

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
Кафедра кореляційної оптики

СИЛАБУС
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ І МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ
вибіркова дисципліна

Освітньо-професійна програма – Інформаційні мережі зв'язку

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації

Рівень вищої освіти – другий

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

Мови навчання: українська

Розробник – професор кафедри кореляційної оптики, професор доктор фіз-мат наук Мохунь І.І.

Профайл викладача – <http://ptcsi.chnu.edu.ua/teachers/мохунь-igor-иванович/>

Контактний тел. – 0972193715

E-mail – i.mokhun@chnu.edu.ua

Сторінка курсу в Moodle – <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=527>

Консультації: онлайн-консультації, понеділок з 14.00 до 15.00.

Анотація

Навчальна дисципліна формує базові уявлення студентів про принципи створення, структуру та складові елементи систем безпроводного оптичного зв'язку (FSO-систем), процеси, які відбуваються при передаванні інформаційного сигналу по оптичному атмосферному каналу. В курсі розглядаються також діючі та перспективні системи та мережі волоконно-оптичного зв'язку, функціональні схеми та елементи конкретних вітчизняних та закордонних систем SDH ієрархій на основі багатохвильового ущільнення DWDM. Знання та уміння отримані студентами при вивченні курсу повинні дозволити майбутньому фахівцю проводити експлуатацію та розробку систем передавання з атмосферним каналом зв'язку, проводити проектування та планування мереж зв'язку з оптичними компонентами. Курс є логічним завершенням напрямку підготовки фахівця, пов'язаним з системами та лініями передавання.

Змістовні модулі

Беспровідні оптичні системи зв'язку. Основні поняття. Загальні принципи побудови. Сучасний стан ринку FSO-систем. Основні переваги. Основні недоліки FSO-систем. Области застосування. Структура беспровідної оптичної системи зв'язку. Фізична модель системи зв'язку. Рівняння системи зв'язку. Оптичні антени. Геометричні співвідношення в каналі зв'язку. Геометричні діаграми приймальних оптичних антен. Вплив турбулентності на характеристики оптичного каналу. Загасання коливань видимого і інфрачервоного діапазонів в атмосфері. Метеорологічна дальність видимості (МДВ) і загасання сигналу. Вплив середовища на характеристики оптичного сигналу, що розповсюджується. Модель атмосфери. Загасання сигналу. Фракції атмосфери, які впливають на загасання сигналу. Метеорологічна дальність видимості (МДВ) та затухання сигналу. Динамічний діапазон системи FSO, енергетичний бюджет системи. Розрахунок енергетичного бюджету системи – величини максимально допустимого затухання сигналу. Встановлення відповідності між допустимим затуханням та критичною (мінімально допустимою) МДВ. Розрахунок імовірності виникнення погодних умов, коли МДВ менша ніж мінімально допустима МДВ. Оцінка метеоумов в Чернівецькому регіоні. Розрахунок доступності каналу АОЛЗ в Чернівецькому регіоні. Максимальні робочі дистанції в залежності від метеорологічної видимості в тумані. Максимальні робочі дистанції в залежності від інтенсивності дощу. Рівень помилок в каналі при роботі FSO-системи в тумані. Порівняння „ідеальної” та реальної FSO-систем. Тривалість та орієнтовна вартість основних етапів проектування і будівництва різного типу ліній зв'язку. Порівняння магістральних АОЛЗ і ВОЛЗ. Огляд існуючих рішень. Структура апаратних засобів FSO. FSO-системи, які представлені на ринку України та СНД. FSO-системи компанії PAV DATA SYSTEMS (Великобританія). Системи серії SkyCell і SkyNet. Деякі характеристики систем типу SkyCell. Номенклатура систем SkyCell. Системи SkyNet. Нове обладнання компанії PAV Data Systems. Обладнання компанії fSONA Communications (США). Обладнання компанії НВК «Катарсіс» (Санкт-Петербург, Росія). Номенклатура систем типу БОКС. Атмосферні оптичні лінії зв'язку Artolink ТОВ „Мостком”. Загальні відомості. Застосування. Принцип роботи. Якість. Базові моделі і технічні характеристики. Особливості систем типу „Мостком”. Інсталяція систем. Віддалений контроль систем. Засоби безпеки. Обладнання компанії «Гранч». Сучасні пасивні елементи ВОСЗ. Розніми. Поділювачі. Перемикачі. Коефіцієнт передавання. Матриця передавання. Типи матриць і коефіцієнтів передавання. Оптичні кроси. Оптичні регенератори і підсилювачі у ВОСЗ. Основи WDM-систем. Інтерферометри Фабри-Перо. Фільтри Маха-Цандера. Решітки Брега та волоконно-оптичні решітки Брега (FBG). Фільтри. Рекомендації ІТУ-Т. Типові характеристики систем WDM. Мережі SONET. Структура сигналів. Три рівня заголовків сигналів. Процес зборки-розборки. Мультиплексування (ADM). Автоматичне захисне переключення (APS). Кільцева архітектура. Мережі SDH. Стандарти швидкості передавання. Основна схема мультиплексування SDH. Структура фрейма. Суть та загальні принципи лазерної локації. Переваги і недоліки лазерної локації. Системи геопозиціонування GPS і ГЛОНАСС. *Короткий опис супутникових систем позиціонування. Загальні відомості про систему ГЛОНАСС. Принципи роботи системи ГЛОНАСС. Склад системи ГЛОНАСС: Орбітальна структура супутників ГЛОНАСС. Супутник ГЛОНАСС. Виведення супутників ГЛОНАСС на орбіту. Наземний комплекс керування. Користувачі системи ГЛОНАСС. Підсистеми супутникових систем позиціонування. GPS-обладнання фірми Trimble Navigation для ГІС-засобів. Перспективи розвитку супутникових технологій позиціонування.*

1. Мета: Навчальна дисципліна формує базові уявлення студентів про принципи створення, структуру та складові елементи систем безпроводного оптичного зв'язку (FSO-систем), процеси, які відбуваються при переданні інформаційного сигналу по оптичному атмосферному каналу. В курсі розглядаються також діючі та перспективні системи та мережі волоконно-оптичного зв'язку, функціональні схеми та елементи конкретних вітчизняних та закордонних систем SDH ієрархій на основі багатохвильового ущільнення DWM. Знання та уміння отримані студентами при вивченні курсу повинні дозволити майбутньому фахівцю проводити експлуатацію та розробку систем передавання з атмосферним каналом зв'язку, проводити проектування та планування мереж зв'язку з оптичними компонентами. Курс є логічним завершенням напрямку підготовки фахівця, пов'язаним з системами та лініями передавання.

Вивчення даної дисципліни сприятиме набуттю наступних компетентностей, визначених Освітньо-науковою програмою:

- **ІК** – Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми під час професійної діяльності у галузі оптики та оптичної обробки інформації й у суміжних областях (приладобудування, нанофізика, оптичний зв'язок, біомедична оптика, екологія тощо) або у процесі навчання за програмами вищого рівня, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог;
- **ЗК1** – знання спеціальних розділів фундаментальних дисциплін, у обсязі, необхідному для освоєння професійно-орієнтованих дисциплін;
- **ЗК2** – здатність до аналізу та синтезу;
- **ЗК5** – уміння працювати як індивідуально, так і в команді;
- **ЗК6** – уміння ефективно спілкуватися на професійному та соціальному рівнях;
- **ЗК7** – розуміння необхідності навчання протягом життя та трансферу набутих знань;
- **ФК1** – розуміння тенденцій розвитку й сутності актуальних новітніх розробок в області вчення про світло та його застосувань для розв'язання нагальних глобальних проблем (інформатизація, безпекова сфера, нанотехнології, екологія, біомедицина);
- **ФК3** – знання і розуміння сучасних технологічних процесів та систем технологічної підготовки виробництва; технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації оптичного та оптико-електронного устаткування й обладнання;
- **ФК4** – здатність застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових завдань дослідницької та інженерної діяльності;
- **ФК5** – здатність використовувати отримані знання та уміння для роботи в промисловості й розуміти необхідність дотримання правил техніки безпеки при виконанні посадових обов'язків;
- **ФК6** – здатність застосовувати професійно-профільовані знання й практичні навички для створення нових та при обслуговуванні існуючих оптичних і оптико-електронних систем та їх складових;
- **ФК10** – здатність самостійно проектувати оптичні та оптико-електронні системи та їх елементи з урахуванням усіх аспектів поставленої задачі;
- **ФК11** – здатність оцінювати доцільність та можливість застосування нових методів і технологій в задачах синтезу комп'ютеризованих оптичних та оптико-електронних систем.

2. Результати навчання:

У результаті вивчення даної дисципліни студент має

Знати:

- **ЗН1** – здатність продемонструвати знання і розуміння математичних методів та фізичних принципів, необхідних для розв'язування інженерних задач й виконання досліджень в області оптики та її застосувань;
- **ЗН2** – здатність продемонструвати знання сучасного стану досліджень, тенденцій розвитку, найбільш важливих розробок та новітніх технологій у галузі оптики;
- **ЗН3** – здатність продемонструвати поглиблені знання в обраній спеціалізації, включаючи знайомство з новітніми публікаціями у міжнародних періодичних фахових виданнях;
- **ЗН4** – здатність продемонструвати розуміння впливу технічних рішень у суспільному, економічному, соціальному та екологічному контексті.

3.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
л		п	лаб	інд	с.р.	л		п	лаб	інд	с.р.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Змістовий модуль 1. Принципи роботи та характеристики FSO-системи.													
Тема 1. Структура беспровідної оптичної системи зв'язку. Області застосування.		3				8							
Тема 2. Вплив вібраційних завод та турбулентності на характеристики оптичного каналу на роботу FSO-системи.		3		3		9							
Тема 3. Загасання коливань видимого і інфрачервоного діапазонів в атмосфері.		2		3		9							
Тема 4. Метеорологічна дальність видимості (МДВ) і загасання сигналу.		2				9							
Разом за змістовим модулем 1		10		6		35							
Змістовий модуль 2. Параметри АОЛЗ каналу. Економічні аспекти.													
Тема 5. Розрахунок доступності каналу АОЛЗ.		3				9							
Тема 6. Деякі розрахункові і експериментальні дані, щодо впливу метеоумов на роботу FSO-систем.		3		3		9							
Тема 7. Техніко-економічні показники мереж на основі атмосферних оптичних ліній зв'язку.						9							
Тема 8. Аналіз існуючих рішень і ринку FSO.		3				8							
Разом за змістовим модулем 2		10		3		35							
Змістовий модуль 3. SDH-Мережі. Лазерна локація.													
Тема 9. Мережі SONET. Структура сигналів.		2		3		9							
Тема 10. Мережі SDH. Стандарти швидкості передавання. Основна схема мультиплексування SDH		3		3		9							
Тема 11. Принципи роботи повітряного лідача.		2				9							
Тема 12. Інструментальні засоби лазерної локації. Системи геопозиціонування GPS і ГЛОНАСС.		2				8							
Разом за змістовим модулем 3		10		6		35							
УСЬОГО ГОДИН	150	30		15		105							

3.3. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва практичного заняття і його короткий зміст
1	Порівняння характеристик безпроводних телекомунікаційних систем, які базуються на основі радіо та оптичному доступі.
2	Архітектура FSO-систем. Апаратні засоби створення FSO-мереж.
3	Динамічний діапазон системи FSO, енергетичний бюджет системи. Передавально-приймальні модулі систем FSO.
4	Аналіз характеристик FSO-систем, які представлені на ринку України та СНД.
5	Мережі SONET. Історія виникнення. Відмінності від мереж SDH. Основні характеристики.
6	Мережі SDH. Стандарти швидкості передавання. Апаратні засоби SDH-мереж. Структура сигналів.
7	Лазерно-локаційні дані. Імпульсний і фазовий методи вимірювання дальності. Порівняння та сфери застосування.
8	Функціональна схема типового лазерного локатора на прикладі системи ALTM компанії Optech.

3.4. Теми практичних занять

Практичні заняття непередбачені

3.5. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття непередбачені

3.6. Тематика індивідуальних завдань

Індивідуальні завдання непередбачені

3.7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1	Аналіз існуючих рішень і ринку FSO. Структура апаратних засобів FSO. FSO-системи, які представлені на ринку України та СНД.
2	FSO-системи компанії PAV DATA SYSTEMS (Великобританія). Системи серії SkyCell і SkyNet. Деякі характеристики систем типу SkyCell. Номенклатура систем SkyCell. Системи SkyNet. Нове обладнання компанії PAV Data Systems.
3	Обладнання компанії fSONA Communications (США). Обладнання компанії НБК «Катарсіс» (Санкт-Петербург, Росія).
4	Номенклатура систем типу БОКС. Атмосферні оптичні лінії зв'язку Artolink ТОВ „Мостком”.
5	Мережі SONET. Структура сигналів. Три рівня заголовків сигналів. Процес зборки-розборки. Мультимплексування (ADM). Автоматичне захисне переключення (APS). Кільцева архітектура.
6	Мережі SDH. Стандарти швидкості передавання. Основна схема мультимплексування SDH. Структура фрейма.
7	Системи геопозиціонування GPS і ГЛОНАСС. <i>Короткий опис супутникових систем позиціонування. Загальні відомості про систему ГЛОНАСС. Принципи роботи системи ГЛОНАСС</i>

* Самостійна робота студентів складається з підготовки до лекційних і семінарських занять, опрацювання лекційного матеріалу, що становить 100% від аудиторного навантаження (45 годин) та опанування тем, визначених для самостійного вивчення (60 годин).

4. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

5. Засоби оцінювання

Опитування на лекціях, допуск та захист лабораторних робіт, поточні та підсумкові (модульні) контрольні роботи, тестування, опитування на екзамені.

5.1. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота											Підсумковий тест (іспит)	Сума	
Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2				Змістовий модуль 3				40	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12		
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		

5.2. Критерії оцінки підготовки до семінарського заняття

1	Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, фрагментарна. Студент знайомий лише з деякими основними поняттями та визначеннями з питань, що розглядалися на семінарському занятті.
1.5	Студент відтворює основні поняття і визначення питань, які розглядаються на семінарських заняттях. Проте допускає помилки, неточності при відповіді.
2	Студент має глибокі, міцні і систематичні знання з питань семінарського заняття. Відповідь студента відрізняється точністю формулювань, логікою, достатній рівень узагальненості знань

5.3. Питання, які виносяться на екзамен

- Беспровідні оптичні системи зв'язку. Основні поняття. Загальні принципи побудови. Сучасний стан ринка FSO-систем. Основні переваги. Основні недоліки FSO-систем. Області застосування.
- Структура беспровідної оптичної системи зв'язку.
- Оптичні антени. Геометричні співвідношення в каналі зв'язку. Геометричні діаграми приймальних оптичних антен.
- Вплив турбулентності на характеристики оптичного каналу.
- Загасання коливань видимого і інфрачервоного діапазонів в атмосфері.
- Метеорологічна дальність видимості (МДВ) і загасання сигналу.
- Фракції атмосфери, які впливають на загасання сигналу.
- Динамічний діапазон системи FSO, енергетичний бюджет системи.
- Розрахунок енергетичного бюджету системи – величини максимально допустимого затухання сигналу.
- Встановлення відповідності між допустимим затуханням та критичною (мінімально допустимою) МДВ. Розрахунок імовірності виникнення погодних умов, коли МВД менша ніж мінімально допустима МДВ.
- Оцінка метеоумов в Чернівецькому регіоні. Розрахунок доступності каналу АОЛЗ в Чернівецькому регіоні.

12. Максимальні робочі дистанції в залежності від метеорологічної видимості в тумані.
13. Максимальні робочі дистанції в залежності від інтенсивності дощу. Рівень помилок в каналі при роботі FSO-системи в тумані.
14. Порівняння „ідеальної” та реальної FSO-систем.
15. Тривалість та орієнтовна вартість основних етапів проектування і будівництва різного типу ліній зв'язку. Порівняння магістральних АОЛЗ і ВОЛЗ.
16. Огляд існуючих рішень. Структура апаратних засобів FSO.
17. FSO-системи, які представлені на ринку України та СНД.
18. FSO-системи компанії PAV DATA SYSTEMS (Великобританія).
19. Обладнання компанії fSONA Communications (США).
20. Обладнання компанії НБК «Катарсіс» (Санкт-Петербург, Росія). Номенклатура систем типу БОКС.
21. Атмосферні оптичні лінії зв'язку Artolink ТОВ „Мостком”.
22. Обладнання компанії «Гранч».
23. Сучасні пасивні елементи ВОСЗ. Розніми. Поділювані. Перемикачі.
24. Коефіцієнт передавання. Матриця передавання. Типи матриць і коефіцієнтів передавання. Оптичні кроси.
25. Оптичні регенератори і підсилювачі у ВОСЗ.
26. Основи WDM-систем. Інтерферометри Фабри-Перо.
27. Основи WDM-систем. Фільтри Маха-Цандера.
28. Основи WDM-систем. Решітки Брега та волоконно-оптичні решітки Брега (FBG).
29. Основи WDM-систем. Фільтри.
30. Рекомендації ІТУ-Т. Типові характеристики систем WDM.
31. Мережі SONET. Структура сигналів. Три рівня заголовків сигналів. Процес зборки-розборки.
32. Мультиплексування (ADM). Автоматичне захисне переключення (APS).
33. Кільцева архітектура.
34. Мережі SDH. Стандарти швидкості передавання.
35. Основна схема мультиплексування SDH.
36. Структура фрейма.
37. Суть та загальні принципи лазерної локації. Переваги і недоліки лазерної локації.
38. Системи геопозиціонування GPS і ГЛОНАСС.
39. Імпульсний і фазовий методи вимірювання дальності.
40. Способи отримання лазерно-локаційних зображень. Основні принципи функціонування типового аерозйомочного лідача.
41. Методика визначення координат лазерних точок при виконанні лазерно-локаційної зйомки. Функціональна схема типового лазерного локатора

5.4. Критерії оцінки усної або письмової відповіді студентів

Кількість балів	Критерій оцінки
1.6-2	Студент дає повну і точну відповідь на поставлене запитання або бере активну участь в обговоренні усіх питань теми і суттєво доповнює відповіді своїх товаришів.
1-1.5	Студент при відповіді на питання припускається незначних неточностей, які не впливають на суть відповіді або правильно доповнює відповіді своїх товаришів на 50% питань теми.
0.6-0.9	Студент при відповіді на питання припускається незначних помилок, які виправляє за допомогою викладача не впливають на суть відповіді або правильно доповнює відповіді своїх товаришів на 30% питань теми.
0.1-0.5	Студент за допомогою викладача фрагментарно відповідає на запитання, проте не в повній мірі володіє мінімальним рівнем знань з даного питання
0	Студент не відповідає на поставлене запитання і не бере участі в обговоренні питань теми.

5.5. Запитання для модульного контролю з лекційного курсу

Модуль 1

1. Беспровідні оптичні системи зв'язку. Основні поняття. Загальні принципи побудови. Сучасний стан ринка FSO-систем. Основні переваги. Основні недоліки FSO-систем. Області застосування.
2. Структура беспровідної оптичної системи зв'язку.
3. Оптичні антени. Геометричні співвідношення в каналі зв'язку. Геометричні діаграми приймальних оптичних антен.
4. Вплив турбулентності на характеристики оптичного каналу.
5. Загасання коливань видимого і інфрачервоного діапазонів в атмосфері.
6. Метеорологічна дальність видимості (МДВ) і загасання сигналу.
7. Фракції атмосфери, які впливають на загасання сигналу.

Модуль 2

1. Розрахунок енергетичного бюджету системи – величини максимально допустимого затухання сигналу.
2. Встановлення відповідності між допустимим затуханням та критичною (мінімально допустимою) МДВ. Розрахунок імовірності виникнення погодних умов, коли МДВ менша ніж мінімально допустима МДВ.
3. Оцінка метеоумов в Чернівецькому регіоні. Розрахунок доступності каналу АОЛЗ в Чернівецькому регіоні.
4. Максимальні робочі дистанції в залежності від метеорологічної видимості в тумані.
5. Максимальні робочі дистанції в залежності від інтенсивності дощу. Рівень помилок в каналі при роботі FSO-системи в тумані.
6. Тривалість та орієнтовна вартість основних етапів проектування і будівництва різного типу ліній зв'язку. Порівняння магістральних АОЛЗ і ВОЛЗ.
7. Огляд існуючих рішень. Структура апаратних засобів FSO.

Модуль 3

1. Рекомендації ITU-T. Типові характеристики систем WDM.
2. Мережі SONET. Структура сигналів. Три рівня заголовків сигналів. Процес зборки-розборки.
3. Мережі SDH. Стандарти швидкості передавання.
4. Основна схема мультиплексування SDH. Структура фрейма.
5. Суть та загальні принципи лазерної локації. Переваги і недоліки лазерної локації.
6. Системи геопозиціонування GPS і ГЛОНАСС.
7. Імпульсний і фазовий методи вимірювання дальності.
8. Способи отримання лазерно-локаційних зображень. Основні принципи функціонування типового аерозйомочного лідара.

6. Форми поточного та підсумкового контролю

Опитування на лекціях, допуск та захист лабораторних робіт, поточні та підсумкові (модульні) контрольні роботи, тестування, опитування на екзамені.

7. Рекомендована література

7.1. Базова

1. І.І. Мохунь, М.Ю. Сахновський, Р.М. Бесага, Д.М. Бурковець. Основи теорії перетворення сигналів в оптичних системах обробки та передачі інформації. Чернівці: Рута, 2012 – 230 с.
2. Мохунь І.І. Оптичні технології в зв'язку. Мет. Посібник. 2012.
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. – Москва, Техносфера, 2006,- 496. (2 прим.).
4. Мохунь І.І. Волоконно-оптичні лінії зв'язку. Пасивні та активні елементи ВОСП. Навчальний посібник.– Чернівці, Рута, 2002,– 79 с. (50 прим. та електронна версія, виставлена в локальній мережі ІТФ).
5. Мохунь І.І. Волоконно-оптичні системи передачі. Навчальний посібник.– Чернівці, Рута, 2002,– 65 с. (50 прим. та електронна версія, виставлена в локальній мережі ІТФ).
6. Каток В.Б. Волоконно-оптичні системи зв'язку. – Київ; 1998, – 228 с. (1 прим. та електронна версія, виставлена в локальній мережі ІТФ).

7.2. Допоміжна

1. Скларов О.К. Современные волоконно-оптические системы передачи. – М.; Салон-Р, 2001,– 240 с.
2. Вербовецкий А.А. Основы проектирования цифровых оптоэлектронных систем связи. – М.; Радио и связь, 2000, – 158 с.

3. Андрушко Л.М. и др. ВОЛС (Волоконные оптические линии связи). Справочник. – К.; Техніка, 1988, – 239 с.
4. Козане А., Флере Ж., Мэтр Г., Руссо М. Оптика и связь. – М.; Мир, 1984, – 504 с.
5. Стандарти Міжнародного консультативного комітету по телефонії і телеграфії (МККТТ) в галузі цифрових і оптичних систем та пристроїв зв'язку.
6. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети (принципы, технологии, протоколы). – Санкт-Петербург; 1999, – 670 с.
7. Андрушко Л.М., Горднев И.И., Панфилов И.П. Волоконно-оптические линии связи. Справочник. – М.; Радио и связь, 1984, 136 с.
8. Основы волоконно-оптической связи /Под. ред. Борноски М.К./ – М.; Сов. Радио, 1980, – 232 с.
9. Основы волоконно-оптической связи. – М.; Радио и связь, 1981, – 230 с.
10. Горднев И.И., Курбатов Н.Д. Линии связи. – М.; Связь, 1980, – 440 с.
11. Справочник по лазерной технике/Под. ред. Байборобина Ю.В., Криксунова Л.З., Литвиненко О.Н./ – Киев, Техніка, 1978, – 288 с.

8. Інформаційні ресурси

1. І.І. Мохунь, М.Ю. Сахновський, Р.М. Бесага, Д.М. Бурковець. Основи теорії перетворення сигналів в оптичних системах обробки та передачі інформації. Чернівці: Рута, 2012 – 230 с. (Цифровий університет. ЧНУ)
2. Мохунь І.І. Оптичні технології в зв'язку. Мет. Посібник. 2012. (Цифровий університет).