

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Кафедра телекомунікаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор університету

«_____» _____ 2019 р.



Система менеджменту якості

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Системи мобільного зв'язку»

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»
Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
Освітньо-професійна програма: «Телекомунікаційні системи та мережі»

Курс – 4	Семестр – 7, 8	
Аудиторні заняття	– 162	Екзамен – 7, 8 семестр
Самостійна робота	– 168	
Усього (годин/кредитів ECTS)	– 330/11,0	
Курсовий проект	– 8 семестр	

Індекс НП-14-172/16-2.1.20

СМЯ НАУ НП 22.01.02-01-2019



Навчальну програму навчальної дисципліни «Системи мобільного зв'язку» розроблено на основі освітньої програми та навчального плану № НБ-14-172/16 підготовки фахівців освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» освітньо-професійної програми «Телекомунікаційні системи та мережі», а також відповідних нормативних документів.

Навчальну програму розробив:

доцент кафедри
телекомунікаційних систем _____ А. Тараненко


Навчальну програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітньо-професійної програми «Телекомунікаційні системи та мережі») — кафедри телекомунікаційних систем, протокол № ___ від _____ р.

Завідувач кафедри _____ Г. Конахович

Навчальну програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій, протокол № ___ від «___» _____ 2019 р.

Голова НМРР _____ С. Креденцар

УЗГОДЖЕНО
В.о. декана ФАЕТ
_____ І. Мачалін
«___» _____ 2019 р.

	Система менеджменту якості. Навчальна програма навчальної дисципліни «Системи мобільного зв'язку»	Шифр документа	СМЯ НАУ НП 22.01.02-01-2019
		Стор. 3 із 7	

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Навчальну програму навчальної дисципліни «Системи мобільного зв'язку» розроблено на основі «Методичних вказівок до розроблення та оформлення навчальної та робочої навчальної програм дисциплін», введених в дію розпорядженням від 16.06.2015р. №37/роз.

Дана навчальна дисципліна є теоретичною і практичною основою сукупності знань та вмій, що формують профіль фахівця в галузі електроніки та телекомунікації.

Основна мета викладання дисципліни полягає в отриманні знань щодо загальних методів побудови та принципів дії систем мобільного зв'язку (СМЗ), а також формування на базі цих знань високого рівня професійної підготовки фахівця за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Основною задачею дисципліни СМЗ при підготовці фахівців є вивчення побудови систем, експлуатаційних та конструктивних характеристик обладнання систем, а також структурних і функціональних схем обладнання.

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни студент повинен:

знати: призначення та класифікацію СМЗ;

- міжнародні та державні нормативні вимоги, що стосуються СМЗ;
- принципи дії видів СМЗ;
- експлуатаційно-технічні характеристики апаратури;
- структурні, функціональні та принципіві схеми СМЗ;
- основні напрямки та перспективи розвитку СМЗ;

вміти: обґрунтовувати технічні та експлуатаційні параметри СМЗ;

- розробляти схеми обладнання;
- аналізувати фізичні процеси в СМЗ;
- виконувати перевірку функціонування та регулювання апаратури;
- самостійно за допомогою технічної літератури вивчати найновіші СМЗ;
- аналізувати несправності та виконувати вимірювання характеристик СМЗ.

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з трьох навчальних модулів: **№1 «Принципи побудови СМЗ»**, **№2 «Перетворення сигналів у СМЗ»**, **№3 «Широкопasmові СМЗ»**, кожен з яких є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Окремим, четвертим, модулем є *курсний проект (КП)*, який студент виконує у 8-му семестрі. КП є важливою складовою закріплення та поглиблення теоретичних і практичних знань та вмій, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни.

Дисципліна «Системи мобільного зв'язку» вивчається після одержання знань по загально-інженерним та спеціальним дисциплінам: «Вища математика», «Фізика», «Основи програмування в ТКС», «Основи інформаційно-комунікаційних технологій», «Основи теорії електричних кіл», «Теорія електровз'язку», «Сигнали та процеси в телекомунікаційних системах», «Основи схемотехніки», «Мікропроцесорні пристрої та системи».

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Модуль №1 «Принципи побудови СМЗ»

Тема 2.1.1. Структура стільникової системи

Загальні вимоги до системи стільникового зв'язку. Поняття кластера та методи його розрахунку. Методи підвищення коефіцієнту послаблення внутрішньоканальних завад. Секторизація стільника.

Структура системи мобільного зв'язку. Призначення та функції основних структурних елементів. Види інтерфейсів, поняття конфігурації системи.

Види мережних зон обслуговування. Види та параметри сервісів. Мережні номери, їхні категорії та формати. Огляд основних мережних операцій.

Тема 2.1.2. Канали та вимірювання в радіоінтерфейсі

Методи доступу в радіоінтерфейсі. Параметри частотних каналів. Загальна структура часових інтервалів, повношвидкісний на напівшвидкісний режими зв'язку. Поняття часового каналу.



Поняття логічного каналу, класифікація каналів трафіка та управління. Суміщення логічних та фізичних каналів у слотах, фреймах, мультифреймах. Передача логічних каналів в гіперфреймі.

Вибір стільника, визначення та розрахунок параметру $C1$. Принцип прийняття рішення з вибору зони обслуговування. Задача переобрання зони обслуговування. Визначення та розрахунок параметру $C2$.

Синхронізація за умов кінцевої довжини захисного інтервалу. Розрахунок необхідного часового зсуву слотів передавачів. Вплив цього зсуву на максимальний розмір зони обслуговування. Оцінювання потужності прийнятого сигналу та його якості. Двоконтурна схема регулювання потужності.

Тема 2.1.3. Протоколи та сигналізація

Протоколи площини користувача, призначені для передачі мови та даних. Протоколи площини сигналізації, призначені для передачі повідомлень управління. Розподілення цих протоколів на три рівня. Мережні задачі для кожного рівня та субрівня. Протоколи та параметри сервісу коротких повідомлень.

Сигналізація в радіоінтерфейсі. Несучі сервіси першого рівня: транспортування бітів, корекція помилок, шифрування. Протокол другого рівня, який забезпечує повторну передачу блоків повідомлення, що містять помилки. Протоколи та мережні задачі третього рівня. Структура узагальненої мережної операції. Сигналізація у внутрішньомережних інтерфейсах.

Тема 2.1.4. Мережеві операції

Види мережевих операцій. Процедури та параметри реєстрації місцезнаходження мобільної станції. Процедури та параметри операції оновлення місцезнаходження. Процедури та параметри операції вихідного виклику. Маршрутизація виклику, який прийшов з зовнішньої мережі. Процедури та параметри операції вхідного виклику. Процедури та параметри операції хендовера. Види хендовера. Функції мережних блоків в процесі хендовера. Обчислення параметрів для прийняття рішення стосовно передачі обслуговування мобільної станції в інший стільник. Алгоритм хендовера.

2.2. Модуль №2 «Перетворення сигналів у СМЗ»

Тема 2.2.1. Принципи кодування сигналів

Математичне моделювання мовного процесу за методом лінійного передбачення сигналу. Рівняння лінійного передбачення. Знаходження коефіцієнтів передбачення, аналіз і синтез мовного сигналу з застосуванням знайдених коефіцієнтів.

Основи методу циклічного кодування. Формування дозволених комбінацій, загальна схема циклічного кодера. Приклад побудови кодера для заданого породжуючого поліному. Види циклічного декодування, знаходження та виправлення помилок. Приклад побудови декодера.

Принцип і параметри згорткового кодування. Побудова кодового дерева, поняття стану кодера та рівня вузла. Формування вихідної послідовності кодових символів за допомогою кодового дерева. Загальна задача згорткового декодування, алгоритм Вітербі. Приклад декодування за допомогою кодової решітки.

Тема 2.2.2. Мовне та каналне кодування

Загальна схема перетворень сигналів в стаціонарному та рухомому обладнанні. Структурна схема мовного кодера, основні операції кодування. Короткочасне передбачення, довгочасне передбачення, їхні вихідні параметри. Формування сигналу збудження. Склад вихідного слова кодера, розрахунок характеристик кодера. Структурна схема мовного декодера, похибки декодування.

Призначення та функції каналного кодека, його структурна схема. Кодування мовного сигналу в каналі трафіку, розрахунок швидкості передачі цифрового сигналу. Кодування сигналу даних в каналі трафіку. Розподіл каналів управління по групах. Кодування в каналах синхронізації та випадкового доступу. Кодування в інших каналах управління. Склад вихідного слова кодера. Зворотні операції в декодері.

Тема 2.2.3. Формування та обробка радіосигналів

Метод модуляції з мінімальним зсувом частоти. Модулюючий сигнал як сума синфазного і квадратурного сигналів, розрахунок частоти модулюючого сигналу. Структурна схема модулятора. Аналіз роботи схеми з допомогою часових діаграм. Гаусівська фільтрація цифрового сигналу.



Оптимальний прийом двох ортогональних сигналів як основа методу демодуляції. Структурна схема демодулятора. Аналіз роботи схеми з допомогою часових діаграм. Формування вихідного цифрового сигналу.

Вплив багатопроменевого поширення радіохвиль на форму вихідного сигналу демодулятора, необхідність еквалайзингу. Приклад побудови лінійного еквалайзера. Загальна схема двоканального еквалайзера з прийняттям рішення по алгоритму Вітербі.

2.3. Модуль №3 «Широкопasmові СМЗ»

Тема 2.3.1. Передача даних

Передача даних з комутацією пакетів. Види протоколів пакетної передачі. Структура підсистеми забезпечення пакетного режиму. Види несучих сервісів. Параметри якості обслуговування.

Мережні операції з підтримки мобільності, маршрутизація пакетів. Протоколи площини передачі. Протоколи площини сигналізації. Побудова пакетного радіоінтерфейсу. Види логічних каналів, схеми кодування. Підвищення швидкості передачі шляхом зміни схем модуляції та кодування.

Тема 2.3.2. Принципи кодового розподілення сигналів

Передача та прийом цифрової інформації з розширенням спектру цифрового сигналу. Передача мови за цим методом в одноканальній системі зв'язку. Перехід до багатоканальної системи, поняття очікуваного сигналу.

Структурна схема кореляційного приймача. Знаходження очікуваного сигналу за умови точної синхронізації вхідного та опорного сигналів. Операції кореляційного прийому: пошук очікуваного сигналу, його знаходження та формування копії цифрового сигналу, що передається.

Види опорних сигналів. Послідовності максимальної довжини, формування цих послідовностей за допомогою реєстру зсуву. Послідовності Волша, їхня побудова за допомогою матриці Адамара. Перехід від послідовностей Волша до сигнальних послідовностей.

Тема 2.3.3. Прямі канали

Загальна структурна схема системи з кодовим розподіленням, призначення та функції основних блоків. Принцип кодування мови, структурна схема кодека. Види прямих каналів, розподілення логічних каналів. Функції пілотного каналу. Структурна схема передавача. Короткий код, його використання для формування ортогональних сигналів. Кореляційний прийом цих сигналів.

Види повідомлень в каналі синхронізації. Структурна схема кодера, формування вихідного цифрового сигналу, модуляція. Пошук, демодуляція, та кореляційний прийом сигналу синхронізації. Метод синхронізації рухомого обладнання з часовою підсистемою. Побудова часової діаграми взаємозв'язку сигналів в прямих каналах.

Види повідомлень у каналі виклику. Структурна схема кодера, формування вихідного цифрового сигналу. Довгий код, синхронізація короткого та довгого кодів. Скремблювання цифрового сигналу. Види повідомлень в каналі прямого трафіку. Структурна схема кодера, особливості формування сигналів. Сумісна передача інформації трафіку та управління.

Тема 2.3.4. Зворотні канали

Загальна схема формування радіосигналів. Види повідомлень в каналі доступу. Структурна схема кодера, формування вихідного цифрового сигналу. Модуляція, демодуляція, кореляційний прийом сигналів. Види повідомлень в каналі зворотного трафіку. Структурна схема кодера, особливості формування сигналів. Ортогональний модулятор, рандомізатор. Сумісна передача інформації трафіку та управління.

Ефект пригнічення слабких сигналів на вході стаціонарного приймача більш сильними сигналами. Необхідність швидкодіючого регулювання потужності рухомого обладнання. Структурна схема регулювання. Конттури грубого та точного регулювання. Формування управляючого сигналу в каналі прямого трафіку. Регулювання потужності стаціонарного обладнання. Алгоритми м'якого та жорсткого хендвера.



Тема 2.3.5. Удосконалена пакетна підсистема

Загальна структура пакетної підсистеми, режими використання частотних каналів. Особливості фізичного рівня. Структура протоколів пакетної передачі. Види прямих каналів. Схеми кодування і модуляції. Структура сигналів в процесі часового мультиплексування даних. Види зворотних каналів. Регулювання потужності передавачів. Передача обслуговування абонента.

2.4. Модуль №4 «Курсовий проект»

Курсовий проект з дисципліни виконується у восьмому семестрі, відповідно до затверджених в установленому порядку методичних рекомендацій, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни по системам мобільного зв'язку.

Конкретна мета курсового проекту полягає у розробці структури системи мобільного зв'язку та розрахунку основних параметрів системи згідно з індивідуальним технічним завданням.

Для успішного виконання КП студент повинен *знати* методологію і сутність етапів проектування СМЗ; принципи побудови і функціонування системи; формати сигналів, які формуються і обробляються у СМЗ; методи обчислення системних параметрів, що використовуються під час мережних операцій, *вміти* самостійно розробляти алгоритми мережних операцій, що відповідають вимогам стандарту; обчислювати параметри, що характеризують стан каналу зв'язку в радіоінтерфейсі; застосовувати методи кодування даних для забезпечення заданого рівня якості обслуговування абонента.

Виконання, оформлення і захист КП здійснюється студентом в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій. Час, потрібний для виконання КП, — до 45 годин СРС.

3. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

3.1. Основні рекомендовані джерела

- 3.1.1. Кравчук С.О., Голубничий О.Г., Тараненко А.Г., Потапов В.Г., Ткаліч О.П. Системи зв'язку з рухомими об'єктами. — К.: «Спринт-Сервіс», 2012. — 452 с.
- 3.1.2. Скляр Б. Цифровая связь. — М.: «Изд. дом "Вильямс"», 2003. — 1104 с.
- 3.1.3. Шиллер И. Мобильные коммуникации. — М.: «Изд. дом "Вильямс"», 2002. — 384 с.
- 3.1.4. Ипатов В.П. и др. Системы мобильной связи. — М.: «Телеком», 2003. — 272 с.
- 3.1.5. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. — М.: «Эко-Трендз», 2005. — 296 с.
- 3.1.6. Весоловский К. Системы подвижной радиосвязи. — М.: «Телеком», 2006. — 536 с.

3.2. Додаткові рекомендовані джерела

- 3.2.1. Феер К. Беспроводная цифровая связь. — М.: «Радио и связь», 2000. — 520 с.
- 3.2.2. Бабков В.Ю. Системы связи с кодовым разделением каналов. — СПб.: СПбГУТ, 1999. — 120 с.
- 3.2.3. Шелухин О.М., Лукьянцев М.Ф. Цифровая обработка речи. — М.: «Радио и связь», 2000. — 456 с.
- 3.2.4. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети. - М.: «Изд.дом "Вильямс"», 2003. — 640 с.
- 3.2.5. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации. — М.: «Техносфера», 2011. — 904 с.



(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище, ім'я, по батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище, ім'я, по батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ сторінки				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				