

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій імені О.О. Зеленського
(№ 504)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Ірина ВАСИЛЬЄВА

(ім'я та прізвище)

«26» серпня 2024 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Технології і системи бездротового зв'язку

(назва навчальної дисципліни)

(назва вибіркового блоку)

Галузь знань: 17 «Електроніка і телекомунікації»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіоелектроніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Вводиться в дію з «01» вересня 2024 р.

Харків 2024

Розробник: доцент, канд. техн. наук Вікторія НАУМЕНКО

(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)



(підпис)

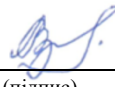
Силабус навчальної дисципліни «Технології і системи бездротового зв'язку»
розглянуто на засіданні кафедри (№ 504) інформаційно-комунікаційних
технологій імені О.О. Зеленського

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 26 » серпня 2024 р.

Завідувач кафедри докт. техн. наук, проф.

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Володимир ЛУКІН

(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:



(підпис)

Федір АПАНАСЮК

(ім'я та прізвище)

Загальна інформація про викладача



ПІБ: Науменко Вікторія Володимирівна

Посада: *доцент кафедри інформаційно-комунікаційних технологій імені О.О. Зеленського*

Науковий ступінь: *канд. техн. наук*

Вчене звання: *без звання*

Перелік дисциплін, які викладає: *Технології і системи бездротового зв'язку, Інтернет речей, Інтернет речей (КП)*

Напрями наукових досліджень:

Біспектральна обробка сигналів, новітні методи генерації радіосигналів;

Обробка зображень, виявлення неоднорідностей на зображеннях, стиснення зображень.

1. Опис навчальної дисципліни

Форма навчання – денна

Семестр, в якому викладається дисципліна – 7/5 (за скороченим терміном навчання)

Дисципліна – обов'язкова

Загальна кількість годин за навчальним планом - 120 години / 4 кредити ЄКТС. 56 годин аудиторної та 64 години самостійної роботи здобувачів.

Види занять – лекції, лабораторні роботи

Вид контролю – залік

Мова викладання – українська

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у студентів загальних уявлень про сучасні технології та системи бездротового зв'язку, місце спеціаліста у галузі інфокомунікацій у сучасному розвитку науково-технічного прогресу.

Завдання: вивчення принципів організації телекомунікаційних систем бездротового зв'язку і мереж; отримання студентом вміння орієнтуватися у сучасних напрямках розвитку технологій інфокомунікацій; застосовувати отримані знання на практиці.

Компетентності, які набуваються:

ЗК2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3 Здатність планувати та управляти часом

ЗК4 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК8 Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК9 Навики здійснення безпечної діяльності.

ЗК10 Прагнення до збереження навколишнього середовища.

ФК2 Здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки.

ФК4 Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

ФК6 Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

ФК7 Готовність до контролю дотримання та забезпечення екологічної безпеки.

ФК8 Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів.

ФК9 Здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів.

ФК10 Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

ФК11 Здатність складати нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань.

ФК13 Здатність організувати і здійснювати заходи з охорони праці та техніки безпеки в процесі експлуатації, технічного обслуговування і ремонту обладнання інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

ФК15 Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

Очікувані результати навчання:

ПРН5 – Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.

ПРН7 – Здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН8 – Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН10 – Здатність проводити випробування телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення у відповідності до технічних регламентів та інших нормативних документів.

ПРН11 – Вміння діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

Пререквізити: Антенні пристрої і комплекси, Антенні пристрої і комплекси (КП)

Кореквізити: *Технології і системи електричного та оптичного зв'язку*

Постреквізити: *Супутникові і наземні системи передачі даних*

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. *Основні поняття бездротового зв'язку*

Тема 1. ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ З РУХЛИВИМИ ОБ'ЄКТАМИ: Основи організації систем зв'язку з рухомими об'єктами, Класифікація радіочастот, Загальні принципи побудови РРЛ, Принципи встановлення зв'язку в системах рухомого радіозв'язку, Структура сигналу GSM

– *форма занять лекції/самостійна робота;*
– *обсяг аудиторного навантаження - 1 година;*
– *обсяг самостійної роботи здобувачів – 2 години;*
– *теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: проробка матеріалу лекції, самостійне вивчення матеріалу за темами Класифікація радіочастот, Структура сигналу GSM*

Тема 2. ПОКОЛІННЯ МОБІЛЬНОЇ ТЕЛЕФОНІЇ: Покоління 1G, Покоління 2G, Покоління 3G, Покоління 4G, Стандарт 5G, Стандарт 6G

– *форма занять лекції/ самостійна робота;*
– *обсяг аудиторного навантаження – 2 години;*
– *обсяг самостійної роботи здобувачів – 2 години;*
– *теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: проробка матеріалу лекції.*

Тема 3. ТРАФІК І ЕМНІСТЬ СТІЛЬНИКОВИХ СИСТЕМ: Трафік і способи підвищення ємності стільникових систем, Основи теорії телетрафіку, Розрахунок кількості каналів, Оцінка числа користувачів на соту в системах CDMA, Вплив доплерівського ефекту на мобільний зв'язок

- форма занять лекції/лабораторні заняття/самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 4 годин (2 год. лекція та 2 год. лабораторна робота);
- тема лабораторних занять Трафік багатоканальних радіосистем;
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, програма TRAFIC.EXE, Word;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 6 годин;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Тема 4. ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ В МІСТАХ: Способи рознесеного прийому, TDMA, FDMA, CDMA, Способи еквалайзінга

- форма занять лекції/лабораторні заняття/самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 4 годин (2 год. лекція та 2 год. лабораторна робота);
- теми лабораторних занять Частотно-територіальне планування стільникових систем рухомого зв'язку;
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, програми SOT41.exe, SOT42.exe, Word;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 6 годин;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Тема 5. АЦП, ІКМ, СКРЕМБЛЮВАННЯ: АЦП, Нелінійне кодування, ІКМ, Швидкість передачі цифрового потоку, Переваги цифрового сигналу, Скремблювання цифрового сигналу

- форма занять лекції/самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 2 години;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 годин;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, виконання тесту за темою лекції

Тема 6. КОДОВЕ РОЗДІЛЕННЯ КАНАЛІВ: Технологія CDMA, Принцип роботи CDMA, Rake-приймач

- форма занять лекції/самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 2 години;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 годин;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, виконання тесту за темою лекції

Тема 7. МОДЕЛІ ПЕРЕДБАЧЕННЯ РІВНЯ СИГНАЛУ: Модель Окамури, Модель Окамури-Хата

- форма занять лекції/лабораторні заняття/самостійна робота);

- обсяг аудиторного навантаження – 5 годин (1 год. лекція та 4 год. лабораторна робота);
- теми лабораторних занять Дослідження зон Френеля бездротового каналу зв'язку (2 год.), Дослідження дифракції радіохвиль на перешкоді (2 год.);
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, програми Word, Matlab ;
- обсяг самостійної роботи здобувачів - 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Сучасні системи та технології бездротового зв'язку

Тема 1. СТРУКТУРА СИСТЕМИ GSM : Структура системи GSM (Global System for Mobile Communications), Аутентифікація SIM-модуля, Ідентифікація абонентського обладнання (Equipment Identity Register), Handover (хендовер), Роумінг, Еквалайзінг, Стрибки по частоті.

- форма занять лекції/ самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 2 години;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 2 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій.

Тема 2. УСТРІЙ РУХОМОЇ І БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ: Рухома станція, Базова станція, Принципи формування сигналів стандарту GSM, Особливості устрою мобільної станції стільникового зв'язку

- форма занять лекції/лабораторні заняття/ самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 4 години (2 год. лекція та 2 год. лабораторна робота);
- теми лабораторних занять Конфігурування базової станції CCPP GSM (2год.);
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, базова станція, кабель, ПЗ;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Тема 3. МОДУЛЯЦІЯ СИГНАЛІВ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ: Бінарна фазова модуляція (BPSK), Квадратурна фазова маніпуляція (QPSK), Квадратурна фазова маніпуляція із зсувом (O-QPSK), Відносна квадратурна фазова маніпуляція з фазовим зсувом ($\pi/4$ -DQPSK), Маніпуляція з мінімальним частотним зрушенням (MSK)

- форма занять лекції/лабораторні заняття/ самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 4 години (2 год. лекція та 2 год. лабораторна робота);
- теми лабораторних занять Діагностика базової станції CCPP GSM (2год.);
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, базова станція, кабель, ПЗ;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Тема 4. ОСНОВИ РОЗПІЗНАВАЮЧИХ ТА КОРЕГУЮЧИХ КОДІВ: Принципи кодування, Основні характеристики коригувальних кодів, Коригувальні коди Хемінга, Перемеження символів

- форма занять лекції/лабораторні заняття/самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 4 години (2 год. лекція та 2 год. лабораторна робота);
- теми лабораторних занять Визначення втрат на трасі радіоканалу за моделлю Окамура-Хата (2год.);
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, базова станція, кабель, ПЗ;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Тема 5. ЕКВАЛАЗЕРИ: Лінійні спотворення, Розрахунок еквалайзера

- форма занять лекції/лабораторні заняття/самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 4 години (2 год. лекція та 2 год. лабораторна робота);
- теми лабораторних занять Розрахунок адаптивного еквалайзера (2год.);
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, MathLab, Word;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Тема 6. OFDM: Характеристика OFDM-системи передачі, Перетворення сигналу в OFDM-системі передачі

- форма занять лекції/лабораторні заняття/самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 6 години (2 год. лекція та 4 год. лабораторна робота);
- теми лабораторних занять Розрахунок санітарно-захисних зон та зон обмеження забудови (4 год.);
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, , програми Word, Matlab;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Тема 7. Wi-Fi: Історія розвитку Wi-Fi, Стандарт IEEE 802.11g, Топології бездротових мереж Wi-Fi, Зона покриття Wi-Fi мережі

- форма занять лекції/лабораторні заняття/самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 6 години (2 год. лекція та 4 год. лабораторна робота);
- теми лабораторних занять Розрахунок зони покриття за допомогою програми D-Link Wi-Fi Planner Pro (4 год.);
- обов'язкові предмети та засоби комп'ютер, програми D-Link Wi-Fi Planner Pro, Word;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, підготовка до лабораторної роботи та її оформлення.

Тема 8. LTE: Історія розвитку LTE, Принципи побудови радіоінтерфейсу за технологією LTE, Багатоантенні системи, Мережева архітектура SAE

- форма занять лекції/ самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 2 години;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, виконання тесту за темою лекції.

Модульний контроль

Модуль 2.

Змістовний модуль 3. Професійні системи рухомого зв'язку

Тема 1. КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОФЕСІЙНИХ СИСТЕМ РУХОМОГО ЗВ'ЯЗКУ: Рухома станція, PCRP « Алтай», Smart Trunk II, InforTrunk.

- форма занять лекції/ самостійна робота;
- обсяг аудиторного навантаження – 1 години;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 2 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача проробка матеріалу лекцій, виконання тесту за темою лекції.

Тема 2. СТАНДАРТИ ПРОФЕСІЙНИХ СИСТЕМ РУХОМОГО ЗВ'ЯЗКУ: PCRP стандарту LTR(PCRP FAST та ESAS), PCRP стандарту MPT (PCRP Fylde Microsystems, PCRP TeitNet, PCRP Zetron), PCRP стандарту Tetra (PCRP Dimentra), PCRP стандарту iDEN.

- форма занять самостійна робота;
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;
- теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача Самостійне вивчення матеріалу.

Модульний контроль

4. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

5. Методи навчання

Методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

- 1) переконання у значущості навчання;
- 2) вимоги;
- 3) створення ситуації зацікавленості.

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

- 1) пояснювально-ілюстративний;
- 2) словесний (розповідь, лекція, бесіда, пояснення);
- 3) наочний (ілюстрація, демонстрація);
- 4) практичний (вправи).

6. Методи контролю

Методи контролю і самоконтролю в навчанні:

- 1) лабораторні роботи;
- 2) модульний та поточний контроль;
- 3) залік

7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

7.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	5	0...25
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	1	0...1
Модульний контроль	0...14	1	0...15
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового заліку здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з 2 *теоретичних* (кожне питання 30 балів) та 1 *практичного* питання (40 балів).

7.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

1. **Теоретичні основи:** Глибоке розуміння основних концепцій і принципів, що стосуються теми курсу.
2. **Спеціалізовані знання:** Знання конкретних технологій, методів і стандартів у відповідній галузі.
3. **Нормативні документи:** Розуміння та застосування стандартів, нормативів і рекомендацій, що стосуються професійної діяльності.
4. **Актуальні дослідження:** Знання сучасних досліджень та трендів у сфері, що вивчається, для розуміння контексту та інновацій.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

1. **Аналіз та оцінка інформації:** Вміння критично оцінювати дані, включаючи їх правильність і застосування.
2. **Практичне застосування знань:** Здатність ефективно використовувати теоретичні знання в практичних ситуаціях, наприклад, під час лабораторних робіт.
3. **Планування та проектування:** Оцінка вимог, створення плану, аналіз ризиків, моделювання та ескізи, проектування систем бездротового зв'язку, врахування масштабованості.
4. **Робота в команді:** Здатність співпрацювати з іншими, обмінюватися ідеями та працювати над спільними проектами.

7.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Виконати усі лабораторні роботи, захистити індивідуальне завдання (розрахункову роботу) та здати тестування. Знати визначення основних термінів, основні методи вирішення системних задач. Уміти користуватися стандартами та рекомендаціями щодо проектування систем зв'язку. Виконувати моделювання простих систем зв'язку.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, захистити всі лабораторні роботи, захистити індивідуальне завдання (розрахункову роботу), виконати всі КР, здати тестування. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Уміти: проводити аналіз і синтез систем інфокомунікацій. Знати методи і засоби моделювання складних систем та вміти користуватися ними на практиці.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Планувати розвиток мереж та оцінювати її продуктивність та відмовостійкість. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Розподіл балів, які отримують здобувачі за виконання курсової роботи (проекту) – не передбачено навчальним планом

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до ____	до ____	до ____	100

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

8. Політика навчального курсу

Процедура відпрацювання пропущених занять (знаходження на лікарняному, мобільність та ін.) або при невиконаних завданнях здійснюється на консультаціях за розкладом або за передньою домовленістю. Перевірка робіт на антиплагіат здійснюється за допомогою системи <https://unicheck.com/>.

9. Методичне забезпечення

1. <https://library.khai.edu/library/fulltexts/2021/complex/Tekhn.i%20sist.bezdr.zv.%202021%20ka f.%20504.pdf.pdf>
2. <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=4158>

10. Рекомендована література

Базова

1. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010.
2. Трубочанінова К. А., Жученко О. С., Лисечко В. П. Бездротові телекомунікаційні системи: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – 86 с
3. Сайко В. Г., Казіміренко В. Я., Літвінов Ю. М. Мережі бездротового широкосмугового доступу: навч. посіб. Київ: ДУТ, 2015. 196 с.

Допоміжна

1. Основи теорії систем і системного аналізу: Навч. посібник / К.О. Сорока. – ХНАМГ:, 2004. – 291 с.
2. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с
3. Шерепа І.В., Шулакова К.С. Глобальна інформаційна інфраструктура: навчальний посібник з підготовки спеціалістів та магістрів / Шерепа І.В., Шулакова К.С. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2009, – 172 с.
4. Системний аналіз: навч. посібник / О.І. Аршинова, А.В. Шевченко. – К.: НАУ, 2008. – 128 с.

11. Інформаційні ресурси

1. https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/707938/mod_resource/content/1/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%BA%D1%83_.pdf
2. https://assets.cambridge.org/97805211/14035/frontmatter/9780521114035_frontmatter.pdf
3. https://web.stanford.edu/~dntse/papers/press_book.pdf
4. <https://www.egr.msu.edu/~tongli/Introduction-WCN.pdf>
5. <http://www.wirelesscommunication.nl/pdfandps/systems.pdf>
6. https://mrctet.com/downloads/digital_notes/ECE/IV%20Year/WIRELESS%20COMMUNICATIONS%20AND%20NETWORKS.pdf