

Силабус навчальної дисципліни
Системи мобільного зв'язку

В.В. Ємельянов,
професор кафедри ІМІ, к.т.н., доцент
E-mail: viktor.yemelianov@nure.ua

Назва поля	Детальний контент, коментарі
Назва факультету	Факультет інфокомунікацій
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Код і назва спеціальності	172 Телекомунікації та радіотехніка
Тип і назва освітньої програми	ОПП «Інформаційно-мережна інженерія»
Назва дисципліни	Системи мобільного зв'язку
Кількість ЄКТС кредитів	8
Структура дисципліни (розподіл за видами та годинами навчання)	48 год – 24 лекції, 16 год – 8 практичних занять, 32 год – 8 лабораторних заняття, 16 год – 8 консультацій, 128 год – самостійна робота, вид контролю: іспит
Графік (терміни) вивчення дисципліни	3-й рік, VI семестр; 4-й рік, VII семестр
Передумови для навчання за дисципліною	Базові поняття з: 1. Основи схемотехніки 2. Основи теорії систем 3. Основи інформаційно-комунікаційних технологій 4. Електродинаміка Знати: теорію, принципи побудови та функціонування схемотехнічних пристроїв; теорію RC кіл; властивості вибіркового кіла та їх основні параметри; сучасні види модуляції цифрових сигналів, структури модуляторів та демодуляторів, ефективність різних видів модуляції; теорію генерування сигналів; закони поширення сигналів в пристроях (фідерах) та атмосфері з урахуванням міських умов та мобільності абонента; принцип роботи різних антен.
Компетентності, знання, вміння, розуміння, якими оволодіє здобувач вищої освіти в процесі навчання	1. Основи схемотехніки 2. Основи теорії систем 3. Основи інформаційно-комунікаційних технологій 4. Електродинаміка Знати: теорію, принципи побудови та функціонування схемотехнічних пристроїв; теорію RC кіл; властивості вибіркового кіла та їх основні параметри; сучасні види модуляції цифрових сигналів, структури модуляторів та демодуляторів, ефективність різних видів модуляції; теорію генерування сигналів; закони поширення сигналів в пристроях (фідерах) та атмосфері з урахуванням міських умов та мобільності абонента; принцип роботи різних антен.

Якість освітнього процесу	Навчально-методичне та матеріально-технічне ресурсне забезпечення освітньої програми, в рамках якої проводиться вивчення дисципліни, відповідає ліцензійним вимогам та акредитаційним умовам провадження освітньої діяльності університету. Здійснюється щорічний моніторинг та перегляд навчальної програми дисципліни у відповідності до вимог та рекомендацій МОН, державної атестації щодо набутих компетентностей випускників, стандартів співпраці з роботодавцями щодо забезпечення конкурентоспроможного рівня підготовки фахівців. Дотримання принципів академічної доброчесності (https://lib.nure.ua/plagiat). Містить публічну інформацію щодо вимог, компетенцій, рівня освіти в рамках дійсної освітньої програми.
---------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Опис та зміст дисципліни

освоєння теоретичних основ побудови, функціонування та проектування стільникових та транкінгових систем мобільного зв'язку, а також ознайомлення з їх технічними характеристиками та принципами експлуатації.

Зміст

Частина 1 (6-й семестр)

Змістовий модуль 1. Розповсюдження радіохвиль (РРХ)

Тема 1. Структурна схема системи радіозв'язку. Поле ізотропного та спрямованого випромінювачів у вільному просторі. Поняття про втрати сигналу при РРХ в вільному просторі та в реальних умовах (перше рівняння передачі при зв'язку на УКХ). Область простору, яка є суттєвою при РРХ.

Тема 2. Вплив тропосфери за умови РРХ. Відстань прямої видимості. РРХ над плоскою поверхнею Землі. РРХ над нерівною поверхнею Землі. Особливості РРХ в міських та приміських районах. Моделі РРХ (Лі, Окамури-Хаті та ін.). Завмирання сигналів, їх класифікація, причини виникнення. Заходи боротьби із завмираннями.

Змістовний модуль 2. Антени.

Тема 1. Структурна схема антен. Класифікація антен (всеспрямовані та спрямовані, одиночні вібратори, антенні решітки). Параметри антен.

Змістовий модуль 3. Принципи та пристрої формування модульованих сигналів (радіо передавальні пристрої (РПП))

Тема 1. Призначення РПП. Основні показники та характеристики. Структури РПП базових та мобільних станцій.

Тема 2. Гетеродини РПП. Призначення, вимоги до них. Стабілізація частоти гетеродинів. Методи стабілізації частоти. Цифрові синтезатори частоти (ЦСЧ). Структури та принципи роботи ЦСЧ. Основні характеристики ЦСЧ.

Тема 3. Види модуляції, що використовуються в системах мобільного зв'язку. Загальні відомості про види модуляції. Їх порівняльна характеристика. Структури модуляторів та принцип їх роботи.

Змістовий модуль 4. Принципи та пристрої обробки сигналів (радіоприймальні пристрої (РПрП))

Тема 1. Призначення. Складові частини. Функції, що виконуються РПрП. Структури РПрП. Порівняльна характеристик структур РПрП.

Тема 2. Основні показники та характеристики РПрП (вибірковість, чутливість, коефіцієнт шуму та ін.). Шумові властивості РПрП.

Тема 3. Вхідні пристрої (ВхП) РПрП. Призначення. Основні показники та характеристики ВхП. Принципові електричні схеми ВхП. Їх особливості, принцип роботи.

Тема 4. Вибіркові підсилювачі (ВП). Підсилювачі радіочастоти (ПРЧ). Призначення. Класифікація. Основні показники та характеристики ПРЧ. Схеми ПРЧ. Принцип роботи.

Тема 5. Підсилювачі проміжної частоти (ППЧ). Призначення. Основні показники та характеристики ППЧ. Класифікація ППЧ. Схеми ППЧ. Принцип роботи. ППЧ з високою вибірковістю (з ПКФ, ПАВ).

Тема 6. Малошумлячі підсилювачі. (МШП). Призначення. Типи МШП. Транзисторні та параметричні МШП. Схеми МШП. Принцип роботи.

Тема 7. Перетворювачі частоти (ПЧ). Призначення. Основні параметри та характеристики ПЧ. Принцип перетворення частоти. Транзисторні та діодні ПЧ. Схеми ПЧ. Принцип роботи.

Тема 8. Детектори сигналів, що використовуються в системах мобільного зв'язку.

Фазові детектори (ФД). Призначення. Основні характеристики. Типи ФД. Схеми діодних ФД, принцип роботи.

Детектори фазоманіпульованих сигналів. Когерентні та некогерентні детектори. Структури детекторів та принцип їх роботи. Методи та схеми формування опорної когерентної напруги.

Змістовий модуль 5. Системи мобільного зв'язку (СМЗ).

Тема 1. Класифікація систем мобільного зв'язку (СМЗ). Основні характеристики. Принцип організації та функціонування СМЗ. Методи багатостанційного доступу (FDMA, TDMA, CDMA, просторовий).

Тема 2. Основи частотно-територіального планування систем стільникового зв'язку (ССЗ). Способи покриття робочої області, типи стільників, кластер, методи розподілу каналів між BTS, повне використання частот та ін. Ефективність ССЗ. Шляхи підвищення ємності мереж стільникового зв'язку. Соканальні завади.

Частина 2 (7-й семестр)

Змістовий модуль 1. Цифрова система стільникового зв'язку (ЦССЗ) GSM.

Тема 1. Покоління стільникового зв'язку. порівняльна характеристика поколінь стільникового зв'язку.

Тема 2. Основні параметри стандартів GSM 900, DCS 1800, PCS 1900, E-GSM. Структура мережі. Підсистема базових станцій (BSS). Архітектура BSS. Функції BSS. Базові станції (BTS). Архітектура BTS. Функції BTS. Електричні параметри BTS та зв'язок між ними. Антени базових станцій. Адаптивні антенні решітки. Особливості конструкції антен BTS. Обладнання підсистеми комутації. Мобільні станції (MS). Класи MS. Архітектура MS. Функції MS. Антени MS.

Тема 3. Інтерфейси в стандарті GSM. Частотний план стандарту GSM та E-GSM. Радіоінтерфейс. Структура радіо інтерфейсу. Організація радіоканалів. Фізичні та логічні канали. Швидкість передачі даних на різних ділянках мережі Структура кадрів TDMA.

Тема 4. Аспекти безпеки. Загальний опис характеристик безпеки. Аутентифікація. Секретність передачі даних та ін. Модуль дійсності.

Тема 5. Ефективність використання радіозасобів. Модуляція. Перекручення. Стрибки по частоті. Керування потужністю. Передавання з випередженням. Передавання з перериванням.

Змістовий модуль 2. ЦССЗ стандартів ADC та JDC.

Тема 1. Основні параметри стандартів ADC та JDC. Структури систем. Особливості систем ADC та JDC. Основи проектування мереж стільникового зв'язку з TDMA/FDMA.

Змістовий модуль 3. ЦССЗ стандарту IS-95.

Тема 1. Властивості широкосмугових сигналів (ШСС). Методи отримання ШСС. Аналіз передавального та приймального пристрою з ШСС. Оцінка виграшу у відношенні сигнал/шум при використанні ШСС. Організація множинного доступу з кодовим розділенням. Спрощена структура багатоканальної системи радіозв'язку з кодовим розділенням каналів. Основні параметри стандарту IS-95. Структура мережі стандарту IS-95. Функції, що використовуються в стандарті IS-95. Канали в стандарті IS-95.

Тема 2. Архітектура лінії «вниз». Типи каналів, їх призначення. Структури каналів пілот-сигналу, синхросигналу, сигналу виклику та прямого трафіка.

Тема 3. Архітектура лінії «вверх». Типи каналів, їх призначення. Структури каналів доступу та зворотного трафіка. Керування потужністю. Естафетна передача. Основи проектування мереж стільникового зв'язку технології CDMA.

Змістовий модуль 4. Перспективи розвитку систем мобільного зв'язку.

Тема 1. Загальна характеристика систем мобільного зв'язку 3-го та 4-го покоління.

Змістовий модуль 5. Професіональні (транкінгові) системи мобільного зв'язку (ТСМЗ)

Тема 1. Загальні відомості. Принципи побудови та архітектура ТСМЗ. Служби ТСМЗ. Цифрові транкінгові системи. Системи стандарту TETRA. Основні характеристики. Принцип організації та функціонування.

Змістовий модуль 6. Системи персонального радіовиклику (СПРВ) (пейджинговий зв'язок)

Тема 1. Принципи організації та функціонування пейджингового зв'язку. Протоколи. Методи покриття обслуговуваної території. Мережі пейджингового зв'язку.

Змістовий модуль 7. Електромагнітна сумісність (ЕМС) в системах мобільного зв'язку.

Тема 1. Основні визначення ЕМС. Джерела та класифікація взаємних завад. Організація та технічні методи вирішення задач ЕМС. Суть задачі частотного планування.

Результати навчання здобувача вищої освіти

За результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати: сучасні та перспективні напрямки розвитку мереж та систем мобільного зв'язку; основні закони (моделі) розповсюдження радіохвиль; типи та принцип роботи антен базових та мобільних станцій; принципи побудови та функціонування прийомо-передавальних пристроїв; схемотехніку функціональних пристроїв систем мобільного зв'язку; принципи побудови, організації, функціонування та проектування стільникових та транкінгових систем зв'язку.

вміти: проектувати та експлуатувати системи мобільного зв'язку.

Система оцінювання відповідно до кожного завдання для складання заліку/екзамену

Для оцінювання роботи студента протягом семестру сумарна рейтингова оцінка $Q_{сем}$ розраховується як сума оцінок за різні види занять та контрольні заходи в відповідності до нижче приведеної таблиці.

Частина 1

Вид заняття / контрольний захід	Оцінка
Лабораторна робота № 1	7...13
Домашня контрольна робота № 1	8...13
Практичні заняття № 1	7...13
<i>Контрольна точка № 1</i>	22...39
Домашня контрольна робота № 2	10...13
Лабораторні роботи № 2, № 3	(7...12)x2 14...24
Практичне заняття № 2,3	(7...12)x2 14...24
<i>Контрольна точка № 2</i>	38...61
Всього за семестр	60...100

Частина 2

Вид заняття / контрольний захід	Оцінка
Лабораторні роботи № 1, № 2, №3	(5...9)x3 15...27
Практичні заняття № 1,2	(7...9) 14...18
<i>Контрольна точка № 1</i>	29...45
Лабораторні роботи № 4, № 5	(5...9)x2 10...18
Практичне заняття № 3, № 4, № 5	15...27
Домашня контрольна робота	6...10
<i>Контрольна точка № 2</i>	31...55
Всього за семестр	60...100

Критерії оцінювання знань та вмінь студента на комбінованому іспиті

В другій частині дисципліни (в 7-му семестрі) передбачено комбінований екзамен.

При такому виді контролю сумарна оцінка P_{Π} обчислюється за формулою: $P_{\Pi} = 0,6Q_{\text{сем}} + 0,4Q_{\text{ісп}}$, де $Q_{\text{ісп}}$ - оцінка за екзамен за 100-бальною системою; $Q_{\text{сем}}$ - оцінка за семестр за 100-бальною системою. Білет для екзамену складається з двох теоретичних питань та однієї задачі.

Якісні критерії оцінювання в національній шкалі та ECTS

Задовільно, D, E (60-74). Показати необхідний мінімум теоретичних знань. Знати шляхи та методи рішення практичного завдання та вміти використовувати їх на практиці.

Добре, C (75-89). Твердо знати мінімум теоретичних знань. Показати вміння розв'язувати практичне завдання та обґрунтовувати всі етапи запропонованого рішення.

Відмінно, A, B (90-100). Показати повні знання основного та додаткового теоретичного матеріалу. Безпомилково розв'язати практичне завдання, пояснити та обґрунтувати обраний метод розв'язання.

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
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	F X	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Методичне забезпечення

Базова література

1. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн. – М.: Вища школа, 1975.- 279с.
2. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. Учебник для ВУЗов/ Под ред. А.С. Немировского. – М.: Радио и связь, 1986.- 392с.
3. Богданович Б.М., Окулич И.Н. Радиоприемные устройства. – Минск: Вышэйша школа, 1991.- 407с.
4. Проектирование радиопередатчиков: учебн.пособие для вузов / В.В.Шахчильнян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др. под ред. В.В. Шахчильняна (4-е перераб. и допол.) – М: Радио и связь, 2000 – 656 с.
5. Емельянов В.В. Сотовая связь. Часть 1. Учебн. пос. – Харьков: ХНУРЭ, 2002, - 136с.
6. Емельянов В.В., Мирошниченко А.Ю. Сотовая связь. Часть 2. Учебн. пос. – Харьков: ХТУРЭ, 2000, - 154с.
7. Емельянов В.В., Назаренко В.В. Транкинговая радиосвязь. Учебн. пос. – Харьков: ХТУРЭ, 2000, - 174с.
8. Емельянов В.В., Мирошниченко А.Ю., Пресняков И.Н. Пейджинговая связь, Учебн. пос. – Харьков: ХТУРЭ, 1999, - 147с.
9. Емельянов В.В. Конспект лекцій з дисципліни «Системи мобільного зв'язку» Частина 1 «Поширення радіохвиль та антени» для студентів всіх форм навчання 6.050903 «Телекомунікації» - Харків: ХНУРЕ, 2017 – 172 с.
10. Емельянов В.В. Конспект лекцій з дисципліни «Системи мобільного зв'язку» Частина 2 «Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої» для студентів всіх форм навчання спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» - Харків: ХНУРЕ, 2018 – 163 с.

11. Ємельянов В.В., Свид І.В. Системи стільникового рухомого радіозв'язку. Навч. посібник з грифом МОН України. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2011. – 336 с.

12. Безрук В.М., Ємельянов В.В., Кривенко С.А. Інформаційні мережі зв'язку. Ч.3 Мережі мобільного зв'язку: Навч. посібник – Харків: ХНУРЕ, 2011, - 420 с.

Допоміжна література

13. Системы мобильной связи: учебн. пособ. для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов: под ред. В.П. Ипатова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 272 с.

14. Галкин В.А. Цифровая мобильная связь: учебн. пособие для вузов / В.А. Галкин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007, - 432 с.

15. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: учебник для вузов / Г.А. Ерохин, О.В. Чернышев, Н.Д. Козырев, В.Г. Кочержевский; под ред. Г.А. Ерохина.- (3-е изд.) – М.: Горячая линия – Телеком, 2007, - 491 с.

16. Ратынский М.В. основы сотовой связи / М.В. Ратынский; под ред. Д.Б. Зимины. – М.: Радио и связь, 1998, - 208 с.

17. Климаш М.М., Пелішок В.О., Михайлович П.М. Технології мереж мобільного зв'язку – К.: Освіта України, 2010, - 621 с.

18. Смогилев К.А. и др. Радиоприемники СВЧ. Военное издательство Министерства обороны СССР, 1976, - 520 с.

19. Системы подвижной радиосвязи / Под ред И.М. Пышкина. – М.: Радио и связь, 1986, - 328 с.

20. Сухопутная подвижная радиосвязь. Книга 1. Основы теории / Под ред. В.С. Семенихина и И.М. Пышкина. – М.: Радио и связь, 1990, - 430 с.

21. Уильям К.Ли. Техника подвижных систем связи. – М.: Радио и связь, 1985, - 390.

22. громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. ТЭЖ.т.67. – М.: Эко-Трендз, 1996, - 239 с.

23. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ / Под ре. У.К. Джейкса. – М.: Связь, 1979, - 518 с.

24. Андрианов В.В., Соколов А.В. Средства мобильной связи – СПб.: ВНУ – Санкт-Петербург, 1998, - 256 с.

25. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В Сети подвижной связи. – М.: Эко-Трендз, 2001, - 299 с.

26. Сукачев Э.А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: Учебн. пос. – Изд. 2-е испр. и дополн. – Одесса: УГАС, 2000, - 119 с.

27. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения. серия изданий «Связь и бизнес». – М.: 2000, - 208 с.

28. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003, - 640 с.

29. Феер К. Беспроводная цифровая связь. методы модуляции и расширения спектра.: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000, - 520 с.
30. Емельянов В.В. Системы сотовой подвижной радиосвязи. Х.: Торсинг, 2005, - 291 с.
31. Емельянов В.В. Системы сотовой подвижной связи. – Изд. 2-е перераб. и доп. – Х.: Торсинг, 2007, - 300 с.
32. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005.
33. Берлин А.Н. Цифровые сотовые системы связи. – М.: Эко-Трендз, 2007.
34. Закиров З.Г. и др. Сотовая связь стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2004.
36. Алехин Ю.Н. Антенно-фижерные устройства для базовых станций сотовой и подвижной связи / Ю.Н. Алехин, Е.В. Лазарева // Мобильные системы. – 2002. - № 3.

11.3 Методичні вказівки до різних видів занять

36. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Системи мобільного зв'язку» для студентів усіх форм навчання напрямку 6.050903 – «Телекомунікації» / Упоряд. В.В. Ємельянов, С.А. Іваненко – Харків: ХНУРЕ, 2016р.
37. Методичні вказівки до курсового проектування по дисципліні «Системи мобільного зв'язку» для студентів всіх форм навчання напрямку 6.050903 – «Телекомунікації» / Упоряд.: Ємельянов В.В., Свид І.В. – Харків: ХНУРЕ, 2011. – 56 с.
38. Методичні вказівки до самостійної роботи по дисципліні «Системи мобільного зв'язку» для студентів всіх форм навчання напрямку 6.050903 – «Телекомунікації» / Упоряд.: Ємельянов В.В. – Харків: ХНУРЕ, 2011. – 44 с.
39. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Системи мобільного зв'язку» для студентів всіх форм навчання напрямку 6.050903 – Телекомунікації / Упоряд.: Ємельянов В.В., Свид І.В. – Харків: ХНУРЕ, 2014, - 44 с.

Інформаційне забезпечення

Розроблені програми до лабораторних робіт «Дослідження параметрів ефективності систем стільникового зв'язку», «Дослідження параметрів моделі стільникової мережі зв'язку», «Вивчення та дослідження підсистеми базових станцій стільникового зв'язку стандарту GSM», «Вивчення та дослідження архітектури лінії «вверх» системи стільникового зв'язку стандарту IS-95», а також програми з проектування мереж стільникового зв'язку різних стандартів.