Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
Завідувач кафедри
_____ Корнієнко В.І.
«20» 05 2022р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Теорія адаптивної фільтрації»

Галузь знань ……..……..	17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність …….....	172 Телекомунікації та радіотехніка
Освітній рівень……	магістр
Освітньо-професійна програма…..	Телекомунікації та радіотехніка
Статус……..	вибіркова
Загальний обсяг ..……	4 кредити ЄКТС (120 годин)
Форма підсумкового контролю…….	диференційований залік
Термін викладання …….	2-й семестр
Мова викладання ……..	українська

Викладачі: доцент Горєв В.М.

Пролонговано: на 2023/2024 н.р. _____(Корнієнко В.І.) «30» серпня 2023р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

Дніпро
НТУ «ДП»
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія адаптивної фільтрації» для магістрів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка», каф. БІТ. – Д.: НТУ «ДП», 2022.

Розробник – доцент Горєв В.М.

Робоча програма регламентує:

–мету дисципліни;
–результати навчання;
–базові дисципліни;
–обсяг і розподіл за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять;
–програму дисципліни (тематичний план за видами навчальних занять);
–алгоритм оцінювання рівня досягнення дисциплінарних результатів навчання (шкали, засоби, процедури та критерії оцінювання);
–інструменти, обладнання та програмне забезпечення;
–рекомендовану літературу.

Робоча програма призначена для реалізації компетентнісного підходу під час планування освітнього процесу, викладання дисципліни, підготовки студентів до контрольних заходів, контролю провадження освітньої діяльності, внутрішнього та зовнішнього контролю забезпечення якості вищої освіти, акредитації освітніх програм у межах спеціальності.

Погоджено рішенням методичної комісії спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка (протокол № 4 від 20.05.2022).

ЗМІСТ

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИЦИПЛІНИ 4
2 РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ 4
3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ 4
4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ 5
5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ..... 5
6 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА……...6
7 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ 6
7.1 Шкали 7
7.3 Критерії..... 8
8 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 11
9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА 11

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИЦИПЛІНИ

Мета дисципліни – формування компетентностей щодо вміння теоретично описувати та застосовувати на практиці різні типи фільтрів, зокрема фільтри, які виділяють корисний сигнал з його суміші з шумом (Колмогорова–Вінера, Калмана), та електронні частотні фільтри.

2 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Шифр	**Результати навчання**
	Зміст
РН7	Використовувати фундаментальні знання в галузі телекомунікацій та радіотехніки, володіння математичним апаратом теорії телекомунікаційних та радіотехнічних систем;
РН8	Використовувати сучасні інформаційні технології; використовувати програмні радіотехнічні засоби та засоби телекомунікаційних систем та мереж; застосовувати інформаційні технології в телекомунікаціях та радіотехніці

3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ

Назва дисципліни	**Здобуті результати навчання**
Ф3 Теорія систем та управління	Використовувати фундаментальні знання в галузі телекомунікацій та радіотехніки, володіння математичним апаратом теорії телекомунікаційних та радіотехнічних систем; Використовувати фундаментальні знання із сучасних телекомунікацій та радіотехніки при дослідженні, проектуванні й експлуатації телекомунікаційних та радіотехнічних систем, їх складових елементів; використовувати програмні засоби функціонування телекомунікаційних та радіотехнічних систем; уміти створювати бази даних і використовувати інформаційні ресурси мережі Інтернет тощо; Застосовувати принципи функціонування та характеристики систем автоматичного керування і регулювання в телекомунікаційних та радіотехнічних системах, алгоритмів їх адаптації за умов зміни обставин роботи; вміти працювати з приладами та автоматизованими діагностичними контрольно-вимірювальними комплексами телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Вид навчальних занять	**Обсяг**, *години*	**Розподіл за формами навчання**, *години*					
		денна		**вечірня**		**заочна**	
		аудит. заняття	самостійна робота	аудит. заняття	самостійна робота	аудит. заняття	самостійна робота
лекційні		25	50			6	80
практичні		17	23			4	30

Контрольні заходи		5					
РАЗОМ		47	73			10	110

5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Шифр	**Види та тематика навчальних занять**	**Обсяг складових,** *години*
	ЛЕКЦІЇ	**25 (75)**
B5	**1. Випадкові процеси, кореляційні функції, лінійні стаціонарні фільтри**	2 (6)
	Поняття випадкового процесу та густин його ймовірності	
	Визначення кореляційної функції та її властивості	
	Поняття стаціонарного випадкового процесу та властивості його кореляційної функції	
	Поняття лінійного стаціонарного фільтра та зв'язок між його вхідним і вихідним сигналом	
	Принцип причинності для вагової функції лінійного стаціонарного фільтра	
	2. Фільтр Колмогорова–Вінера	2 (6)
	Математичне формулювання задачі фільтра	
	Виведення рівняння Вінера–Хопфа	
	3. Скалярний дискретний фільтр Калмана	2 (6)
	Математичне формулювання задачі фільтра та основні припущення теорії	
	Виведення коефіцієнта Калмана та середньоквадратичної похибки фільтра на кожному кроці, побудова вихідного сигналу фільтра	
	4. Векторний дискретний фільр Калмана	4 (12)
	Математичне формулювання задачі фільтра та основні припущення теорії. Відповідність між скалярним та векторним дискретними фільтрами Калмана.	
	Виведення коефіцієнта (матриці) Калмана та матриці коваріації похибки фільтра на кожному кроці, побудова вихідного сигналу фільтра	
	5. Скалярний Фільтр Калмана–Бьюсі	2 (6)
	Математичне формулювання задачі фільтра та основні припущення теорії. Відповідність між скалярним дискретним фільтром Калманатаскалярним фільтром Калмана–Бьюсі	
	Виведення диференціального рівняння для вихідного сигналу фільтра та середньоквадратичної похибки фільтра. Рівняння Ріккаті	
	6. Градієнтні методи	4 (12)
	Опис градієнтних методів: методу з постійним кроком, методу з дробовим кроком, методу найшвидшого градієнтного спуску	
	Застосування методу найшвидшого градієнтного спуску до вінерівської задачі	
	7. Алгоритми LMS та RLS	3 (9)
	Алгоритм LMS	

Шифр	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, *години*
	Алгоритм RLS	
	7. Спектральна густина та амплітудно–частотна характеристика	2 (6)
	Визначення спектральної густини стаціонарного випадкового процесу	
	Спектральні густини різних сигналів	
	Зв'язок між спектральними густинами та кореляційними функціями входу та виходу лінійного стаціонарного фільтра	
	Поняття амплітудно–частотної характеристики	
	8. Електронні фільтри	4 (12)
	Поняття фільтру верхніх частот, нижніх частот, полосового та режекторного	
	Фільтри Баттерворта, Чебишева першого та другого роду і еліптичного на прикладі фільтра нижніх частот (ФНЧ)	
	Реалізація ФНЧ Баттерворта другого порядку в електроніці	
	Реалізація ФНЧ Чебишева першого роду другого порядку в електроніці	
	Реалізація ФНЧ Чебишева другого роду другого порядку в електроніці	
	Реалізація еліптичного ФНЧ другого порядку в електроніці	
	ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	**17 (40)**
В5	1. Фільтр Колмогорова–Вінера	1 (4)
	2. Скалярний дискретний фільтр Калмана	1 (4)
	3. Векторний дискретний фільтр Калмана	1 (4)
	4. Градієнтні методи	2 (4)
	5. Алгоритм LMS для виділення корисного сигналу з його суміші з шумом	2 (4)
	6. Адаптивний LMS алгоритм для лінійного короткострокового прогнозування.	2 (4)
	7. Використання алгоритму LMS для вилучення інтерференції	2 (4)
	8. Алгоритм RLS для виділення корисного сигналу з його суміші з шумом	2 (4)
	9. Реалізація ФНЧБаттерворта другого порядку в електроніці	2 (4)
	10. Реалізація ФНЧ другого порядку в електроніці: фільтри Чебишева першого і другого роду та еліптичний фільтр	2 (4)
	Проведення модулів	**5 (5)**
	РАЗОМ	**47 (120)**

6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА

Основні завдання для самостійної роботи:

1) попереднє опрацювання інформаційного забезпеченням за кожним модулем (темою);

2) підготовка до поточного контролю - розв'язання завдань самоконтролю за кожною темою;

3) підготовка до підсумкового контролю.

7. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Сертифікація досягнень студентів здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання студента за дисципліною.

7.1 Шкали

Оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок мобільних студентів.

Шкали оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП»

Рейтингова	Інституційна
90…100	відмінно / Excellent
74…89	добре / Good
60…73	задовільно / Satisfactory
0…59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховується, якщо студент отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

7.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності студента за вимогами НРК до 7-го кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Студент на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання (розділ 2).

Засоби діагностики, що надаються студентам на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою.

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання контрольних конкретизованих завдань. Практичні заняття оцінюються якістю виконання завдань під час практичних занять.

Засоби діагностики та процедури оцінювання

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			**ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ**	
навчальне заняття	**засоби діагностики**	**процедури**	**засоби діагностики**	**процедури**
лекції	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдання під час лекцій	Комплексна контрольна робота (ККР)	визначення середньозваженого результату поточних контролів;
практичні	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдань під час практичних занять		
	або індивідуальне завдання	виконання завдань під час самостійної роботи		

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком складовим опису кваліфікаційного рівня, то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль здійснюється без участі студента шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання.

Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожної складової опису кваліфікаційного рівня НРК.

7.3 Критерії

Реальні результати навчання студента ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії студента для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерія використовується

коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100\ a/m,$$

де a – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення; m – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Зміст критеріїв спирається на компетентністні характеристики, визначені НРК для магістерського рівня вищої освіти (подано нижче).

Загальні критерії досягнення результатів навчання
Для 7-го кваліфікаційного рівня за НРК

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	**Показник оцінки**
	Знання	
– спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері професійної діяльності або галузі знань і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у галузі та на межі галузей знань	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: – спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень; – критичне осмислення проблем у навчанні та/або професійній діяльності та на межі предметних галузей	95-100
	Відповідь містить не грубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення студента про об’єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
	Рівень знань незадовільний	<60
	Уміння/навички	
– спеціалізовані уміння/навички розв’язання проблем, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур; – здатність інтегрувати знання та розв’язувати	Відповідь характеризує уміння: – виявляти проблеми; – формулювати гіпотези; – розв’язувати проблеми; – оновлювати знання; – інтегрувати знання; – провадити інноваційну діяльність; – провадити наукову діяльність	95-100
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з не грубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати	80-84

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
складні задачі у широких або мультидисципліна рних контекстах; – здатність розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності	знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь/навичок незадовільний	<60
Комунікація		
– зрозуміле і недвозначне донесення власних знань, висновків та аргументації до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються	Зрозумілість відповіді (доповіді). *Мова:* – правильна; – чиста; – ясна; – точна; – логічна; – виразна; – лаконічна. *Комунікаційна стратегія:* – послідовний і несуперечливий розвиток думки; – наявність логічних власних суджень; – доречна аргументації та її відповідність відстоюваним положенням; – правильна структура відповіді (доповіді); – правильність відповідей на запитання; – доречна техніка відповідей на запитання; – здатність робити висновки та формулювати пропозиції; – використання іноземних мов у професійній діяльності	95-100
	Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	90-94
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)	74-79
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна	70-73

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
	комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	65-69
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
	Відповідальність і автономія	
– управління робочими або навчальними процесами, які є складними, непередбачуваним и та потребують нових стратегічних підходів; – відповідальність за внесок до професійних знань і практики та/або оцінювання результатів діяльності команд та колективів; – здатність продовжувати навчання з високим ступенем автономії	Відмінне володіння компетенціями: – використання принципів та методів організації діяльності команди; – ефективний розподіл повноважень в структурі команди; – підтримка врівноважених стосунків з членами команди (відповідальність за взаємовідносини); – стресовитривалість; – саморегуляція; – трудова активність в екстремальних ситуаціях; – високий рівень особистого ставлення до справи; – володіння всіма видами навчальної діяльності; – належний рівень фундаментальних знань; – належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок	95-100
	Упевнене володіння компетенціями відповідальності і автономії з незначними хибами	90-94
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано чотири вимоги)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано п'ять вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано шість вимог)	65-69
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (рівень фрагментарний)	60-64
	Рівень відповідальності і автономії незадовільний	<60

8 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Система дистанційного навчання НТУ «ДП»

Математичний пакет Mathcad 14.0 (або пізніша версія)

Пакет Multisim 11.0 (або пізніша версія)

Microsoft Excel

9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. O. Yu. Gusev, V. M. Gorev, V. I. Korniienko, “Theory of Adaptive Fitration”, Dnipro, NTU “DP”, 2019, 156 p.

2. S. Miller and D. Childers, “Probability and Random Processes With Applications to Signal Processing and Communications. Second edition”, Amsterdam: Elseiver/Academic Press, 2012, – 598 p.

3. P. S. R. Diniz, “Adaptive Filtering. Algorithms and Practical Implementation”, Springer Nature Switzerland AG, 2020, 495 p.

4. W. B. Davenport and W. L. Root, “An Introduction to the Theory of Random Signals and Noise”, Wiley-IEEEPress, 1987, 407 p.

5. M.Kleehammer, “Mathematical Development of the Elliptic Filter”, Queen's University at Kingston [Electronic resource], 2013, 71 p., online: https://qspace.library.queensu.ca/bitstream/handle/1974/8209/Filter%20Theory.pdf?sequence=1

6. M. D. Lutovac and D. V. Tosic, "Elliptic Rational Functions", The Mathematica Journal, Vol. 9, 2005, – p. 598-608.

Навчальне видання

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Теорія адаптивної фільтрації» для магістрів
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Розробник: В’ячеслав Миколайович Горєв