потім воно зростає;
- оптичні кабелі ефектні в діапазоні частот  $10^{14}$  -  $10^{15}$  Гц.

Кабельні системи передачі на ближню перспективу будуть широко застосовуватися на магістральній і зонній мережах внутрішніх систем зв'язку. Переважне застосування одержують оптичні кабелі, які впроваджуються як на магістральних мережах, так і на місцевих мережах для створення сполучних ліній між автоматичними телефонними станціями [3 – 5].

Технологічні труднощі прокладки й експлуатації хвилеводних ліній ставлять під сумнів перспективність їхнього застосування на магістральних лініях передачі, для яких вони розроблялися.

Системи передачі з використанням надпровідних кабелів з'являться в більш віддаленій перспективі. Вони плануються використовуватися у тому ж діапазоні частот що й коаксильні кабелі на магістральних лініях великої довжини без проміжних підсилювачів.

Таким чином, оптичні кабелі знаходяться у числі самих перспективних напрямків розвитку телекомунікаційних систем.

**Загальна характеристика оптичних кабелів.** Особливий інтерес мають напрямні середовища, по яким сигнали електров'язку передаються в оптичному діапазоні частот ( $10^{14}$ .. $10^{15}$  Гц). Конструктивно таке середовище в цьому випадку уявляє собою двох або багатопарові оптичні волокна.

Залежно від співвідношення між діаметром скловолокна й довжиною хвилі світлового випромінювання у світловодній лінії може поширюватися одна хвиля (одномодовий режим) або одночасно багато типів хвиль (багатомодовий режим). Багатомодові волокна легше виготовити, у них легше ввести оптичне випромінювання, простіше здійснюється з'єднання волокон один з одним. Основним недолі-

ком багатомодових волокон є обмеження швидкості передачі цифрової інформації, викликане явищем дисперсії, що проявляється в перекручуванні форми прямокутних імпульсів. Гранична швидкість передачі інформації по ним становить 20 Мбит/с. Зате по одномодовим оптичним волокнам можна передавати інформацію зі швидкістю 100 Гбит/с.

Для того, щоб реалізувати переваги багатомодових волокон і в той же час підвищити швидкість передачі інформації по ним, пропонуються оптичні волокна робити не східчастими, а градієнтними - із плавною зміною показника переломлення сердечника від одного краю до іншого. Таке технічне рішення дозволяє вирівняти час ходу різних променів і зменшити дисперсію («розмивання») світлових імпульсів. Швидкість передачі по градієнтним волокнам зростає в порівнянні зі східчастими волокнами в 100 разів, тобто до 2 Гбит/с.

Реальні конструкції оптичних кабелів складаються з великої кількості оптичних волокон. Оптичні кабелі зв'язку мають істотні переваги у порівнянні з кабелями інших конструкцій і хвилеводами:

- можливість передачі сигналів у широкій полосі частот;
- незначне послаблення сигналів, що передаються;
- відсутність в конструкції дорогих дефіцитних матеріалів;
- малі діаметр и маса;
- можливість прокладки сумісно зі звичайними провідними лініями, не побоюючись впливу останніх на розповсюдження сигналів по оптичному кабелю.

Проте, волоконно-оптичної технології мають й певні недоліки:

1. Необхідні оптичні конектори (з'єднувачі) з малими оптичними втратами й великим ресурсом на підключення-відключення. Точність виготовлення таких елементів лінії зв'язку повинна відповідати довжині хвилі випромінювання, тобто погрішності повинні бути порядку долі мікрона. Тому виробництво таких компонентів оптичних ліній зв'язку дуже дороге.

2. Для монтажу оптичних волокон потрібне дороге технологічне устаткування.

3. Як наслідок, при аварії (обриві) оптичного кабелю витрати на відновлення вище, ніж при роботі з мідними кабелями.

Тим не менш, переваги від застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку настільки значні, що, незважаючи на перераховані недоліки оптичного волокна, ці лінії зв'язку усе ширше використовуються для передачі інформації. У найближчі роки потреба в збільшенні числа каналів буде зростати. Найбільш доступним способом збільшення пропускної здатності є широке впровадження волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) у два рази є передача по одному оптичному волокну двох сигналів у протилежних напрямках.

**Принципи побудови волоконно-оптичних систем передачі.** Впровадження ВОСП на місцевих мережах почалося наприкінці 80-х років із введенням в експлуатацію на міських телефонних мережах (МТМ) вторинної цифрової волоконно-оптичної системи передачі на базі апаратури «Соната-2». З її використанням у багатьох містах споруджені лінії зв'язку.

На міських телефонних мережах ВОСП використовуються для ущільнення сполучних ліній невеликої довжини, що дозволяє відмовитися від устаткування регенераторів у колодязях телефонної каналізації. ВОСП МТМ будуються на базі стандартного каналотворюючого встаткування ІКМ, що дозволяє легко модернізувати існуючі сполучні лінії для роботи по оптичному кабелю.

Вибір елементної бази при реалізації ВОСП і параметри її лінійного тракту залежать від швидкості передачі символів цифрового сигналу. Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЗ) встановлені правила об'єднання цифрових сигналів і визначена ієрархія апаратури тимчасового об'єднання цифрових сигналів електрозв'язку. Об'єднання інформаційних сигналів здійснюється апаратурою тимчасового об'єднання цифрових сигналів. На виході цієї апаратури цифровий сигнал обробляється скремблером, тобто перетворюється за структурою без зміни швидкості передачі символів для того, щоб наблизити його властивості до властивостей випадкового сигналу. Це дозволяє досягти стійкої роботи лінії зв'язку поза залежністю від статистичних властивостей джерела інформації. Скремблований сигнал може подаватися на вхід будь-якої цифрової системи передачі, що здійснюється за допомогою апаратури електричного стику.

Для кожної ієрархічної швидкості МСЗ рекомендує свої коди стику, наприклад для вторинної - код HDB - 3, для четверичної - код СМІ і так далі. Операцію перетворення бінарного сигналу, що надходить від апаратури тимчасового об'єднання в код стику, виконує перетворювач коду стику. Код стику може відрізнитися від коду прийнятого в оптичному лінійному тракті. Операцію перетворення коду стику в код цифровий ВОСП виконує перетворювач коду лінійного тракту, на виході якого виходить цифровий електричний сигнал, що модулює струм випромінювача передавального оптичного модуля. Таким чином, волоконно-оптичні системи передачі будуються на базі стандартних систем ІКМ заміною апаратури електричного лінійного тракту на апаратуру оптичного лінійного тракту.

Оптичне волокно, як середовище передачі, а також оптоелектронні компоненти фотоприймача й оптичного передавача накладають обмежуючі вимоги на властивості цифрового сигналу, що надходить у лінійний тракт. Тому між устаткуванням стику й лінійним трактом ВОСП поміщують перетворювач коду. Вибір коду оптичної системи передачі складне й важливе завдання. На вибір коду впливає, по-

перше, нелінійність модуляційної характеристики й температурна залежність випромінюваної оптичної потужності лазера, які приводять до необхідності використання дворівневих кодів.

**Перспективи розвитку волоконно-оптичних систем передачі.** На даний час, волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ) розглядаються, насамперед як магістральні лінії зв'язку й у цьому ключі дуже важливим стає впровадження в найближчі роки технології класу "Надалеке транспортування" (*Ultralong-haul*). Таким словосполученням позначають спосіб передачі світлових сигналів по оптоволокну на великі відстані без застосування підсилювачів і регенераторів. Домогтися збільшення дистанції "вільного пробігу" з 80 км до прийнятних 500-4000 км дозволяють алгоритм із використанням прямого виправлення помилок (*Forward Error Correction*), розподілене й, отже, більш однорідне раманівське посилення (*Raman Amplification*), включення так званих EDFA-підсилювачів (*Erbium Doped Fiber Amplifiers*).

EDFA-підсилювач містить ділянку волокна із домішкою ербію, що приводиться в збуджений стан за допомогою лазера накачування. Посилене випромінювання стимулюється світловим потоком. Що стосується раманівського посилення, то воно засновано на явищі змушеного комбінаційного розсіювання світла, у якому своєрідно проявляються риси звичайного комбінаційного розсіювання та змушеного випромінювання, яке використовується у квантових генераторах.

Варто підкреслити, що волоконно-оптичні лінії зв'язку мають дуже великі шанси стати основою мереж доступу «останньої милі». Тут перспективним являється розвиток пасивних оптичних мереж PON (*Passive Optical Networks*). Термін «пасивні» описує той факт, що мережа не включає активних електронних пристроїв, які вимагають електроживлення, крім, звичайно, кінцевих передавачів і приймачів. Ціль PON - забезпечити створення найбільш дешевих і швидкісних мереж доступу з повним набором служб, які могли б бути продовженням високошвидкісних технологій передачі даних, зокрема IP-трафік, відео, 10/100 *Ethernet*. Пропускна здатність таких мереж повинна забезпечувати трафік у вхідному потоці від 155 до 622 Мбіт/с і 155 Мбіт/с у вихідному.

Незважаючи на такі райдужні перспективи розвитку телекомунікацій на основі ВОЛЗ, звичайні кабельні системи на базі кручених пар і коаксіальних кабелів можуть стійко використовуватися в місцевих розведеннях кінцевої апаратури абонентів. Крім цього, ще не використані всі можливості переходу телефонної мережі загального користування на *ISDN*, де повинні реалізуватися швидкості передачі 128 кбіт/с, що цілком достатньо для голосового трафіка й передачі службової інформації. Впровадження «Інтелектуальних мереж» передачі інформації також дозволить поряд із впровадженням нових

телекомунікаційних технологій ефективно використовувати наявні ресурси мідної проводки [3 – 5].

У цей час технологія цифрових абонентських ліній *DSL (Digital Subscriber Line)* дозволила одержати через кручені мідні пари швидкості передачі в декілька Мбіт/с. Однак така передача даних дуже обмежена відстанню (до декількох кілометрів) і високою чутливістю до якості передачі. Тому дана технологія знайшла обмежене застосування та напевно чи вона буде перспективною надалі, особливо, якщо очікується широке впровадження в лініях доступу ВОЛЗ. Також, на нашу думку, не знайде широкого використання технологія передачі даних через силову електромережу, що сильно залежить від архітектури й типу проводів електророзвідки.

### Висновки

Стан відомчих мереж зв'язку вимагає створення сучасних систем проводового зв'язку. Такі системи повинні будуватись на основі впровадження волоконно-оптичних систем передачі. Дані системи забезпе-

чать достатню кількість каналів зв'язку, високу якість зв'язку та високошвидкісний обмін інформацією.

### Список літератури

1. Концепція розвитку зв'язку України до 2010 року.
2. Концепція розвитку електрозв'язку в МВС України до 2010 року.
3. Гордійчук В.П. Стан та напрямки розвитку радіозв'язку у внутрішніх військах МВС України / В.П. Гордійчук // *Честь і Закон*. – 2011. – № 2. – С. 22-28.
4. Ильченко М.Е. Перспективы развития телекоммуникаций. *Материалы 11 Межд. конф. "Микроволны и телекоммуникационные технологии"* / М.Е. Ильченко, С.А. Кравчук. – Севастополь, 2001. – С. 237-239.
5. Варакин В.Е. Направления развития инфокоммуникаций России на основе современных технологий и мировых тенденций / В.Е. Варакин // *Труды МАС*. – 2001. – №1(17). – С. 2-13.

Надійшла до редакції 15.12.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.К. Волосюк, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

### НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ ВЕДОМСТВЕННЫХ СТРУКТУР

А.А. Казимиров, Н.И. Новиков, А.И. Потихенский, А.И. Куртов

*Рассматривается необходимость создания ведомственных систем проводной связи на основе применения волоконно-оптических систем передачи.*

**Ключевые слова:** светодиод, волоконно-оптическая система передачи, линия связи.

### DEPARTMENT STRUCTURES WIRE CONNECTIONS DIRECTION OF DEVELOPMENT

A.A. Kazimirov, N.I. Novikov, A.I. Potixensky, A.I. Kurtov

*Necessity of creation of department structures wire connection systems based on fibre optical systems of transmission is examined.*

**Keywords:** light-emitting diode; fibre optical system of transmission; connection line.