

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ**

**Харківський національний університет внутрішніх справ**

**Кафедра кібербезпеки та DATA-технологій, факультет №6**

## **МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

### **ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

з навчальної дисципліни **«Цифрова обробка сигналів»**

вибіркових компонент освітньої програми

першого(бакалаврського) рівня вищої освіти

125 «Кібербезпека»

«Безпека інформаційних та комунікаційних систем»

м. Харків

2023 р.

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.23 № 7

**СХВАЛЕНО**

Вченою радою факультету № 6  
Протокол від 25.08.22 № 7

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.23 № 7

Розглянуто на засіданні кафедри кібербезпеки та DATA-технологій  
(протокол від 15.08.22 № 8)

**Розробники:**

1. Професор кафедри, д.т.н., професор Можєєв О.О.
2. Доцент кафедри, д.т.н., Можєєв М.О.
3. Ст. викладач Рог В.Є

**Рецензенти:**

1. Доцент кафедри боротьби з кіберзлочинністю ХНУВС, к.т.н., доцент Клімушин П.С.;
2. Завідувач кафедри ЕОМ ХНУРЕ д.т.н., професор, Коваленко А.А.

## 1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами

### 1.1.1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (денна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Література, сторінки	Вид контролю
	Всього	з них:						
		лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота		
Семестр 4								
Тема № 1: Математичне моделювання цифрових систем.	30	4		4	4	18	1	
Тема № 2: Аналіз цифрових систем в часовій області.	60	20		8	6	26	1	
Всього за семестр	90	24		12	10	44		залік
Семестр 5								
Тема № 3: Цифрові фільтри	40	8		6	12	14	2	
Тема №4: Аналогово-цифрові перетворювачі та цифро-аналогові перетворювачі	50	8		4	8	30		
Всього за семестр	90	16		10	20	44		екзамен
Всього по дисципліні	180	40		22	30	88		екзамен

### 1.1.2. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Література, сторінки	Вид контролю
	Всього	з них:						
		лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота		
Семестр 4								
Тема № 1: Математичне моделювання цифрових систем.	30	2				28	1	
Тема № 2: Аналіз цифрових систем в часовій області.	60	4				56	1	
Всього за семестр	90	6				84		залік
Семестр 5								
Тема № 3: Цифрові фільтри	40			6	6	28	2	
Тема №4: Аналогово-цифрові перетворювачі та цифро-аналогові перетворювачі	50			4	4	42		
Всього за семестр	90			10	10	70		екзамен
Всього по дисципліні	180	6		10	10	88		екзамен

## 2. Методичні вказівки до практичних занять СЕМЕСТР 4

**Тема № 1:** Математичне моделювання цифрових систем.

**Практичне заняття № 1 на тему** «Основи математичного моделювання цифрових систем».

**Навчальна мета заняття:** придбання теоретичних знань з теми «Математичне моделювання цифрових систем», розвиток здібностей до творчого мислення, формування навичок самостійної роботи з аналізу і узагальнення інформації,

Кількість годин – 4 години

Місце проведення – навчальна аудиторія або комп'ютерний клас.

**Навчальні питання:**

1. Поняття математичного моделювання цифрових систем.
2. Знайомство з моделюванням у пакеті SIMULINK системи MATLAB неперервної частини цифрової системи.

**Література.**

**Література:**

**Основна література**

1. О.О Можаяєв, Цифрова обробка сигналів / Гнусов Ю.В., Можаяєв М.О., Мелашенко О. П., Рог В. Є. // Навчальний посібник : частина 1. — Харків, Видво Харк. нац.. ун-ту внутр.. справ, 2019. — 100с.
2. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
3. Сорока Л.С., Сєверінов О.В., Жученко О.С., та ін. Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2011. 264 с.
4. Конспект лекцій.

**Допоміжна література**

1. Жураковський Ю.П., Полтораєв П. Теорія інформації та кодування : Підручник. К.: Вища шк., 2011. 255 с.
2. Бабак В.П., Шрюфер Е. Обробка сигналів.- К.:Либідь, 2016. – 320 с

**Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Закордонні електронні наукові інформаційні ресурси: European Library. Вільний доступ до ресурсів 47 Національних бібліотек Європи, Австралії, Білорусії, Великої Британії, Німеччини, бібліотека коледжу Лондонського університету.
2. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/>
3. <https://elibrary.kubg.edu.ua>

**1. ПІДГОТОВКА ДО ЗАНЯТТЯ.**

- 1.1. Вивчити узагальнену схему цифрової обробки сигналів.
- 1.2. Вивчити основні елементи цифрових систем

## 2. ПЛАН ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ.

2.1. Проведення експрес-контролю готовності до заняття:

2.1.1. Контрольна робота – визначення принципів квантування сигналів:

1 варіант: визначити інтервал квантування вхідного сигналу;

2 варіант: визначити яким чином буде змінено вхідний сигнал.

2.1.2. Контроль знань теоретичного матеріалу.

2.2. Взяти варіант завдання з табл.1.1 відповідно до номера у лабораторному журналі. Вважати, що динамічні властивості неперервного об'єкту описуються диференціальним рівнянням та передаточною функцією згідно завдання.

Провести моделювання неперервного динамічного об'єкта в пакеті Simulink системи Matlab. Для цього необхідно запустити систему Matlab і в командному рядку набрати Simulink.

2.3. Домашнє завдання:

Підготуватися до виконання лабораторної роботи за темою №1

### **Тема № 2: Аналіз цифрових систем в часовій області.**

**Практичне заняття № 1 на тему «Дослідження процесів квантування за часом та рівнем у цифрових системах»**

Навчальні цілі: ознайомлення методами аналізу цифрових систем в часовій області.

Час – 8 годин.

Місце проведення – навчальна аудиторія або комп'ютерний клас.

#### ***Навчальні питання:***

1. Математичні методи опису цифрових систем в часовій області
2. Перетворення Лапласа дискретних сигналів.
3. Теорема Шеннона-Котельникова.

4. Відновлення безперервних сигналів в цифровій системі.
5. Екстраполятори низьких порядків.
6. **Z**-перетворення.
7. Дискретні передатні функції цифрових систем.

### **Література.**

#### **Література:**

#### **Основна література**

1. О.О Можаяєв, Цифрова обробка сигналів / Гнусов Ю.В., Можаяєв М.О., Мелашенко О. П., Рог В. Є. // Навчальний посібник : частина 1. — Харків, Видво Харк. нац. ун-ту внутр. справ, 2019. — 100с.
2. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. — Дніпро: НМетАУ, 2018. — 79 с.
3. Сорока Л.С., Северінов О.В., Жученко О.С., та ін. Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2011. 264 с.
4. Конспект лекцій.

#### **Допоміжна література**

1. Жураковський Ю.П., Полтораєк П. Теорія інформації та кодування : Підручник. К.: Вища шк., 2011. 255 с.
2. Бабак В.П., Шрюфер Е. Обробка сигналів.- К.:Либідь, 2016. — 320 с

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Закордонні електронні наукові інформаційні ресурси: European Library. Вільний доступ до ресурсів 47 Національних бібліотек Європи, Австралії, Білорусії, Великої Британії, Німеччини, бібліотека коледжу Лондонського університету.
2. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/>
3. <https://elibrary.kubg.edu.ua>

## **1. ПІДГОТОВКА ДО ЗАНЯТТЯ**

1.1. Ознайомитись з математичними методами опису цифрових систем в часовій області.

1.2. Вивчити теоретичні питання, що стосуються практичного заняття.

1.3. Підготувати таблиці перетворення Лапласа та Z-перетворення. Дискретні передатні функції цифрових систем.

## 2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ.

2.1. Проведення експрес-контролю готовності до заняття:

2.1.1. Контрольна робота по перевірки перетворень Лапласа та Z-перетворення.

2.1.2. Визначення параметрів квантування сигналу на основі теорема Шеннона-Котельникова

2.2. Вивчення процесу дискретизації аналогового сигналу в цифрових системах:

2.2. Вивчення критеріїв аналізу стійкості цифрових систем.

2.2.1 Дискретизувати аналогову функцію

2.2.2. Проаналізувати отримані дані. Змінити частоту дискретизації таким чином, щоб виконувалася умова  $\omega_d = 2\omega$ . Що потрібно зробити, щоб уникнути помилок дискретизації?

2.2.3.Змінити частоту дискретизації таким чином, щоб виконувалася умова  $\omega_d < 2\omega$ . Яке явище спостерігається Змінити частоту дискретизації таким чином, щоб виконувалася умова  $\omega_d < 2\omega$ . Яке явище спостерігається?

3. Домашнє завдання:

Дискретизувати аналогову функцію згідно свого варіанту. Параметри дискретизації обрати самостійно.

## СЕМЕСТР 5

**Тема № 3: Цифрові фільтри.**

**Практичне заняття № 1 на тему «Аналіз та синтез процесів в цифрових фільтрах різних типів»**

Навчальні цілі: формування практичних навичок аналізу та побудови цифрових фільтрів.



Час – 6 годин.

Навчальні питання:

1. Рекурсивні цифрові фільтри.
2. Нерекурсивні цифрові фільтри.
3. Адаптивні фільтри.
4. Оптимальне нерекурсивне оцінювання.

### **Література:**

#### **Основна література**

1. О.О Можасєв, Цифрова обробка сигналів / Гнусов Ю.В., Можасєв М.О., Мелашенко О. П., Рог В. Є. // Навчальний посібник : частина 1. — Харків, Видво Харк. нац. ун-ту внутр. справ, 2019. — 100с.
2. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
3. Сорока Л.С., Северінов О.В., Жученко О.С., та ін. Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2011. 264 с.
4. Конспект лекцій.

#### **Допоміжна література**

1. Жураковський Ю.П., Полтораєв П. Теорія інформації та кодування : Підручник. К.: Вища шк., 2011. 255 с.
2. Бабак В.П., Шрюфер Е. Обробка сигналів.- К.:Либідь, 2016. – 320 с

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Закордонні електронні наукові інформаційні ресурси: European Library. Вільний доступ до ресурсів 47 Національних бібліотек Європи, Австралії, Білорусії, Великої Британії, Німеччини, бібліотека коледжу Лондонського університету.
2. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/>
3. <https://elibrary.kubg.edu.ua>

### **1. ПІДГОТОВКА ДО ЗАНЯТТЯ.**

Вивчити основні типи цифрових фільтрів та принципи їх використання.

### **2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ.**

2.1. Проведення експрес-контролю готовності до заняття:

2.1.1. Контроль знань теоретичного матеріалу.

2.2. Вивчення основних типів цифрових фільтрів та принципів їх використання.

2.2.1. Синтезувати нерекурсивний цифровий фільтр нижніх частот з параметрами згідно свого варіанту.

2.2.2 Розрахувати параметри сигналу

2.2.3. Ввести параметри фільтра

2.2.4. Отримати передавальну функцію та визначити реакцію фільтра в частотній області

2.2.5. Отримати імпульсну характеристику шляхом зворотного дискретного перетворення Фур'є передавальної функції

3. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ:

3.1 Чим відрізняється імпульсна характеристика рекурсивного та нерекурсивного фільтра?

3.2 Які характеристики цифрового фільтра є вихідними даними для його

#### **Тема № 4: Аналогово-цифрові перетворювачі та цифро-аналогові перетворювачі.**

##### **Практичне заняття № 1 на тему «Дослідження перетворювачів сигналів»**

##### **Навчальні цілі:**

- практичне закріплення знань з принципів побудови та особливостей функціонування аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) та цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП);
- прищеплення навичок побудови, налаштування та експериментального дослідження функціонування ЦАП за допомогою програмного забезпечення **Electronics Workbench**.

Час – 4 годин.

Навчальні питання:

1. Аналогово-цифрові перетворювачі загальні відомості.
2. Послідовно-паралельні аналогово-цифрові перетворювачі.
3. Аналогово-цифрові перетворювачі послідовного наближення.
4. Цифро-аналогові перетворювачі для задач автоматизованої обробки сигналів.
5. Паралельні цифро-аналогові перетворювач

**Література****Література:****Основна література**

1. О.О Можасєв, Цифрова обробка сигналів / Гнусов Ю.В., Можасєв М.О., Мелашенко О. П., Рог В. Є. // Навчальний посібник : частина 1. — Харків, Видво Харк. нац. ун-ту внутр. справ, 2019. — 100с.
2. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. — Дніпро: НМетАУ, 2018. — 79 с.
3. Сорока Л.С., Северінов О.В., Жученко О.С., та ін. Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2011. 264 с.
4. Конспект лекцій.

**Допоміжна література**

1. Жураковський Ю.П., Полторак П. Теорія інформації та кодування : Підручник. К.: Вища шк., 2011. 255 с.
2. Бабак В.П., Шрюфер Е. Обробка сигналів.- К.:Либідь, 2016. — 320 с

**Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Закордонні електронні наукові інформаційні ресурси: European Library. Вільний доступ до ресурсів 47 Національних бібліотек Європи, Австралії, Білорусії, Великої Британії, Німеччини, бібліотека коледжу Лондонського університету.
2. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/>
3. <https://elibrary.kubg.edu.ua>

**1. ПІДГОТОВКА ДО ЗАНЯТТЯ.**

Практичне заняття передбачає наявність твердих знань теорії

побудови та функціонування ЦАП та аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), призначення всіх елементів схеми, їх впливу на параметри перетворювачів..

## 2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ.

2.2. Проведення експрес-контролю готовності до заняття:

2.1.1. Контроль знань теоретичного матеріалу.

2.2. Вивчення основних принципів побудови та особливостей функціонування аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) та цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП).

2.2.1. Відповідно до заданого варіанта побудувати ЦАП (перетворювач код-напруга (ПКН)) на матриці резисторів з ваговими опорами.

2.2.2 Дослідити перетворювач напруга-код (ПНК).. Виставити за вказівкою викладача параметри джерела змінної напруги. Функціональний генератор задає частоту дискретизації. Задаючи частоту дискретизації від мінімальної, яка визначається теоремою Найквіста (Котельнікова), до максимальної, за якої зберігається працездатність ПНК, зробити висновки щодо точності відтворення сигналу на виході ПКН залежно від частоти дискретизації.

2.2.3. Оцінити мінімальну та максимальну вхідні напруги, змінюючи напругу джерела змінного струму від нуля до значення, за якого з виходу ПКН отримується східчаста напруга, що збігається з вхідною напругою в усьому діапазоні зміни вхідної напруги. Зробити висновки.

## 3. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ:

3.1 . Яке призначення ЦАП та АЦП?

3.2. За допомогою часових діаграм пояснити основні етапи перетворення аналогової величини в цифровий код.

3.3. Перелічіть типи похибок ЦАП та вкажіть чинники, які обумовлюють їх.

3.4. Поясніть, як працює узагальнена структурна схема ЦАП.