

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра автоматки, електроніки та телекомунікацій



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор із науково-педагогічної та навчальної роботи

А.М. Мартиненко

2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ»**

(назва навчальної дисципліни)

підготовки **магістра**

(назва ступеня вищої освіти)

спеціальності **172 Електронні комунікації та радіотехніка**

(код і назва спеціальності)

Полтава

2024 рік

*Handwritten signature*

Робоча програма навчальної дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління» для студентів спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», другого (магістерського) рівня вищої освіти. Складена відповідно до ОПП «Телекомунікаційні системи та мережі», 2024 року

**Розробники:**

Янко А.С., доцент кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем, кандидат технічних наук, доцент.


Дрючко О.Г., доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій, кандидат хімічних наук, доцент

**Погоджено**

Гарант освітньої програми  Шефер О.В.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій

Протокол від «19» 08 2024 року № 1


Завідувач кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій  (Шефер О.В.)

«19» 08 2024 року

Схвалено навчально-методичною комісією навчально-наукового інституту інформаційних технологій та робототехніки

Протокол від «19» 08 2024 року № 1

Голова навчально-методичної комісії навчально-наукового інституту інформаційних технологій та робототехніки

 (Шефер О.В.)

«19» 08 2024 року

© Янко А.С., Дрючко О.Г. 2024 рік

© Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		форма навчання	
		денна	дистанційна
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</u>	Обов'язкова	
Загальна кількість годин – 120			
Модулів – 1	Спеціальність <u>172 Електронні комунікації та радіотехніка</u>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
		<b>Семестр</b>	
Індивідуальне завдання – розрахунково-графічна робота «Розрахунок ефективності використання пропускну здатності цифрового каналу»	Ступінь вищої освіти <u>магістр</u>	2-й	2-й
		<b>Лекції, год.</b>	
		20	0
		<b>Практичні, семінарські, год.</b>	
		0	0
		<b>Лабораторні, год.</b>	
		20	0
		<b>Самостійна робота, год.</b>	
		60	100
		<b>Індивідуальна робота, год.</b>	
20			
<b>Вид контролю</b>			
екзамен			

**Примітка.**

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 40/80

для дистанційної форми навчання – 0/120

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** полягає в підготовці висококваліфікованих професіоналів високого рівня, які досконало володіють спеціальними концептуальними знаннями у сфері електронних комунікацій та радіотехніки, здатних вирішувати складні спеціалізовані задачі та практичні питання у сфері електронних комунікацій та радіотехніки на основі комплексу науково обґрунтованих методів моделювання; які володіють інноваційними комп'ютерними технологіями проектування, знаннями й уміннями у сфері електронних комунікацій та радіотехніки, технологічних процесів комп'ютерного моделювання, методами організації виробничих процесів та фундаментальних і загально-інженерних досліджень.

**Завдання:** з'ясування істотної відмінності мереж NGN від попередніх рішень у відокремленні функцій надання послуг (сервісів) та функцій передачі трафіка, надання їм принципу модульності; можливості використання системи передачі оптичної транспортної ієрархії (OTN) як основи для побудови транспортного ядра мереж NGN; вивчення принципів побудови архітектури мереж NGN, архітектури та принципів функціонування систем NG-SDH і OTN; детально розглянути технологію основної процедури формування кадрів (GFP), що використовується у системах NG-SDH та OTN для інкапсуляції трафіка користувача; вивчення схеми керування пропускну здатності лінії (LCAS), яка є логічним доповненням до ідеї конкатенації (зчеплення) інформаційних структур систем NG-SDH і OTN; з'ясування можливості використання технології синхронних систем передачі нового покоління для модернізації існуючих транспортних мереж та побудови нових фрагментів мереж доступу, використання DWDM/OTN рішення щодо з'єднання центрів обробки даних, регіональних та далекомагістральних волоконно-оптичних транспортних ліній передачі даних, голосу та відео, створення повної інфраструктури оптичної мережі, включаючи мукспондер, транспондер, ROADM, оптичні підсилювачі та інструменти діагностики оптоволоконна, призначені для будь-яких потреб мережі замовника, включаючи додаткове вбудоване шифрування для безпечної передачі даних; розглянути всі представлені рішення у вигляді прикладів високоінтегрованих та компактних пристроїв, що дозволяють операторам зв'язку, провайдерам темного волокна, провайдерам контент-послуг, центрам обробки даних, дослідницьким та освітнім установам та підприємствам збільшити ефективність використання інфраструктури при збереженні гнучкості та досягненні більш високої рентабельності інвестицій з можливістю розширення архітектури зі зростанням можливостей.

### Компетентності за ОПШ:

ІК Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у галузі електронних комунікацій та радіотехніки.

ЗК2 – Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

ЗК6 – Здатність постійно вдосконалювати професійні навички й бути сучасно навченим.

ФК 1 – Здатність використовувати принципи та концепції побудови телекомунікаційних систем та мереж у поєднанні з потрібними математичними інструментами вищого рівня для опису інфокомунікацій.

ФК 5 – Здатність будувати відповідні моделі телекомунікаційних систем та мереж.

ФК 6 – Здатність розробляти та впроваджувати телекомунікаційні системи та програмні додатки, а також використовувати існуючі.

ФК 9 – Володіння принципами організації збереження даних, їх оперативної аналітичної обробки; здатність виявляти в даних раніш невідому інформацію, необхідну для прийняття рішень у різних сферах професійної діяльності.

ФК 10 – Здатність застосовувати сучасні технології та інструментальні засоби в задачах галузі.

## 3. Передумови для вивчення дисципліни

Попередньо опановані дисципліни першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, а також «Сигналізація та протоколи телекомунікаційних мереж».

#### 4. Очікувані результати навчання з дисципліни

##### Програмні результати навчання за ОПП

ПР 1 – Застосовувати перспективні методи дослідження та розв'язання професійних завдань на основі знань про світові тенденції розвитку телекомунікаційної техніки та ІТ.

ПР 2 – Використовувати принципи та концепції побудови телекомунікаційних систем та мереж у поєднанні з потрібним математичним апаратом.

ПР 3 – Розробляти та реалізовувати сучасні та перспективні інфокомунікаційні системи та мережі.

ПР 6 – Формувати технічні завдання та брати участь в розробці апаратних та/або програмних засобів телекомунікаційних систем та мереж.

ПР 8 – Застосовувати навички в розумінні наукових робіт в ІТ-сфері та інфокомунікаціях і відслідковувати найновіші досягнення в галузі телекомунікаційних систем та мереж, спілкуючись із колегами.

#### 5. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання може бути досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом вивчення навчальної дисципліни.

Мінімальний поріг рівень оцінки варто визначати за допомогою якісних критеріїв і трансформувати в мінімальну позитивну оцінку числової (рейтингової) шкали.

Сума балів	Значення ЄКТС	Оцінка	Критерій оцінювання	Рівень компетентності
90 – 100	А	Відмінно	Здобувач демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в обсязі, що відповідає робочій програмі дисципліни, правильно й обґрунтовано приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях. Власні пропозиції Здобувача в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін.	<b>Високий</b> , що повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни.
82 – 89	В	Добре	Здобувач демонструє гарні знання, добре володіє матеріалом, що відповідає робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та вміє застосовувати теоретичні положення при вирішенні практичних задач, але допускає окремі неточності. Вміє самостійно виправляти допущені помилки, кількість яких є незначною.	<b>Достатній</b> , що забезпечує Здобувачу самостійне вирішення основних практичних задач.
74 - 81	С	Добре	Здобувач загалом добре володіє матеріалом, знає основні положення матеріалу, що відповідають робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та використовує для рішення характерних/типових практичних завдань	<b>Достатній</b> , конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми

			на професійному рівні. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають ускладнення.	дисципліни.
64 - 73	D	Задовільно	Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постанову стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень. Розуміє основні положення, що є визначальними в курсі, може вирішувати подібні завдання тим, що розглядалися з викладачем, але допускає значну кількість неточностей і грубих помилок, які може усувати за допомогою викладача.	<b>Середній</b> , що забезпечує достатньо надійний рівень відтворення основних положень дисципліни.
60 – 63	E	Достатньо	Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постанову стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень. володіє основними положеннями на рівні, який визначається як мінімально допустимий. Правила вирішення практичних завдань з використанням основних теоретичних положень пояснюються з труднощами. Виконання практичних завдань значно формалізовано: є відповідність алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.	<b>Середній</b> , що є мінімально допустимим у всіх складових навчальної дисципліни.
35 - 59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання екзамену/ заліку	Здобувач може відтворити окремі фрагменти з курсу. Незважаючи на те, що програму навчальної дисципліни Здобувач виконав, працював він пасивно, його відповіді під час практичних і лабораторних робіт в більшості є невірними, необґрунтованими. Цілісність розуміння матеріалу з дисципліни у здобувача відсутні.	<b>Низький</b> , не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивченні дисципліни.
0 – 34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Здобувач повністю не виконав вимог робочої програми навчальної дисципліни. Його знання на підсумкових етапах навчання є фрагментарними. Здобувач не допущений до здачі екзамену/заліку.	<b>Незадовільний</b> , Здобувач не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни.

## 6. Засоби діагностики результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- екзамен;
- виконання завдань на лабораторному обладнанні, реальних об'єктах;
- розрахунково-графічна робота;
- результати виконання тестових індивідуальних та групових завдань; їх презентація.

## 7. Програма навчальної дисципліни

### «Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління»

**Вступ.** *Структура курсу дисципліни.* Предмет, методологія, концепції, джерела вивчення. Еволюція і головні тенденції розвитку. Сфери використання.

*Мета і завдання вивчення дисципліни, її місце у системі вищої освіти.*

### **Змістовий модуль 1. Еволюція і конвергенція телекомунікаційних та інформаційних мереж**

#### **Тема 1. Еволюція принципів побудови телекомунікаційних систем та мереж**

- 1.1. Узагальнена структурна схема електричного зв'язку
- 1.2. Комутація та сигналізація
- 1.3. Багатоканальність та багатостанційний доступ
- 1.4. Спадкоємність у принципах побудови ліній зв'язку
- 1.5. Модель телекомунікаційної системи
- 1.6. Еволюція принципів побудови мереж мобільного зв'язку

#### **Тема 2. Еволюція принципів побудови інформаційних систем та мереж**

- 2.1. Інформаційні мережі як результат еволюції телекомунікацій та обчислювальної техніки
- 2.2. Інформаційні системи та мережі - основні поняття
- 2.3. Багаторівневий підхід до побудови мережі, протоколи, інтерфейси
- 2.4. Еталонна модель взаємозв'язку відкритих систем ISO/OSI
- 2.5. Еволюція багатoshарової моделі доступу до інформаційних ресурсів
- 2.6. Топології фізичних зв'язків
- 2.7. Основні компоненти локальних та складових інформаційних мереж
- 2.8. Архітектура мережі Інтернет

#### **Тема 3. Інфокомунікаційні мережі**

- 3.1. Інфокомунікаційні мережі як наслідок конвергенції телекомунікаційних та інформаційних мереж
- 3.2. Архітектура мереж наступних поколінь (NGN)
- 3.3. Майбутні мережі (FN)
- 3.4. Хмарні обчислення (Cloud Computing)
- 3.5. Туманні обчислення (Fog Computing)
- 3.6. Програмно-конфігуровані мережі (SDN)
- 3.7. Віртуалізація мережевих функцій (NFV)
- 3.8. П'яте покоління мобільного зв'язку (5G)
- 3.9. Інтернет речей (IoT)
- 3.10. Індустріальний інтернет (IIoT)
- 3.11. Розумні розповсюджені мережі (SUN)

**Лабораторні заняття 1, 2.**

**Тема 4. Передумови появи нової технології – NG SDH**

- 4.1. *Нові вимоги до системи передачі SDH*
  - 4.1.1. Глобальна інформаційна інфраструктура та еволюція мереж зв'язку
  - 4.1.2. Зростання рівня пакетного трафіка
  - 4.1.3. Поява різномірних типів трафіку та принцип конвергенції
  - 4.1.4. SDH як технологія транспорту
  - 4.1.5. Переваги та недоліки використання NG SDH на транспортній мережі
  - 4.1.6. Вплив концепції оптичних технологій FTTx на NG SDH
  - 4.1.7. Концепція WDM/DWDM
- 4.2. *Основні напрями розвитку систем NG SDH*
  - 4.2.1. Напрями розвитку NG SDH
  - 4.2.2. Проблеми передачі високошвидкісного трафіку
  - 4.2.3. Перша спроба рішення – конкатенація
  - 4.2.4. Віртуальна конкатенація VCAT
  - 4.2.5. Проблеми передачі пакетного трафіка
  - 4.2.6. Управління шириною коридору LCAS
- 4.3. *Сучасна модель NG SDH*

**Лабораторні заняття 3, 4.****Тема 5. Технологія транспортного рівня NG-SDH**

- 5.1 Організація транспортування пакетного трафіка у системах NG-SDH
- 5.2 Узагальнена процедура формування кадрів GFP. Типи і структура кадрів
- 5.3 Формування кадрів GFP-F та GFP-T
- 5.4 Організація ширококутових каналів у системах NG-SDH
- 5.5 Схема регулювання пропускної здатності лінії LCAS

**Лабораторні заняття 5, 6.****Змістовий модуль 2. Принципи побудови і функціональна архітектура перспективних телекомунікаційних мереж.****Тема 6. Функціональна архітектура перспективних транспортних мереж**

- 6.1. *Функціональна архітектура перспективних транспортних мереж*
- 6.2. *Системи передачі оптичної транспортної ієрархії OTH*
  - 6.2.1 Оптична транспортна мережа та її компоненти
  - 6.2.2 Блок навантаження оптичного каналу OPU
    - 6.2.1 Призначення і формат
    - 6.2.2 Упакування сигналів CBR 2G5, CBR 10G і CBR 40G в OPUk
    - 6.2.3 Упакування кадрів GFP в OPUk
    - 6.2.4 Віртуальна конкатенація OPUk
- 6.3 Блок даних оптичного каналу ODU
- 6.4 Заголовки інформаційних структур каналу OSC.

**Лабораторне заняття 7.****Тема 7. Принципи контролю мереж NG SDH**

- 7.1. Особливості NG SDH з погляду практики контролю
- 7.2. Багаторівневе рішення щодо контролю NG SDH
  - 7.2.1. Від каналів до віртуальних коридорів
  - 7.2.2. Мультисервісний трафік
  - 7.2.3. Багаторівнева архітектура та багаторівневе рішення щодо контролю NG SDH
  - 7.2.4. Аналіз системи NG SDH з погляду експлуатаційних процесів

**Лабораторне заняття 8.****Тема 8. Основні відомості про технології Ethernet і GE**

- 8.1 . Загальні відомості про технологію Ethernet
  - 8.1.1. Фізичний рівень технології Ethernet
  - 8.1.2. Рівень MAC
  - 8.1.3. Структура кадрів Ethernet. MAC – адресація



- 8.1.4. Розвиток технології Ethernet
- 8.1.5. Напівдуплексний та повнодуплексний режим передачі. Берсність. Механізм управління потоками
- 8.1.6. Віртуальні локальні мережі VLAN
- 8.1.7. Функції автоматичного конфігурування каналного рівня
- 8.1.8. Варіанти топології мереж Ethernet
- 8.1.9. Рівень управління логічним з'єднанням (LLC)
- 8.2. Gigabit Ethernet, 10 GE і розвиток технології Ethernet
  - 8.2.1. Архітектура технології Gigabit Ethernet. Стандарт IEEE 802.3
  - 8.2.2. Інтерфейс 1000Base – X
  - 8.2.3. Відомості про інтерфейс 1000Base-T

### Лабораторне заняття 9.

#### Тема 9. Контроль параметрів NG SDH

- 9.1. Принципи контролю параметрів NG SDH лише на рівні Ethernet. RFC-2544
- 9.2. Контроль параметрів NG SDH лише на рівні SDH
  - 9.2.1. Цілі та завдання вимірювань на рівні NG SDH
  - 9.2.2. Специфіка контролю системи VCAT
  - 9.2.3. Контроль LCAS
  - 9.2.4. Контроль GFP
  - 9.2.5. Контроль параметрів Ethernet всередині мережі NG SDH

### Лабораторне заняття 10.

#### Тема 10. Подальший напрямок розвитку. Системи SDH наступного покоління

- 10.1. Від концепції MSSP до концепції MSSP/MSTP
- 10.2. OBS – нова концепція транспортних мереж
  - 10.2.1. Концепція OBS
  - 10.2.2. Принципи функціонування OBS
  - 10.2.3. Сигналізація у системі OBS
  - 10.2.4. Вузлові елементи OBS
  - 10.2.5. Потенційні експлуатаційні проблеми OBS
- 10.3. NG SDH – тренди подальшого технічного розвитку

## 8. Структура навчальної дисципліни

### а) для денної форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
лекц.		прак.	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Змістовий модуль 1. Еволюція і конвергенція телекомунікаційних та інформаційних мереж</b>						
Тема 1. Вступ. Еволюція принципів побудови телекомунікаційних систем та мереж.	8	2				6
Тема 2. Еволюція принципів побудови інформаційних систем та мереж	8	2				6
Тема 3. Інфокомунікаційні мережі.	12	2		4		6

Тема 4. Передумови появи нової технології – NG SDH.	12	2		4		6
Тема 5. Технологія транспортного рівня NG-SDH	32	2		4	20	6
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>72</b>	<b>10</b>		<b>12</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
<i><b>Змістовий модуль 2. Принципи побудови і функціональна архітектура перспективних телекомунікаційних мереж.</b></i>						
Тема 6. Функціональна архітектура перспективних транспортних мереж	10	2		2		6
Тема 7. Принципи контролю мереж NG SDH	10	2		2		6
Тема 8. Основні відомості про технології Ethernet і GE.	10	2		2		6
Тема 9. Контроль параметрів NG SDH.	10	2		2		6
Тема 10. Подальший напрямок розвитку. Системи SDH наступного покоління.	8	2				6
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>48</b>	<b>10</b>		<b>8</b>		<b>30</b>
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>20</b>		<b>20</b>	<b>20</b>	<b>60</b>

**б) для дистанційної форми навчання**

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		лекц.	прак.	лаб.	інд.	с. р.
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<i><b>Змістовий модуль 1. Еволюція і конвергенція телекомунікаційних та інформаційних мереж</b></i>						
Тема 1. Вступ. Еволюція принципів побудови телекомунікаційних систем та мереж.	8	–		–		8
Тема 2. Еволюція принципів побудови інформаційних систем та мереж	8	–		–		8
Тема 3. Інфокомунікаційні мережі.	12	–		–		12
Тема 4. Передумови появи нової технології – NG SDH.	12	–		–		12
Тема 5. Технологія транспортного рівня NG-SDH	32	–		–	20	12
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>72</b>	–		–	<b>20</b>	<b>52</b>
<i><b>Змістовий модуль 2. Принципи побудови і функціональна архітектура перспективних телекомунікаційних мереж.</b></i>						
Тема 6. Функціональна архітектура перспективних транспортних мереж	10	–		–		10

Тема 7. Принципи контролю мереж NG SDH	10	–		–		10
Тема 8. Основні відомості про технології Ethernet і GE.	10	–		–		10
Тема 9. Контроль параметрів NG SDH.	10	–		–		10
Тема 10. Подальший напрямок розвитку. Системи SDH наступного покоління.	8	–		–		8
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>48</b>	–		–		<b>48</b>
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	–		–	<b>20</b>	<b>100</b>

### 9. Перелік питань для семінарських занять

№ з/п	Назва питань	Кількість годин для денної форми	Кількість годин для дистанційної форми
	Семінарські заняття не передбачені		

### 10. Перелік питань для практичних занять

№ з/п	Назва питань	Кількість годин для денної форми	Кількість годин для дистанційної форми
	Практичні заняття не передбачені		

### 11. Перелік питань для лабораторних занять

№ заняття	Назва питань	Кількість годин для денної форми	Кількість годин для дистанційної форми
1, 2	Глобальна інформаційна інфраструктура та еволюція телекомунікаційних мереж	4	–
3, 4	Функціональна архітектура перспективних транспортних мереж. Рекомендація MCE-T Y.2012	4	–
5, 6	Технології транспортного рівня NGN	4	–
7	Системи передачі оптичної транспортної ієрархії OTH	2	–
8	Принципи контролю мереж NG SDH	2	–
9	Основні відомості про технології Ethernet і GE	2	–
10	Контроль параметрів NG SDH	2	–
	<b>Усього</b>	<b>20</b>	–

### 12. Самостійна робота

Метою самостійної роботи студента є: закріплення та поглиблення теоретичних знань з дисципліни „Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління”; відпрацювання вмій практичного застосування одержаних знань при розв'язанні інженерних завдань у ході проектування, розроблення, експлуатації оптичних систем передачі, при виборі різновидів і укомплектуванні останніх складовими мережевими функціональними елементами з оптичними та електричними компонентами, при виборі архітектури побудови досконалих транспортних мереж на їх основі за сучасними технологіями мультиплексування, спряження, синхронізації, керування, резервування, захисту; навчитися користуватися бібліотечними фондами і каталогами, працювати з літературними джерелами, складати

конспекти, аналізувати матеріал та робити висновки.

Види самостійної роботи студента:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- підготовка до лабораторних занять;
- виконання розрахунково-графічної роботи;
- опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення, за списками літератури, рекомендованими в робочій навчальній програмі дисципліни;
- відвідування консультацій (згідно графіку консультацій кафедри);
- підготовка до складання іспиту за контрольними питаннями.

**Питання  
для самостійного вивчення студентами**

№ з/п	Назва питань	Кількість годин для денної форми	Кількість годин для дистанційної форми
1	Еволюція принципів побудови телекомунікаційних систем та мереж. Узагальнена структурна схема електричного зв'язку. Комутація та сигналізація. Багатоканальність та багатостанційний доступ. Спадкоємність у принципах побудови ліній зв'язку. Модель телекомунікаційної системи. Еволюція принципів побудови мереж мобільного зв'язку.	6	8
2	Еволюція принципів побудови інформаційних систем та мереж. Інформаційні мережі як результат еволюції телекомунікацій та обчислювальної техніки. Інформаційні системи та мережі - основні поняття. Багаторівневий підхід до побудови мережі, протоколи, інтерфейси. Еталонна модель взаємозв'язку відкритих систем ISO/OSI. Еволюція багатопарової моделі доступу до інформаційних ресурсів. Топології фізичних зв'язків. Основні компоненти локальних та складових інформаційних мереж. Архітектура мережі Інтернет.	6	8
3	Інфокомунікаційні мережі. Інфокомунікаційні мережі як наслідок конвергенції телекомунікаційних та інформаційних мереж. Архітектура мереж наступних поколінь (NGN). Майбутні мережі (FN). Хмарні обчислення (Cloud Computing). Туманні обчислення (Fog Computing). Програмно-конфігуровані мережі (SDN). Віртуалізація мережевих функцій (NFV). П'яте покоління мобільного зв'язку (5G). Інтернет речей (IoT). Індустріальний інтернет (IIoT). Розумні розповсюджені мережі (SUN).	6	12
4	<i>Передумови появи нової технології – NG SDH.</i> Нові вимоги до системи передачі SDH. Глобальна інформаційна інфраструктура та еволюція мереж зв'язку. Зростання рівня пакетного трафіка. Поява різномірних типів трафіку та принцип конвергенції. SDH як технологія транспорту. Переваги та недоліки використання NG SDH на транспортній мережі. Вплив концепції оптичних технологій FTTx на NG SDH. Концепція WDM/DWDM. <i>Основні напрями розвитку систем NG SDH.</i> Напрями розвитку NG SDH. Проблеми передачі високошвидкісного трафіку. Перша спроба рішення – конкатенація. Віртуальна конкатенація VCAT. Проблеми передачі пакетного трафіка. Управління шириною коридору LCAS. <i>Сучасна модель NG SDH.</i>	6	12
5	Технологія транспортного рівня NG-SDH. Організація транспортування пакетного трафіка у системах NG-SDH. Узагальнена процедура формування кадрів GFP. Типи і структура кадрів. Формування кадрів GFP-F та GFP-T. Організація широкосмугових каналів у системах NG-SDH. Схема регулювання пропускну здатності лінії LCAS.	6	12
6	<i>Функціональна архітектура перспективних транспортних мереж. Системи передачі оптичної транспортної ієрархії OTH.</i> Оптична транспортна мережа та її компоненти. Блок навантаження оптичного каналу OPU. Призначення і формат. Упакування сигналів CBR 2G5, CBR 10G і CBR 40G в OPUk. Упакування кадрів GFP в OPUk. Віртуальна конкатенація OPUk. Блок даних оптичного каналу ODU. Заголовки інформаційних структур каналу OSC.	6	10
7	Принципи контролю мереж NG SDH. Особливості NG SDH з погляду практики контролю. Багаторівневе рішення щодо контролю NG SDH. Від каналів до віртуальних коридорів. Мультисервісний трафік. Багаторівнева архітектура та багаторівневе рішення щодо контролю NG SDH. Аналіз системи NG SDH з погляду експлуатаційних процесів.	6	10

8	Основні відомості про технології Ethernet і GE. Загальні відомості про технологію Ethernet. Фізичний рівень технології Ethernet. Рівень MAC. Структура кадрів Ethernet. MAC – адресація. Розвиток технології Ethernet. Напівдуплексний та повнодуплексний режим передачі. Берсність. Механізм управління потоками. Віртуальні локальні мережі VLAN. Функції автоматичного конфігурування каналного рівня. Варіанти топології мереж Ethernet. Рівень управління логічним з'єднанням (LLC). Gigabit Ethernet, 10 GE і розвиток технології Ethernet. Архітектура технології Gigabit Ethernet. Стандарт IEEE 802.3. Інтерфейс 1000Base – X. Відомості про інтерфейс 1000Base-T.	6	10
9	Контроль параметрів NG SDH. Принципи контролю параметрів NG SDH лише на рівні Ethernet. RFC-2544. Контроль параметрів NG SDH лише на рівні SDH. Цілі та завдання вимірювань на рівні NG SDH. Специфіка контролю системи VCAT. Контроль LCAS. Контроль GFP. Контроль параметрів Ethernet всередині мережі NG SDH.	6	10
10	NG SDH – тренди подальшого технічного розвитку. Від концепції MSSP до концепції MSSP/MSTP. OBS – нова концепція транспортних мереж. Концепція OBS. Принципи функціонування OBS. Сигналізація у системі OBS. Вузлові елементи OBS. Потенційні експлуатаційні проблеми OBS.	6	8
<b>Разом</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

### 13. Індивідуальні завдання

Метою індивідуальних завдань є закріплення, поглиблення та узагальнення знань, одержаних на лекціях, практичних та лабораторних заняттях, вироблення вмінь та навичок самостійної роботи над курсом.

Індивідуальна робота складається із розрахунково-графічної роботи, метою якої є закріплення та поглиблення теоретичних знань з вивченого матеріалу, відпрацювання вмінь та навичок застосовувати знання при розв'язанні інженерних задач.

Тема розрахунково-графічної роботи: «Розрахунок ефективності використання пропускну здатності цифрового каналу». На виконання передбачено 20 год. у відповідності з вимогами методичних вказівок [3].

Розрахунково-графічна робота виконуються на основі індивідуальних завдань. Вихідні дані для виконання індивідуальних завдань студентам призначаються викладачем із методичних видань.

### 14. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні і наочні використовуються під час лекцій, індивідуальних та групових консультацій, практичні – при проведенні лабораторних занять, при здійсненні студентами самостійної роботи.

Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення.

Перед проведенням лабораторних занять викладачами проводяться інструктажі: вступні, поточні, підсумкові.

Під час проведення лабораторних занять застосовуються наочні спостереження та словесні бесіди: вступні, поточні, репродуктивні, евристичні, підсумкові; студентами виконуються вправи; тренувальні, творчі, усні, практичні, технічні.

До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація.

### 15. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять і має за мету перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять визначається викладачем, що проводить заняття.

Модульний контроль проводиться наприкінці кожного змістового модулю за рахунок аудиторних занять і має за мету перевірку засвоєння студентом певної сукупності знань та вмінь, що формує цей модуль. Модульний контроль реалізується шляхом узагальнення

результатів поточного контролю знань і проведення тестових перевірок знань та контрольних робіт.

Модульний контроль реалізується шляхом узагальнення результатів поточного контролю знань і проведення тестових перевірок.

Номер та назва змістового модуля	Форма контролю	Час проведення
<b>Змістовий модуль 1.</b> <i>Еволюція і конвергенція телекомунікаційних та інформаційних мереж</i>	Захист звітів лабораторних робіт. Тестування	Лабораторне заняття №6
<b>Змістовий модуль 2.</b> <i>Принципи побудови і функціональна архітектура перспективних телекомунікаційних мереж</i>	Захист звітів лабораторних робіт. Тестування. Захист розрахунково-графічної роботи.	Лабораторне заняття №10

Контроль знань студентів за змістовими модулями № 1, № 2 виконується у формі тестування.

Підсумковий контроль – екзамен, проводиться у формі тестування з урахуванням результатів попередньо одержаних за змістовими модулями № 1 та № 2.

За власним бажанням студента, після складання тесту, з метою уточнення оцінки, він може відповісти на 1-2 додаткових питання за вибором викладача.

#### 16. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання, тестування та самостійна робота										Семестровий екзамен	Сума	
<i>Змістовий модуль 1</i>					<i>Змістовий модуль 2</i>							<i>Інд. зав-ня</i>
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10			
4	4	4	4	6	4	4	4	4	4	8	50	100

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

#### Правила модульно-рейтингового оцінювання знань

Загальна трудомісткість дисципліни – 100 балів, із них до 50 балів студент може отримати впродовж семестру, решта 50 балів припадає на підсумковий контроль.

**1. Поточний контроль.** Бали, отримані впродовж семестру, за видами навчальної діяльності розподіляються наступним чином:

– робота на лабораторних заняттях (виконання та захист лабораторних робіт, а в разі їх пропусків з поважної причини – відпрацювання та захист на консультаціях за темами відповідних лабораторних занять) – до 42 балів;

– індивідуальна робота (виконання і захист індивідуальної розрахунково-графічної роботи) – до 8 балів.

Присутність на лекціях, практичних заняттях і лабораторних роботах не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов'язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущене заняття має бути відпрацьоване впродовж двох наступних тижнів, при тривалій відсутності студента на заняттях з поважної причини встановлюється індивідуальний графік відпрацювання пропусків, але не пізніше початку екзаменаційної сесії.

Студент, який повністю виконав програму навчальної дисципліни і отримав достатню рейтингову оцінку (не менше 25 балів у семестрі), допускається до підсумкового контролю з дисципліни.

## **2. Підсумковий контроль.**

Підсумковим контролем є екзамен. Він здійснюється у формі письмового тесту відповідно до вимог «Положення про організацію освітнього процесу у Національному університеті імені Юрія Кондратюка».

## **17. Методичне забезпечення**

1. Янко А.С. Курс лекцій з дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024. – 148 с.
2. Янко А.С., Дрючко О.Г. Методичні рекомендації для лабораторних занять з дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. – 42 с.
3. Янко А.С., Дрючко О.Г. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Розрахунок ефективності використання пропускної здатності цифрового каналу» з дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. – 24 с.
4. Янко А.С., Дрючко О.Г. Методичні рекомендації та завдання для самостійної роботи студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти із дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління» спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. – 48 с.

## **18. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Телекомунікаційні системи та мережі. Том 1. Структура й основні функції. / Поповський В.В, Лемешко О.В.; Ковальчук В.К.; Плотніков М.Д.; Картушин Ю.П.; Попонін О.М.; Агеєв Д.В.; Сабурова С.О., Олійник В.Ф., Персіков А.В.; Лошаков В.А. Селіванов К.О. // ТОВ «Компанія СМІТ». ХНУР. – 2020. <https://www.znanius.com/3533.html> (електронний підручник)
2. Педяш В.В. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління: конспект лекцій. Модуль 5.2 / В.В. Педяш – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2021. – 76 с.
3. ITU-T G.872. Architecture of the optical transport network. – Режим доступу до ресурсу: <https://standards.globalspec.com/std/14377291/itu-t-g-872>
4. ITU-T : Publications : Recommendations : Y Series. Global information infrastructure, Internet protocol aspects, next-generation networks, Internet of Things and smart cities. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.itu.int/rec/t-rec-y/en>

5. ITU-T Recommendations Y.Imp110 : Y.Imp110 (12/21) Global Information Infrastructure principles and framework architecture. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.Imp110-202112-I/en>
6. ITU-T Recommendations Y.2011. General principles and general reference model for Next Generation Networks . – Режим доступу до ресурсу: <file:///D:/Downloads/T-REC-Y.2011-200410-I!!PDF-E.pdf>
7. ITU-T Recommendations Y.2012. Functional requirements and architecture of next generation networks. – Режим доступу до ресурсу: <https://standards.globalspec.com/std/1358502/itu-t-y-2012>.

### Допоміжна

1. Розорінов Г.М. Високошвидкісні волоконно-оптичні лінії зв'язку: навч. посіб. / Г.М. Розорінов, Д.О. Соловйов. – 2-е вид., перероб. і допов. – К.: Кафедра, 2022. – 344 с.
2. Соломенчук В.Д., Міщенко В.А., Гура К.Н. Оптичні транспортні мережі/В.Д. Соломенчук, В.О. Міщенко, К.М. Гура. – Київ: Центр післядипломної освіти ПАТ «Укртелеком», 2014. – 294 с.

### 19. Інформаційні ресурси

1. Сторінка курсу дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління» на платформі Moodle: <https://dist.nupp.edu.ua/course/view.php?id=1924>
2. Оптична транспортна мережа [Електронний ресурс] //ІТС.УА. - 2006. - Режим доступу до ресурсу: [http://its.ua/articles/opticheskaya\\_transportnaya\\_set\\_23881/](http://its.ua/articles/opticheskaya_transportnaya_set_23881/).
3. Оптичні технології та компоненти телекомунікаційних систем [Електронний ресурс] // О.О. Манько. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: [https://dut.edu.ua/uploads/l\\_910\\_12516986.pdf](https://dut.edu.ua/uploads/l_910_12516986.pdf)
4. Мережі SDH. Контейнери та структурна схема мультиплексування [Електронний ресурс] // Studfiles. –2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/2806228/page:6/>.
5. xWDM. Теорія та практика [Електронний ресурс] // © ROMSAT. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <https://romsat.ua/company/news/xwdm-teoriya-i-praktika/>.
6. Мультимедійні інформаційні системи (МІС). Оптичні мережі спектрального ущільнення (WDM) [Електронний ресурс] // О. Шалагінов. - 2018 - Режим доступу до ресурсу: [https://shalaginov.files.wordpress.com/2018/12/20181126\\_d0bcd0b8d181-d181d0b8d181d182d0b5d0bcd18b-d0d0bfd182d0b8d187d0b5d181d0bad0bd0b9-d181d0b2d18fd0b7d0b8-4.pdf](https://shalaginov.files.wordpress.com/2018/12/20181126_d0bcd0b8d181-d181d0b8d181d182d0b5d0bcd18b-d0d0bfd182d0b8d187d0b5d181d0bad0bd0b9-d181d0b2d18fd0b7d0b8-4.pdf).
7. Функції мережного управління [Електронний ресурс] // Studfiles. - 2013. - Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/486846/page:2/>.
8. Підвищення надійності волоконно-оптичних систем передачі із спектральним поділом шляхом організації резервування на основі ущільнення за довжинами хвиль [Електронний ресурс] // І.С. Камінецький. - 2007. - Режим доступу до ресурсу: <http://tekhnosfera.com/povyshenie-nadezhnosti-volokonno-opticheskikh-sistem-peredachi-so-spektralnym-razdeleniem-putem-organizatsii-rezervirovani>.