

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра оптики**



«ЗАТВЕРДЖЕНО»

В. о. декана фізичного факультету

Володимир ЛАЗУР

«30» червня 2026 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 7

Технології оптичних мереж

Рівень вищої освіти
Галузь знань
Спеціальність

Магістр

G Інженерія, виробництво та будівництво

**G5 Електроніка, електронні комунікації,
приладобудування та радіотехніка**

Освітня програма
Статус дисципліни
Мова навчання

Оптоелектронні телекомунікаційні системи

Обов'язкова

українська

Ужгород 2026

Робоча програма навчальної дисципліни «**Технології оптичних мереж**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **G Інженерія, виробництво та будівництво** спеціальності **G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка** освітньої програми **Оптоелектронні телекомунікаційні системи**.

Розробники: Гомоннай О.О., канд. фіз.-мат наук, доцент, доцент кафедри оптики.

Гуранич П.П., канд. фіз.-мат наук, доцент, завідувач кафедри оптики

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні **кафедри оптики**

Протокол № 10 від «25» червня 2026 року

Завідувач кафедри



доц. Гуранич П.П.

Схвалено науково-методичною комісією **фізичного факультету**

протокол № 10 від «30» червня 2026 р.

Голова методичної комісії фізичного факультету



Рубіш В. В.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 90	1-й	
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи – 3	2	
	Лекції:	
	18	
	Практичні (семінарські):	
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні:	
	18	
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота:	
	54	

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни – ознайомлення студентів з сучасними системами зв'язку, їх конструкціями та характеристиками, з принципами роботи систем на основі технологій PDH, SDH/SONET а також методами синхронізації потоків цифрових даних та перевагами технології WDM

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей: (ІК ЗКЗ СК2 ФК4 ФК7 ФК9 ФК10 ФК11)

–**соціально-особистісні компетенції**: креативність, здатність до системного мислення, адаптивність, комунікабельність, здатність до самонавчання, здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних наукових досягнень; здатність до організації власної науково-дослідницької діяльності; знання змісту процесу цілеспрямованого професійного та особистісного розвитку, його особливості та способи реалізації при вирішенні професійних завдань, виходячи з етапів кар'єрного зростання і вимог ринку праці в сфері обраних наукових досліджень; вміння слідувати нормам, прийнятим в науковому спілкуванні при роботі в українських і міжнародних дослідницьких колективах з метою вирішення наукових і науково-освітніх завдань в обраній області наукових досліджень;

–**загальнонаукові компетенції**: володіння теоретико-методологічними засадами регулювання відносин інтелектуальної власності; розуміння необхідності участі у конкурсах та грантових програмах; володіти навичками аналізу основних світоглядних і методологічних проблем, в т.ч. міждисциплінарного характеру, що виникають у роботі при вирішенні наукових і науково-освітніх завдань в рамках українських або міжнародних дослідницьких проектів;

–**інструментальні компетенції**: знання основ методології і практики організації науково-дослідної роботи; індивідуальних досліджень та ефективної командної дослідницької діяльності; здатність до письмової та усної комунікації при роботі в українських та зарубіжних наукових колективах; навички роботи з типовими та спеціалізованими комп'ютерними програмами; вміння вести пошук, підбір та опрацювання наукової інформації по тематиці досліджень;

–**професійні компетенції**: здатність виявляти актуальні наукові проблеми та знаходити оптимальні шляхи їх вирішення, виявляти причинно-наслідкові зв'язки та здійснювати теоретичний аналіз наукової проблеми; пропонувати та обговорювати гіпотези; вільно володіти професійною лексикою; подавати результати наукової діяльності в усній і письмовій формі при роботі в українських і міжнародних дослідницьких колективах в обраній області наукових досліджень; усно представляти наукові результати на українських та міжнародних фахових конференціях та в письмовій формі подавати до опублікування в українських та міжнародних фахових виданнях.

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми, вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знання і розуміння основних понять оптоелектроніки та телекомунікацій, теорії передавання та обробки інформації, математичного та комп'ютерного моделювання, сучасних методів обробки та оцінювання точності та якості отриманої інформації.	ПРН1
Аналізувати напрями розвитку і новітні стандарти у галузі електроніки та телекомунікацій, організовувати власну професійну,	ПРН3

науково-дослідницьку та інноваційну діяльність на основі принципів системного підходу та методології наукових досліджень.	
Локалізувати та оцінювати стан проблемної ситуації на етапах дослідження, проєктування, модернізації, впровадження та експлуатації сучасних та перспективних телекомунікаційних комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів, формулювати пропозиції щодо її вирішення з усуненням виявлених недоліків.	ПРН4.
Аналізувати технічні характеристики телекомунікаційних систем, потреби ринку, інвестиційний клімат та конкурентоспроможність проєктних рішень, наукових та дослідно-конструкторських розробок.	ПРН7.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Технології оптичних мереж»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знання і розуміння основних понять оптоелектроніки та телекомунікацій, теорії передавання та обробки інформації, математичного та комп'ютерного моделювання, сучасних методів обробки та оцінювання точності та якості отриманої інформації.	ПРН1
Аналізувати напрями розвитку і новітні стандарти у галузі електроніки та телекомунікацій, організовувати власну професійну, науково-дослідницьку та інноваційну діяльність на основі принципів системного підходу та методології наукових досліджень.	ПРН3
Локалізувати та оцінювати стан проблемної ситуації на етапах дослідження, проєктування, модернізації, впровадження та експлуатації сучасних та перспективних телекомунікаційних комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів, формулювати пропозиції щодо її вирішення з усуненням виявлених недоліків.	ПРН4
Аналізувати технічні характеристики телекомунікаційних систем, потреби ринку, інвестиційний клімат та конкурентоспроможність проєктних рішень, наукових та дослідно-конструкторських розробок.	ПРН7

4. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: усне опитування, тестування з теми заняття.

Форма модульного контролю: контрольної роботи з тем змістовного модуля

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	60	100
5	5	5	5	5	5	5	5		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
T9	T10	T11	T12	T13	T14	60	100
6	6	6	6	6	10		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)

Письмове тестування при тематичному оцінюванні	2	40	2	40
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
Разом		100		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота проводиться у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів. Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною становить 60 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо аспірант достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "незараховано" - якщо аспірант викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, аспірант не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

Екзамен проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою: „відмінно”, „добре”, „задовільно”, „незадовільно”.

Оцінка „відмінно” (А; 90-100) виставляється в тому разі, коли аспірант бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, вміння грамотно обробляти результати експериментальних вимірювань з метою отримання заданої точності отриманих даних, кваліфіковано використовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „добре” (В, С; 74-89) виставляється тоді, коли аспірант виявив повне знання і розуміння програмового матеріалу, добре оволодів математичним апаратом курсу, може

використовувати набуті знання в практичній діяльності, дав вичерпні відповіді на всі запитання, але під час відповіді допускав окремі нечіткі формулювання і незначні неточності.

Оцінка „задовільно” (D, E; 60-73) виставляється в тому разі, коли аспірант в основному знає і розуміє фактичний матеріал курсу, дав в основному правильні відповіді на запитання, виявив уміння розібратися в усьому матеріалі курсу, вміння використовувати відповідний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремі положення пройденого курсу, допускає неточності при використанні математичного апарату, недостатньо вміє застосовувати набуті знання для розв’язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” (FX, F; 1-59) виставляється тоді, коли аспірант не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів навчальної дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв’язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням аспіранта результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90-100	зараховано	A	відмінно
82-89		B	добре
74-81		C	добре
64-73		D	задовільно
60-64		E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34		F	незадовільно з обов’язковим повторним навчанням

Здобувач, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» або «незадовільно з обов’язковим повторним навчанням» (1-34 балів, F), зобов’язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік або екзамен.

Результати підсумкового контролю знань вносяться до відомості обліку успішності.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль №1. Загальна інформація про технології PDH та SDH/SONET.

Тема 1. Багатоканальні системи передачі даних.

Тема 2. Способи поділу каналів систем передачі даних. Просторовий поділ. Система з диференціальним поділом. Поділ каналів по шкалі частот. Розподіл каналів у часі. Багатоканальна система з фазовим поділом. Кодовий поділ. Поділ за рівнем. Поділ за формою. Кореляційний поділ.

Тема 3. Методи мультиплексування потоків даних в оптоволоконних системах. Часове мультиплексування. Часове мультиплексування двійкових потоків даних.

Тема 4. Параметри стандартних ІКМ систем. Система СЕРТ. Формати фрейму й мультифрейму. Хвильове мультиплексування.

Тема 5. Особливості технології PDH. Схеми плезіохронної цифрової ієрархії.

Тема 6. Загальні особливості плезіохронних цифрових ієрархій. Недоліки плезіохронної цифрової ієрархії.

Тема 7. Особливості технології SDH/SONET. Особливості побудови синхронної ієрархії SDH/SONET.

Тема 8. Узагальнена схема мультиплексування потоків в SDH. Віртуальні контейнери й інші елементи SDH. Архітектура мереж SDH.

Модуль №2. Особливості методів синхронізації потоків цифрових даних та технології WDM.

Тема 9. Методи синхронізації потоків цифрових даних. Основні типи синхронізації й пов'язані з ними поняття. Основні визначення типів джерел. Стандартні сигнали, що використовуються для цілей синхронізації. Стандартні режими роботи хронуючого джерела. Класи й характеристики хронуючих джерел. Устаткування, що використовується для синхронізації мережі.

Тема 10. Особливості синхронізації цифрових мереж SDH. Джерела синхронізації мереж SDH. Якість хронуючого джерела.

Тема 11. Основи технології WDM. Блок-схема систем з WDM.

Тема 12. Класифікація оптичних інтерфейсів систем WDM. Частотний план систем з WDM.

Тема 13. Класифікація систем з WDM. Аналіз альтернатив використання CWDM і DWDM. Промислові системи WDM. Проблеми й перспективи використання WDM

Тема 14. Оптичні мультиплексори/демультиплексори систем WDM. Сучасні технології мультиплексування. Порівняння технологій оптичного мультиплексування

5.2 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин, із них			
	Усього годин	у тому числі		
		Л	ЛР	СР С
	90	18	18	54
1	2	3	4	5
Модуль №1. Загальна інформація про технології PDH та SDH/SONET.				
Тема 1. Багатоканальні системи передачі даних.	7	1	4	2
Тема 2. Способи поділу каналів систем передачі даних.	9	1	4	4
Тема 3. Методи мультиплексування потоків даних в оптоволоконних системах.	5	1		4
Тема 4. Параметри стандартних ІКМ систем.	9	1	4	4
Тема 5. Особливості технології PDH.	5	1		4
Тема 6. Загальні особливості плезіохронних цифрових ієрархій.	5	1		4
Тема 7. Особливості технології SDH/SONET. Особливості побудови синхронної ієрархії SDH/SONET.	5	1		4
Тема 8. Узагальнена схема мультиплексування потоків в SDH.	7	1	2	4

Модуль №2. Особливості методів синхронізації потоків цифрових даних та технології WDM.				
Тема 9. Методи синхронізації потоків цифрових даних.	5	1		4
Тема 10. Особливості синхронізації цифрових мереж SDH.	5	1		4
Тема 11. Основи технології WDM.	10	2	4	4
Тема 12. Класифікація оптичних інтерфейсів систем WDM.	6	2		4
Тема 13. Аналіз альтернатив використання CWDM і DWDM	6	2		4
Тема 14. Оптичні мультиплексори/демультиплексори систем WDM.	6	2		4
Усього годин	90	18	18	54

5.3 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1.	Організаційні питання. Вступ.	2
2.	Проектування оптичних системи WDM	4
3.	Робота з багатомодовими оптичними компонентами в Optiwave	4
4.	Одноканальна система передачі на швидкостях 10 Гбіт/с та 40 Гбіт/с у волокнах стандартного режиму (SMF)	4
5.	Захист лабораторних робіт.	2

5.4 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Архітектура мереж SDH	5

2.	Основні типи синхронізації й пов'язані з ними поняття	5
3.	Точностні параметри й основні помилки еталонних джерел	5
4.	Стандартні сигнали, що використовуються для цілей синхронізації	5
5.	Обладнання, що використовується для синхронізації мережі	5
6.	Джерела синхронізації мереж SDH	5
7.	Експериментальні солітонні лінії зв'язку	5
8.	Проблеми й перспективи використання WDM	5
9.	Приймачі оптичного випромінювання	7
10.	Розробка широкосмугових оптичних підсилювачів EDFA	7
	Разом	54

6. Рекомендована література

Основна література

1. Осадчук О. В. Волоконно-оптичні системи передачі. — Вінниця: ВНТУ, 2014.
2. Манько О. О. Оптичні технології в телекомунікаційних системах : навч. посіб. — Київ : ДУІКТ, 2014. — PDF.
3. Карпуков Л. М. та ін. Волоконно-оптичні лінії зв'язку : навч. посіб. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2020. — PDF.
4. Masataka Nakazawa. Telecommunications Rides a New Wave // Photonics Spectra, Feb. 1996, pp. 97-104.
5. Stephen Harbour. Soliton Research May Improve Optical Fiber Transmission. “Euro Photonics”, Oct/Nov, 1998. - pp.38-39.
6. Daniel C. McCarthy. 40-Gb/s Soliton Transmission Achieved in Field Experiment. “Photonics Spectra”, Dec., 1998. p.30.
7. FiberOptic Handbook: For Engineers and Scientists. Edited by F.C.Allard. McGraw-Hill Publishing Company, New-York, 1990.
8. Jean-Piense Laude. DWDM Fundamentals, Components, and Applications. Artech House Inc., Boston- London, 2002, 282 pp.

Допоміжна література

9. Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM). An Overview - Applications and Technologies. ADC Telecommunications. 10.97. 8p.
10. Chungpeng Fan. SDH & WDM - the Winning Combination. Proceedings of "The SDH-Forum", 29th Sept.-1st Oct. 1998, London.
11. DWDM Channel Spacing. Do You Know How Much Capacity You're Really Getting? Alcatel Technology Papers, AD98-04. - 8p.
12. H.Hinderthur, L.Friedric. WDM hybrid transmission based on CWDM plus DWDM. Lightwave Europe, July 2003, p.9-12.
13. TransXpress Optical Wavelength Division Multiplex System WL8 series 2. Issued by Public Communication Networks Group, BUTN, Munchen, Siemens AG, 1998.
14. Jelly Bautista and Bob Shine. Untangling the wavelength Web: Separating DWDM Channels with Interleavers. - Photonics Spectra, 2001, February, pp.90-92, (см. также в "The Photonics Design and Applications Handbook". 48th International Ed., Laurin Publishing Co. Inc., 2002, pp. H-173 - H-174)
15. Ottmar Krauss. DWDM and Optical Networks (An Introduction to Terabit Technology). Siemens/Publicis, Erlangen, 2002, 196 pp.

Інформаційні ресурси

<https://www.itu.int/>

<https://www.etsi.org/standards> ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

<https://academy.itu.int> Optical Transport Networks: DWDM

<https://ieeexplore.ieee.org/> IEEE Xplore

<https://arxiv.org/> arXiv.org (відкритий доступ)

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/optical/> Cisco Optical Networking

<https://www.juniper.net/documentation/> Juniper Networks Optical Solutions

<https://www.infinera.com/> Infinera — Optical Transport

<https://www.bellcore.com/> Telcordia/Bellcore Archives