

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
**Факультет** інформаційних технологій  
**Кафедра** Телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій



Тетяна ГОВОРУЩЕНКО  
 \_\_\_\_\_ 2024 р.

**СИЛАБУС**

Навчальна дисципліна **Волоконно-оптичні мережі та системи**

Освітньо-професійна програма **Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі**

Рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**

**Загальна інформація**

Позиція	Зміст інформації
Викладач	Горященко Костянтин Леонідович
Профайл викладача	<a href="https://tmit.khmnu.edu.ua/kafedra/sklad-kafedry/">https://tmit.khmnu.edu.ua/kafedra/sklad-kafedry/</a>
E-mail викладача	horiashchenkoko@khmnu.edu.ua
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	<a href="https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=6732">https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=6732</a>
Навчальний рік	2024-2025
Консультації	<b>Очні:</b> середа, 3-я пара, 4-209 <b>Онлайн:</b> за необхідністю та попередньою домовленістю

**Характеристика дисципліни**

Статус дисципліни	Форма навчання	Курс	Семестр	Обсяг дисципліни Кредити ЄКТС	Кількість годин						Курсовий проект	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
					Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС			Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
О	Д	3	5	6	85	34	34	17	-	95	+	-	-	+

Силабус розроблено на основі робочої програми навчальної дисципліни «Волоконно-оптичні мережі та системи».

Силабус складено

Завідувач кафедри ТМІТ

Костянтин ГОРЯЩЕНКО

Сергій ПІДЧЕНКО

### **Анотація навчальної дисципліни**

Метою дисципліни є вивчення технологій оптичного зв'язку, методи їх моделювання, аналізу та вдосконалення характеристик, вивчення пристроїв для демультимплексування оптичних сигналів. При цьому передбачається, що система безперервної підготовки студентів в області телекомунікаційних систем повинна охопити всі етапи і ланки навчального процесу: викладання в загальнонаукових і спеціальних дисциплінах, учбово-дослідницьку роботу і виробничу практику, дипломне проектування, щоб в остаточному підсумку забезпечити підготовку фахівця, здатного успішно вирішувати різноманітні задачі в телекомунікаційних системах у практичній діяльності.

**Пререквізити:** телекомунікаційні обчислювальні мережі; мережі абонентського доступу, цифрові системи комутації та розподілу інформації в телекомунікаційних мережах.

**Кореквізити:** медійні інформаційні системи та мережі; інтелектуальні мультисервісні мережі та засоби телекомунікацій; кваліфікаційний проект.

### **Мета і завдання дисципліни**

#### **Мета викладання дисципліни.**

Метою дисципліни є вивчення технологій оптичного зв'язку, методи їх моделювання, аналізу та вдосконалення характеристик, вивчення пристроїв для демультимплексування оптичних сигналів. При цьому передбачається, що система безперервної підготовки студентів в області телекомунікаційних систем повинна охопити всі етапи і ланки навчального процесу: викладання в загальнонаукових і спеціальних дисциплінах, учбово-дослідницьку роботу і виробничу практику, дипломне проектування, щоб в остаточному підсумку забезпечити підготовку фахівця, здатного успішно вирішувати різноманітні задачі в телекомунікаційних системах у практичній діяльності.

**Предмет дисципліни.** Принципи побудови, функціонування оптичних телекомунікаційних мереж, механізми надання ними послуг, способи формування оптичних сигналів та прийому, стандарти до волоконно-оптичних ліній, технологічні особливості телекомунікаційних обчислювальних мереж, у т.ч. з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій.

**Завдання дисципліни.** Завданням дисципліни є представлення про місце і роль електричних та оптичних систем передачі у проблемі підвищення якості передачі інформації.

#### **Очікувані результати навчання.**

Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: **формулювати** актуальність та новизну практичної задачі; **розрізняти** і **визначати** технології, що можуть бути використані для розв'язку задач; **визначати** граничні умови завдання; **оформлювати** отримані теоретичні та практичні результати; **презентувати** здобуті результати дослідження; **шукати** інформацію відповідно до поставлених завдань; **встановлювати** достовірність та об'єктивність одержаних результатів.

### **Тематичний план дисципліни і календар його виконання.**

**Таблиця 3 – Тематичний план дисципліни**

№ тижня	Тема лекції*	Тема лабораторного заняття	Тема практичного заняття	Самостійна робота студентів		
				Зміст	Год.	Література
1	2		3	4	5	6
1	Оптичний діапазон. Окна прозорості			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 1	5	[1, 3]
	Основи побудови оптичних систем передачі	Лабораторна робота № 1. Оцінка варіантів підключення Інтернету для малої домашньої РС мережі	Практична робота №1. З'єднання оптичних волокон	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 1	5	[1, 3]
2	Види мультимплексування в оптичних системах передачі			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 2	5	[1, 3]
3	Структура модулів передачі та прийому	Лабораторна робота №2. Дослідження сценаріїв роботи домашньої РС мережі	Практична робота №2. Аналіз втрат, що виникають в процесі монтажу оптичних кабелів	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 2	5	[1, 3]

4	Побудова багатоканальної системи. Синхронізація.			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 3	5	[1, 3]
5	Цифрове мультиплексування в оптичних системах передачі	Лабораторна робота №3. Оцінка LAN мережі багатоповерхової будівлі	Практична робота №3. Вимірювальне обладнання волоконно-оптичних систем	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 3	7	[1, 3]
6	Світлодіод. Структура			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 4	5	[1, 3]
7	Слабокогерентні та когерентні джерела випромінювання	Лабораторна робота №4. Оцінка роботи MAN мережі	Практична робота №4. Аналізатори оптичного спектру	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 4	7	[1, 6]
8	Умови застосування джерел оптичного випромінювання для систем передачі			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 5	5	[1, 6]
9	Пряма модуляція випромінювання	Лабораторна робота №5. Оцінка продуктивності додатку	Практична робота №5. Конструкція та основні характеристики оптичних кабелів	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 5	7	[1, 6]
10	Опосередкована модуляція випромінювання			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 6	5	[1, 6]
11	Основні вимоги до фотоприймачів	Лабораторна робота №6. Оцінка роботи продуктивності додатку в розподіленій мережі	Практична робота №6. Технічна експлуатація повітряних волоконно-оптичних ліній зв'язку	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 6	7	[1, с.350-360]
12	Параметри та структура приймачів оптичного випромінювання			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 7	5	[1, с.350-360]
13	Загальна структура приймачів	Лабораторна робота №7 Прогнозування впливу розміру вікна TSP на роботу додатку	Практична робота №7. Випробування оптичних кабелів	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 7	5	[1, с.373-384]
14	Принципи побудови та застосування			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 8	5	[1, с.373-384]
15	Підсилення з перетворенням	Лабораторна робота №8 Оцінка політики міжмережевого захисту для управління мережевим трафіком	Практична робота №8. Сенсори на основі волоконно-оптичних систем	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання ПР 8	7	[12, с.100-109]

16	Підсилення без перетворення			Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка заключного заняття	5	[12, с.100-109]
					95	

**Примітка:** \* Лекції і практичні заняття проводяться через тиждень по дві години

#### **Політика дисципліни.**

Організація освітнього процесу в Університеті відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітньої програми та навчального плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції і практичні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, курсову роботу та інші домашні завдання виконувати відповідно до графіка. Пропущене практичне заняття студент зобов'язаний опрацювати самостійно у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До практичних занять студент має підготуватися за відповідною темою і проявляти активність.

#### **Критерії оцінювання результатів навчання.**

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за **чотирибальною** шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих **позитивно** з урахуванням коефіцієнта вагомості і встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. При оцінюванні знань студентів використовуються різні засоби контролю, зокрема: усне опитування; засвоєння теоретичного матеріалу з тем перевіряється тестовим контролем; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом розв'язання задач та захисту курсової роботи. Оцінка, яка виставляється за практичне заняття, складається з таких елементів: знання теоретичного матеріалу з теми; вміння студента обґрунтувати прийняті рішення та розв'язувати задачі; своєчасне виконання домашніх завдань з теми.

#### **Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами**

Назва	Лабораторні роботи №1-8	Практичні роботи №1-9	Контрольні заходи:		Підсумковий контрольний захід
Тип	ЛР	ПР	КР	ТК	ПКЗ
ВК	0,15	0,15	0,20	0,1	0,4

**Примітка:** КР – контрольна робота; ВК – ваговий коефіцієнт; ТК – тестовий контроль, ПКЗ – підсумковий контрольний захід

#### **Оцінювання тестових завдань**

Тематичний тест для кожного студента складається з двадцяти тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 20.

Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою. Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту, представлена у нижченаведеній таблиці.

Сума балів за тестові завдання	1–9	10–13	14–17	18–20
Оцінка за 4-бальною шкалою	2	3	4	5

На тестування відводиться 30 хвилин. Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. Студент може також пройти тестування і в он-лайн режимі у модульному середовищі для навчання MOODLE.

При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну наступного контролю.

#### **Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС**

Оцінка ECTS	Інституційна шкала балів	Інституційна оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75-5,00	5	Зараховано	
B	4,25-4,74	4		<b>Відмінно</b> – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навичок.
C	3,75-4,24	4		<b>Добре</b> – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками.
D	3,25-3,74	3		<b>Добре</b> – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками.
E	3,00-3,24	3		<b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією.
			<b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання	

FX	2,00-2,99	2	Незараховано	<b>Незадовільно</b> – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
F	0,00-1,99	2		<b>Незадовільно</b> – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни.

**Контрольні питання з дисципліни.**

1. Які частоти електромагнітних коливань відносять до оптичного діапазону?
2. Як зв'язані довжина хвилі електромагнітного випромінювання і частота?
3. Чим характеризують оптичні властивості фізичних середовищ?
4. Які характеристики має скляний світлопровід?
5. Чим визначаються втрати оптичної потужності в скловолокні?
6. Які дисперсійні спотворення оптичних сигналів можливі в скловолокні?
7. Що називають подвійним променезаломленням?
8. Які напівпровідникові матеріали використовуються у виробництві приладів для оптичних систем зв'язку?
9. Чим відрізняються прямозонні і непрямозонні матеріали?
10. Які види цифрового мультиплексування застосовують в оптичних системах передачі?
11. У чому полягає основний принцип плезиохронного мультиплексування?
12. Яке призначення мають бітові вставки при мультиплексуванні PDH?
13. Які швидкісні режими формуються в системах PDH?
14. У чому проблеми мультиплексування PDH?
15. Які перетворення цифрових даних передбачені в схемі мультиплексування SDH?
16. Які функції виконують заголовки в цифрових блоках SDH?
17. Яке призначення визначене покажчикам в цифрових блоках SDH?
18. Які елементи входять до складу системи передачі SDH?
19. Що визначається в точках S і R системи передачі SDH?
20. Чим відрізняється осередок АТМ від циклу SDH?
21. Які види мультиплексування поєднуються в ОТН?
22. Який з розглянутих видів мультиплексування забезпечує найвищу ефективність використання смуги пропускання скловолокна? І чому?
23. Що таке джерело оптичного випромінювання?
24. Які вимоги пред'являються до випромінювачів оптичних систем передачі?
25. Які конструкції СИД застосовуються в системі зв'язку?
26. На чому заснований принцип дії СИД?
27. Яку принципову відмінність мають СИД торцевий і поверхневий?
28. Які характеристики має СИД?
29. Які умови лазерної генерації?
30. Як влаштований резонатор Фабрі – Перо?
31. Які характеристики мають напівпровідникові лазери?
32. Що особливого в конструкції і принципі дії лазерів РІС, РБО і ЛВР?
33. Які класи лазерних пристроїв передбачені для систем оптичного зв'язку?
34. Яким чином узгоджуються випромінювачі з волоконно-оптичними лініями зв'язку і атмосферою?
35. Що таке модуляція оптичного випромінювання?
36. Які види модуляції застосовуються в техніці оптичного зв'язку?
37. Які відмінності мають пряма і зовнішня модуляції оптичного випромінювання?
38. Чим характеризується пряма модуляція?
39. Яким чином зменшуються спотворення при прямій модуляції?
40. Які функціональні блоки входять в передавальні інтегровані оптичні модулі?
41. Яким чином відбувається електрооптична модуляція?
42. Чим визначається смуга пропускання ЕОМ?
43. Яке фізичне явище використовується в модуляторі електроабсорбції?
44. Які вимоги пред'являються до фотоприймачів систем зв'язку?
45. Що таке фотодіод?
46. Як влаштований р-і-п фотодіод?
47. Які характеристики має фотодіод?
48. Яким чином може бути підвищене швидкодія фотодіода?
49. Які елементи складають шумову схему фотодіода?
50. Які переваги мають фотодетектори конструкції ТАР?
51. Що є фотоприймальним пристроєм?
52. Чим відрізняються пряме детектування і детектування з перетворенням?
53. Які достоїнства і недоліки мають підсилювачі ФПУ?
54. Що відрізняє електричну і оптичну смугу пропускання ФПУ?
55. Яким чином зв'язані електрична і оптична смуги частот ФПУ?

56. Чим визначається співвідношення сигнал/шум в схемі ФПУ з інтегруючим підсилювачем і р-і-п фотодіодом?
57. Яким чином визначається мінімальна потужність на вході фотодетектора?
58. Що представляє коефіцієнт помилок?
59. Який тип ФПУ має вищу чутливість?
60. Як класифікуються оптичні підсилювачі?
61. Яким вимогам повинні задовольняти оптичні підсилювачі систем передачі?
62. Які види напівпровідникових оптичних підсилювачів можуть бути використані у ВОСП?
63. Які пристрої входять до складу оптичного підсилювача?
64. Які вимоги пред'являються до лінійних сигналів цифрових ВОСП?
65. Яке призначення мають роз'ємні оптичні з'єднувачі?
66. Де застосовуються роз'ємні з'єднувачі?
67. Яке призначення аттенуаторів ВОСП?
68. Які функції виконують оптичні розгалужувачі?
69. Як влаштований і працює оптичний вентиль?
70. Що загального між оптичними фільтрами, мультиплексорами і демультіплексорами?
71. Для чого застосовуються оптичні циркулятори?
72. Що забезпечують компенсатори дисперсії?
73. Чому дифракційні ґрати можуть бути використана для компенсації дисперсії?
74. Коли потрібне перетворення довжини хвилі випромінювання?
75. Як перетвориться хвиля з інформаційним сигналом?
76. Які види оптичних комутаторів можуть використовуватися у ВОСП, кросових комутаторах і маршрутизаторах?

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### *Основна література*

1. Абрамов С. К.. Лінії передачі : навч. посіб. – Харків: Вид-во ХАІ, 2015. – 70 с.
2. Кись О.М., Корнійчук В. І. Проектування волоконно-оптичної транспортної мережі: Навчальний посібник з курсового та дипломного проектування, - Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2016 – 92 с.
3. Беркман Л.Н., Жураковський Б.Ю., Макаренко А.О. Теорія передачі даних в інфокомунікаціях. Навчальний посібник. К.: ДУТ, 2015. С. 160.
4. Жураковский Б. Ю. Кінцеві пристрої абонентського доступу. Навчальний посібник. Київ, Державний університет телекомунікацій. 2015. URL: <http://www.dut.edu.ua/ru/lib/118/category/96/view/903>.
5. Daigond, Anjana & Rani.K.R, Usha & Aski, Akshata. (2021). A Review on Importance of DWDM Technology in Optical Networking. Journal of University of Shanghai for Science and Technology. 23. 640-646. 10.51201/JUSST/21/05298.
6. Волоконно-оптичні мережі та системи : Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 172– Телекомунікації та радіотехніка. / А. А. Таранчук, К. Л. Горященко, О. С. Пивовар, М.О. Слободян. – Хмельницький : ХНУ, 2022. 89 с.
7. Методичні вказівки до лабораторних робіт із дисципліни "Напрявні системи електричного та оптичного зв'язку" / укладачі: А. І. Новгородцев, І. А. Кулик – Суми : Сумський державний університет, 2018 – 61 с.
8. Бондаренко О. В. Розрахунок конструкції та визначення параметрів передачі кабелю електрозв'язку: Методичні вказівки до виконання комплексної роботи з дисципліни "Напрявні системи електричного та оптичного зв'язку". – Одеса: ОНАЗ ім.. О. С. Попова, 2014 – 78 с.
9. Бондаренко О.В. Проектування однохвильової волоконно-оптичної лінії передачі: Методичні вказівки з курсового проектування з дисципліни «Напрявні системи електричного та оптичного зв'язку», - Одеса: ОНАЗ ім.. О. С. Попова, 2015 – 117 с.

### *Додаткова література*

10. ДСТУ ІЕС 60793–1–1–2001 Волокна оптичні. Частина 1–1. Загальні технічні умови. Основні положення (ІЕС 60793–1–1: 1999, IDT).
11. Characteristics of a dispersion-shifted fibre and cables (Характеристики кабелю з одномодовими оптичними волокнами). G.652
12. Characteristics of a dispersion - shifted single - mode optical fibre cable (Характеристики кабелю з одномодовими оптичними волокнами зі зміщеною дисперсією). G.653.
13. Characteristics of a cut - off shifted single - mode optical fibre and cable (Характеристики одномодових оптичних волокон і кабелів зі зміщеною довжиною хвилі відсічення). G.654.
14. Characteristics of a nonzero dispersion shifted single - mode optical fibre cable (Характеристики кабелю з одномодовими оптичними волокнами зі зміщеною ненульовою дисперсією). G.655.
15. Characteristics of a fibre and cable with non - zero dispersion for wideband optical transport (Характеристики кабелю з одномодовими оптичними волокнами зі зміщеною ненульовою дисперсією). G.656.
16. Characteristics of a Bending Loss Insensitive Single Mode Optical Fibre and Cable for the Access Network (Характеристики втрат не чутливого до вигинів одномодового волоконно-оптичного кабелю і кабелю для мереж доступу). G.657.
17. Coaxial communication cables, International Standard IEC 61196

18. ITU-T Recommendation L.10 (12/2002) Optical fibre cables for duct, tunnel, aerial and buried application.
19. ДСТУ 4809:2007 Ізольовані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування.
20. ДСТУ ІЕС 60794-1-2-2002 Кабелі оптичні. Частина 1-2. Загальні технічні умови. Основні методи випробувань оптичних кабелів (ІЕС 60794-1-2: 1999, ІДТ).
21. ІЕС 61280-2-1 Методики випробувань волоконно-оптичних підсистем зв'язку. Частина 2-1. Системи цифрові. Вимірювання чутливості і перенавантаження приймачів.
22. ІЕС 61300-3-4 Пристрої між'єднувальні волоконно-оптичні та пасивні компоненти. Основні методи випробувань і вимірювань. Частина 3-4. Випробування і вимірювання. Загасання.
23. ІЕС 61290-2-1 Підсилювачі оптичні. Методи випробувань. Частина 1-1. Метод із застосуванням оптичного аналізатора спектру.

## **9. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ**

1. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.
2. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: [http://lib.khnu.km.ua/asp/php\\_f/page\\_lib.php](http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/page_lib.php).