

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ**

**Кафедра інформаційних технологій та кібербезпеки факультету № 4**

**МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

**ДО ЛАБОРАТОРНИХ 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 2020 р.

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 22.10.20 № 10

**СХВАЛЕНО**

Вченою радою факультету № 4  
Протокол від 21.10.20 № 6

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 22. 10.20 № 6

Розглянуто на засіданні кафедри інформаційних технологій та кібербезпеки  
(протокол від 20.10.2020р. №19)

**Розробники:**

1. Професор кафедри, д.т.н., професор Можєєв О.О.
2. Доцент кафедри, к.т.н., Можєєв О.О.
- 3 Старший викладач кафедри Рог В.Є.

**Рецензенти:**

1. Професор кафедри обчислювальної техніки та програмування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», д.т.н., професор Кучук Г.А.
2. Провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії з проблем розвитку інформаційних технологій ХНУВС, к.т.н., доцент Мордвинцев М. В.

## 1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами

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

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 4							
Тема № 1: Математичне моделювання цифрових систем.	20	4		2	2	12	
Тема № 2: Аналіз цифрових систем в часовій області.	40	10		6	6	18	
Всього за семестр №4	60	14		8	8	30	залік
Семестр № 5							
Тема № 3: Цифрові фільтри	60	12		8	8	32	
Тема №4: Аналогово-цифрові перетворювачі та цифро-аналогові перетворювачі	60	16		8	8	28	
Всього за семестр №5	120	28		16	16	60	екзамен
Всього по дисципліні	180	40		22	30	88	екзамен

## 2. Методичні вказівки до лабораторних занять СЕМЕСТР 4

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

**Лабораторне 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 – 2 години

Місце проведення – 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.**

### Основна література.

1. Конспект лекцій.
2. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов.- Севастополь : Изд-во Сев. ГТУ, 1999. – 388 с.
3. Бабак В.П., Шрюфер Е. Обработка сигналов.- К.:Либідь, 1996. – 320 с.
4. О.О Можаяев, Цифрова обробка сигналів / Гнусов Ю.В., Можаяев М.О., Мелашенко О. П., Рог В. Є. // Навчальний посібник : частина 1. — Харків, Вид-во Харк. нац. ун-ту внутр. справ, 2019. — 100с.
5. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.
6. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. для ВУЗов. СПб.: Питер, 2006.

### Допоміжна література.

1. Аксенов В.П. Сигнальные процессоры.- Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2006.135 с.
2. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1999. – 584 с.
3. Бесекерский В.А. и др. Микропроцессорные системы автоматического управления. – Л.: Машиностроение, 1988. – 365 с.
4. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.

5. Сорока Л.С., Северінов О.В., Жученко О.С., та ін. Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2008. 264 с.

6. Жураковський Ю.П., Полторак П. Теорія інформації та кодування : Підручник. К.: Вища шк., 2001. 255 с.

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Тематичні бази даних [www.physics.vir.ru,ufn.ru/ru/articles/](http://www.physics.vir.ru,ufn.ru/ru/articles/).
2. Закордонні електронні наукові інформаційні ресурси: EuropeanLibrary. Вільний доступ до ресурсів 47 Національних бібліотек Європи, Австралії, Білорусії, Великої Британії, Німеччини, бібліотека коледжу Лондонського університету.
3. <http://window.edu.ru/>
4. [http://www.arcotel.ru/bibl/res\\_inet.php](http://www.arcotel.ru/bibl/res_inet.php)
5. <http://www.ict.edu.ru/lib/index.php>
6. <http://elibrary.rsl.ru/?menu=s410/elibrary/elibrary4454/science/&lang=ru>
7. <http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/index>

## **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. Дооформити звіт, занести в нього всі внесені в алгоритм зміни і доповнення, а також результати розв'язання тестових завдань.
- 2.4. Захистити роботу у викладача, який проводить лабораторне заняття.

## **3. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.**

Для кожної задачі виконати наступне:

1. Дискретизувати аналогову функцію згідно варіанту, наведеному в табл. 1.1. Параметри дискретизації обрати самостійно.

2. За допомогою яких елементів здійснюються дискретизація та відновлення сигналів у цифрових системах Підготувати тести для перевірки правильності роботи алгоритму.

3. Яка математична функція використовується в якості функції дискретизації

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

**Лабораторне 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 – 6 годин.

Місце проведення – 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.**

#### **Основна література.**

1. Конспект лекцій.
2. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов.- Севастополь : Изд-во Сев. ГТУ, 1999. – 388 с.
3. Бабак В.П., Шрюфер Е. Обробка сигналів.- К.:Либідь, 1996. – 320 с.
4. О.О Можаяєв, Цифрова обробка сигналів / Гнусов Ю.В., Можаяєв М.О., Мелашенко О. П., Рог В. Є. // Навчальний посібник : частина 1. — Харків, Вид-во Харк. нац. ун-ту внутр. справ, 2019. — 100с.
5. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.
6. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. для ВУЗов. СПб.: Питер, 2006.

#### **Допоміжна література.**

1. Аксенов В.П. Сигнальные процессоры.- Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2006.135 с.
2. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1999. – 584 с.

3. Бесекерский В.А. и др. Микропроцессорные системы автоматического управления. – Л.: Машиностроение, 1988. – 365 с.
4. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.
5. Сорока Л.С., Северінов О.В., Жученко О.С., та ін. Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2008. 264 с.
6. Жураковський Ю.П., Полторах П. Теорія інформації та кодування : Підручник. К.: Вища шк., 2001. 255 с.

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Тематичні бази даних [www.physics.vir.ru,ufn.ru/ru/articles/](http://www.physics.vir.ru,ufn.ru/ru/articles/).
2. Закордонні електронні наукові інформаційні ресурси: EuropeanLibrary. Вільний доступ до ресурсів 47 Національних бібліотек Європи, Австралії, Білорусії, Великої Британії, Німеччини, бібліотека коледжу Лондонського університету.
3. <http://window.edu.ru/>
4. [http://www.arcotel.ru/bibl/res\\_inet.php](http://www.arcotel.ru/bibl/res_inet.php)
5. <http://www.ict.edu.ru/lib/index.php>
6. <http://elibrary.rsl.ru/?menu=s410/elibrary/elibrary4454/science/&lang=ru>
7. <http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/index>

## **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 перевірці 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?

2.3. Дооформити звіт, занести в нього всі внесені в алгоритм зміни і доповнення, а також результати розв'язання тестових завдань.

2.4. Захистити роботу у викладача, який проводить лабораторне заняття.

### 3. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.

Для кожної задачі виконати наступне:

1 Дискретизувати аналогову функцію згідно варіанту, наведеному в табл. 1.1. Параметри дискретизації обрати самостійно.

2 Як впливають на точність значення періоду дискретизації сигналів та кроку квантування за рівнем.

3 Яке явище спостерігається при виборі частоти дискретизації  $\omega_d < 2\omega$ ?

## СЕМЕСТР 5

### Тема № 3: Цифрові фільтри.

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

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

Час – 8 годин.

Навчальні питання:

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

#### Література.

#### Основна література.

1. Конспект лекцій.
2. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов.- Севастополь : Изд-во Сев. ГТУ, 1999. – 388 с.
3. Бабак В.П., Шрюфер Е. Обработка сигналов.- К.:Либідь, 1996. – 320 с.



4. О.О Можаяев, Цифровая обработка сигналов / Гнусов Ю.В., Можаяев М.О., Мелашенко О. П., Рог В. Є. // Навчальний посібник : частина 1. — Харків, Вид-во Харк. нац. ун-ту внутр. справ, 2019. — 100с.
5. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.
6. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. для ВУЗов. СПб.: Питер, 2006.

### **Допоміжна література.**

1. Аксенов В.П. Сигнальные процессоры.- Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2006. 135 с.
2. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1999. – 584 с.
3. Бесекерский В.А. и др. Микропроцессорные системы автоматического управления. – Л.: Машиностроение, 1988. – 365 с.
4. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.
5. Сорока Л.С., Северинов О.В., Жученко О.С., та ін. Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2008. 264 с.
6. Жураковський Ю.П., Полтораки П. Теорія інформації та кодування : Підручник. К.: Вища шк., 2001. 255 с.

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Тематичні бази даних [www.physics.vir.ru,ufn.ru/ru/articles/](http://www.physics.vir.ru,ufn.ru/ru/articles/).
2. Закордонні електронні наукові інформаційні ресурси: EuropeanLibrary. Вільний доступ до ресурсів 47 Національних бібліотек Європи, Австралії, Білорусії, Великої Британії, Німеччини, бібліотека коледжу Лондонського університету.
3. <http://window.edu.ru/>
4. [http://www.arcotel.ru/bibl/res\\_inet.php](http://www.arcotel.ru/bibl/res_inet.php)
5. <http://www.ict.edu.ru/lib/index.php>
6. <http://elibrary.rsl.ru/?menu=s410/elibrary/elibrary4454/science/&lang=ru>
7. <http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/index>

### **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

2.3. Дооформити звіт, занести в нього всі внесені в алгоритм зміни і доповнення, а також результати розв'язання тестових завдань.

2.4. Захистити роботу у викладача, який проводить лабораторне заняття.

### 3. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.

Для кожної задачі виконати наступне:

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

2. Чим відрізняється імпульсна характеристика рекурсивного та нерекурсивного фільтра?

3. Які характеристики цифрового фільтра є вихідними даними для його

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

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

**Навчальні цілі:**

- лабораторне 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 – 8 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.**

### **Основна література.**

1. Конспект лекцій.
2. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов.- Севастополь : Изд-во Сев. ГТУ, 1999. – 388 с.
3. Бабак В.П., Шрюфер Е. Обробка сигналів.- К.:Либідь, 1996. – 320 с.
4. О.О Можаяев, Цифрова обробка сигналів / Гнусов Ю.В., Можаяев М.О., Мелашенко О. П., Рог В. Є. // Навчальний посібник : частина 1. — Харків, Вид-во Харк. нац. ун-ту внутр. справ, 2019. — 100с.
5. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.
6. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. для ВУЗов. СПб.: Питер, 2006.

### **Допоміжна література.**

1. Аксенов В.П. Сигнальные процессоры.- Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2006. 135 с.
2. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1999. – 584 с.
3. Бесекерский В.А. и др. Микропроцессорные системы автоматического управления. – Л.: Машиностроение, 1988. – 365 с.
4. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.
5. Сорока Л.С., Северинов О.В., Жученко О.С., та ін. Основы теории информации та кодирования: Навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2008. 264 с.
6. Жураковский Ю.П., Полтораки П. Теория информации та кодирования : Підручник. К.: Вища шк., 2001. 255 с.

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Тематичні бази даних [www.physics.vir.ru](http://www.physics.vir.ru), [ufn.ru/ru/articles/](http://ufn.ru/ru/articles/).
2. Закордонні електронні наукові інформаційні ресурси: EuropeanLibrary. Вільний доступ до ресурсів 47 Національних бібліотек Європи, Австралії, Білорусії, Великої Британії, Німеччини, бібліотека коледжу Лондонського університету.
3. <http://window.edu.ru/>
4. [http://www.arcotel.ru/bibl/res\\_inet.php](http://www.arcotel.ru/bibl/res_inet.php)
5. <http://www.ict.edu.ru/lib/index.php>
6. <http://elibrary.rsl.ru/?menu=s410/elibrary/elibrary4454/science/&lang=ru>
7. <http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/index>

### **1. ПІДГОТОВКА ДО ЗАНЯТТЯ.**

Лабораторне 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.

2.1. 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.

2.3. Дооформити звіт, занести в нього всі внесені в алгоритм зміни і доповнення, а також результати розв'язання тестових завдань.

2.4. Захистити роботу у викладача, який проводить лабораторне заняття.

## 3. 3. ІНДИВІДУАЛЬНІ 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.