

**Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку**

**Ю.М. Колтун,**  
**доцент каф. ІМІ, к.т.н, доцент**  
**E-mail: yurii.koltun@nure.ua**

Назва поля	Детальний контент, коментарі
Назва факультету	Факультет інфокомунікацій
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Код і назва спеціальності	172 Телекомунікації та радіотехніка
Тип і назва освітньої програми	ОПП «Інформаційно-мережна інженерія»
Назва дисципліни	Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку
Кількість ЄКТС кредитів	4
Структура дисципліни (розподіл за видами та годинами навчання)	24 год – 12 лекцій, 4 год – 2 практичних заняття, 20 год – 5 лабораторних заняття, 8 год – 4 консультацій, 64 год – самостійна робота, <b>вид контролю:</b> комб. іспит
Графік (терміни) вивчення дисципліни	4-й рік, VIII семестр
Передумови для навчання за дисципліною	1) Вища математика 2) Фізика 3) Основи інформаційно-комунікаційних технологій 4) Технології засобів ТКРТ 5) Основи комп'ютерного моделювання та проектування засобів ТКРТ
Компетентності, знання, вміння, розуміння, якими оволодіє здобувач вищої освіти в процесі навчання	Навчальна дисципліна використовується для формування наступних компетентностей: ФК-3 Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації; ФК-4 Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм; ФК-5 Здатність використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.) для вирішення професійних завдань; ФК-6 Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах; ФК-8 Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів;

	<p>ФК-9 Здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів; ФК-10 Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів для технологій нових поколінь; ФК-15 Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.</p>
Якість освітнього процесу	<p>Навчально-методичне та матеріально-технічне ресурсне забезпечення освітньої програми, в рамках якої проводиться вивчення дисципліни, відповідає ліцензійним вимогам та акредитаційним умовам провадження освітньої діяльності університету. Здійснюється щорічний моніторинг та перегляд навчальної програми дисципліни у відповідності до вимог та рекомендацій МОН, державної атестації щодо набутих компетентностей випускників, стандартів співпраці з роботодавцями щодо забезпечення конкурентоспроможного рівня підготовки фахівців. Дотримання принципів академічної доброчесності (<a href="https://lib.nure.ua/plagiat">https://lib.nure.ua/plagiat</a>). Містить публічну інформацію щодо вимог, компетенцій, рівня освіти в рамках дійсної освітньої програми.</p>

## Опис та зміст дисципліни

Мета вивчення дисципліни - Засвоєння фізичних основ волоконно-оптичного зв'язку, засвоєння принципів передачі світла по світловодах та визначення їх основних параметрів; принципів і особливостей монтажу та призначення різних складових волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) таких як: світловоди, пасивні компоненти, оптичні кабелі.

### Зміст

**Змістовий модуль 1.** Основні особливості, принципи і параметри передачі світла по ВС у відповідності до законів геометричної оптики та хвилевої теорії.

**Тема 1. Введення. Загальні відомості про волоконно-оптичний зв'язок.**

Загальні положення, мета і завдання дисципліни. Історія розвитку волоконної оптики. Особливості, переваги, і недоліки використання оптичних волокон у системах зв'язку. Характеристика діапазону електромагнітних хвиль для оптичного зв'язку.

### **Тема 2. Волоконно-оптичний світловод, як середовище передачі.**

Конструктивні особливості волоконних світловодів. Принципи поширення світлових променів у волоконних світловодах. Класифікація, типи і характеристики оптичних волокон.

### **Тема 3. Хвильова теорія передачі світла по світловодам.**

Аналіз компонентів електромагнітного поля в оптичному волокні на основі рівнянь Максвелла. Хвильові рівняння передачі. Рішення хвильових рівнянь і їх зв'язок з поздовжніми і поперечними компонентами поля.

### **Тема 4. Типи хвиль в світловодах. Критичні довжини і частоти.**

Типи хвиль, що розповсюджуються у світловодах. Критична частота та довжина хвилі. Нормована частота. Волоконна і кабельна довжина хвилі відсічення

### **Тема 5. Хвилевий опір, коефіцієнт фази та швидкість розповсюдження енергії по світловоду.**

Хвилевий опір, коефіцієнт фази волоконного світловода, їх залежності від частоти для основних типів хвиль. Фазова швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі та її визначення, залежність фазової швидкості від частоти для основних типів хвиль. Групова швидкість розповсюдження по світловоду та її визначення, залежність групової швидкості від частоти для основних типів хвиль.

**Змістовий модуль 2. Загасання і дисперсія у ВС та методи їх компенсації.**

### **Тема 6. Загасання у волоконних світловодах.**

Основні типи втрат у ОВ. Втрати на поглинання і розсіяння. Кабельні втрати: втрати на мікро та макровигини. Залежності загасання у світловоді від частоти та довжини хвилі.

### **Тема 7. Дисперсія у волоконних світловодах.**

Види дисперсії. Міжмодова дисперсія. Хроматична дисперсія. Поляризаційна модова дисперсія.

### **Тема 8. Методи компенсації дисперсії в оптичних лініях зв'язку**

Шляхи вирішення задач, що пов'язані з компенсацією дисперсії у сучасних ВОЛЗ. Компенсація хроматичної дисперсії шляхом введення у лінію зв'язку компенсуючих модулів. Компенсатори дисперсії на основі брегівських ґраток. Компенсація дисперсії за допомогою фазового фільтру. Динамічна компенсація дисперсії.

### **Тема 9. Класифікація, конструктивні особливості та маркування ВОК.**

Класифікація і конструктивні особливості ВОК. Маркування різних типів ВОК. Методи монтажу ОВ. Методи прокладки ВОК.

## Результати навчання здобувача вищої освіти

За результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати: про найбільш перспективні напрямки розвитку ВОЛЗ та компонентах, що використовуються для їх побудови; про сучасні тенденції розвитку оптичних ліній зв'язку; конструктивні особливості, характеристики і параметри компонентів направляючих оптичних систем; основи технічної експлуатації лінійних споруд зв'язку.

вміти: використовувати отримані знання для розрахунку основних характеристик ВОЛЗ і їх проектування з урахуванням вимог швидкодії, надійності, технологічності і зручності технічної експлуатації; виконувати роботи з оптичним волокном по його монтажу та прокладці; проводити вимірювання основних параметрів ВС та інших компонентів ВОЛЗ відповідними вимірювальними приладами та апаратурою.

володіти: ПРН1. Знання теорій та методів фундаментальних та загальноінженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності; ПРН2. Вміння застосовувати базові знання основних нормативно-правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів у галузі електроніки та телекомунікацій; ПРН5. Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно; ПРН7. Здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо; ПРН8. Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо; ПРН11. Вміння діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо; ПРН13. Здатність до вибору методів та інструментальних засобів вимірювання параметрів та робочих характеристик телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення та їх елементів; ПРН14. Вміння

управлінсько-організаційної роботи у колективі (бригаді, групі, команді тощо), вміння оцінювати та розподіляти завдання між співробітниками та нести відповідальність за результати своєї та колективної роботи.

### **Система оцінювання відповідно до кожного завдання для складання заліку/екзамену**

Як форма підсумкового контролю по дисципліні «Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку (ч.2: Напрямні системи оптичного зв'язку)» використовується комбінований іспит. При цьому виді контролю підсумкова оцінка  $P_{\Pi}$  обчислюється за формулою:  $P_{\Pi} = 0,6Q_{сем} + 0,4Q_{ісп}$ , де  $Q_{сем}$  - оцінка за семестр за 100-бальною системою,  $Q_{ісп}$  - оцінка за іспит за 100-бальною системою.

Білет для письмового іспиту складається з двох теоретичних питань та практичного завдання (задачі). Результати відповідей на питання білету оцінюються за 100-бальною системою:

- перше питання – 30 балів;
- друге питання – 30 балів;
- задача – 40 балів.

Вид заняття / контрольний захід	Оцінка
ЛК № 1, 2, 3, 4, 5	1x5=5
ЛБ № 1	6
Пз № 1	6
КР 1/Тест 1	23
<b>Контрольна точка 1</b>	<b>40</b>
ЛК № 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	1x7=7
ЛБ № 2, 3, 4, 5	6x4=24
Пз № 2	6x1=6
КР 2/Тест 2	23
<b>Контрольна точка 2</b>	<b>60</b>
<b>Всього за семестр</b>	<b>100</b>

### **Якісні критерії оцінювання в національній шкалі та ECTS**

**Задовільно, D, E (60-74).** Показати необхідний мінімум теоретичних знань. Знати шляхи та методи рішення практичного завдання та вміти використовувати їх на практиці.

**Добре, C (75-89).** Твердо знати мінімум теоретичних знань. Показати вміння розв'язувати практичне завдання та обґрунтовувати всі етапи запропонованого рішення.

**Відмінно, А, В (90-100).** Показати повні знання основного та додаткового теоретичного матеріалу. Безпомилково розв'язати практичне завдання, пояснити та обґрунтувати обраний метод розв'язання.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>F</b> <b>X</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### Методичне забезпечення

#### Основна література

1. Оптические направляющие системы [Электронный ресурс] / ЦПС, Дистанционное обучение. – Режим доступа: [www/URL: http://www.do.sibsutis.ru/bakalavr/sem6/course105\\_2/run.htm](http://www.do.sibsutis.ru/bakalavr/sem6/course105_2/run.htm) - 15.04.2009 г. - Загл. с экрана.
2. Горлов, Н.И. Оптические направляющие системы [Электронный ресурс]: консп. лекций / Н.И. Горлов. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2003. - Режим доступа: <http://siblec.ru/index.php?dn=html&way=bW9kL2h0bWwvY29udGVudC80c2VtL2NvdXJzZTEwNS9sZWmxX29wdGljaC5odG0=> - © 2011 г. – Загл. с экрана.
3. Савин, Е.З. Волоконно-оптические направляющие среды [Электронный ресурс]: уч. пособие / Е.З. Савин. – Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения МПС России, 2004. - Режим доступа: [www/URL: http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/TELECOMM/OPT\\_LS/METHOD/S\\_AVIN\\_1/UP.HTM](http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/TELECOMM/OPT_LS/METHOD/S_AVIN_1/UP.HTM) - 11.10.2004 г. - Загл. с экрана.
4. Лоскутников С.Б. Оптические линии связи и пассивные компоненты волоконно-оптических систем передачи [Текст]: уч. пособие / С.Б.

Лоскутников. – Томск: Томский техникум железнодорожного транспорта, 2005. – 227 с.

5. Волоконно-оптические системы передачи [Электронный ресурс]: интерактивный курс лекций. Режим доступа: [http://www.do.sibsutis.ru/magistr/courses\\_work/vosp\\_work/lectures\\_index.htm](http://www.do.sibsutis.ru/magistr/courses_work/vosp_work/lectures_index.htm)

6. Миразимова, Г.Х. Основы оптической связи [Текст]: Сб. лекций / Г.Х. Миразимова. – Ташкент: Ташкентский университет информационных технологий (ТУИТ), 2008. – 119 с.

7. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи [Текст] / Р. Фриман. – М.: Техносфера, 2003. – 440 с.

8. Убайдуллаев, Р.Р. Волоконно-оптические сети [Текст] / Р.Р. Убайдуллаев. – М.: Эко-Тренз, 1998. – 268 с.

9. Классификация и характеристики ОВ [Электронный ресурс]: интерактивный курс лекций / Томский межвузовский центр дистанционного обучения. – Режим доступа: [www/URL: http://extusur.net/content/3\\_optika/3\\_1\\_4.html](http://www/URL: http://extusur.net/content/3_optika/3_1_4.html). - Загл. с экрана.

10. Изучение физических свойств волоконных световодов [Текст]: Методические указания по выполнению лабораторных работ. Самарский государственный университет, 2006. – 25 с.

11. Волоконная оптика: компоненты, технология, измерения [Текст]: Техническое руководство, 2003. – 84 с.

12. Портнов, Э.Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи [Текст]: Учебное пособие для ВУЗов / Э.Л. Портнов. – М: Горячая линия – Телеком, 2007. – 464 с.

13. Стерлинг, Дж. Техническое руководство по волоконной оптике [Текст] / Дональд Дж. Стерлинг. – М.: Изд. «ЛОРИ», 1998.

14. Соколов, В.А. Линии связи [Текст]: конспект лекций / В.А. Соколов. М.: Московский технический университет связи и информатики, 2003. – 53 с.

15. Иванов, А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения [Текст] / А.Б. Иванов. – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999. – 672 с.

16. Исследование структуры электромагнитного поля волн класса  $T$  в поперечном сечении направляющих систем [Электронный ресурс]: методическое руководство к лабораторной работе № 6 / Отв. редактор доц. Д.Н. Ликонцев. Для студентов очного и заочного обучения и направлений подготовки «Телевидение», «Радиосвязь и радиовещание», «Радиотехника» и «Телекоммуникации». – Режим доступа: [www/URL:](http://www/URL:)

[http://library.tuit.uz/lectures/afu/lab\\_rab\\_EMP/labEMPR6.htm](http://library.tuit.uz/lectures/afu/lab_rab_EMP/labEMPR6.htm). - Ташкент: Ташкентский университет информационных технологий, 2004. – 12 с.

17. Портнов, Э.Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи [Текст]: Учебное пособие для ВУЗов / Э.Л. Портнов. – М: Горячая линия – Телеком, 2007. – 464 с.

18. Климаш М.М., Лаврів О.А., Бак Р.І. Оптичні та радіоканали телекомунікацій. – Львів: 2010. – 424 с.

#### Додаткова література

1. Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы [Текст]: сб. статей / под ред.. С.А. Дмитриева, Н.Н. Слепова – М: Connect, 2000 – 375 с.

2. Г. Агравал. Нелинейная волоконная оптика. – М.: Мир, 1996.

3. Гроднев, И.И. Волоконно-оптические линии связи [Текст]: Учеб. пособие для ВУЗов / И.И. Гроднев. - М.: Радио и связь, 1990. - 224 с.

4. Волоконно-оптические системы передачи и кабели: Справочник / Под ред. И. И. Гроднева. – М.: Радио и связь, 1993.

5. Яременко Ю.И. Теоретические основы построения и применения средств связи оптического диапазона. С-П: ВАС, 1992. – 300 с.

6. Свинцов, А.Г. 30 лет ВОЛС: эволюция лазеров для волоконной оптики [Текст] / А.Г. Свинцов // Фотон-Экспресс. – 2003. - №4 (30). – С. 9-10.

7. Волоконная оптика и приборостроение. / Под ред. М.М. Бутусова – Л. Машиностроение, 1987. – 328 с.

8. Справочник по волоконно-оптическим линиям связи. / Л.М. Андрушко, В.А. Вознесенский, В.Б. Каток и др. / Под ред. С.В. Свечникова и Л.М. Андрушко. К.: Техника, 1988. – 259 с.

9. Ломашевич С.А. К проблеме прямого усиления коммутации оптических сигналов. // Электросвязь, 1992 №11 с 14-16

10. Торчигин В.П. Усиление световых импульсов в световодах с периодически изменяющимся показателем преломления. // Квантовая электроника, т.22 №5 1995. С. 509 – 511.

11. Унгер Х. Оптическая связь.: Пер. с нем. /Под ред. Н.А. Семенова. – М.: Связь, 1979. – 264 с.

12. Оптика и связь / А. Козане, Ж. Флере, Г. Мэтр, М. Руссо: Пер. с франц. /Под ред. В.К. Соколова. – М.: Мир, 1984. – 415 с.

13. Тимчасове керівництво з експлуатації волоконно-оптичних ліній зв'язку міських телефонних мереж. Державний комітет зв'язку України. Чинне з 01.03.98. Київ: Зв'язок, 1998. – 80 с.



14. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи./ Под ред. Б.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1995. – 198 с.

#### Методичні вказівки

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Напрявні системи електричного та оптичного зв'язку» (частина 2) для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітньої програми «Телекомунікації» / Упоряд.: Ю.М. Колтун, Н.А. Харченко – Харків: ХНУРЕ, 2017. – 56 с.

2. Методичні вказівки до самостійної роботи та практичних занять з дисципліни «Напрявні системи електричного та оптичного зв'язку» (частина 2) для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітньої програми «Телекомунікації» / Упоряд.: Ю.М. Колтун, Н.А. Харченко – Харків: ХНУРЕ, 2017. – 40 с.;

#### Інформаційне забезпечення

1. Програмний пакет «Моделювання проходження сигналів по світловодам». Розробник: ст. гр. МДТ-22 Ситнов Н.Ю. Кер. проекту: д.т.н., проф. Горлов Н.И. – СибГУТИ, 2006.