

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра **«Радіотехніка та телекомунікації»**  
(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Перший проректор  
Гугнін Е.А.

2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ППН 20 Цифрова обробка сигналів**  
(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Інформаційні мережі зв'язку  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут Інформатики та радіоелектроніки  
(найменування інституту)

факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій  
(найменування факультету)

мова навчання Українська

2020 рік

Робоча програма з дисципліни **«Цифрова обробка сигналів»** для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітня програма (спеціалізація) «Інформаційні мережі зв'язку»  
(назва освітньої програми (спеціалізації))  
«    »                     , 20   року –      с.

Розробники: **Мороз Гаррі Володимирович**, старший викладач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Радіотехніки та телекомунікацій

Протокол від « 23 » червня 2020 року № 12

Завідувач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій  
(найменування кафедри)

« 23 » червня 2020 року  (Морщавка С.В.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету РЕТ за спеціальністю **172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

Протокол від « 27 » серпня 2020 року № 1

« 27 » серпня 2020 року Голова  (Кабак В.С.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ 2020 рік

## 1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3,5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	нормативна	
Модулів – 1	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Інформаційні мережі зв'язку»	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(назва)</small>		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 105		7-й	7-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	<b>Лекції</b>	
		15 год.	6 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		год.	год.
		<b>Лабораторні</b>	
		15 год.	2 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		75 год.	97 год.
		<b>Індивідуальні завдання:</b>	
		Вид контролю: залік	

### Примітка.

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

для денної форми навчання – 30/75;

для заочної форми навчання – 8/97.

## 2 Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета.** Вивчення теоретичних основ цифрової обробки сигналів: методів представлення сигналів, базових перетворень сигналів, синтеза цифрових фільтрів, ефективних алгоритмів цифрової обробки сигналів.

**Завдання.** Формування у студентів системного підходу до побудови радіотехнічних систем передачі інформації різного призначення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

**загальні компетентності:**

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2) ;
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-4) ;
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-5).
- Навики здійснення безпечної діяльності(ЗК-9).

**Фахові компетентності:**

- здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства (ПК-1);
- здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2) ;
- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації (ПК-3) ;
- здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах (ПК-6).
- здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки (ПК-10).

**Очікувані результати навчання:**

- навички оцінювання, інтерпретації та синтезу інформації і даних (РН-5);
- застосування розуміння основних властивостей компонентної бази для забезпечення якості та надійності функціонування телекомунікаційних, радіотехнічних систем і пристроїв (РН-14);
- знаходити, оцінювати і використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук (РН-18);
- контролювати технічний стан інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем у процесі їх технічної експлуатації з метою виявлення погіршення якості функціонування чи відмов, та його систематична фіксація шляхом документування (РН-22);

– орієнтуватися у характеристиках та особливостях методів модуляції та кодування сигналів в телекомунікаційних системах та мережах зв'язку та вміти застосовувати відповідні пристрої, що їх використовують, для забезпечення сумісності та заданої якості обміну інформацією.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

**знати:**

- методи цифрового представлення сигналів;
- дискретне перетворення Фур'є та його властивості;
- ефективні алгоритми цифрового перетворення сигналів;
- методи синтезу цифрових фільтрів;

**вміти:**

- вільно володіти термінологією з ЦОС державною та іноземною мовою;
- вибрати ефективний алгоритм цифрової обробки сигналів з урахуванням наявного апаратного та програмного забезпечення;
- здійснювати синтез цифрових фільтрів (рекурсивних та трансверсальних), створювати програми в середовищі MATLAB для моделювання процесів цифрової обробки сигналів;
- керувати пристроями цифрової обробки сигналів на базі процесорів сімейства SHARC ADSP-2106x виробництва AnalogDevices.

**Зв'язок з іншими дисциплінами**

Вивчення дисципліни "Цифрова обробка сигналів" базується на знанні базових понять які вивчаються в дисциплінах "Теорія електричних кіл та сигналів", "Основи схемотехніки", "Технічна електродинаміка", а також на основних засадах побудови мереж за допомогою провідних систем, що є предметами дисциплін "Волоконно-оптичні системи передачі інформації". Також знання з даної дисципліни знадобляться для вивчення дисциплін "Радіоавтоматика", "Пристрої НВЧ та антени", "Квантові та радіотехнічні пристрої та системи", "Системи мобільного зв'язку".

### 3 Програма навчальної дисципліни

#### Змістовий модуль 1. Теорія і методи цифрової обробки сигналів.

**Тема 1. Основні визначення та поняття, види ЦОС.** Зміст цифрової обробки сигналів (ЦОС). Інтерполяція і децимація сигналів, перенесення та інверсія спектрів, перетворення частоти; спряження систем з різними видами ущільнення (трансмультіплексори); генерування цифрових сигналів довільної форми; цифровий синтез частот, цифрова комутація; цифрова модуляція і маніпуляція; цифрове детектування; цифро-аналогове і аналого-цифрове перетворення.

**Тема 2. Теорема про вибірку. Дискретизація сигналів.** Вибіркові дані і частота Найквіста. Теорема про вибірку. Дискретне перетворення Фур'є довжини

N. Властивості дискретного перетворення Фур'є. Циклічний згортки. Дискретизація низькочастотних сигналів. Дискретизація вузько смугових радіосигналів. Дискретизація другого порядку (сигналу та його похідної, самого сигналу та його спряження по Гілберту, сигналу та його затриманої копії, квадратурних складових сигналу, відліків амплітуди та фази). Цифрові методи формування квадратурних складових.

**Тема 3. Алгоритми обчислення дискретного перетворення Фур'є.** Обчислення дискретного перетворення Фур'є. Елементи теорії. Алгоритм обчислення спареного перетворення Фур'є. Алгоритм перетворення подвійної довжини. Алгоритм обчислення зворотного перетворення Фур'є.

**Тема 4. Зворотне перетворення Фур'є двох функцій.** Обчислення зворотного перетворення Фур'є шляхом прямого дискретного перетворення Фур'є. Алгоритм швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Алгоритми ШПФ з проріджуванням в часі та частоті. Обчислювальна складність алгоритму ШПФ. Схеми алгоритму ШПФ.

**Тема 5. Типи цифрових фільтрів.** Передавальна функція цифрового фільтру. Дослідження усталеності цифрових фільтрів другого порядку.

**Тема 6. Синтез цифрових фільтрів.** Фінітна та інфінітна імпульсна характеристика цифрового фільтра. Метод інваріантної імпульсної характеристики. Синтез цифрових рекурсивних фільтрів. Метод білінійного Z-перетворення.

**Тема 7. Передавальна функція цифрового нерекурсивного фільтра.** Характеристики цифрових не рекурсивних фільтрів з лінійною фазовою характеристикою. Синтез цифрових не рекурсивних фільтрів. Порядок розрахунку фільтрів. Модифікований метод часового вікна.

## **Змістовий модуль 2. Цифрові фільтри і процесори обробки сигналів**

**Тема 8. Вікна ДПФ.** Типи часових вікон. Їх основні характеристики. Структури цифрових не рекурсивних фільтрів: пряма (парна і непарна кількість коефіцієнтів імпульсної характеристики фільтра), каскадна. Структура і розрахунок цифрового не рекурсивного фільтра на основі частотної вибірки.

**Тема 9. Метод розрахунку лінійного згортку на основі алгоритма БПФ і перекриття з підсумовуванням.** Метод розрахунку лінійного згортку на основі алгоритма БПФ і перекриття з накопичуванням.

**Тема 10. Децимація з цілим коефіцієнтом компресії M.** Ітерполяція (зворотня децимація) з цілим коефіцієнтом M експандера частоти. Децимація з раціональним коефіцієнтом компресії. Зведення двох виборок сигналу з різними частотами дискретизації до загальної частоти дискретизації. Поліфазна структура цифрового не рекурсивного фільтра.

**Тема 11. Смуговий фільтр-дециматор, що використовує квадратурну децимацію.** Смугова фільтрація на основі фільтрів нижніх частот. Спектральна лупа.

**Тема 12. Поліфазна структура смугового цифрового нерекурсивного фільтра.** Структура синтезу. Структура аналізу.

**Тема 13. Функціональна схема ЦПОС ADSP-2106x.** Організація і адресація пам'яті процесора. Основні функціональні блоки процесора.

**Тема 14. Система і формати команд.** Спеціальні команди процесора, які орієнтовано на цифрову обробку сигналів. Програмування.

#### 4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пз	лб.	інд.	с.р.		лк	пз	лб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Мережі, служби та послуги телекомунікацій.</b>												
Тема 1. Основні визначення та поняття, види ЦОС.	7	1	-	-	-	6	6	-	-	-	-	6
Тема 2. Теорема про вибірку. Дискретизація сигналів.	11	1	-	2	-	8	10	1	-	1	-	8
Тема 3. Алгоритми обчислення дискретного перетворення Фур'є.	7	1	-	-	-	6	6	-	-	-	-	6
Тема 4. Зворотне перетворення Фур'є двох функцій.	7	1	-	2	-	4	9	1	-	-	-	7
Тема 5. Типи цифрових фільтрів.	7	1	-	-	-	6	6	-	-	-	-	6
Тема 6. Синтез цифрових фільтрів.	7	1	-	2	-	4	8	1	-	-	-	8
Тема 7. Передавальна функція цифрового не рекурсивного фільтра.	9	1	-	2	-	6	7	-	-	-	-	7
<i>Разом за змістовим модулем 1</i>	55	7	-	8	-	40	52	3	-	1	-	48
<b>Модуль 2</b>												
<b>Змістовий модуль 2. Комутаційні технології</b>												
Тема 8. Вікна ДПФ.	6	1	-	-	-	5	6	-	-	-	-	6
Тема 9. Метод розрахунку лінійного згортку на основі алгоритма БПФ і перекриття з підсумовуванням.	7	1	-	2	-	4	10	1	-	-	-	8
Тема 10. Децимація з цілим коефіцієнтом компресії М.	6	1	-	-	-	5	6	-	-	-	-	6
Тема 11. Смуговий фільтр-дециматор, що використовує	11	1	-	2	-	8	8	-	-	-	-	8

квадратурну децимацію.												
Тема 12. Поліфазна структура смугового цифрового не рекурсивного фільтра.	7	2	-	1	-	4	9	1	-	1	-	7
Тема 13. Функціональна схема ЦПОС ADSP-2106х.	6	1	-		-	5	6	1	-		-	6
Тема 14. Система і формати команд.	7	1	-	2	-	4	8		-		-	8
<i>Разом за змістовим модулем 2</i>	50	8	-	7	-	35	53	3	-	1	-	49
<b>Усього годин:</b>	<b>105</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>75</b>	<b>105</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>97</b>

### 5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження характеристик цифрових фільтрів	2
2	Вивчення реалізації трансверсального фільтра на цифрових сигнальних процесорах сімейства SHARC ADSP-2106х	2
3	Вивчення реалізації рекурсивних фільтрів на цифрових сигнальних процесорах сімейства SHARC ADSP-2106х	2
4	Фільтрація завад за допомогою швидкого перетворення Фур'є	2
5	Дослідження алгоритму швидкої згортки на процесорі Tiger SHARC ADSP-TS201S	2
6	Вивчення БІХ фільтра методом білінійного перетворення	2
7	Дослідження алгоритму швидкого перетворення Фур'є за основою 2 з проріджуванням у часі	1
8	Реалізація та дослідження КІХ фільтра	2
	<b>Разом</b>	<b>15</b>

### 6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Виконання розрахункових завдань	40
2	Підготовка до лабораторних занять, лекцій	35
	<b>Разом</b>	<b>75</b>

### 7 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях по темах занять. Підчас



карантину використовується дистанційний метод навчання за допомогою "Система дистанційного навчання НУ «Запорізька політехніка» Moodle", та системи відео конференцій "Zoom".

## 8 Методи контролю

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захисту лабораторних робіт, виконання графіку курсового проектування, тестування при отриманні заліку). Під час карантину лабораторні роботи та тести проводяться в система дистанційного навчання НУ «Запорізька політехніка» "Moodle".

## 9 Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота														Сума 100
Змістовий модуль №1							Змістовий модуль № 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	
8	8	8	8	6	6	6	6	6	8	6	8	8	8	

T1, T2 ... T14 – теми змістових модулів.

## 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	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>		
60-69	<b>E</b>	задовільно	не зараховано з можливістю повторного складання
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

## 11 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни цифрова обробка сигналів для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніки» / Частина 1 / Укл. Г.В.Мороз, Запоріжжя: НУ ЗП, 2020. – 35 с.

2. Методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни цифрова обробка сигналів для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніки» / Частина 2 / Укл. Г.В.Мороз, Запоріжжя: НУ ЗП, 2020. – 47 с.

## 12 Рекомендована література

### Базова

1. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів / М.О. Рибальченко, О.П. Єгоров, В.Б. Зворикін. – Дніпро: НМетАУ, 2018 – 79 с.
2. Бортник Г.Г. Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах/ Г.Г. Бортник, В.М. Кичак – Вінниця: ВНТУ, 2014 – 232 с.
3. Бортник Г.Г. Цифрова обробка сигналів :навчальний посібник / Г.Г. Бортник, В.М. Кичак. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, – 2006. – 167 с.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. – СПб.:Питер. – 2003. – 253 с.
5. Витязев В.В. Цифровая частотная селекция сигналов / В.В. Витязев. – М.: Радио и связь. – 1993. – 302 с.

### Допоміжна

1. Дробик О.В. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах / О.В. Дробик, В.В. Кідалов, В.В. Коваль. – К.: Наукова думка. – 2008. – 146 с.
2. Потемкин А.И. Программирование в среде MATLAB / А.И. Потемкин – М.: МИФИ, 1998. – 150 с.

## 13 Інформаційні ресурси

1. <https://moodle.zp.edu.ua/enrol/index.php?id=3238>
2. [www.zp.edu.ua/](http://www.zp.edu.ua/)
3. [www.rtt.zp.edu.ua/](http://www.rtt.zp.edu.ua/)