

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра «Радіотехніка та телекомунікації»

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

Гугнін Е.А.

2020 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ППВ 08 Квантові радіотехнічні пристрої та системи

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Радіотехніка
(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут Інформатики та радіоелектроніки
(найменування інституту)

факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій
(найменування факультету)

мова навчання Українська

2020 рік

Робоча програма з дисципліни **«Квантові радіотехнічні пристрої та системи»**
для студентів

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка» .
(назва освітньої програми (спеціалізації))

« » , 20 року – с.

Розробники: **Логачова Людмила Михайлівна**, старший викладач кафедри
Радіотехніки та телекомунікацій.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Радіотехніки та
телекомунікацій

Протокол від « 23 » червня 2020 року № 12

Завідувач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій
(найменування кафедри)

« 23 » червня 2020 року  (Морщавка С.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету РЕТ за спеціальністю **172**
«Телекомунікації та радіотехніка»

Протокол від « 27 » серпня 2020 року № 1

« 27 » серпня 2020 року Голова  (Кабак В.С.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ 2020 рік

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3,5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	нормативна	
Модулів – 1	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(назва)</small>		Семестр	
Загальна кількість годин – 105		8-й	8-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 7,5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	Лекції	
		20 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		14 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		75 год.	95 год.
		Індивідуальні завдання: год.	
		Вид контролю: іспит	

Примітка.

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

- для денної форми навчання – 34/75;
- для заочної форми навчання – 10/95.

2 Мета навчальної дисципліни

Мета: Знайомство з основними поняттями квантової електроніки, закономірностями процесів генерації і підсилення лазерного випромінювання, з методами управління його параметрами, а також з його конструкцією і принципом дії різноманітних приладів квантової електроніки.

Завдання: Ознайомитись з фізичними основами взаємодії оптичного випромінювання з квантовими системами; з підсилюванням та генерацією оптичного випромінювання; основні типи когерентних і некогерентних джерел оптичного випромінювання; з фізичними та основними елементами для реєстрації, модуляції, відхилення, трансформації, реєстрації та обробки оптичного випромінювання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

загальні компетентності:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово(ЗК-5);
- здатність працювати у команді (ЗК-6);
- здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7).

Фахові (професійні) компетентності:

– здатність проводити інструментальне вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних радіотехнічних системах (ПК-6);

– готовність до контролю дотримання та забезпечення екологічної безпеки (ПК-7);

– здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування (ПК-15).

Результати навчання:

– знати основні фізичні та математичні моделі, які використовуються на – аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв’язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (РН-1);

– застосовувати результати особистого пошуку та аналізу інформації для розв’язання якісних і кількісних задач подібного характеру в інформаційно-комунікаційних мережах, телекомунікаційних і радіотехнічних системах (РН-2);

спілкуватись з професійних питань, включаючи усну та письмову комунікацію державною мовою та однією з поширених європейських мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською) (РН-10);

– застосовувати міжособистісні навички для взаємодії з іншими людьми та залучення їх до командної роботи (РН-11);

– толерантно сприймати та застосовувати етичні норми поведінки відносно інших людей (РН-12);

– застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (РН-13);

– розуміння та дотримання вітчизняних і міжнародних нормативних документів з питань розроблення, впровадження та технічної експлуатації інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем (РН-17);

– знати основні фізичні та математичні моделі, які використовуються на етапах розрахунку та проектування; основні характеристики лазерного випромінювання;

– вміти використовувати базові елементи квантової і оптичної електроніки і застосовувати основні методи аналізу квантових і оптоелектронних приладів для вирішення задач в системах передачі та обробки інформації;

– мати уявлення про основні науково-технічні проблеми та перспективах розвитку квантових і оптоелектронних приладів та пристроїв, а також о основних областях їх застосування і ступеня екологічної небезпеки;

– вміти використовувати математичний апарат квантової електроніки, теорії хвиль і електродинаміки для аналізу роботи та розрахунку характеристик приладів квантової електроніки.

Зв'язок з іншими дисциплінами

Вивчення дисципліни повинно спиратися на зміст таких дисциплін:

– "Вища математика" (диференційне та інтегральне числення функцій однієї та декількох змінних, елементи теорії матриць, чисельні методи)

– "Фізика"(рух заряджених частинок в електричних та магнітних полях, види квантових переходів, формули Планка та ін.);

– "Технічна електродинаміка"(резонатори, хвилеводи, невзаємні елементи, сповільнюючі системи);

– "Електро- та радіоматеріали.

3 Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основні показники волоконно-оптичних ліній зв'язку.

Тема 1. Основні показники волоконно-оптичних ліній зв'язку

Вступ: Мета вивчення дисципліни-опанування побудови і принципів дії квантових радіотехнічних пристроїв та систем, вміння працювати з цими пристроями, вивчення їх характеристик і діапазону застосування. Інформаційний вибух і телекомунікації. Історична ретроспектива: оптичні канали зв'язку, джерела випромінювання, приймачі випромінювання. Переваги волоконно-оптичних ліній зв'язку(ВОЛЗ). Надійність ВОЛЗ. Основні напрямки розвитку волоконно-оптичної техніки. Світові тенденції. Проекти провідних країн світу. Створення ВОСПІ СНД. Розвиток ВОСПІ в Україні. Волоконно-оптичні локальні

обчислювальні мережі. Волоконно-оптичні системи передавання кабельного телебачення. Цифрові мережі інтегрального обслуговування. Фізичні основи волоконної оптики

Фізичні основи оптичних волокон. Електромагнітний спектр. Основні поняття хвильової теорії. Основи геометричної оптики. Відбиття світла. Переломлення світла. Повне внутрішнє відбиття і його використання у волоконній оптиці.

Тема 2. Оптичні волокна

Поширення світла у оптичному волокні. Апарат оптичних світловодів. Класифікація ОВ. Поширення світла в різних типах ОВ: східчасте багатомодове ОВ, градієнтне багатомодове ОВ (ГОВ), одномодові ОВ. Діаметр модового поля. Конструкція волоконного світловода: багатоходовий світловод із кварцового скла; одномодовий волоконний світловод із кварцового скла; волоконний світловод із пластмаси. Характеристики оптичних волокон: загасання, втрати внаслідок поглинання, спектральна залежність втрат, додаткові(кабельні) втрати; дисперсія, модова дисперсія, хроматична дисперсія, поляризаційна модова дисперсія, смуга пропускання; апертура. Функціональні властивості одномодових волокон. Виготовлення світловодів. Виготовлення заготовок. Витягування волокон. Матеріали оптичних волокон із кварцового скла.

Тема 3. Волоконно-оптичні кабелі (ВОК)

Основні конструктивні елементи ВОК. Розподіл ВОК по застосуванню. Конструкції волоконно-оптичних кабелів. Типи ВОК. Характеристики ВОК. Основні відомості про технологію виробництва волоконно-оптичних кабелів. Класифікація оптичних кабелів зв'язку. Класифікація ВОК за призначенням:

а) Лінійні кабелі:

- розподільчі (оптична мережа доступу);
- з'єднувальні (з'єднувальні лінії МТМ);
- міжміські (магістральні та зонові ВОЛЗ).

б) Внутрішньо об'єктові:

- абонентські;
- станційні.

Класифікація ВОК за умовами прокладання:

- підвісні: самонесучі, вбудовані в грозозахисний трос, що намотуються на грозозахисний трос або фазний дріт;
- підземні: що прокладаються в ґрунті, для прокладання в кабельній каналізації, для покладання в захисних пластикових трубах, для прокладання в тунелях, шахтах;
- підводні кабелі: для прокладання по дну річок, для прокладання по дну морів та океанів.

Тема 4. Рознімні та не рознімні з'єднання

Методи з'єднання волокон. Джерела втрат при з'єднанні волокон. Підготовка торців волокон, що з'єднуються. Рознімні з'єднання волокон, типи з'єднувачів

(конекторів), технологія стиковки з'єднувачів з ОВ. Нерознімні з'єднання волокон: різновиди технологій нерозумних з'єднань. Зварні з'єднання: технологія зварного з'єднання (ручна, напівавтоматична, автоматична). Захист місць зварного з'єднання - з'єднуючі захисні муфти. Підключення джерела випромінювання та фотоприймачів до ОВ. Характеристики з'єднань.

Тема 5. Розподілювачі оптичної потужності – розгалужувачі та відгалужувачі

Принципи дії розгалужувачів. Т-подібні розгалужувачі, розгалужувачі типу зірка, зварні розгалужувачі, центральносиметричні розгалужувачі з відбиттям. Відгалужувачі. Характеристики розгалужувачів та відгалужувачів. Мультиплексори з розподілом довжини хвилі – спектральні мультиплексори. Призначення, принципи дії. Конструкції, характеристики, приклади використання. Оптичні ізолятори. Призначення. Принцип дії. Схема оптичного ізолятора. Характеристики і параметри.

Змістовий модуль 2. Оптичні-комунікаційні пристрої

Тема 6. Оптичні комутатори.

Задачі комутації. Комутатори ООО та ОЕО конструктивні типи, характеристики, технологія побудови оптичних комутаторів.

Перемикачі. Призначення, характеристики, конструкції і принцип дії. Приклади використання.

Атенюатори. Призначення. Принцип дії, конструкції, характеристики і параметри.

Оптичні розподільчі та комутаційні пристрої. Оптичні кросові пристрої. Інтерконект і кросконект. Принципи побудови оптичного кросового пристрою. Оптичні кроси високої та надвисокою щільності.

Оптичні фільтри. Призначення. Принцип дії та конструкції. Інтерференційні фільтри. Діхроїчні фільтри. Нейтральні фільтри. Граничні довгохвильові та короткохвильові фільтри.

Волокно-оптичні циркулятори. Призначення. Принцип дії, типи циркуляторів, характеристики, приклади використання.

Оптичні затвори. Призначення, принципи дії, конструкції, характеристики.

Тема 7. Джерела випромінювання

Принцип дії лазера. Взаємодія світла з атомами і молекулами. Напівпровідникові лазери. Джерела випромінювання ВОЗЛ. Вимоги до джерел випромінювання. Принцип дії джерел випромінювання. Типи джерел випромінювання. Світлодіод. Лазерний діод. Характеристики і параметри джерел випромінювання: ват- і вольт-амперні характеристики, передатні характеристики, просторові і кутові характеристики, спектральні характеристики, температурні характеристики, інші характеристики. Модуляція випромінювання світлодіодів; аналогова модуляція інтенсивності; цифрова модуляція інтенсивності. Модуляція випромінювання лазерних діодів: аналогова модуляція; цифрова модуляція.

Принцип здійснення модуляції лазерного діода. Передаючі оптоелектронні модулі(ПОМ). Основні елементи ПОМ. Типи середніх ПОМ. Сучасні світові досягнення.

Тема 8. Приймачі випромінювання

Фотоефект. Вакуумний фотодіод і фотопомножувач. Напівпровідниковий фотодіод. Принцип дії напівпровідникових фотодіодів. Фотодіод р-і-n-типу. Швидкодія. Конструкції фотодіодів. Лавинний фотодіод(ЛФД). Схема включення ЛФД. Технічні характеристики фотоприймачів у ВОЗЛ. Прийомні оптоелектронні модулі(ПрОМ). Проектування прийомних пристроїв. Підсилювачі напруги на біполярному транзисторі. Високоімпедансний та трансімпедансний підсилювач. Інтегральний прийомний модуль. Гібридний прийомний модуль. Типи серійних ПрОМ. Сучасні нові світові досягнення.

Тема 9. Повторювачі і оптичні підсилювачі

Проблема відстані. Типи ретрансляторів. Оптоелектронні ретранслятори. Оптичні підсилювачі в системах та мережах. Типи оптичних підсилювачів. Різновиди підсилювачів EDFA. Підсилювачі на кремнієвій основі. Підсилювач на фтор-цирконовій основі. Застосування оптичних підсилювачів EDFA. Класифікація підсилювачів EDFA по способах застосування. Технічні параметри підсилювачів EDFA. Волокно-оптичні ВКР-підсилювачі (Раманівські підсилювачі). Схеми накачування ербієвого волокна в оптичних підсилювачах.

Тема 10. Вимірювання в ВОЛЗ

Вимірювачі оптичної потужності. Оптичні тестери. Оптичні рефрактометри. Вимірювання загасання оптичної потужності у волоконній-оптичній кабельній секції, методи зрізування, метод внесеного загасання. Вимірювання загасань оптичним рефлектометром. Знаходження довжини кабелю до міста його руйнування.

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усьо го	у тому числі					усьо го	у тому числі				
		лк	п р	ла б	ін д	с.р		лк	пр	лаб	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Основні показники волоконно-оптичних ліній зв'язку												
Тема 1. Основні показники волоконно-оптичних ліній зв'язку	11	3		1		7	10					10
Тема 2. Оптичні	12	3		2		7	12	2				10

волокна (ОВ)											
Тема 3. Волоконно-оптичні кабелі (ВОК)	11	2		2		7	12			2	10
Тема 4. З'єднання ВОК	11	2		2		7	12	2			10
Тема 5. Розподілювачі оптичної потужності	10	2		1		7	10				10
Разом за змістовим модулем 1	55	12		8		35	56	4		2	50
Змістовий модуль 2. Оптичні комунікаційні пристрої											
Тема 6. Оптичні комутаційні пристрої	8	1				7	9				9
Тема 7. Джерела випромінювання	10	1		2		7	11	2			9
Тема 8. Приймачі випромінювання	11	2		2		7	11			2	9
Тема 9. Повторювачі і оптичні підсилювачі	10	2		1		7	9				9
Тема 10. Вимірювання в ВОЛЗ	10	2		1		7	9				9
Разом за змістовим модулем 2	49	8		6		35	49	2		2	45
Усього годин	105	20		14		70	105	6		4	95

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Оптичні волокна	2
2	Волоконно-оптичні кабелі	2
3	Передавальні оптичні модулі	2
4	Приймальні оптоелектронні модулі	2
5	Оптичні тестери	2
6	Нерознімні з'єднання оптичних волокон	2
7	Вимір затухання в волоконно-оптичній кабельній ділянці	2
	Разом	14

Примітка: Перелік робіт виконується за вказівкою викладача

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка звітів з лабораторних робіт	17
2	Вивчення розділів лекційного курсу	17
3	Вивчення додаткових розділів дисципліни	18
4	Підготовка до складання іспиту	18
	Разом	70

7 Індивідуальні завдання

Не передбачено.

8 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях.

9 Очікувані результати навчання з дисципліни

В результаті вивчення даної дисципліни очікуються наступні результати навчання:

– аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв’язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (РН-1);

– застосовувати результати особистого пошуку та аналізу інформації для розв’язання якісних і кількісних задач подібного характеру в інформаційно-комунікаційних мережах, телекомунікаційних і радіотехнічних системах (РН-2);

спілкуватись з професійних питань, включаючи усну та письмову комунікацію державною мовою та однією з поширених європейських мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською) (РН-10);

– застосовувати міжособистісні навички для взаємодії з іншими людьми та залучення їх до командної роботи (РН-11);

– толерантно сприймати та застосовувати етичні норми поведінки відносно інших людей (РН-12);

– застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (РН-13);

– розуміння та дотримання вітчизняних і міжнародних нормативних документів з питань розроблення, впровадження та технічної експлуатації

інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем (РН-17);

– знати основні фізичні та математичні моделі, які використовуються на етапах розрахунку та проектування; основні характеристики лазерного випромінювання;

– вміти використовувати базові елементи квантової і оптичної електроніки і застосовувати основні методи аналізу квантових і оптоелектронних приладів для вирішення задач в системах передачі та обробки інформації;

– мати уявлення про основні науково-технічні проблеми та перспективах розвитку квантових і оптоелектронних приладів та пристроїв, а також о основних областях їх застосування і ступеня екологічної небезпеки;

– вміти використовувати математичний апарат квантової електроніки, теорії хвиль і електродинаміки для аналізу роботи та розрахунку характеристик приладів квантової електроніки.

10 Засоби оцінювання

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захистів звітів по лабораторним роботам та індивідуальним домашнім завданням, тестуванні при здачі іспиту).

11 Критерії оцінювання

Приклад для іспиту

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумковий тест (іспит)	Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2					20	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		

T1, T2 ... T10 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D		
60-69	E	задовільно	не зараховано з можливістю повторного складання
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним	

		вивченням дисципліни	повторним вивченням дисципліни
--	--	----------------------	--------------------------------

12 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Оптичні волокна» з дисципліни “Квантові радіотехнічні пристрої та системи” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Дмитренко В.П. – Запоріжжя:НУЗП, 2020. – 21 с.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Волоконні оптичні кабелі» з дисципліни “Квантові радіотехнічні пристрої та системи” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Дмитренко В.П. – Запоріжжя:НУЗП, 2020. – 13 с.

3. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Передавальні оптичні модулі» з дисципліни “Квантові радіотехнічні пристрої та системи” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Дмитренко В.П. – Запоріжжя:НУЗП, 2020. – 22 с.

4. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Приймальні оптоелектронні модулі» з дисципліни “Квантові радіотехнічні пристрої та системи” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Дмитренко В.П. – Запоріжжя:НУЗП, 2020. – 10 с.

5. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Оптичні тестери» з дисципліни “Квантові радіотехнічні пристрої та системи” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Дмитренко В.П. – Запоріжжя: НУ ЗП, 2020. – 18 с.

6. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Нерознімні з’єднання оптичних волокон» з дисципліни “Квантові радіотехнічні пристрої та системи” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Дмитренко В.П. – Запоріжжя: НУ ЗП, 2020. – 15 с.

7. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Вимір затухання в волоконно-оптичній кабельній ділянці» з дисципліни “Квантові радіотехнічні пристрої та системи” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Дмитренко В.П. – Запоріжжя:НУЗП, 2020. – 15 с.

8. Конспект лекцій з дисципліни “Квантові радіотехнічні пристрої та системи”, для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка” всіх форм навчання / Укл. Логачова Л.М. Дмитренко В.П. – Запоріжжя: НУ «ЗП», 2020. – 141 с.

13 Рекомендована література

Базова

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи: Уч. Пособие/В.И. Ефанов – 3-е изд.; доп. – Томск. Гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 149 С. ISBN 5 – 86889 – 356. – 5.
2. Корнейчук В.И., Панфилов И.В. Волоконно-оптические системы передачи.- Одесса: Друк, 2001.-435 с.
3. Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника. Учебник для ВУЗов / А.Н. Пихтин. – М.: Высшая школа, Абрис, 2012. – 655 с.
4. Корнейчук В.И. Измерение параметров компонентов и устройств ВОСП. – Одеса: Видавничий центр УДАЗ ім. О.С. Попова, 2000.-322 с.
5. Корнійчук В.Д., Мосорін П.Д. Волоконно-оптичні компоненти, системи передачі та мережі. – Одеса: Друк, 2001.-362 с.
6. Щекотихін О.В., Піза Д.М. Волоконно-оптичні прилади та пристрої в телекомунікаціях. Частина I Оптичні волокна і кабелі – Запоріжжя: Поліграфічна дільниця ЗНТУ, 2004.-158 с.
7. Щекотихін О.В., Піза Д.М., Корольков Р.Ю. Волоконно-оптичні прилади та пристрої в телекомунікаціях. Частина II Активні компоненти ВОЛЗ – Запоріжжя: Поліграфічна дільниця ЗНТУ, 2006.-152 с.

Допоміжна

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. – М.: Питер, 2003.-263 с.
2. Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. –М.: Солон-Пресс, 2004. – 265 с.
3. Иоргачев Д.Б., Бондаренко О.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи. –М.: Эко-Трендз, 2002. – 382 с.
4. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи – М: Техносфера, 2003. – 448 с.
5. Семенов А.Б. Волоконно- оптические подсистемы современных СКС. – М.: Академия Айти, 2007. – 632с.
6. Элементы квантовой и оптической электроники. ч.2. Принципы построения источников и приемников оптического излучения/В.А. Васильев [и др.]; под ред. В. И. Волчихина; - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. – 272 с.

14 Інформаційні ресурси

1. Борейшо А.С. Лазеры: устройство и действие [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.С. Борейшо, С.В. Ивакин. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2016. – 312 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72972

2. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс].
– Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2011. – 314 с.
Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=627