

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра космічної радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Перший проректор

“ _____ ” _____ 2015 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Статистична радіофізика і теорія інформації

(шифр і назва навчальної дисципліни)
напряму підготовки 6.040204 – Прикладна фізика
(шифр і назва напряму підготовки)
для спеціальності _____
(шифр і назва спеціальності (тей)
спеціалізації _____
(назва спеціалізації)
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем
(назва факультету)

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Статистична радіофізика і теорія інформації. Робоча програма навчальної
(назва навчальної дисципліни)

дисципліни для студентів за напрямом підготовки 6.040204 – Прикладна фізика,
„14” травня 2015 р. — 15 с.

Розробники: Тишковець Віктор Павлович, доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри космічної радіофізики
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри космічної радіофізики
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
Протокол № 10 від “20” травня 2015 р.

Завідувач кафедри космічної радіофізики

_____ (Гирнов О. Ф.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

“20” травня 2015 р.

Схвалено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна
Протокол № 6 від “15” червня 2015 р.

“15” червня 2015 р. Голова _____ (Чорногор Л. Ф.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Декан факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем

_____ (Шульга С. М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів — 5	Галузь знань <u>0402 Фізико-математичні науки</u> (шифр і назва)	За вибором	
	Напрямок підготовки <u>6.040204 – Прикладна фізика</u> (шифр і назва)		
Модулів – 4	освітньо-кваліфікаційний рівень (професійне спрямування): <u>6.040204 – Прикладна фізика</u>	Рік підготовки:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		4-й	
Загальна кількість годин — 150		Семестр	
		8-й	
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента — 3,4		48 год.	год.
		Практичні, семінарські	
		32 год.	год.
		Лабораторні самостійні	
		16 год.	год.
		Самостійна робота	
		54 год.	год.
		ІНДЗ: год.	
	Вид контролю: екзамен		

Примітка.

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

для денної форми навчання — 5/3,4

для заочної форми навчання —

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета — опанувати основні методи статистичної радіофізики, опанувати основи теорії інформації та оцінювання параметрів сигналу.

Завдання — законспектувати основні теоретичні положення статистичної радіофізики і теорії інформації та оцінювання параметрів сигналу, виконати лабораторні роботи та розв'язати запропоновані задачі.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: основні статистичні явища в радіофізиці, основи теорії інформації та оцінювання параметрів сигналу,

вміти: прослухавши лекції, виконавши практичні завдання та лабораторні роботи, студент повинен уміти зробити оцінки параметрів основних статистичних процесів, проаналізувати характеристики основних складових каналу передачі інформації та зробити оцінки похибок визначення параметрів сигналу.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Основні поняття ймовірностей. Елементи теорії випадкових функцій

Тема 1. Випадкові події та випадкові величини

Тема 2. Функція розподілу, щільність розподілу ймовірності і чисельні характеристики випадкових величин

Тема 3. Біноміальний закон розподілу, розподіл Пуассона, нормальний розподіл

Тема 4. Ймовірнісний опис сукупності випадкових величин

Тема 5. Коефіцієнт кореляції

Тема 6. Центральна межа теорема

Тема 7. Визначення, засоби подання, класифікація випадкових процесів

Тема 8. Усереднення за ансамблем і за часом

Тема 9. Стаціонарність і ергодичність

Тема 10. Кореляційна та структурна функції

Тема 11. Енергетичний спектр

Тема 12. Нестационарні процеси та процеси з незалежними приростами

Тема 13. Когерентність

Тема 14. Вузькосмугові випадкові процеси, їх статистичні характеристики та спектри

Тема 15. Аналітичний сигнал

Тема 16. Лінійні перетворення та принцип суперпозиції

Тема 17. Перетворення функції, енергетичного спектру та розподілу ймовірності

Тема 18. Розподіл амплітуди та фази вузькосмугові нормального процесу

Тема 19. Приклади перетворення функції кореляції та спектрів гауссівських та негауссівських випадкових процесів

Тема 20. Комулянти та спектри вищих порядків

Модуль 2. Флуктуаційні явища в радіотехніці та основи статистичної теорії поширення хвиль.

Тема 21. Аналогія між тепловими флуктуаціями в електричних ланцюгах і броунівським рухом

Тема 22. Формула Найквіста

Тема 23. Енергетичний спектр теплового шуму в радіотехнічних ланцюгах

Тема 24. Флуктуаційно-дисипативна теорема

Тема 25. Формула Калена-Вельтона

Тема 26. Дробовий шум електронних і напівпровідникових пристроїв

Тема 27. Пуассонівські випадкові процеси

Тема 28. Спектр дробового шуму

Тема 29. Формула Шоткі

Тема 30. Принципова неможливість генерування ідеальних гармонічних коливань з повною часовою когерентністю

Тема 31. Флуктуації в томсонівському автогенераторі

Тема 32. Укорочені рівняння для амплітуди та фази коливань

Тема 33. Дисперсії та спектри флуктуацій амплітуди та фази

Тема 34. Природна та технічна ширина лінії автогенератора

Модуль 3. Вплив випадкових неоднорідностей на поширення та розсіювання хвиль

Тема 35. Однорідні і ізотропні випадкові поля

Тема 36. Просторо-часові кореляційні і структурні функції та спектри

Тема 37. Щільність та частково когерентні поля

Тема 38. Випадкове поле флуктуацій показника заломлення у турбулентному середовищі

Тема 39. Закон «2/3» Обухова-Колмогорова

Тема 40. Метод малих збурень

Тема 41. Індикатриси розсіяння та спектри у борнівському наближенні

Тема 42. Метод геометричної оптики

Тема 43. Метод плавних збурень

Тема 44. Флуктуації амплітуди та фази хвилі, що розповсюджується у статистично неоднорідному середовищі

Тема 45. Метод фазового екрана для випадкових хвильових полів

Тема 46. Формула Гріна. Короткохвильова асимптотика полів

Тема 47. Принцип Гюйгенса для інтенсивності в межах методу фазового екрану

Тема 48. Діаграма спрямованості антени з випадковими спотвореннями фази на апертурі

Тема 49. Постановка задачі і методи її розв'язання

Тема 50. Метод малих збурень

Тема 51. Індикатриси розсіяння та енергетичні спектри в першому порядку теорії збурень

Тема 52. Резонансне розсіяння

Тема 53. Метод Кірхгофа

Тема 54. Середнє поле та середня інтенсивність

Модуль 4. Основні поняття і закони теорії інформації і теорії оцінювання параметрів сигналу

Тема 1. Інформація, повідомлення.

Тема 2. Кодовані повідомлення

Тема 3. Квантування сигналів

Тема 4. Інформаційні перетворення

Тема 5. Швидкість передачі і пропускна здатність каналів

Тема 6. Ентропія і кількість інформації в повідомленнях

Тема 7. Теорема Котельнікова

Тема 8. Надмірність повідомлень

Тема 9. Декореляція повідомлень

Тема 10. Передача інформації при наявності завад

Тема 11. Елементи теорії статистичних розв'язок

Тема 12. Оптимальна фільтрація

Тема 13. Основи теорії оцінювання параметрів сигналу методом максимуму функції правдоподібності

Тема 14. Межові точності оцінок

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин												
	Денна форма						Заочна форма						
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Модуль 1													
Тема 1.	1,5	0,5	1										
Тема 2.	1,5	0,5	1										
Тема 3.	1,5	0,5	1										
Тема 4.	1,5	0,5	1										
Тема 5.	1,5	0,5	1										
Тема 6.	1,5	0,5	1										
Тема 7.	1,5	0,5	1										
Тема 8.	1,5	0,5	1										
Тема 9.	1,5	0,5	1										
Тема 10.	1,5	0,5	1										
Тема 11.	2	0,5	0,5			1							
Тема 12.	2	0,5	0,5			1							
Тема 13.	2,5	1	0,5			1							
Тема 14.	2,5	1	0,5			1							
Тема 15.	2,5	1	0,5			1							
Тема 16.	2,5	1	0,5			1							
Тема 17.	2,5	1	0,5			1							
Тема 18.	2,5	1	0,5			1							
Тема 19.	2,5	1	0,5			1							
Тема 20.	2,5	1	0,5			1							
Разом за модулем 1	38	14	14			10							
Модуль 2													
Тема 21.	2	1	1										
Тема 22.	2	1	1										
Тема 23.	2	1	1										
Тема 24.	2	1	1			1							
Тема 25.	2	1				1							
Тема 26.	3	1				2							
Тема 27.	3	1				2							
Тема 28.	3,5	1	0,5			2							
Тема 29.	3,5	1	0,5			2							
Тема 30.	3,5	1	0,5			2							
Тема 31.	3,5	1	0,5			2							
Тема 32.	3,5	1	0,5			2							
Тема 33.	3,5	1	0,5			2							
Тема 34.	3,5	1	0,5			2							
Разом за модулем 2	40,5	14	6,5			20							

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 3												
Тема 35.	3	1				2						
Тема 36.	3	1				2						
Тема 37.	3	1				2						
Тема 38.	3	1				2						
Тема 39.	3	1				2						
Тема 40.	3,5	1	0,5			2						
Тема 41.	3,5	1	0,5			2						
Тема 42.	3,5	1	0,5			2						
Тема 43.	3,5	1	0,5			2						
Тема 44.	3,5	1	0,5			2						
Тема 45.	3	1				2						
Тема 46.	3	1				2						
Тема 47.	3	1				2						
Тема 48.	3	1				2						
Тема 49.	3	1				2						
Тема 50.	3	1				2						
Тема 51.	3	1	2									
Тема 52.	3	1	2									
Тема 53.	3	1	2									
Тема 54.	5	1	2			2						
Разом за модулем 3	65,5	20	11,5			34						
Модуль 4												
Тема 1.	2	1	1									
Тема 2.	11	1	2			8						
Тема 3.	10	1	1			8						
Тема 4.	10	1	1			8						
Тема 5.	10	1	1			8						
Тема 6.	11	1	2			8						
Тема 7.	2	1	1									
Тема 8.	2	1	1									
Тема 9.	2	1	1									
Тема 10.	3	2	1									
Тема 11.	2	1	1									
Тема 12.	2	1	1									
Тема 13.	3	2	1									
Тема 14.	2	1	1									
Разом за модулем 1	38	14	14			10						
Усього годин	144	48	32			64						

Модуль 9												
Індивідуальне науково-дослідне завдання												
Усього годин												

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначити зв'язок між амплітудним і енергетичним спектрами детермінованого сигналу, заданого у вигляді фінітної функції, значення якої відмінні від нуля тільки на скінченному інтервалі часу.	2
2	Визначити форму сигналу на виході узгодженого фільтра коли на вхід подається прямокутний імпульс.	2
3	Обчислити дисперсію флуктуацій швидкості частинки для одновимірного броунівського руху, вважаючи, що автокореляційна функція випадкового прискорення є гауссівською.	2
4	Визначити коефіцієнт кореляції показника заломлення, вважаючи, що кут розсіяння плоскої хвилі на випадкових неоднорідностях середовища є малим, а інтенсивність розсіяння спадає за заданим законом.	2
5	Показати, що для статистично однорідного й ізотропного поля просторово-спектральна щільність залежить тільки від модуля хвильового вектора.	2
6	Знайти кореляційну функцію та проаналізувати енергетичний спектр дробового струму для заданої функції форми поодинокого імпульсу.	2
7	Обчислити дисперсію флуктуацій швидкості частинки для одновимірного броунівського руху, вважаючи, що автокореляційна функція випадкового прискорення є гауссівською.	2
8	Визначити спектральні щільності ЕРС і струму для кола, що складається з опору з незамкнутими виведеннями.	2
9	На вхід пропорційно-інтегруючого фільтра надходить стаціонарна випадкова напруга з нульовим середнім значенням і кореляційною функцією. Визначити спектральну щільність, кореляційну функцію та дисперсію напруги на виході фільтра.	2

№ з/п	Назва теми	
10	На вхід кола, діє випадкова напруга, що є білим шумом з заданою спектральною щільністю. Знайти спектральну щільність, кореляційну функцію та дисперсію вихідної напруги.	2
11	Стационарний випадковий процес з заданою кореляційною функцією діє на фільтр нижніх частот, амплітудно-частотна характеристика якого наведена також задана. Знайти дисперсію вихідної напруги.	2
12	На „тонкий” шар, безмежний у поперечному напрямку та скінченної товщини у поздовжньому, зі статистично однорідними неоднорідностями показника заломлення ортогонально падає плоска хвиля. На виході з шару знаходиться непрозора кругла заслінка заданого радіуса. Вважаючи, що регулярна рефракція в неоднорідному шарі відсутня, визначити середню інтенсивність поля на осі заслінки, користуючись принципом Гюйгенса для повністю некогерентного поля.	2
13	На необмежений фазовий екран ортогонально падає плоска хвиля. Скориставшись принципом Гюйгенса, розрахувати середнє поле та середню інтенсивність.	2
14	Параболічна антена працює на хвилі з $\lambda = 10$ см. Яка допустима похибка у виготовленні параболоїда, якщо допускається зменшення поля в e разів. Вважати, що випадкові відхилення форми рефлектора від параболоїда розподілені за нормальним законом.	2
15	Розрахувати методом малих збурень розподіл середньої інтенсивності у дальній зоні, вважаючи, що характерний розмір поверхні, що розсіює, набагато перевищує масштаб неоднорідностей випадкової поверхні.	2
16	У наближенні Кірхгофа розрахувати індикатрису розсіяння для випадкової поверхні.	2
1	Кодування для безперервних каналів з завадами	2
2	Кодування дискретних джерел	2
3	Задачі завадостійкого кодування	2
4	Енергетичний вииграш кодування	2
5	Векторне кодування	2
6	Скалярне кодування	2
7	Вимірювання інформації, яка породжується безперервним джерелом	2
8	Ентропія дискретних джерел	2
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення статистичних характеристик рівня короткохвильового сигналу	8
2	Перетворення випадкових процесів у лінійних системах	8
	Разом	16

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	На вхід диференціюючого кола діє випадкова напруга, що є обмеженим за частотою білим шумом, спектральна щільність якого відома. Знайти дисперсію сигналу на виході кола.	4
2	Задана автокореляційна функція стаціонарного процесу з нульовим середнім. Знайти автокореляційну функцію процесу на виході системи, що перетворює сигнал за відомим законом.	4
3	На вхід ідеального диференціюючого кола діє стаціонарний гауссівський випадковий процес з нульовим математичним сподіванням і заданою кореляційною функцією. Визначити кореляційну функцію процесу на виході.	4
4	Знайти автокореляційну функцію стаціонарного випадкового процесу з нульовим математичним сподіванням і заданою спектральною щільністю.	4
5	Випадковий процес є синусоїдою з випадковою фазою, яка рівномірно розподілена в інтервалі $[-\pi, \pi]$. Перевірити цей процес на ергодичність.	4
6	Задана сумісна щільність імовірності двовимірної випадкової величини. Визначити математичні очікування та дисперсію флуктуацій цих випадкових величин.	4
7	Випадкова величина з рівномірною щільністю імовірності підлягає квадратичному перетворенню. Визначити функцію розподілу та щільність імовірності випадкової величини після квадратичного перетворення.	4
8	Відмова у роботі приладу відбувається в середньому 1 раз за 200 годин. Визначити імовірність того, що за інтервал $T = 10$ год. не відбудеться жодної відмови.	4
9	Випадкова величина φ розподіляється за нормальним законом із середнім значенням рівним нулю та відомою дисперсією. Знайти середнє значення випадкової величини $\xi = \exp(-i\varphi)$.	4

10	Визначити спектральні щільності ЕРС і струму для контуру, що складається із паралельно поєднаних опору та ємності.	4
11	Знайти кореляційну функцію й енергетичний спектр дробового струму імпульсного пуассонівського випадкового процесу.	4
12	Визначити спектральні щільності ЕРС і струму для короткозамкнутого опору.	4
№ з/п	Назва теми	
13	Розрахувати методом збурень розподіл інтенсивності розсіяної хвилі для випадкової поверхні заданого виду, вважаючи, що характерний розмір поверхні, що розсіює, набагато перевищує масштаб неоднорідностей випадкової поверхні.	4
14	У наближенні Кірхгофа розрахувати індикатрису розсіяння для випадкової поверхні. Здійснити перехід від анізотропного розподілу нахилів до ізотропного.	4
15	Вивід нерівності для межі застосування наближення першого порядку теорії збурень („борнівського” наближення).	4
16	Розрахувати та навести схематичний розподіл індикатриси розсіяння випромінювання для слабкошорсткої випадкової поверхні з гауссівською кореляційною функцією.	4
1	Код Шенона	8
2	Адаптивне кодування	8
3	Асимптотичні границі надмірності універсального кодування	8
4	Алгоритми кодування джерел, які застосовуються в архіваторах	8
5	Кодування для дискретних каналів з завадами	8
	Разом	64

9. Індивідуальне навчально - дослідне завдання

10. Методи навчання

Проблемні лекції, практичні заняття та самостійна робота

11. Методи контролю

Практичні заняття

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Екзамен

Поточне тестування та самостійна робота																			
Модуль 1																			
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Мінімальну кількість балів, які повинен набрати студент для зарахування першого модуля — 10																			

Форма контролю — практичні заняття

Поточне тестування та самостійна робота (продовження)																		
Модуль 2														Модуль 3				
T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Мінімальну кількість балів, які повинен набрати студент для зарахування другого модуля — 7														Мінімальну кількість балів, які повинен набрати студент для зарахування третього модуля — 13				
Форма контролю — практичні заняття																		

Поточне тестування та самостійна робота (продовження)														Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума	
Модуль 3																
T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52	T53	T54	40	100
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2		
Умова допуску студента до підсумкового семестрового контролю — 30 балів за поточне тестування та самостійну роботу																

T1, T2 ... T54 – теми модулів

Приклад за виконання курсової роботи

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

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
1-49	FX	незадовільно	не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Тырнов О. Ф., Зинченко Г. Н., Похилько С. Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по статистической радиофизике (практикум по радиофизике и электронике, учебно- методическая разработка). Харьков. ХГУ. 1990. 20 С.
2. Тырнов О. Ф., Мигунова Л. В., Казаков А. Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по разделу "Случайные процессы" курса "Статистическая радиофизика и теория информации". Харьков. ХГУ. 1994. 39С.
3. Тырнов О.Ф., Зинченко Г.Н. Методические указания к решению задач по курсу «Статистическая радиофизика и теория информации». — Х.: Изд-во ХГУ, 1984. — 72 с.
4. Зинченко Г.Н., Тырнов О.Ф. Теория информации. Методические указания для организации контролируемой самостоятельной работы по решению задач в курсе «Статистическая радиофизика и теория информации». — Х.: Изд-во ХГУ, 1988. — 26 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Мінаков А. О., Тирнов О. Ф. Статистична радіофізика. Частина І. Основні поняття ймовірностей. Елементи теорії випадкових функцій. Затверджено МОН України як підручник для студентів вищих навчальних закладів. Харків. "Веста". 2007. 192 с.
2. Мінаков А. О., Тирнов О. Ф. Статистична радіофізика. Частина ІІ. Флуктуаційні явища в радіотехніці та основи статистичної теорії поширення хвиль. Затверджено МОН України як підручник для студентів вищих навчальних закладів. Харків. "Веста". 2007. 176 с.
3. Мінаков А. О., Тирнов О. Ф. Статистична радіофізика. Частина ІІІ. Вплив випадкових неоднорідностей на поширення та розсіяння хвиль. Затверджено МОН України як підручник для студентів вищих навчальних закладів. Харків. "Веста". 2007. 159 с.
4. Кудряшов Б. Д. Теория информации. Учебник для вузов. — Издательство: Питер. — 2009. — 320 с., ISBN 978-5-388-00178-8.
5. Стратонович Р. Л. Теория информации. — М.: Сов. радио, 1975. — 423 с.

Допоміжна

6. Мінаков А. О., Тирнов О. Ф. Статистична радіофізика (підручник з грифом МОН України "Затверджено як підручник для студентів вищих навчальних закладів"). Харків. "Факт". 2003. 528 С.
7. Минаков А. О., Тирнов О. Ф. Статистическая радиофизика. Харьков. "Навчальний друк". 2003. 540 С.
8. Фукс И.М. Статистическая радиофизика и теория информации: Текст лекций. ХГУ. — Харьков: ХГУ, 1985. — 60 с.
9. Фукс И.М. Статистическая радиофизика и теория информации. Ч. 2. — Харьков: ХГУ, 1989. — 88 с.
10. Фукс И.М. Статистическая радиофизика и теория информации. Ч. 3. — Харьков: ХГУ, 1992. — 91 с.
- 11.

15. Інформаційні ресурси

<http://www.physics.csbsju.edu/stats/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Information_theory